

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Escuela de Ingeniería en Construcción**

Diseño de manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Silvia Interiano Valverde

Cartago, Mayo 2020

## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Rober Sanchez Acuña, Ing. Danilo Monge Guillén, Ing. Miguel Peralta Salas, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

GUSTAVO  
ADOLFO  
ROJAS MOYA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
GUSTAVO ADOLFO  
ROJAS MOYA  
(FIRMA)  
Fecha: 2020.05.04  
19:48:35 -06'00'

---

Ing. Gustavo Rojas Moya.  
Director

ROBERT  
SANCHEZ  
ACUÑA (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
ROBERT SANCHEZ ACUÑA  
(FIRMA)  
Fecha: 2020.05.04 16:43:00  
-06'00'

---

Ing. Robert Sánchez Acuña.  
Profesor Guía

DANILO GERARDO  
MONGE GUILLEN  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
DANILO GERARDO  
MONGE GUILLEN (FIRMA)  
Fecha: 2020.05.04  
19:02:37 -06'00'

---

Ing. Danilo Monge Guillén.  
Profesor Lector



---

Ing. Miguel Peralta Salas.  
Profesor Observador

# **Diseño de manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social.**

San José, 18 de noviembre de 2019

Señores (as):

Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Construcción

Estimados señores (as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 1-1429-0780, bachiller en Filología española, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos, carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica, código 75402, hago constar que he revisado el proyecto de graduación titulado:

**Diseño de manual para control de calidad de materiales y sistemas en  
proyectos de infraestructura hospitalaria de la  
Caja Costarricense de Seguro Social**

Dicho documento fue elaborado por Silvia Interiano Valverde, cédula de identidad 3-0464-0138. El proyecto fue realizado con el fin de optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Por lo tanto, con los cambios aplicados, considero que está listo para ser presentado.

Atentamente,

Fernanda S. Coto.



María Fernanda Sanabria Coto

Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225

Colypro. Código 75402

fernanda.sanabria@filologos.cr

MARIA FERNANDA SANABRIA COTO (FIRMA)

MARIA FERNANDA  
SANABRIA COTO (FIRMA)

Filólogos CR  
Costa Rica

2019-11-18 22:14:47

# Abstract

Quality control in an infrastructure project occurs before, during or after an activity is executed, so it is important that the planning, monitoring and quality control to be in accordance with the physical progress of the project.

The objective of this project was to design a manual for quality control of materials and systems for healthcare buildings that are currently being developed by costarrican health institutions administrator, known as CCSS. The electrical system isn't part of the scope of this project.

The results of this project consist of four parts:

- A manual that contains the minimum quality requirements that materials and systems must meet for a healthcare building project developed by CCSS.
- An MS Excel file that allows the planning, monitoring and control of tests and quality specifications of materials and systems.
- The third and fourth part is a graphic user interface and its respective user manual that simplifies the use of the MS Excel file and allows the user to register, search and generate quality control information of the different healthcare building projects that they want.

From the development of the project, it is concluded that there is a large number of tests and quality specifications of materials and systems that are dispersed in different bibliographic sources, different procedures and therefore it is difficult to consult all of them, making an integrated manual for the management of the tests useful to facilitate the planning monitoring and control of the quality tests as well as their consultation and to help update them later or in real time.

Keywords: graphic user interface, quality control, healthcare building, hospital, CCSS, DAI.

# Resumen

El control de calidad en un proyecto de construcción ocurre antes, durante o después de ejecutada una actividad, por eso es importante que la planificación, seguimiento y control de calidad sean de acuerdo con el avance físico de la obra.

El objetivo de este proyecto fue realizar el diseño de un manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). El área eléctrica no forma parte del alcance de este proyecto.

Los resultados de este proyecto consisten en cuatro partes:

- Un manual que contiene los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir los materiales y sistemas para un proyectos de construcción de edificios de salud de la CCSS.
- Un archivo de MS Excel que permite la planificación, seguimiento, así como control de las pruebas y especificaciones de calidad de los materiales y sistemas.
- La tercera y cuarta parte es una herramienta digital y su respectivo manual de usuario que facilita el uso del archivo de MS Excel y le permite al usuario registrar, buscar y generar información de control de calidad de los diferentes proyectos de construcción de edificios de salud que desee.

Del desarrollo de proyecto se concluye que existe gran cantidad de pruebas y especificaciones de calidad de materiales y sistemas que están dispersas en diferentes fuentes bibliográficas, diferentes procedimientos y por tanto es difícil el seguimiento de todas ellas por lo que un manual integrado para la gestión de las pruebas llega a facilitar la planeación seguimiento y control de las pruebas así como su consulta y actualización posterior o en tiempo real.

Palabras clave: interfaz gráfica, control de calidad, edificio de salud, hospital, CCSS, DAI.

# **Diseño de manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social.**

SILVIA INTERIANO VALVERDE

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Mayo de 2020

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

PREFACIO.....	1
RESUMEN EJECUTIVO .....	2
INTRODUCCIÓN .....	4
MARCO TEÓRICO.....	6
METODOLOGÍA .....	25
RESULTADOS .....	30
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	51
CONCLUSIONES .....	61
RECOMENDACIONES.....	63
APÉNDICES.....	64
APÉNDICE A. MANUAL PARA CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES Y SISTEMAS EN EDIFICIOS DE SALUD DE LA CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL.....	65
APÉNDICE B. MANUAL DE USUARIO DE LA HERRAMIENTA DIGITAL “CONTROL DE CALIDAD” .....	66
APÉNDICE C. DISCO COMPACTO. ..	67
REFERENCIAS .....	68

# Prefacio

Este proyecto se desarrolló para cubrir la necesidad de la Dirección de Arquitectura e Ingeniería (DAI) de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) de una herramienta integrada donde se resuma la información necesaria para llevar el control de calidad de materiales y sistemas en los proyectos de construcción de edificios de salud. El sistema eléctrico no forma parte del alcance de este proyecto, por lo que no incluye información acerca de pruebas ni especificaciones referentes al mismo.

El control de calidad en una obra debe estar basado en normas estandarizadas, especificaciones técnicas, pruebas de laboratorio y pruebas en sitio; y puede ocurrir antes, durante o después de ejecutada una actividad, por eso es importante que la planificación, seguimiento y control de las pruebas sea de acuerdo con el avance físico de la obra.

El objetivo de este proyecto fue realizar el diseño de un manual para control de calidad de materiales y sistemas de proyectos de construcción de edificios de salud, que funcione como una guía de requisitos mínimos de calidad y facilite a la vez la planificación, seguimiento y control de las pruebas de laboratorio, así como pruebas en sitio para los proyectos constructivos de edificios de salud que desarrolla la Dirección de Arquitectura e Ingeniería de la Caja Costarricense del Seguro Social.

Este proyecto no solo beneficia a la DAI, sino que al final los beneficiados son los usuarios del sistema de salud de la CCSS, por que el propósito de verificar la calidad de los materiales y funcionamiento correcto de los sistemas en una edificación de salud es garantizar que la estructura construida sea segura y pueda ser utilizada para el fin por el cual se diseñó.

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. Robert Sánchez Acuña por la ayuda y el tiempo dedicado como profesor guía de este proyecto. Gracias a la Ing. Sonia Vargas Calderón, coordinadora de los Proyectos de Graduación y a la Escuela de Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica por ser la fuente de mi formación académica.

# Resumen ejecutivo

El objetivo de este proyecto fue realizar el diseño de un manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud, que funcione como una guía de requisitos mínimos de calidad y que facilite a la vez la planificación, seguimiento y control de las pruebas de laboratorio, así como pruebas en sitio para los proyectos de construcción de edificios de salud que desarrolla la Dirección de Arquitectura e Ingeniería de la Caja Costarricense del Seguro Social. El sistema eléctrico no forma parte del alcance de este proyecto, por lo que no incluye información acerca de pruebas ni especificaciones referentes al mismo.

Este proyecto no solo beneficia a la DAI, sino que al final los beneficiados son los usuarios del sistema de salud de la CCSS, por que el propósito de verificar la calidad de los materiales y funcionamiento correcto de los sistemas de una edificación de salud es garantizar que la estructura construida sea segura y pueda ser utilizada para el fin por el cual se diseñó.

Los resultados obtenidos del desarrollo de este proyecto y de su integración son cuatro partes que tienen como finalidad ser una herramienta para el control de calidad de los proyectos de construcción de edificios de salud que desarrolla la CCSS.

La primera parte es un documento escrito denominado: *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*, el cual contiene los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir los materiales y sistemas de un edificio de salud de la CCSS. Este manual no solo podrá ser utilizado de forma interna en la DAI, sino que también podrá ser entregado como un insumo para la contratación de proyectos mediante la figura de contratación denominada fideicomiso, con la cual la CCSS actualmente

desarrolla proyectos de construcción de edificios de salud. La segunda parte es un archivo de MS Excel llamado: *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* que permite la planificación, seguimiento y control de las pruebas, así como especificaciones de calidad de los materiales y sistemas, mediante la organización de las pruebas en sitio y de laboratorio necesarias de acuerdo con la lista de actividades que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud, plantillas para el registro de información de los informes de laboratorio y números de bitácora en el caso de las pruebas en sitio.

Además, contiene formularios para el control de costos de las pruebas, reportes de costos, registro de cumplimiento de las pruebas y diagramas de flujo para las pruebas más comunes que sirven como guía dependiendo de si el resultado obtenido es favorable o no, información de los laboratorios que están acreditados para realizar las pruebas. Aparte de las pruebas de laboratorio y en sitio necesarias por actividad y tarea, el archivo de MS Excel incluye diferentes especificaciones de calidad que deben cumplir los materiales, pero que se verifican mediante revisión de las fichas técnicas donde el fabricante del material garantiza su cumplimiento. El manual y el archivo de MS Excel son complementarios el uno al otro.

La tercera y cuarta parte son una herramienta digital y su respectivo manual de usuario. La herramienta digital fue desarrollada usando el lenguaje de programación llamado Python, y es una interfaz gráfica que facilita el uso del archivo de MS Excel y le permite al usuario registrar, buscar y generar información de control de calidad de los diferentes proyectos de edificios de salud que desee.

La información del manual y el archivo de MS Excel se obtuvo mediante la revisión de

diferentes especificaciones técnicas de la licitación del Proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia, revisión de códigos, manuales y normas nacionales como el *Código Sísmico de Costa Rica 2010* (2011), *Código de Cimentaciones de Costa Rica* (2009), *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias* (2011), *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica* (2013), *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR- 2010* (2009), tesis de grado realizadas en temas similares, informes de inspección, informes de pruebas de laboratorio, normas ASTM, AASHTO, entre otros similares.

Del desarrollo del proyecto se concluye, principalmente, que existen un sinnúmero de pruebas y especificaciones de calidad de materiales y sistemas que están dispersas en diferentes fuentes bibliográficas, así como diferentes procedimientos y, por tanto, es difícil el seguimiento de todas ellas, por lo que un manual integrado para la gestión de las pruebas llega a facilitar la planeación, seguimiento y control de las pruebas, así como su consulta y actualización tanto posterior como en tiempo real durante el desarrollo de las obras.

# Introducción

La Contraloría General de la República (CGR) exige a las entidades que realizan proyectos de obra pública contar con un sistema de control que garantice que los proyectos desarrollados sean conforme con los planos y especificaciones aprobadas, evaluando los avances físicos, de costos y de calidad de los insumos utilizados en los proyectos. En un proyecto constructivo, las verificaciones de calidad pueden realizarse a los materiales, procesos constructivos, elementos constructivos, equipos y sistemas.

La CCSS, al ser una entidad pública debe garantizar que los proyectos constructivos que desarrolla cumplan con controles de calidad y la finalidad de este proyecto es diseñar un manual que pueda ser utilizado por la DAI para el control de calidad de los materiales utilizados en la construcción, además del control de calidad de los sistemas y equipos médicos de los proyectos de construcción de edificios de salud.

El control de calidad se puede hacer mediante estadística, las siete herramientas básicas, pruebas e inspección y puede ocurrir en cualquier etapa del proyecto constructivo, por eso es importante llevar un control de calidad de acuerdo con el avance del proyecto.

Este proyecto consiste en cuatro partes que tienen como finalidad ser una herramienta para el control de calidad de los proyectos de construcción de edificios de salud que desarrolla la CCSS.

La primera parte es un documento escrito denominado: *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*, el cual contiene los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir los materiales y sistemas en un proyecto de construcción de un edificio de salud de la CCSS. Este manual no solo podrá ser utilizado de forma interna en la DAI, sino que también podrá ser entregado como un insumo para la contratación de proyectos mediante la

figura de contratación denominada fideicomiso, con la cual la CCSS actualmente desarrolla proyectos de construcción de edificios de salud.

La segunda parte es un archivo de MS Excel llamado: *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* que permite la planificación, seguimiento y control de las pruebas, así como especificaciones de calidad de los materiales y sistemas mediante la organización de las pruebas en sitio y de laboratorio necesarias de acuerdo con la lista de actividades que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud, plantillas para el registro de información de los informes de laboratorio y números de bitácora en el caso de las pruebas en sitio. Además contiene formularios para el control de costos de las pruebas, reportes de costos, registro de cumplimiento de las pruebas y diagramas de flujo para las pruebas más comunes que sirven como guía dependiendo de si el resultado obtenido es favorable o no, información de los laboratorios que están acreditados para realizar las pruebas. Aparte de las pruebas de laboratorio y en sitio necesarias por actividad y tarea, el archivo de MS Excel incluye diferentes especificaciones de calidad que deben cumplir los materiales, pero que se verifican mediante revisión de las fichas técnicas donde el fabricante del material garantiza su cumplimiento. El manual y el archivo de MS Excel son complementarios el uno al otro.

La tercera y cuarta parte son una herramienta digital y su respectivo manual de usuario. La herramienta digital fue desarrollada usando el lenguaje de programación llamado Python, y es una interfaz gráfica que facilita el uso del archivo de MS Excel y le permite al usuario registrar, buscar y generar información de control de calidad de los diferentes proyectos constructivos que desee.

La información del manual y el archivo de MS Excel se obtuvo mediante la revisión de diferentes especificaciones técnicas de la

licitación del Proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia, revisión de códigos, manuales y normas nacionales como el *Código Sísmico de Costa Rica 2010* (2011), *Código de Cimentaciones de Costa Rica* (2009), *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias* (2011), *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica* (2013), *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR- 2010* (2009), tesis de grado realizadas en temas similares, informes de

inspección, informes de pruebas de laboratorio, normas ASTM, AASHTO, entre otros similares.

Las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio deben realizarlas laboratorios acreditados. En Costa Rica, el único organismo autorizado para emitir acreditaciones a laboratorios de ensayo, organismos de inspección y control es el Ente Costarricense de Acreditación (ECA). Las acreditaciones no solo reconocen que la organización es competente para ejecutar las actividades de evaluación, sino que también garantizan la validez de los resultados obtenidos y generan confianza de que el producto cumple con su propósito.

# Objetivos

## Objetivo general

Realizar el diseño de un manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social.

## Objetivos específicos

- a) OE1: Investigar sobre las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio que se deben realizar a los diferentes materiales y sistemas que constituyen un proyecto de construcción de un edificio de salud y acerca de las normas de calidad que deben cumplir los materiales por utilizar acuerdo con la normativa vigente.
- b) OE2: Realizar una matriz resumen que incluya las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio de materiales y sistemas para las actividades y tareas que componen proyecto de construcción de un edificio de salud.
- c) OE3: Proponer y actualizar formularios, plantillas y procesos para el registro, seguimiento y control de resultados de las distintas pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.
- d) OE4: Realizar una propuesta de registro de costos de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio de acuerdo con el avance de obra.
- e) OE5: Investigar acerca de los laboratorios nacionales y organismos de inspección que se encuentran acreditados para la realización de las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.
- f) OE6: Integrar los OE1, OE2, OE3, OE4 y OE5 en un documento escrito y en un archivo de MS Excel, denominados respectivamente: *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social y Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud.*

# Marco teórico

## Caja Costarricense de Seguro Social

Desde su creación en 1941, la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) ha tenido la misión de proporcionar los servicios de salud de forma integral al individuo, la familia y la comunidad, así como la visión de ser líderes en la prestación de los servicios integrales de salud.

La CCSS está conformada por un conjunto de establecimientos de salud organizados por regiones y niveles de atención. Los establecimientos de salud y dependencias operan bajo un modelo de tres redes de servicios de salud: Red Sur, Red Este y Red Noroeste.

El sistema de salud cuenta con 29 hospitales: tres nacionales, seis especializados, siete regionales y 13 periféricos; más de 1000 Equipos Básicos de Atención Integral en Salud (EBAIS), centros especializados y más de 700 puestos de visita periódica (Presidencia Costa Rica, 2016).

Actualmente, la institución se encuentra desarrollando obras para reforzar los servicios médicos mediante la inversión en infraestructura como: nuevos hospitales, edificios de especialidades médicas, edificios, nuevos quirófanos, nuevas salas de cirugías, Sedes de Área y EBAIS (GobiernoCR, 2015).

### Estructura organizacional

La estructura organizacional de la CCSS está administrada por la Junta Directiva, Presidencia Ejecutiva, una Gerencia General y seis Gerencias específicas (CCSS, s.f.).

La Junta Directiva está conformada por nueve integrantes: un presidente Ejecutivo, dos representantes del Poder Ejecutivo, tres representantes del sector patronal y tres representantes del sector laboral (CCSS, 1943).

El presidente Ejecutivo y los dos representantes del Poder Ejecutivo son designados libremente por el Consejo de Gobierno y los otros seis representantes (sector laboral y patronal) son nombrados por el Consejo de Gobierno previa elección de ambos sectores (CCSS, 1943).

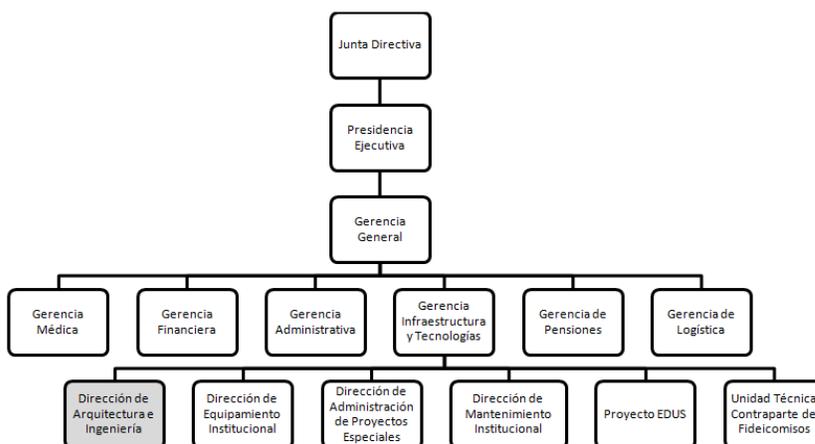


Figura 1.1. Estructura organizacional de la CCSS. Fuente: basado en el artículo 6 de la Ley Constitutiva de la CCSS.

En la figura 1.1 se muestra un diagrama con las seis gerencias:

- a) Gerencia médica
- b) Gerencia financiera
- c) Gerencia administrativa
- d) Gerencia logística
- e) Gerencia de Infraestructura y Tecnologías
- f) Gerencia de Pensiones.

## Gerencia de Infraestructura y Tecnologías (GIT)

“A la Gerencia de Infraestructura y Tecnologías le compete desarrollar proyectos de infraestructura como apoyo a las actividades sustantivas de salud y pensiones” (Gutiérrez y Sánchez, 2011, p.19).

“Otra de las labores que se la ha encomendado, es administrar el desarrollo óptimo de la transferencia, adaptación y funcionamiento de las tecnologías de información y comunicaciones y la regulación, la normativa técnica y la coordinación en el nivel institucional que guíe y oriente el desarrollo de las tecnologías de información y comunicaciones” (Gutiérrez y Sánchez, 2011, p.19).

La GIT cuenta con seis Direcciones:

- a) Dirección de Equipamiento Institucional.
- b) Dirección de Mantenimiento Institucional.
- c) Dirección de Administración de Proyectos Especiales.
- d) Proyecto EDUS.
- e) Unidad Técnica Contraparte de Fideicomisos.
- f) Dirección de Arquitectura e Ingeniería.

La Dirección de Arquitectura e Ingeniería (DAI) se encarga de la gestión de proyectos integrales de infraestructura definidos por la institución, también brinda servicios técnicos y de rectoría (CCSS, 2016).

La DAI cuenta con las áreas de Diseño de Obra Física, Construcción de Obra Física y Planificación, que desarrollan proyectos constructivos, los cuales contribuyen con la mejora en la prestación de los servicios de salud a los usuarios, como centros de atención integral en salud, sedes de área, EBAIS, nuevas obras

hospitalarias, farmacias, unidades de cuidados intensivos, entre otros proyectos.

Entre los proyectos principales que ha desarrollado la DAI, entre el 2015 y el 2016, destacan: el Servicio de Nutrición y Ropería del Hospital Nacional Rafael Ángel Calderón Guardia, el Edificio de Hospitalización del Hospital La Anexión de Nicoya, el Edificio de Medicina Nuclear SPECT/CT del Hospital San Juan de Dios, diferentes sedes de EBAIS, el Centro Nacional de Control del Dolor y Cuidados Paliativos, entre otros.

# Edificaciones de salud

## Etapas de construcción

Portocarrero y Sánchez (2002) identifican y definen tres etapas básicas de un proyecto de construcción: estudios preliminares, diseño del proyecto y construcción de la obra e inspección de esta. Además, realizan un desglose de las diferentes actividades que conforman un proyecto de construcción y las agrupan en las siguientes unidades de obra:

- a) Obra estructural
- b) Obra arquitectónica
- c) Obra eléctrica
- d) Obra mecánica
- e) Obras exteriores
- f) Equipamiento

## Obra estructural

Se refiere al conjunto de actividades del presupuesto o de la oferta que componen los elementos estructurales del edificio. Se consideran los elementos definidos para área de edificio, por tanto se excluyen las actividades contempladas en obras exteriores.

Esta subdivisión se encuentra formada por las siguientes actividades:

- a) Sistema de cimientos,
- b) Contrapisos,

- c) Sistema de vigas, columnas y muros concreto colado en sitio,
- d) Sistema de vigas, columnas y muros prefabricados,
- e) Sistema de vigas, columnas y muros de acero,
- f) Sistema de paredes de mampostería,
- g) Sistema de paredes prefabricadas de concreto,
- h) Paredes livianas,
- i) Otros sistemas de paredes,
- j) Escaleras de circulación interna edificio,
- k) Escaleras de emergencia,
- l) Losas y entrepisos,
- m) Estructura metálica de techos,
- n) Otra estructura de techos,
- o) Cubierta de techos,
- p) Elementos estructurales especiales. (Portocarrero y Sánchez, 2002, p.35)

## Obra arquitectónica

Se refiere al conjunto de actividades del presupuesto o de la oferta de construcción que componen el elemento arquitectónico del proyecto. Se consideran los elementos definidos para área de edificio, por tanto se excluyen las actividades contempladas en obras exteriores.

Esta se encuentra formada por las siguientes actividades:

- a) Acabados paredes y enchapes
- b) Acabados pisos
- c) Acabados cielos
- d) Ventanería
- e) Puertas
- f) Cerrajería
- g) Losa sanitaria
- h) Grifería
- i) Muebles de madera y acero inoxidable
- j) Particiones
- k) Misceláneos
- l) Varias estructuras metálicas
- m) Elementos arquitectónicos especiales. (Portocarrero y Sánchez, 2002, p.27)

## Obra eléctrica

Obra eléctrica se refiere al conjunto de actividades del presupuesto o de la oferta que componen el elemento eléctrico del proyecto.

Se consideran los elementos definidos para área de edificio, por tanto se excluyen las actividades incluidas en las obras exteriores.

Esta subdivisión se encuentra formada por dos grandes grupos que son:

- a) Sistema eléctrico de potencia,
- b) Sistema eléctrico de comunicación. (Portocarrero y Sánchez, 2002, p.31)

## Obra mecánica

Obra mecánica se refiere al conjunto de actividades del presupuesto o de la oferta de construcción que componen el elemento mecánico del proyecto. Se consideran los elementos definidos para área de edificio, por tanto se excluyen las actividades incluidas en las obras exteriores.

Esta subdivisión se encuentra formada por las siguientes actividades:

- a) Sistema de tuberías de agua potable fría,
- b) Sistema de tubería de agua potable caliente,
- c) Sistema de tuberías de aguas negras y servidas,
- d) Sistema de tubería de aguas pluviales,
- e) Sistema mecánico contra incendios,
- f) Sistema de gases médicos,
- g) Sistema de correo neumático,
- h) Sistema de aire acondicionado y ventilación forzada,
- i) Ascensores,
- j) Obra civil mecánica,
- k) Sistemas mecánicos especiales. (Portocarrero y Sánchez, 2002, p.41)

## Obras exteriores

Obras exteriores son el conjunto de actividades del presupuesto o de la oferta que componen la obra civil, ya sea arquitectónica, estructural, o electromecánica, necesaria para el óptimo funcionamiento del proyecto, pero que no se encuentra dentro del área del edificio.

Esta subdivisión se encuentra formada por las siguientes actividades:

- a) Sistema de pasillos,
- b) Iluminación exterior,
- c) Sistema de alcantarillado pluvial y sanitario,
- d) Tanques elevados de agua potable,
- e) Aceras y accesos,
- f) Parqueos y calles,
- g) Cerramientos,
- h) Enzacatado,
- i) Muros de retención exterior,
- j) Obras exteriores menores,
- k) Obras exteriores especiales. (Portocarrero y Sánchez, 2002, p.39)

## Equipamiento

Es el costo asignado en la oferta de construcción o en el presupuesto, a la compra, instalación y habilitación del equipo, de baja o alta complejidad, que requiere el proyecto para funcionar adecuadamente y dar un servicio óptimo a los usuarios, una vez que ha concluido la etapa de ejecución de la obra. En ocasiones este costo forma parte del concurso o licitación de construcción, otras veces no se incluye. (Portocarrero y Sánchez, 2002, p.23)

# Proyectos de obra pública

La Contraloría General de la República (CGR) en el *Manual Técnico de Desarrollo de Proyectos* menciona:

Toda entidad que realice proyectos de obra pública debe contar con un sistema de control interno, que garantice el desarrollo de los proyectos de acuerdo con los planes y programas definidos para cada una de las fases y conforme con los planos, especificaciones, presupuestos y programas de ejecución aprobados.

El sistema debe estructurarse de tal forma que facilite una evaluación periódica del avance físico, del costo y de la calidad de los insumos utilizados en los proyectos. (CGR, 1998, p.7)

La CGR (1998) divide el ciclo de vida un proyecto en tres etapas: la etapa de pre inversión, la etapa de inversión y la etapa de operación.

## Etapa de pre inversión

En esta etapa es donde se hacen los estudios de viabilidad, el diagnóstico donde se define el problema por solucionar, se identifican los beneficios, costos y los aspectos legales, se realiza el estudio de prefactibilidad y se lleva a cabo el anteproyecto (CGR, 1998).

## Etapa de inversión

En la etapa de inversión se realiza el diseño definitivo, elaborando los documentos necesarios para llevar a cabo la obra. Entre los documentos que se elaboran están:

- a) La definición de las bases del diseño.
- b) El diseño de la obra civil (arquitectónico, estructural y electromecánico).
- c) Planos constructivos.

- d) Especificaciones técnicas de materiales, procesos constructivos y equipos.
- e) Programa de trabajo.
- f) Presupuesto de la obra.
- g) Memorias descriptivas y de cálculo.

En las especificaciones técnicas se incluyen entre otros temas los métodos constructivos, procedimientos para el control de obra, las normas que deben cumplir los materiales y los requisitos mínimos de equipo a utilizar. (CGR, 1998, p.27).

## Etapa de operación

En esta etapa la obra entra en funcionamiento y se implementa el plan y programa de mantenimiento con los que se tiene previsto mantener los niveles de servicio durante toda la vida útil de la obra (CGR, 1998).

El desarrollo de los proyectos de obra pública puede ser mediante distintas modalidades, como ejecución de obra por administración, ejecución de obra por contrato, ejecución de obra en forma mixta y ejecución de la obra por concesión. Independientemente de la modalidad de ejecución escogida, se debe llevar un control de obra del avance físico, de calidad y financiero (CGR, 1998).

# Dirección de Proyectos

“La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo” (PMI, 2013, P.47). La aplicación de conocimientos requiere de la gestión eficaz de los procesos de dirección de proyectos, que aseguran que el proyecto avanza de manera eficaz a lo largo de su ciclo de vida (PMI, 2013).

Para que un proyecto tenga éxito, el equipo del proyecto debería:

- Seleccionar los procesos adecuados requeridos para alcanzar los objetivos del proyecto
- Utilizar un enfoque definido que pueda adaptarse para cumplir con los requisitos
- Establecer y mantener una comunicación y un compromiso adecuados con los interesados
- Cumplir con los requisitos a fin de satisfacer las necesidades y expectativas de los interesados
- Equilibrar las restricciones contrapuestas relativas al alcance, cronograma, presupuesto, calidad, recursos y riesgo para producir el producto, servicio o resultado específico. (PMI, 2013, p.47)

La dirección de proyectos se aplica de manera global y a todos los grupos de industrias. Para un proyecto determinado, el director del proyecto, en colaboración con el equipo del proyecto, tiene siempre la responsabilidad de determinar cuáles son los procesos adecuados, así como el grado de rigor adecuado para cada proceso. (PMI, 2013, p.48)

Los proyectos existen en el ámbito de una organización y no funcionan como un sistema cerrado, requieren datos de entrada procedentes de la organización y del exterior. (PMI, 2013, p.48)

La Guía del PMBOK del PMI (2013) agrupa los procesos de la dirección de proyectos en cinco categorías:

- a) Grupo de Procesos de Inicio
- b) Grupo de Procesos de Planificación
- c) Grupo de Procesos de Ejecución
- d) Grupo de Procesos de Monitoreo y Control
- e) Grupo de Procesos de Cierre. (p.49)

“La aplicación de los procesos de la dirección de proyectos es iterativa y muchos se repiten a lo largo del proyecto” (PMI, 2013, p.50).

La figura 1.2 es un gráfico del PMBOK (2013) que muestra al Grupo de Procesos de Monitoreo y Control y el resto de los Grupos de Procesos ejerciendo acciones unos sobre los otros de manera recíproca. “Los procesos de Monitoreo y Control transcurren al mismo tiempo que los procesos de los demás Grupos de Procesos, por lo que se considera como un Grupo de Proceso ‘de fondo’” (PMI, 2013, p.50).

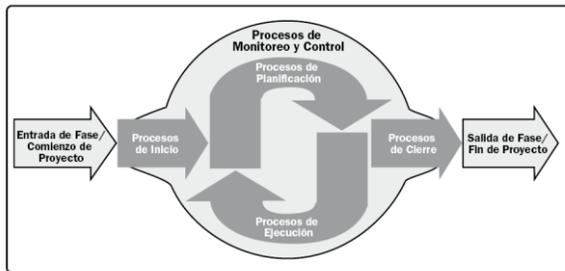


Gráfico 3-1. Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos

**Figura 1.2.** Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos.  
Fuente: PMI (2013).

## Procesos de la Dirección de Proyectos

### Procesos de Inicio

El Grupo de Procesos de Inicio, según el PMI (2013): “está compuesto por los procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto existente, (...). Es donde se define el alcance inicial y se comprometen los recursos financieros iniciales (...) y se nombra el director del proyecto en caso de no haberlo hecho antes” (p.54).

### Procesos de Planificación

“Los procesos de planificación desarrollan el plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto que se utilizarán para llevarlo a cabo, (...) ambos explorarán todos los aspectos de alcance, tiempo, costo, calidad, comunicaciones, recursos humanos, riesgos, adquisiciones y participación de los interesados” (PMI, 2013, p.55).

## Procesos de Ejecución

“Compuesto por los procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones de este, coordina personas y recursos, gestiona las expectativas de los interesados e integra y realiza las actividades del proyecto conforme al plan” (PMI, 2013, p.55).

## Procesos de Monitoreo y Control

“Son los procesos requeridos para analizar, dirigir el progreso y el desempeño del proyecto, identifica las áreas en las que el plan requiere cambios e inicia con los cambios correspondientes” (PMI, 2013, p.57).

En este grupo se controlan los cambios y se recomiendan acciones correctivas o preventivas para anticipar posibles problemas, además se monitorean las actividades del proyecto y se comparan con el plan para la dirección del proyecto y con la línea base para la medición del desempeño del proyecto. (PMI, 2013, p.57)

“Estos procesos no solo monitorean y controlan el trabajo dentro de un grupo de procesos, sino que monitorean y controlan el trabajo global de un proyecto” (PMI, 2013, p.57).

## Procesos de Cierre

Está compuesto por todos los procesos que se realizan para finalizar todas las actividades de los Grupos de Procesos. Una vez completados los procesos de este grupo se verifica que los procesos definidos se han completado dentro de todos los Grupos de Procesos anteriores, con el fin de cerrar el proyecto o una fase del mismo. PMI, 2013, p.57)

En el cierre del proyecto o fase puede ocurrir:

- Aceptación del cliente o del patrocinador para cerrar formalmente el proyecto o fase

- Revisión tras el cierre del proyecto o fin de una fase
- Documentación de las lecciones aprendidas
- Que se apliquen las actualizaciones a los procesos. (PMI, 2013, p.58)

## Control de Calidad

El control de calidad es definido por el Project Management Institute (PMI) en la Guía del PMBOK como: “el proceso por el que se monitorea y se registran los resultados de la ejecución de las actividades de control de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios” (PMI, 2013, p.227).

La Organización Internacional de Normalización (ISO, 2005) en la Norma ISO 9000:2015 define calidad como: “el grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos” (p.8).

Un requisito es una necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria, expresada en el contenido de un documento formulando los criterios por cumplir a fin de declarar la conformidad con el documento (ISO, 2005).

Las verificaciones de calidad pueden ser a los materiales, procesos constructivos y a elementos que se construyen. Pueden ocurrir antes, durante o después de ejecutada una actividad, por eso la importancia de que la programación de las pruebas dependa del avance físico de la obra (CGR, 1998).

Se debe especificar, entre otros, cómo se efectuará la verificación, la frecuencia, la fecha, el resultado, además de llevar un registro de las pruebas efectuadas, en ejecución y por ejecutar por cada actividad (CGR, 1998).

Los resultados obtenidos en las pruebas deben compararse con el rango de tolerancia y el patrón de comparación, que está constituido por las características y propiedades de los materiales. Esta información debe estar contenida en las especificaciones técnicas y planos de construcción (CGR, 1998).

“El rango de tolerancia debe definir las variaciones con respecto a los valores establecidos para esas características y propiedades y (...) se establecerán con base en

registros estadísticos y en normas internacionalmente aceptadas (ASTM, ISO, ACI, AASHTO, AWS, etc.)” (CGR, 1998, p.106).

“La planificación de la calidad es el proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto, así como de documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos” (PMI, 2013, p.227). Este proceso es el: “que proporciona guía y dirección sobre cómo se gestionará y validará la calidad a lo largo del proyecto” (PMI, 2013, p.231).

## Gestión de la Calidad

El proceso de Gestión de la Calidad del Proyecto es descrito en el PMBOK (2013) como:

El trabajo que asegura que se alcancen y se validen los requisitos del proyecto, incluidos los del producto y está dividido en tres procesos:

- a) Planificación de la gestión de la calidad:  
Se identifican los requisitos de calidad para el proyecto y sus entregables y se documenta cómo el proyecto demostrará el cumplimiento de la calidad con los requisitos establecidos.
- b) Aseguramiento de la calidad  
Proceso en el que se auditan los requisitos de calidad y los resultados de las mediciones de control de calidad, para asegurar que se utilicen las normas de calidad.
- c) Control de calidad  
Es el proceso en el que se monitorea y se registran los resultados de la ejecución de las actividades de control de calidad. (PMI, 2013, p.227)

La Gestión de la Calidad descrita en el PMBOK (2013) busca ser compatible con los estándares de calidad de la Organización Internacional de Normalización (ISO) usando los enfoques modernos de gestión de calidad que reconocen la importancia de la satisfacción del cliente. (p.227)

Usando esos enfoques aseguran que el proyecto produzca aquello para lo cual fue emprendido satisfaciendo las necesidades reales,

y consideran que prevenir errores es mejor que corregirlos cuando son detectados. (p.228) Los errores pueden ser detectados mediante inspección o durante el uso y eso se logra planificando, diseñando y construyendo la calidad. (p.228)

## Control mediante estadística

“La estadística es la ciencia que se encarga de la recopilación, representación y el uso de datos sobre una o varias características de interés para, a partir de ellos, tomar decisiones o extraer conclusiones generales” (Verdoy et al., 2006, p.29).

Según Verdoy et al. (2006), se pueden definir dos tipos de estadística:

- a) Estadística descriptiva: es la parte de la estadística que se encarga de organizar, resumir y dar una primera descripción (sin conclusiones generales) de los datos. (p.29)
- b) Estadística inferencial: es la parte de la estadística que incluye los métodos utilizados para tomar decisiones o para obtener conclusiones sobre una característica desconocida de la población a partir de la información contenida en una o más muestras representativas de esa población.

Estudia principalmente dos tipos de problemas:

- a) La estimación: consiste en determinar una característica desconocida de la población. Puede ser puntual o por intervalos.
- b) El contraste de hipótesis: determinar si es aceptable, a partir de los datos muestrales, que la característica estudiada tome un valor predeterminado o pertenezca a un intervalo concreto. (pp.85-86)

La información se reúne en forma de muestras a partir de poblaciones. La población es una agrupación de todos los individuos o elementos individuales de un tipo particular. También se puede definir como la totalidad de las

observaciones en las que se está interesado (Walpole, 1999).

Por su parte, una muestra es un subconjunto de una población y se utiliza para hacer inferencias, con respecto a la misma población, cuando es imposible o poco práctico tomar datos de toda la población (Walpole, 1999).

Walpole (1999) menciona:

Para eliminar interferencias que subestimen o sobreestimen de forma consistente alguna característica, se deben tomar muestras a la población de forma aleatoria para realizar las observaciones de forma independiente y al azar. (p.200)

La muestra que se obtiene debe ser representativa de la población que se desea estudiar. Hay varios tipos de muestreo que se dividen en dos grupos:

- a) Muestreo no probabilístico:  
En el muestreo no probabilístico las muestras no se seleccionan al azar, sino que son elegidas a juicio por el investigador. No es posible calcular la precisión, el error, ni la confianza de las estimaciones ya que no se basa en ninguna teoría de la probabilidad. Este tipo de muestreo puede dar buenos resultados, pero también hay riesgo de obtener información errónea.
- b) Muestreo probabilístico:  
En el muestreo probabilístico se seleccionan las muestras al azar y cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser elegido. Se puede conocer el error la confianza de las estimaciones (Grande y Abascal, 2011).

En el muestreo probabilístico, a los valores obtenidos o características estudiadas se les conoce como parámetros y tienen un valor constante. El estudiar los datos obtenidos para hacer inferencias a los parámetros (Naghi, 2005).

Hay diferentes técnicas de muestreo probabilístico:

- a) Muestreo aleatorio simple: se selecciona elementos de la población de manera que cada combinación de los elementos poblacionales de un muestreo de tamaño

- n tiene la misma oportunidad de seleccionarse.
- Muestreo estratificado: se divide la población en estudio con base en alguna variable en diferentes grupos, después se toma una muestra de cada grupo.
  - Muestreo sistemático: se seleccionan las unidades de estudio después de seleccionar la primera unidad del estudio.
  - Muestreo por grupos: se divide la población en grupos y después se seleccionan aleatoriamente para el estudio (Naghi, 2005).

Naghi (2005) menciona que el investigador debe tomar en cuenta los siguientes puntos cuando se trata de analizar datos:

- ¿Qué hay en los datos?
- ¿Qué tanto varían los datos?
- ¿Cómo están distribuidos los datos?
- ¿Qué relación existe entre las variables?

Las estadísticas que se utilizan para alcanzar los objetivos mencionados anteriormente son: las medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y las medidas de dispersión o variabilidad (desviación estándar, rango, varianza, coeficiente de correlación). (pp.281 - 282)

La **media** de la muestra es un promedio numérico. Se calcula como la suma de los valores de toda la observación divididos entre el número de observaciones y proporciona una medida de localización central de los datos (Naghi, 2005).

La **mediana** de la muestra refleja la tendencia central de la muestra de manera que no esté influida por los valores extremos. Los datos deben estar ordenados de menor a mayor y el valor depende del número de observaciones:

- Número de observaciones par: la mediana es el promedio de las dos observaciones de en medio.
- Número de observaciones impar: la mediana es el valor de en medio. (Anderson, 2008, p.84)

La **moda** es el valor que se presenta con mayor frecuencia. (Anderson, 2008, p.85)

El **rango** es la diferencia entre el valor más alto y el valor más pequeño de los valores observados. (Anderson, 2008, p.92)

La **varianza** es el promedio de los cuadrados de la diferencia entre el valor de cada observación y la media. (Anderson, 2008, p.93)

La **desviación estándar** es la raíz cuadrada positiva de la varianza. (Anderson, 2008, p.95)

El **coeficiente de correlación** es una medida de la relación lineal entre dos variables, puede tener valores entre -1 (relación negativa) y +1 (relación positiva). (Anderson, 2008, p.126)

La toma de datos es una etapa fundamental en cualquier estudio estadístico, por lo que se debe planificar ya que de ellos se extrae la información para las conclusiones y toma de decisiones (Colomer, 1997).

Colomer (1997) recomienda tomar en cuenta los siguientes puntos antes de la toma de datos:

- El propósito perseguido: la respuesta que se piensa dar.
- La forma de recoger y medir los datos.
- Quién debe recoger los datos, cómo y cuándo.
- Tamaño de la muestra por tomar.
- Tipo de análisis a realizar a la muestra. (p.26)

## Control mediante las siete herramientas básicas de calidad

“Para visualizar los datos y tomar decisiones se pueden usar las 7 herramientas básicas de la calidad:

- Histogramas
- Listas de verificación
- Diagramas de Pareto
- Diagramas de Ishikawa
- Gráficos de control
- Diagramas de flujo
- Diagramas de dispersión” (Colomer, 1997, p.26).

Los **histogramas** son una forma de representación gráfica de datos útil cuando se trata de representar la variabilidad existente en los datos. (Colomer, 1997)

Por otra parte, las **listas de verificación** facilitan la recolección de datos y son una forma sencilla de presentación de los datos para su análisis. Se diseñan de acuerdo con las necesidades: puede ser para conocer la distribución de un proceso, localizar defectos en el producto, para determinar causas de defectos o para verificación de productos. (Colomer, 1997)

El **diagrama de Pareto** es una representación gráfica en la que se observa cuáles son los factores que influyen más en una determinada respuesta en estudio. (Colomer, 1997)

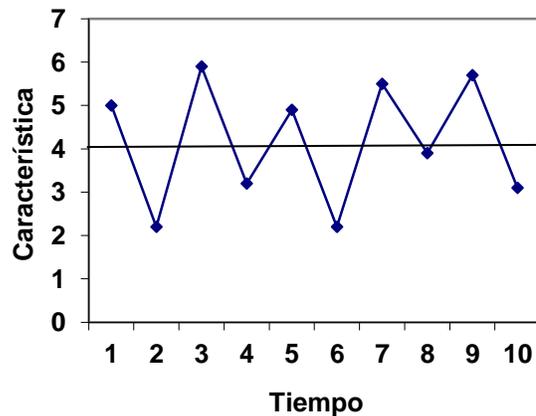
Además, un **diagrama de Ishikawa** es una forma de representar las relaciones existentes entre las características de la calidad (efectos) y los factores (causas). (Colomer, 1997)

Con un **gráfico de control** se puede determinar si el comportamiento de un proceso se mantiene en un nivel aceptable durante el tiempo. Es esperable que cualquier proceso experimente una variabilidad natural debida a fuentes de variación poco importantes e incontrolables, como también puede experimentar variaciones por causas no aleatorias, por ejemplo, errores de operadores o indicadores de máquinas mal ajustados y se considera que el proceso opera en un estado fuera de control (Walpole, 1999).

El gráfico de control tiene como intención detectar el estado fuera de control de un proceso y, por lo general, tiene una forma como se muestra en la figura 1.3. La línea central es el valor promedio de la característica cuando el proceso está controlado. (Walpole, 1999).

Se deben elegir límites superiores e inferiores y lo esperable es que todos los puntos de la muestra queden entre los límites para concluir que el proceso está controlado. (Walpole, 1999).

Hay dos tipos de categorías de gráficos de control: de variables y de atributos. En los gráficos de variables “la característica por lo general es una medición de un continuo, como el diámetro, peso, etcétera”. En los gráficos de atributos la característica refleja si el producto individual es o no defectuoso (Walpole, 1999, p.638).



**Figura 1.3.** Gráfica de control. Fuente: elaboración basado en Walpole (1999).

Walpole (1999) menciona que: “en el caso de el gráfico de variables se debe ejercer control sobre la tendencia central y la variabilidad” (p.638).

“Un **diagrama de flujo** es un esquema gráfico que describe un proceso y secuencia general de operaciones, sirve para dar una visión general de cómo transcurre el proceso” (Suñé, et al., 2004, p.88).

El **diagrama de dispersión** tiene como función estudiar la relación entre dos variables. (Colomer, 1997)

## Control mediante pruebas

El propósito de realizar las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio a los materiales y sistemas es examinar, comprobar o determinar las características o rendimiento de estos. Al comparar los resultados obtenidos con los exigidos en las especificaciones y normas se puede aceptar o rechazar un producto.

Por ejemplo: si en las especificaciones técnicas de un proyecto la resistencia a la compresión mínima del concreto a los 28 días en columnas debe ser de  $280\text{kg/cm}^2$ , la forma de verificar que esto se cumpla es mediante la realización del ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

Es importante que estos ensayos o pruebas de laboratorio sean realizados por laboratorios de ensayo acreditados, ya que se

garantiza la confiabilidad de los procedimientos y de los resultados obtenidos por cada uno.

## Control mediante Inspección

El PMBOK del PMI (2013) describe la inspección como el examen del producto de un trabajo para determinar si cumple con los estándares documentados, se pueden inspeccionar los resultados de una sola actividad o el producto final del proyecto. Las inspecciones se denominan también como revisiones, auditorías o ensayos. (p.252)

En este caso se considerará inspección a las revisiones y ensayos en sitio.

# Pruebas y especificaciones

## Pruebas de laboratorio

Algunas de las pruebas de laboratorio más comunes realizadas a materiales en un edificio de salud son:

1. Pruebas al concreto
  - a. Resistencia a la compresión de cilindros de concreto (ASTM C-39)
  - b. Resistencia a la compresión de prismas de mampostería (ASTM C-1314)
  - c. Resistencia a la compresión de bloques de mampostería (ASTM C-140)
  - d. Núcleos perforados de concreto (ASTM C-42)
2. Pruebas de suelos
  - a. Clasificación de suelos (SUCS y visual-manual) (ASTM D-2487 y ASTM D-2488)
  - b. Límites de Atterberg (ASTM D-4318)
  - c. Contenido de Humedad Natural del Suelo (ASTM D-2216)

- d. Análisis Granulométrico (ASTM C-136 y ASTM C-117)
  - e. Proctor Modificado (ASTM D-1557)
  - f. Proctor Estándar (ASTM D-698)
  - g. CBR (ASTM D-1883)
  - h. Ensayo de Compresión Uniaxial (ASTM D-2166)
3. Pruebas al acero de refuerzo
    - a. Prueba de tracción (ASTM A-370)
    - b. Resistencia a la tensión de barras de acero (ASTM A-615)

## Pruebas de laboratorio al concreto

### Resistencia a la compresión de cilindros de concreto (ASTM C-39)

Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de concreto preparados y curados de acuerdo con lo establecido en la práctica normalizada ASTM C-31<sup>1</sup>. Los resultados son utilizados en el control de calidad para la verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.

El Instituto Americano del Concreto (ACI, 2014) en los Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ACI 318R-14 menciona que los resultados de resistencia a la compresión del concreto se consideran satisfactorios cuando:

- La resistencia promedio de tres pruebas consecutivas es igual o mayor a la resistencia a la compresión especificada. (Cada prueba se considera de dos cilindros).
- Ningún resultado de prueba individual de resistencia a la compresión (2 cilindros) sea:
  - Menor que la  $f'_c$  especificada por más de  $35 \text{ kg/cm}^2$  cuando  $f'_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Menor que la  $f'_c$  especificada por más del 10% cuando  $f'_c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$ .

---

<sup>1</sup> ASTM C-31: Práctica estándar para la preparación y curado de especímenes de prueba de concreto en campo.

### Resistencia a la compresión de prismas de mampostería (ASTM C-1314)

Utilizado para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería con el fin de verificar que la mampostería utilizada en la construcción cumple con la resistencia especificada.

### Resistencia a la compresión de bloques de mampostería (ASTM C-140)

Se obtiene la resistencia a la compresión de bloques de mampostería, además, mide las dimensiones, absorción y área neta de los bloques. De acuerdo con el Anexo A.1.1 del Código Sísmico de Costa Rica (2011) "la mampostería clase A es obligatoria para todas las construcciones con área mayor que 1000m<sup>2</sup> y tres pisos de altura" (p.A/2).

La figura 1.4 resume las resistencias mínimas para los bloques de mampostería que exige el CSCR 2010.

Resistencia	Clase A	Clase B	Clase C
$f_{m_{promedio}}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	133	90	75
$f_{m_{individual}}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	120	80	70

**Figura 1.4.** Clases y resistencia a la compresión mínima de unidades de mampostería de concreto huecas. Fuente: Anexo A.A. del CSCR 2010 (CFIA, 2011).

### Núcleos perforados de concreto (ASTM C-42)

Trata acerca de la obtención de núcleos de concreto colocado, para posteriormente realizar un análisis de resistencia a la compresión.

Se puede utilizar en caso de que los resultados de la prueba de resistencia a la compresión de cilindros de concreto (ASTM C-39) no cumplan con el parámetro establecido en las especificaciones técnicas del proyecto.

El ACI 318R-14 (ACI, 2014) menciona que se deben tomar tres núcleos y el promedio de resistencia debe ser al menos igual a 0,85f<sub>c</sub> (f<sub>c</sub>: resistencia especificada), ningún núcleo debe tener resistencia menor a 0,75f<sub>c</sub> (p.26).

## Pruebas de suelos

El Código de Cimentaciones de Costa Rica (Asociación Costarricense de Geotecnia, 2009), recomienda realizar un estudio de suelos para edificaciones, movimientos de tierra, rellenos, excavaciones, caminos, en general, cualquier obra que modifique el entorno donde se localice (p.35).

La sección 2.4 del Código de Cimentaciones (2009) trata acerca de las pruebas de laboratorio comunes de un estudio de suelos y su objetivo es encontrar las características físicas y mecánicas de cada material que conforma el subsuelo (p.38).

### Clasificación de Suelos SUCS y visual-manual (ASTM D-2487 y ASTM D-2488)

Para realizar la clasificación del suelo se utilizan los resultados de los límites de Atterberg y análisis granulométrico. Este sistema usa diferentes símbolos para identificar el tipo de suelo, cada símbolo tiene una descripción que da el nombre del grupo en el que se clasifica el suelo (Das, 2006).

### Límites de Atterberg (ASTM D-4318)

Se utiliza en suelos cohesivos para determinar el límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y contenido de humedad del suelo.

### Contenido de Humedad Natural del Suelo (ASTM D-2216)

En suelos no cohesivos se utiliza para determinar el contenido de humedad en masa del suelo mediante secado.

### Análisis Granulométrico (ASTM C-136 y ASTM C-117)

Se determina la distribución de tamaños de las partículas en los suelos mediante tamizado. De la curva granulométrica se obtienen el coeficiente de uniformidad y coeficiente de graduación que se usan en la clasificación SUCS (Das, 2006).

### Proctor Modificado (ASTM D-1557)

Se utiliza para determinar la densidad seca máxima del suelo y su contenido de humedad óptimo, estos resultados se obtienen de la curva de compactación. La diferencia entre el Proctor Modificado y el Proctor Estándar es la energía de compactación usada en el ensayo.

### Proctor Estándar (ASTM D-698)

Se utiliza para determinar la densidad seca máxima del suelo y su contenido de humedad óptimo, estos resultados se obtienen de la curva de compactación.

### CBR (ASTM D-1883)

El resultado se utiliza en el diseño de pavimentos. Mide la resistencia al esfuerzo cortante de la subrasante, subbase y los materiales de la base. El CBR de un material evalúa la calidad del material.

### Ensayo de Compresión Uniaxial (ASTM D-2166)

Se obtiene la resistencia a la compresión simple o resistencia última no confinada del suelo ( $q_u$ ) cohesivo y el valor de cohesión del suelo.

## Pruebas al acero de refuerzo

### Prueba de tracción (ASTM A-370)

Al realizar esta prueba, se determinan las propiedades mecánicas especificadas del acero, acero inoxidable y aleaciones. El resultado de las pruebas se utiliza como parámetro de aceptación de material entrante por parte del comprador o para evaluación de la conformidad del producto.

### Resistencia a la tensión de barras de acero (ASTM A-615)

Determina la resistencia a la tensión de barras de acero que se van a emplear en elementos de concreto reforzado para verificar los requisitos que establece el Código Sísmico de Costa Rica.

La Norma Oficial de Barras de Acero para Hormigón Armado (Concreto) MEIC-12666 establece las especificaciones para las barras de acero utilizadas como refuerzo en el concreto. Clasifica las barras de acero en diferentes grados de acuerdo con el límite de fluencia mínima, y además, menciona condiciones generales y requisitos dimensionales y mecánicos.

## Pruebas en sitio

Algunas de las pruebas en sitio más comunes realizadas a materiales en un proyecto de construcción de un edificio de salud son:

1. Pruebas al concreto
  - a. Muestreo en campo de concreto fresco (ASTM C-172)
  - b. Revenimiento del concreto (ASTM C-143)
  - c. Ensayos no destructivos al concreto (ASTM C-803, ASTM C-900 y ASTM C-805)
2. Pruebas de suelos
  - a. Ensayo de Penetración Estándar SPT (ASTM D-1586)
  - b. Densidad en campo del suelo (ASTM D-6938)
3. Pruebas acero estructural
  - a. Inspección visual de soldaduras
  - b. Ultrasonido
  - c. Tintas penetrantes
  - d. Rayos X
4. Pruebas a sistemas
  - a. Sistema de gases médicos
  - b. Sistema mecánico contra incendios
  - c. Equipo médico

## Pruebas al concreto

### Muestreo en campo de concreto fresco (ASTM C-172)

Trata acerca de los procedimientos para la obtención de las muestras del concreto fresco en campo, incluye el muestreo de mezcladoras de concreto estacionarias (batidoras) y camiones mezcladores.

### Revenimiento del concreto (ASTM C-143)

Determina el asentamiento del concreto de cemento hidráulico (revenimiento), en campo o en laboratorio. El resultado muestra la trabajabilidad del concreto, el revenimiento esperado debe estar mencionado en las especificaciones técnicas del proyecto.

### Ensayos no destructivos al concreto (ASTM C-803, ASTM C-900 y ASTM C-805)

De acuerdo con el ACI 318-08, sección R26.12.3.1(c), las medidas que se deben tomar, en caso de que los resultados de resistencia a la compresión de cilindros de concreto no se consideren satisfactorios, pueden ser:

- Mejorar la calidad de la toma de muestras.
- Reducción o mayor control del revenimiento.
- Reducción en el tiempo de entrega del concreto.
- Aumentar contenido de cemento de la mezcla.
- Cambiar proporciones de diseño de la mezcla.
- Mayor control del contenido de aire de la mezcla de concreto.

La sección R26.12.4 del ACI 318-08 recomienda realizar ensayos no destructivos para comparar resultados en caso de que, después de adoptar las medidas descritas anteriormente, el resultado de  $f_c$  no sea el esperado.

## Pruebas de suelos

### Ensayo de Penetración Estándar SPT (ASTM D-1586)

Se obtiene el número de penetración estándar  $N$  y mediante correlaciones se puede determinar la consistencia y resistencia al cortante.

De las muestras alteradas que son recuperadas, se puede obtener la información necesaria para la estratigrafía del suelo, ubicación del nivel freático, análisis granulométrico, clasificación del suelo y límites de Atterberg.

### Densidad en campo del suelo (ASTM D-6938)

Conocido como Método Nuclear, es una prueba que se realiza en campo, rápida y no destructiva para medir la densidad húmeda, contenido de humedad del suelo y la densidad seca. Se utiliza para control de calidad de suelos compactados.

## Pruebas al acero estructural

De acuerdo con el Código Sísmico de Costa Rica (2011), en la sección 10.9.3.1 menciona que el inspector, después de la visita en campo, debe preparar un informe de inspección. El inspector debe ser un especialista en metalurgia que realice ensayos no destructivos (p.10/68):

Se permiten los siguientes ensayos no destructivos:

- Inspección visual de soldaduras
- Ultrasonido
- Tintas penetrantes
- Rayos X

## Pruebas a sistemas

Las pruebas a sistemas se hacen en campo y son igual de importantes que las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio a los materiales.

### Sistema de gases médicos

En Costa Rica, el diseño e instalación de los sistemas de gases médicos está basado en la norma NFPA 99, pero en algunos casos los requerimientos de esta norma pueden ser muy exigentes, por lo que ingenieros y técnicos han tenido que adaptar la norma NFPA 99 a la realidad nacional, para asegurar que el sistema de gases médicos tenga las condiciones de prevención de riesgo que busca la NFPA (Mora, 2006). Se deben realizar pruebas por parte del instalador y pruebas de verificación del sistema como:

- Prueba inicial de presión
- Prueba de purga de tubería
- Prueba de presión estática para tubería de aire médico

## Sistema mecánico contra incendios

El Cuerpo de Bomberos es el encargado de regular los aspectos generales en materia de prevención, seguridad humana y protección contra incendios; define las disposiciones tanto técnicas como de aplicación obligatoria en el diseño y construcción de todo proyecto de obra civil que esté destinado a la ocupación de personas de manera temporal o permanente, como edificaciones nuevas, edificios existentes o remodelaciones, excepto unidades residenciales, unifamiliares y bifamiliares. También regula el diseño e instalación de sistemas de protección contra incendios de protección pasiva y activa, tanto temporal como permanente (Cuerpo de Bomberos, 2013).

Contiene los requisitos generales y específicos que deben cumplir las edificaciones, de acuerdo con el tipo de ocupación. Los requisitos generales son: los medios de egreso, construcción y compartimentación de las edificaciones; iluminación de emergencia, señalización, sistema de detección y alarma, extintores portátiles, sistemas fijos de protección contra incendios, instalaciones de gas licuado de petróleo, accesos vehiculares y equipamiento de cocinas comerciales.

El Cuerpo de Bomberos brinda los servicios de evaluación de riesgo en seguridad humana y protección contra incendios, así como el servicio de inspección y pruebas de sistemas fijos contra incendio.

La evaluación de riesgo en seguridad humana y protección contra incendios la realizan verificando el cumplimiento de los requisitos del *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios* y la norma NFPA 101.

La inspección y pruebas de sistemas fijos contra incendios se realizan de acuerdo con la norma NFPA 25, se desarrolla en una visita en campo y los servicios se deben solicitar directamente al Benemérito Cuerpo de Bomberos. En la figura 10 se resumen las pruebas que se realizan.

## Equipo médico

Todo equipo emisor o detector de radiaciones ionizantes que se incorpore a un servicio de la CCSS deberá someterse a una serie de pruebas de aceptación, antes de su uso clínico.

En la figura 6 se resumen las pruebas por realizar al equipo médico.

De acuerdo al documento *Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes* (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) las verificaciones, comprobaciones y mediciones deberá realizarlas el suministrador del equipo en presencia de un representante del personal técnico del Área de Control de Calidad y Protección Radiológica.

Las pruebas pueden ser:

- Cálculo de blindaje de la infraestructura.
- Levantamiento radiométrico.
- Detección y medida de la radiación de fuga.
- Verificación del buen estado de los cables.
- Verificación del tamaño del campo de radiación, entre otras pruebas.

Algunos de los equipos médicos a los que se les realizan pruebas son:

- Angiógrafo.
- Tomógrafos computarizados de radio diagnóstico.
- Fluoroscopia.
- Equipos convencionales digitales.
- Equipos de mamografía digital.
- Equipos de rayos X portátiles.
- Ortopantomógrafos (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

# Normativa

Muchas organizaciones se basan en normas internacionales para el control de calidad de sus productos, la CCSS en las especificaciones técnicas de sus proyectos hace referencia a códigos y normas nacionales e internacionales, algunas de las cuales se describen en los siguientes párrafos.

## AASHTO

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) es una asociación sin fines de lucro que representa a los departamentos de carreteras y transporte en los 50 estados de los Estados Unidos de Norteamérica, el Distrito de Columbia y Puerto Rico.

Abarca todos los modos de transporte: aéreo, autopistas, transporte público, el ferrocarril y el agua. AASHTO establece estándares técnicos para todas las fases del desarrollo del sistema de carreteras, las normas son para diseño, construcción de carreteras y puentes, materiales y otras áreas técnicas (AASHTO, s.f.).

## AISC

American Institute of Steel Construction (AISC) es una asociación estadounidense que desarrolla especificaciones y códigos aplicables al diseño de estructuras de acero y a la industria de la construcción. También investigan, dan asistencia técnica, certificaciones de calidad, entre otros (AISC, 2019).

## ANSI

American National Standards Institute supervisa la creación, promulgación y el uso de miles de normas y directrices que afectan directamente a las empresas en casi todos los sectores, como equipos acústicos, producción lechera, distribución de energía, equipos de construcción, entre otros (ANSI, 2019).

## ASTM

American Society for Testing Materials (ASTM) es una organización internacional de desarrollo de normas, las cuales son utilizadas y aceptadas mundialmente. Las normas abarcan áreas como metales, pinturas, plásticos, textiles, construcción, servicios médicos, energía, medio ambiente, entre otros.

Las normas de ASTM son desarrolladas por expertos, organizaciones y personas que representan las diferentes industrias, el mundo académico, gobiernos, consultores, consumidores y asociaciones, cada uno con participación igualitaria en el proceso de determinar el contenido de las normas (ASTM, 2014).

## Código de Cimentaciones de Costa Rica

“Incluye requisitos mínimos para la investigación geotécnica y aspectos de seguridad y acciones de diseño, metodologías de diseño para cimentaciones, obras de retención, excavaciones y más. Es un Código de acatamiento obligatorio para los profesionales del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos” (Asociación Costarricense de Geotecnia, 2009, p.23).

## Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones

El Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (CFIA, 2017) establece: “los requisitos mínimos que deben cumplir las instalaciones sanitarias e hidráulicas de agua potable caliente y fría, desagüe de aguas residuales, ventilación de las instalaciones sanitarias, drenaje de aguas pluviales y distribución de gas LP” (p.20).

## **Código Sísmico de Costa Rica**

El Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica en el Código Sísmico de Costa Rica (2011): “Establece los requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción sismorresistente en edificaciones y obras afines que se construyen en el territorio de la República de Costa Rica” (p.1/1).

## **Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010**

Desarrollado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica en conjunto con el LanammeUCR.

Es un documento de aplicación obligatorio en las diferentes fases de todas las obras viales que se realicen para el MOPT. Se establecen los criterios, políticas, procedimientos y métodos que indican las condiciones por cumplir en los proyectos viales con respecto a planificación, estudio, evaluación, diseño, construcción, seguridad, mantenimiento, calidad e impacto ambiental. (MOPT - LanammeUCR, 2010, p.4)

## **INTECO**

El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica es el ente que se encarga de la elaboración de las normas convenientes para el desarrollo socioeconómico nacional y adopta normas internacionales. Además, son los encargados de comercializar las normas nacionales e internacionales y las publicaciones técnicas (La Gaceta, 2002).

## **ISO**

Las normas ISO son establecidas por el Organismo Internacional de Estandarización (ISO), son estándares y guías relacionados con

sistemas y herramientas específicas de gestión aplicables a cualquier tipo de organización (ISO, 2015).

## **MEIC**

Le corresponde al Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica (MEIC), a través de la Dirección de la Calidad (conformada por dos departamentos: Órgano de Reglamentación Técnica y CODEX Alimentarius Costa Rica), coordinar la emisión de reglamentos técnicos nacionales y la participación en la elaboración de normas de alimentos, además de verificar su cumplimiento en el mercado nacional. (MEIC, 2019).

## **NFPA**

National Fire Protection Association (NFPA) desarrolla, publica y difunde códigos y normas con la intención de minimizar las posibilidad y consecuencias de incendios, así como otro tipo de riesgos (NFPA, 2019).

# **Sistema Nacional para la Calidad**

El 21 de mayo del 2002, el Gobierno de Costa Rica promulgó la Ley N° 8279 “Sistema Nacional para la Calidad”, con el propósito de establecer un marco estructural para las actividades vinculadas al desarrollo y demostración de la calidad. En esta ley también se creó el Consejo Nacional para la Calidad (CONAC).

El CONAC es el responsable de velar por la coordinación de las actividades de promoción y difusión de la calidad, así como de elaborar las recomendaciones que considera convenientes y de darles su respectivo seguimiento (La Gaceta, 2002).

El Sistema Nacional para la Calidad está integrado por:

- a) Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET).

- b) Órgano de Reglamentación Técnica (ORT).
- c) Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO).
- d) Ente Costarricense de Acreditación (ECA).

## **Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET)**

LACOMET es el encargado de garantizar la trazabilidad de las mediciones que se ejecutan en el país y que su realización sea de acuerdo con lo establecido por el Sistema Internacional de Unidades (SI) (La Gaceta, 2002).

Tiene como funciones difundir y fundamentar la metrología nacional, custodiar los patrones nacionales, fungir como laboratorio nacional de referencia en metrología y brindar servicios de calibración y verificación de instrumentos de medición (La Gaceta, 2002).

## **Órgano de Reglamentación Técnica (ORT)**

Es una comisión interministerial que tiene como misión contribuir a la elaboración de los reglamentos técnicos, mediante el asesoramiento técnico en el procedimiento de emitirlos (La Gaceta, 2002).

Coordina con los respectivos ministerios la elaboración de sus reglamentos técnicos y tiene como función recomendar la adopción, actualización o derogación de los reglamentos técnicos emitidos por el Poder Ejecutivo (La Gaceta, 2002).

## **Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO)**

El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica es una asociación privada sin fines de lucro creada en 1987 y reconocida en 1995, por decreto ejecutivo, como el Ente Nacional de Normalización (INTECO, s.f.d.).

Ese reconocimiento se consolida con la emisión de la Ley N° 8279, donde cada cinco años el Poder Ejecutivo, bajo recomendación del Consejo Nacional para la Calidad, concede el

reconocimiento como Ente Nacional de Normalización (ENN) a la entidad privada sin fines de lucro que haya adoptado los requisitos internacionales y los cumpla. Con ese reconocimiento el ente podrá participar en actividades realizadas por otros organismos de normalización internacionales (La Gaceta, 2002).

Entre las funciones del ente se destacan la elaboración de las normas convenientes para el desarrollo socioeconómico nacional y la adopción de normas internacionales, difundir la aplicación adecuada de las normas a las actividades productivas y comerciales, tanto en el sector público como en el privado. Además, son los encargados de comercializar las normas nacionales e internacionales y las publicaciones técnicas (La Gaceta, 2002).

## **Ente Costarricense de Acreditación (ECA)**

Es una entidad pública no estatal y único organismo con potestad para emitir las acreditaciones a nivel nacional en las áreas de laboratorios de ensayo y calibración, organismos de inspección y control, organismos de certificación y otros afines (La Gaceta, 2002).

Tiene como misión respaldar la competencia técnica y credibilidad de los entes acreditados, para garantizar la confianza del Sistema Nacional para la Calidad (SNC) y encuentra sus principios en los términos de referencias, normas, códigos y acuerdos internacionales relacionados a cada área (La Gaceta, 2002).

El ECA tiene sus acreditaciones reconocidas internacionalmente por los máximos foros mundiales de acreditación, como el Foro Internacional de Acreditación (IAF), la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC) y la Cooperación Interamericana de Acreditación (IAAC) (ECA, 2011).

Para verificar el cumplimiento de los requisitos de la acreditación, el ECA realiza visitas anuales de seguimiento y fiscalización (ECA, 2011).

## Acreditación

Una acreditación es el procedimiento mediante el cual un organismo autorizado, evaluando de manera independiente e imparcial, reconoce de manera formal que otra organización es competente para ejecutar actividades específicas de evaluación de la conformidad. Las acreditaciones brindan confianza de que el producto o servicio cumple con su verdadero propósito (ECA, 2011).

Para que un laboratorio de ensayo o un organismo de inspección en Costa Rica obtenga la acreditación por el ECA, debe cumplir requisitos como ser una organización legalmente constituida, tener un sistema de calidad implementado, contar con personal calificado, tener infraestructura acorde a las funciones que realizan, además de cumplir con requisitos particulares según el alcance de sus actividades.

Los laboratorios de ensayo deben cumplir con la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración* y los organismos de inspección deben cumplir con la Norma INTE-ICO/IEC 17020:2012 *Criterios generales para la operación de varios tipos de organismos que realizan inspección* (ECA, 2011).

La Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 es una norma internacional que establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o calibraciones, incluyendo muestreos. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio (INTECO, s.f.b.).

Esta norma es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones. Un laboratorio acreditado por esta norma demuestra que tiene un sistema de calidad implementado y que los resultados de los ensayos son precisos y confiables (ECA, 2011).

Por su parte, la Norma INTE-ICO/IEC 17020:2012 es una norma internacional que contiene los requisitos para la competencia de los organismos que realizan inspecciones, además, para la imparcialidad y coherencia de las actividades de inspección. Se aplica a todas las etapas de inspección donde se incluyen la etapa de diseño, el examen de tipo, la inspección inicial, la inspección en servicio y la vigilancia (INTECO, s.f.a.).

## Laboratorios de ensayos acreditados por el ECA

Entre los laboratorios de ensayos con alcances acreditados por el ECA y que cumplen con la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 se encuentran laboratorios de ensayos químicos, microbiológicos, clínicos y de materiales. Esta norma describe los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo para garantizar la competencia técnica y la validez de los resultados obtenidos (ECA, 2011).

Como requisito para obtener la acreditación, el laboratorio de ensayo debe enviar una solicitud de acreditación donde se presentan documentos anexos describiendo el alcance de la acreditación y el comprobante de pago (ECA, 2011).

En la descripción del alcance de la acreditación se indica el área a la que corresponde el ensayo, artículo, materiales, productos por ensayar, muestreo, el nombre del ensayo, especificación, referencia al método y técnica usada, el ámbito de trabajo, las instalaciones y el personal que realiza el ensayo (ECA, 2011).

## Organismos de inspección acreditados por el ECA

Entre los organismos de inspección con alcances acreditados por el ECA y que cumplen con la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012 se encuentran organismos de inspección técnica de vehículos, hidrocarburos y productos químicos, proyectos de conservación y obra vial, inspecciones sanitarias y de metrología (ECA, 2011).

Como requisito para obtener la acreditación, el organismo de inspección debe enviar una solicitud de acreditación donde se presentan documentos anexos describiendo el alcance de esta y el comprobante de pago. En la descripción del alcance de la acreditación, se indica el área a la que corresponde la inspección, productos, procesos, servicios por inspeccionar, tipo de inspección, código y título de la norma o especificación técnica y el personal capacitado para realizar las actividades de inspección (ECA, 2011).

# Metodología

En esta sección se describen las actividades realizadas para cada uno de los productos obtenidos durante la ejecución de los objetivos específicos de este proyecto. Con la integración de los productos se obtienen cuatro entregables: dos manuales, un archivo de MS Excel y una herramienta digital. Los entregables se describen al final de esta sección y se pueden revisar en el apéndice A, apéndice B y el apéndice C.

Este proyecto fue desarrollado para la Dirección de Arquitectura e Ingeniería de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS).

Esta sección explica la metodología utilizada para obtener cada uno de los resultados de los objetivos específicos (OE) del proyecto:

- a) OE1: Investigar sobre las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio que se deben realizar a los diferentes materiales y sistemas que constituyen un proyecto de construcción de un edificio de salud y acerca de las normas de calidad que deben cumplir los materiales por utilizar acuerdo con la normativa vigente.
- b) OE2: Realizar una matriz resumen que incluya las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio de materiales y sistemas para las actividades y tareas que componen proyecto de construcción de un edificio de salud.
- c) OE3: Proponer y actualizar formularios, plantillas y procesos para el registro, seguimiento y control de resultados de las distintas pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.
- d) OE4: Realizar una propuesta de registro de costos de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio de acuerdo con el avance de obra.
- e) OE5: Investigar acerca de los laboratorios nacionales y organismos de inspección que se encuentran acreditados para la realización de las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.

- f) OE6: Integrar los OE1, OE2, OE3, OE4 y OE5 en un documento escrito y en un archivo de MS Excel, denominados respectivamente: *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social y Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud.*

## Objetivo Específico 1

### Lista de actividades y tareas que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud

Para obtener el listado de actividades y tareas que componen un proyecto construcción de un edificio de salud, se hizo la revisión de las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia de la CCSS (2016) y del proyecto de graduación *Diseño de una Base de Datos de Información de Costos para Proyectos de Construcción* de Portocarrero y Sánchez (2002).

### Lista de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones por actividad y tarea

La investigación y actualización de las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio que deben realizarse a los diferentes materiales y sistemas, así como las especificaciones y condiciones varias que deben cumplir algunos de los materiales, se obtuvo de la revisión de las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia (2016), revisión de códigos, manuales y normas

nacionales como el *Código Sísmico de Costa Rica 2010* (2011), *Código de Cimentaciones de Costa Rica* (2009), *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias* (2011), *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica* (2013), *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR - 2010* (2009), tesis de grado realizadas en temas similares, informes de inspección, informes de pruebas de laboratorio, entre otros similares.

De la revisión de las fuentes bibliográficas anteriores, también se recopiló información acerca de los parámetros o valores por cumplir y la frecuencia con la que deben realizarse las pruebas.

Así mismo, con la información obtenida de la investigación y revisión de las fuentes bibliográficas anteriores, se organizaron las pruebas y especificaciones en 13 diferentes categorías y a cada una se le asignó un código:

- a) Acero de Refuerzo (AR).
- b) Acero Estructural (AE).
- c) Acero Inoxidable (AI).
- d) Asfalto (AS).
- e) Concreto (C).
- f) Equipamiento (EQ).
- g) Gases Médicos (SGM).
- h) Obra Arquitectónica (OA).
- i) Obra Mecánica (ME).
- j) Pintura (PI).
- k) Señalización y demarcación (SD).
- l) Sistema Contra Incendios (SMI).
- m) Suelos (S).

Cada una de las pruebas y especificaciones se clasificó en tres tipos:

- a) Prueba de laboratorio.
- b) Prueba en sitio.
- c) Especificación.

Utilizando el desglose de las diferentes actividades que conforman un proyecto de construcción de un edificio de salud, definidas por Portocarrero y Sánchez (2002) en su proyecto de graduación y con la información de las pruebas y especificaciones necesarias para los diferentes materiales y sistemas de un proyecto de construcción de un edificio de salud de la CCSS, se creó la lista con cada una de las actividades y

tareas con sus respectivas pruebas y especificaciones necesarias.

Portocarrero y Sánchez (2002) clasificaron las actividades y tareas en seis grandes grupos y para efectos de este proyecto se le asignó un número a cada grupo:

- a) 1000. Obras Previas.
- b) 2000. Obra Exterior.
- c) 3000. Obra Estructural.
- d) 4000. Obra Arquitectónica.
- e) 5000. Obra Mecánica.
- f) 6000. Equipamiento.

El área eléctrica no forma parte del alcance de este proyecto de graduación, por lo cual no se incluye información acerca de pruebas ni especificaciones referentes al sistema eléctrico.

El Equipamiento se refiere a los equipos médicos que emiten radiaciones ionizantes. En este proyecto se mencionan algunas de las pruebas y especificaciones que se realizan a los equipos médicos, por la importancia de estas en el control de calidad del edificio de salud, pero no se anotan los parámetros ni la frecuencia con la que se realizan, ya que están a cargo del Área de Control de Calidad y Protección Radiológica de la CCSS.

## Objetivo específico 2

### Matriz resumen de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio para materiales y sistemas

La información obtenida anteriormente se organizó en una matriz resumen de la siguiente manera:

- En las filas se ubicaron las actividades y tareas con su respectivo desglose de pruebas y especificaciones. La matriz tiene ocho columnas.
- Columna llamada *CÓDIGO ACTIVIDAD*: Contiene el código de actividad, este código es un número consecutivo y único que se asignó a cada una de las actividades y tareas, al igual que al desglose de pruebas y especificaciones.
- Se le asignó un código de prueba/especificación a cada una de las

pruebas o especificaciones de acuerdo con las 13 categorías definidas anteriormente, este código es único para cada prueba o especificación y se encuentra en una columna llamada **CÓDIGO PRUEBA**.

- Se creó una columna llamada **CATEGORÍA** donde se clasifica cada actividad, tarea, prueba y especificación dentro de alguna de las 13 categorías.
- Se creó una columna llamada **TIPO DE PRUEBA** que indica si la prueba es de laboratorio, prueba en sitio o si es una especificación.
- Se creó una columna llamada **DESCRIPCIÓN** que tiene el nombre de la prueba o especificación.
- En la columna **NORMA** se encuentra el nombre de la norma a la que hace referencia la prueba, ya sea AASHTO, ASTM, ACI, Código Sísmico, Código Hidráulico, etc.
- La columna **PARÁMETRO** es donde se encuentran los valores por cumplir y verificar para cada prueba y especificación.
- En la columna **FRECUENCIA** se anotaron las frecuencias con las que se debe realizar la prueba o verificación de cumplimiento de especificación.
- Y la última columna se llama **REFERENCIA** y contiene la referencia bibliográfica para cada prueba y especificación.

### Objetivo Específico 3

Lista de los diferentes laboratorios nacionales, organismos de inspección acreditados y su información de contacto.

Se investigó acerca de las acreditaciones que se les otorgan a los laboratorios de materiales a nivel nacional y en la información que el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) tiene en su página web, se encontraron datos sobre cuáles laboratorios y organismos de inspección nacionales poseen sus alcances acreditados, así como las pruebas que realizan.

La información de los laboratorios y organismos de inspección se resumió en una matriz que contiene la información de contacto de cada laboratorio acreditado por el Ente Costarricense de Acreditación.

### Objetivo específico 4 y Objetivo específico 5

Formularios y plantillas para seguimiento y control de resultados y costos de las pruebas a materiales y sistemas

Se diseñó una hoja que permite el registro de datos de los informes de las pruebas de laboratorio y de las bitácoras de las pruebas en sitio llamada *Registro de Informes*, con la información de esta hoja se programaron seis hojas diferentes, cada una para llevar el control de costos de las pruebas.

Las hojas se llaman: *Costo por Etapa de Construcción*, *Costo Mensual*, *Costo Pruebas de Acero*, *Costo Pruebas de Concreto*, *Costo Pruebas de Suelos* y *Avance Mensual*.

Estas hojas se programaron en MS Excel y fueron diseñadas para generar gráficos que permitan analizar la información ingresada.

Los gráficos se actualizan cada vez que se registra información de las pruebas, como fecha, descripción, cumplimiento de resultado, laboratorio encargado y costo.

### Diagramas de flujo

Se crearon diagramas de flujo para las pruebas más comunes, escogidas de acuerdo con la solicitud de la Inspección de la CCSS, razón por la cual no se contempla la totalidad de las pruebas.

Los diagramas de flujo fueron creados con el programa MS Visio y representan las acciones por seguir dependiendo de los resultados obtenidos en las pruebas. Los diagramas de flujo incluyen los pasos por seguir en caso de que alguna prueba no cumpla con el resultado esperado y exigido en las especificaciones técnicas del proyecto.

## Objetivo específico 6

### Archivo de MS Excel para planificación, seguimiento y control de pruebas

Se creó un archivo de MS Excel llamado: *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* y en una hoja llamada *Desglose\_general*, se adjuntó la matriz resumen de pruebas y especificaciones por actividad y tarea para los materiales y sistemas de un proyecto de construcción de un edificio de salud de la CCSS. El archivo se encuentra en el apéndice C de este informe.

Este archivo está diseñado para hacer la planificación, seguimiento y control de las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio necesarias para los materiales y sistemas de un proyecto de construcción de un edificio de salud.

Con el fin de facilitar la búsqueda de información, se separó la información por grupo y se guardó en seis hojas diferentes con el nombre de: 1000. *Obras Previas*, 2000. *Obras Exterior*, 3000. *Obra Estructural*, 4000. *Obra Arquitectónica*, 5000. *Obra Mecánica* y 6000. *Equipamiento*.

Se agregaron los formularios y plantillas para seguimiento y control de los resultados de las pruebas a materiales y sistemas, diagramas de flujo, así como la información de los laboratorios y organismos acreditados por el ECA. En resumen, se adjuntaron todos los productos obtenidos anteriormente.

### Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud

Se integraron los resultados obtenidos anteriormente y se redactó el documento llamado: *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*.

El manual se redactó de forma que el lector pueda encontrar las pruebas y especificaciones de acuerdo con cada una de las 13 categorías (Acero Estructural, Acero de Refuerzo, Asfalto, etc.). Se incluyó una breve

explicación de las pruebas y especificaciones y se crearon pequeñas matrices resumen por categoría que incluyen el nombre de la prueba o especificación, el parámetro que debe cumplirse, la frecuencia de verificación o aplicación de la prueba y la referencia bibliográfica.

Además, se redactó un capítulo que describe el funcionamiento del archivo de MS Excel llamado: *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*. y se incluyeron los diagramas de flujo diseñados para las pruebas más comunes.

La última parte está dedicada a las acreditaciones de los laboratorios y de los organismos de inspección.

El manual se dividió en los siguientes capítulos:

- Capítulo A: Generalidades.
- Capítulo B: Pruebas y especificaciones.
- Capítulo C: Formularios, plantillas y procesos para registro, seguimiento y control de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.
- Capítulo D: Diagramas de flujo.
- Capítulo E: Acreditaciones.
- Capítulo F: Manual de usuario de la herramienta digital *Control de Calidad*.

Dicho manual se puede ver en el [apéndice A](#) de este documento.

### Herramienta digital

Para facilitar el uso del archivo de MS Excel llamado: *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*, se desarrolló una herramienta digital que consiste en una interfaz gráfica de usuario llamada: *Control de Calidad* la cual permite al usuario guardar y buscar información referente al control de calidad de los materiales y sistemas de manera sencilla. La herramienta digital está en el apéndice C.

Se programó utilizando el lenguaje de programación llamado Python, versión 3.7, con PyCharm 2019.1.3 como intérprete.

Se escogió programar la interfaz gráfica usando Python como lenguaje de programación por las siguientes razones:

- Es un lenguaje de programación interpretado. Esto significa que necesita un intérprete, el cual es una aplicación

que facilita el proceso de programación y se escoge dependiendo de las necesidades del programador. Se escogió PyCharm por que permite el desarrollo de interfaces gráficas de usuario.

- Es gratuito y de código abierto.
- Su sintaxis permite una programación con códigos legibles; esto es importante cuando se necesita corregir un error, actualizar el código o darle mantenimiento a lo desarrollado
- Es multiplataforma, esto significa que está disponible para los sistemas operativos Windows, Linux y Mac OS (Python, 2019).

La interfaz gráfica fue programada para usar como base de datos el documento de MS Excel llamado *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*. Las salidas de la interfaz gráfica son archivos de MS Excel y se crean dependiendo de los datos de entrada del usuario y de la siguiente manera:

- Cuando el usuario desea buscar información: toma los datos de entrada ingresados por el usuario y con ellos busca en la base de datos la información necesaria, la copia y guarda dentro de un nuevo archivo de MS Excel.
- Cuando el usuario desea guardar información: busca en la base de datos la hoja destinada para registro de información y crea una copia en un nuevo archivo de MS Excel, a la vez que guarda dentro del archivo los datos de entrada ingresados por el usuario.

La forma en la que está programada la interfaz gráfica facilita la planificación, seguimiento y control de las pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y verificación de especificaciones técnicas que deben cumplir los materiales, lo cual se revisa en las fichas técnicas que entrega el fabricante o proveedor del material. Facilita el registro de información de las pruebas y permite buscar información de manera sencilla.

Al final, con el código de la programación, se creó un ejecutable para la interfaz gráfica, lo que permite su funcionamiento sin necesidad de tener instalado en el computador Python ni PyCharm.

## Manual de usuario de la herramienta digital

Se redactó un manual de usuario para la interfaz gráfica llamado: *Manual de usuario de la herramienta digital* que explica el uso de la interfaz gráfica y de los archivos que se generan como salidas. El manual se encuentra en el [apéndice B](#) de este documento.

# Resultados

Los resultados integran lo descrito en cada uno de los objetivos específicos planteados para este proyecto. De la integración de los resultados, se obtuvo cuatro productos:

1. Un archivo de MS Excel llamado: *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.
2. Documento escrito llamado: *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*.
3. Herramienta digital: Interfaz gráfica llamada *Control de Calidad*.
4. Documento escrito llamado: *Manual de usuario de la herramienta digital*.

Los productos se encuentran en los apéndices A y B que corresponden a los dos documentos escritos denominados Manuales.

El [apéndice A](#) es el *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social* y se encuentran los resultados del desarrollo de los objetivos específicos OE1, OE2, OE3, OE4, OE5 y OE6. El Manual incluye un capítulo donde se describe el archivo de MS Excel: *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.

El [apéndice B](#) es el *Manual de usuario de la herramienta digital* y describe el funcionamiento de la herramienta digital (apéndice C) desarrollada para simplificar el registro y búsqueda de información de las pruebas de laboratorio y de las pruebas en sitio como: registro de informes de pruebas, registro de número de bitácora para las pruebas en sitio, búsqueda de pruebas según la etapa constructiva, clasificación y tipo, búsqueda de informes y bitácoras registradas, así como reportes de costos.

## Lista de actividades y tareas que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud

### Lista de actividades

La lista de actividades y tareas obtenidas se muestra en la figura 3.1, se usó como base de información la lista de actividades y tareas para un proyecto hospitalario definidas por Portocarrero y Sánchez (2002) y se asignó la numeración.

<b>1000</b>	<b>Obras Previas</b>
1001	Preliminares
1002	Movimiento de tierras y rellenos
<b>2000</b>	<b>Obra exterior</b>
2001	Pasillos cubiertos
2002	Iluminación exterior
2003	Sistema de alcantarillado pluvial
2004	Sistema de alcantarillado sanitario
2005	Tanques elevados de agua potable
2006	Aceras y accesos
2007	Parqueos y calles
<b>3000</b>	<b>Obra Estructural</b>
3001	Sistema de cimientos
3002	Contrapisos
3003	Sistema de vigas, columnas y muros concreto colado en sitio
3004	Sistema de vigas, columnas y muros de acero
3005	Sistema de paredes de mampostería
3006	Escaleras de circulación interna edificio
3007	Losas y entrepisos
3008	Estructura metálica de techos
3009	Otras estructuras de techo
3010	Cubierta de techos
<b>4000</b>	<b>Obra Arquitectónica</b>
4001	Acabados paredes y enchapes
4002	Acabados pisos
4003	Acabados cielos
4004	Ventanería
4005	Puertas
4006	Misceláneos
<b>5000</b>	<b>Obra Mecánica</b>
5001	Sistema de tuberías de agua potable fría
5002	Sistema de tubería de agua potable caliente
5003	Sistema de tuberías de aguas negras y servidas
5004	Sistema mecánico contra incendios
5005	Sistema de gases médicos
<b>6000</b>	<b>Equipo Médico</b>
6001	Angiógrafo
6002	Tomógrafos computarizados de radio diagnóstico
6003	Fluoroscopia
6004	Equipos convencionales digitales
6005	Equipos de mamografía digital
6006	Equipos de rayos X portátiles
6007	Ortopantomógrafos

**Figura 3.1.** Lista de actividades que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud. Fuente: elaborado con base en Portocarrero y Sánchez (2002).

## Lista de actividades y tareas

De la revisión de las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia de la CCSS (2016) se dedujeron las tareas para cada una de las actividades de la lista de actividades y se obtuvo la lista de actividades y tareas que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud de la CCSS. En la figura 3.2 se muestra una parte de la totalidad de la lista de actividades y tareas, la figura 3.2 es la lista de la etapa constructiva Obra Exterior.

2000	Obra exterior
2001	Sistema de pasillos
2001.1	Excavación
2001.2	Rellenos
2001.3	Cimentaciones
2001.4	Columnas
2001.5	Vigas
2001.6	Muretes
2001.7	Pintura y acabados
2002	Iluminación exterior
2002.1	Trabajos de excavación y rellenos de zanjas
2002.2	Postes
2003	Sistema de alcantarillado pluvial
2003.1	Excavación de zanjas
2003.2	Tubería fuera del área del edificio
2003.3	Tubería de drenaje de piedra
2003.4	Relleno de zanjas
2003.5	Tragantes
2003.6	Cunetas perimetrales
2004	Sistema de alcantarillado sanitario
2004.1	Tubería fuera del área del edificio hasta los colectores
2004.2	Relleno de zanjas
2004.3	Tanques sépticos y drenajes
2004.4	Losa para gas LP
2005	Tanques elevados de agua potable
2005.1	Excavación
2006	Aceras y accesos
2006.1	Concreto
2006.2	Malla electrosoldada
2006.3	Material de base y subbase
2007	Parqueos y calles
2007.1	Pavimento flexible
2007.1.1	Subrasante (suelo cohesivo)
2007.1.2	Subrasante (suelo no cohesivo)
2007.1.3	Subbase
2007.1.4	Base estabilizada con cemento Portland
2007.1.5	Superficie de rodamiento
2007.2	Pavimento rígido
2007.2.1	Subrasante
2007.2.2	Subbase
2007.2.3	Losa de concreto
2007.2.4	Acero de refuerzo
2007.3	Señalamiento y demarcación
2007.3.1	Señalización vertical
2007.3.2	Señalización horizontal

**Figura 3.2.** Lista de actividades y tareas para la etapa constructiva 2000. Obra Exterior. Fuente: elaboración propia con base en Portocarrero y Sánchez (2002).

## Lista de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones por actividad y tarea

De la revisión de las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia de la CCSS (2016) y de las diferentes fuentes bibliográficas, como el Código Sísmico 2010, Código de Cimentaciones y otras, mencionadas en la metodología de este proyecto, se recopiló información acerca de las pruebas y especificaciones necesarias para las diferentes actividades y tareas.

En la figura 3.3 se puede ver el desglose de pruebas y especificaciones para una parte de las actividades y tareas de la etapa constructiva Obra Exterior. De esa misma forma, se incluyó la información de las pruebas y especificaciones para la totalidad de la lista de actividades y tareas que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud y se puede revisar en la hoja llamada: *Desglose general* del archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.

2000	Obra exterior
2001	Pasillos cubiertos
2001.1	Excavación
2001.1.1	Ensayo de Compresión Uniaxial
2001.1.2	Proctor Estándar
2001.2	Rellenos
2001.2.1	Análisis Granulométrico
2001.2.2	Límites de Atterberg
2001.2.3	CBR
2001.2.4	Proctor Modificado
2001.3	Cimentaciones
2001.3.1	Proctor Modificado
2001.3.2	Concreto
2001.3.2.1	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto
2001.3.2.2	Revenimiento
2001.3.3	Acero de refuerzo
2001.3.3.1	Varillas
2001.3.3.1.1	Prueba de tensión
2001.3.3.1.2	Norma Oficial de Barras de Acero para Hormigón Armado (Concreto)
2001.3.3.2	Malla Electrosoldada
2001.3.3.2.1	Especificación Normalizada para Refuerzo Electrosoldado de Alambre de Acero, Corrugado, para Concreto
2001.3.3.2.2	Especificación Normalizada para Refuerzo Electrosoldado de Alambre de Acero, Corrugado,

**Figura 3.3.** Lista de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones por actividad y tarea de una parte de la totalidad de la lista para la etapa constructiva Obra Exterior. Fuente: elaboración propia con base en Portocarrero y Sánchez (2002) y especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia de la CCSS (2016)

Las pruebas y especificaciones se clasificaron por categoría y por tipo. De esa clasificación se obtuvieron diferentes matrices resumen por clasificación, además, se agregó el nombre de la norma a la que hace referencia la prueba y especificación, el parámetro por cumplir, la frecuencia con la que se debe verificar el parámetro y la referencia bibliográfica. Las figuras 3.4 y 3.5 muestran la matriz resumen para las pruebas clasificadas en las categorías Acero de Refuerzo (AR), Acero Estructural (AE) y Asfalto (AS), respectivamente.

En el [Capítulo B](#) del *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*, se encuentran las matrices resumen para las categorías restantes: Concreto (C), Equipo Médico (EQ), Sistema de Gases Médicos (SGM), Obra Arquitectónica (OA), Obra Mecánica (OM), Pintura (PI), Sistema contra Incendios (SMI) y Suelos (S).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
AR-01	Prueba de tracción	ASTM A-370	Prueba de laboratorio	Variable, depende del calibre de la varilla (Ver <i>Parámetros para barras de acero</i> )	Fallar una muestra de 1m de longitud por cada diámetro y grado de cada lote colocado en obra o para cada 30 barras de acero puestas en obra. Informe de cumplimiento ASTM A- 615 debe ser entregado por el proveedor.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21 00 Apartado 4.1 - 4.3 / Instructivo I-CPM-01 Sección 3.7
AR-02	Norma Oficial de Barras de Acero para Hormigón Armado (Concreto)	MEIC-12666	Especificación	Cumplir con las especificaciones	Siempre verificar cumplimiento de especificación de fabricación del material	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21 00 Apartado 4.5
AR-03	Especificación estándar para alambre de acero al carbono, refuerzo de alambre soldado, liso y deformado para concreto	ASTM A-1064	Especificación			Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22 00 Apartado 4.1 y 4.6
AR-04	Dovelas	AASHTO M-254	Especificación	Grado 60 tipo A o B	Verificar con informe entregado por el proveedor	Sub sección 501.02 (i) CR 2010. Sub sección 709.01 (f) CR 2010.
AR-05	Barras de amarre	AASHTO M-31M	Especificación	Grado 40		Sub sección 501.02 (i) CR 2010. Sub sección 709.01 (b) CR 2010.
AR-06	Especificación Normalizada para Torón de Acero, de Siete Alambres sin Recubrimiento para Concreto Preesforzado	ASTM A-416	Especificación	Esfuerzo de rotura: 18700kg/cm <sup>2</sup>	Todos los torones. Verificar con el informe del fabricante	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 41 13 Apartado 4.5.1

**Figura 3.4.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para el acero de refuerzo. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia de la CCSS (2016).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
AE-01	Inspección visual	CSCR 2010 Capítulo 10	Prueba en Sitio	Informe de inspección por parte de especialista en metalurgia	Realizar como mínimo en las uniones y elementos de acero laminado en caliente que formen parte de la estructura.	Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 5.3.2 pág. 66. CSCR 2010. Sección 10.9.3.1a.
AE-02	Ultrasonido					Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 5.3.3 pág. 66. CSCR 2010 Sección 10.9.3.1b.
AE-03	Tintas penetrantes					
AE-04	Rayos X					
AE-05	Pernos de alta resistencia (conexiones de vigas)	ASTM F-3125	Especificación	Conexiones de vigas apernadas de acero roladas en caliente serán a base de pernos de alta resistencia A325 y A490, según especificado en planos	Todos los pernos	Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.3.1 pág. 63
AE-06	Dimensiones de los pernos	ANSI B18.2.1		Cumplir con las especificaciones		Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.3.3 pág. 63
AE-07	Pernos tensados	AISC 360	Prueba en Sitio	Cuando los pernos indicados sean A325 o A490, deben ser tensados según la Tabla J 3.1 del AISC 360 o a una tensión mínima del 70% de la capacidad nominal a tracción mínima del perno.		Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 5.4.2 pág. 68
AE-08	Verificación de torque	N.A.		Informe de inspección por parte de especialista en metalurgia		Realizar como mínimo en las uniones y elementos de acero laminado en caliente que formen parte de la estructura.

**Figura 3.5a.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para el acero estructural. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia de la CCSS (2016).

AE-09	Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia de Baja Aleación de Niobio-Vanadio	ASTM A-572	Especificación	Acero Grado 50	Todas las secciones por utilizar	Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.1.4 pág. 63
AE-10	Especificación Normalizada para Acero al Carbono Estructural	ASTM A-36		Acero Grado 36.	Verificar siempre con el informe del fabricante	Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.1.3 pág. 63
AE-11	Especificación Normalizada para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Soldados y sin Costura Conformados en Frío	ASTM A-500		Acero Grado 46. Grado B.		Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.1.5 pág. 63
AE-12	Especificación estándar para acero al carbono, láminas y tiras, laminado en caliente, estructural, de alta resistencia de baja aleación y ultra alta resistencia	ASTM A-1011		Acero Grado 33		Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.1.6 pág. 63
AE-13	Especificación Normalizada para Lámina de Acero, Recubierto de Zinc o Recubierto de Aleación de Zinc-Hierro	ASTM A-653		Acero Grado 37. Esfuerzo de cedencia igual o mayor a 2590 kg/cm <sup>3</sup>		Especificaciones Técnicas ÁREA CIVIL. Sección 05 31 23. Apartado 4.1.1. pág. 73

**Figura 3.5b.** Resumen de pruebas en sitio y especificaciones para el acero estructural. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia de la CCSS (2016).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
AS-01	Diseño mezcla SUPERPAVE	CR 2010 Sección 401.03	Especificación	Verificación de mezcla de acuerdo con Sub sección 401.03 (c): Verificación de mezcla.	En todas las mezclas de concreto asfáltico	Sección 401.03. Subsección 401.03 (c): Verificación de mezcla.
AS-02	Contenido de vacíos	AASHTO T-269	Prueba de laboratorio	Punto (a) Sub sección 406.06 CR 2010.	Uno por cada 500 toneladas métricas. Posterior a la descarga de planta.	Tabla 406-1. CR 2010
AS-03	Análisis Granulométrico	AASHTO T-30	Prueba de laboratorio	3,0% - 8,0%	Todas las mezclas de concreto asfáltico	Sub sección 406.03 CR 2010
AS-04	Gravedad específica y densidad de la mezcla	AASHTO T-209, AASHTO T-166	Prueba de laboratorio	De acuerdo con Tabla 703-8 CR 2010.	Uno por cada 500 toneladas métricas. Posterior a la descarga de planta.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este. Sección 32 12 16 Apartado 4.1.1. & Tabla 406-1 CR 2010
AS-05	Resistencia a la tensión diametral	AASHTO T-283	Prueba en sitio	90% de la densidad máxima teórica.	Uno por 500 toneladas métricas. En sitio, posterior a la compactación.	Tabla 406-1. CR 2010

**Figura 3.6.** Resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones para mezcla asfáltica. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia de la CCSS (2016) y MOPT-LanammeUCR. (2009).

# Matriz resumen de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio para materiales y sistema

Esta matriz es resultado de la integración de la lista de pruebas y especificaciones por actividad y tarea, además de las matrices resumen de pruebas y especificaciones por categoría, ambas descritas en las sub secciones anteriores.

Una parte de la matriz resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones por actividad y tarea se muestra en la figura 3.7. Cada una de las pruebas y especificaciones cuenta con su código de prueba, código de actividad, clasificación por categoría y tipo, el parámetro, frecuencia y referencia bibliográfica. La totalidad de la matriz resumen se encuentra en el archivo MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TIPO PRUEBA	TIPO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
2000					Obra Exterior				
2001					Pasillos cubiertos				
2001.1	N.A.	Suelos	N.A.	Excavación		N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23
2001.11	S-07	Suelos	N.A.	Ensayo de Compresión Uniaxial		ASTM D-296	De acuerdo a especificaciones técnicas del proyecto.	2 ensayos a muestras de suelo tomadas de los niveles de desplante por cada módulo o edificio a construir.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 B) Apartado 5.2.3 Instrucción LCPM-01 Sección 3.3.
2001.12	S-06	Suelos	N.A.	Protón Estándar		ASTM D-488 / AASHTO T-99	De acuerdo a especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 B) Apartado 5.3
2001.2	N.A.	Suelos	N.A.	Rellenos		N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23
2001.2.1	S-05	Suelos	N.A.	Análisis Granulométrico		ASTM C-136 / ASTM C-107 / AASHTO T-27 y AASHTO T-11	De acuerdo a especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.11
2001.2.2	S-04	Suelos	N.A.	Límites de Atterberg		ASTM D-438 / AASHTO T-89 y AASHTO T-99	De acuerdo a especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.11
2001.2.3	S-08	Suelos	N.A.	CBR		ASTM D-1883 / AASHTO T-193	De acuerdo a especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.11
2001.2.4	S-09	Suelos	N.A.	Protón Modificado		ASTM D-457 / AASHTO T-180	De acuerdo a especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.11
2001.3	N.A.	Suelos	N.A.	Cimentaciones		N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 11
2001.3.1	S-09	Suelos	N.A.	Protón Modificado		ASTM D-457 / AASHTO T-180	De acuerdo a especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 11 00 Apartado 5.5
2001.3.2	N.A.	Concreto	N.A.	+Concreto		N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31
2001.3.2.1	C-01	Concreto	N.A.	Lab	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASHTO T-22	f = 105 kgf/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por cada 5m <sup>3</sup> colocados. Concreto premezclado: 4 cilindros por cada camión mezclador consecutivo. Fallar 1 cilindro a los 7 días, 1 cilindro a los 14 días y 2 cilindros a los 28 días. Tomar al menos una muestra por cada colada que se realice en obra por días. Volumen de concreto a colar por día mayor a 5m <sup>3</sup> : tomar una muestra. Camiones mezcladores de 7m <sup>3</sup> : 2 cilindros por camión consecutivo	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31 00. Apartado 5.2.3
2001.3.2.2	C-02	Concreto	N.A.	Sitio	Revenimiento	ASTM C-143 / AASHTO T-119	No mayor a 100mm	Cada camión mezclador	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31 00 Apartado 5.2
2001.3.3	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	N.A.	+Acero de refuerzo	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21
2001.3.3.1	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	N.A.	Varillas	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21
2001.3.3.11	AR-01	Acero de Refuerzo	N.A.	Lab	Prueba de tensión	ASTM A-370 / ASTM E-8	f = 420 MPa	Fallar una muestra de 5m de longitud por cada diámetro y grado de cada lote colocado en obra, o para cada 30 varillas puestas en obra. Informe de cumplimiento ASTM A-615 debe ser entregado por el proveedor.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21 00 Apartado 4.1 y 4.2 Instrucción LCPM-01 Sección 3.7
2001.3.3.12	AR-02	Acero de Refuerzo	N.A.	Especificación	Norma Oficial de Barras de Acero para Homologación Armado (Concreto)	MEC-12666	Cumplir con las especificaciones	Cumplir con las especificaciones	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21 00 Apartado 4.1
2001.3.3.2	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	N.A.	Malla Electrodoada	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22
2001.3.3.2.1	AR-03	Acero de Refuerzo	N.A.	Especificación	Especificación Normalizada para Refuerzo Electrodoado de Alambre de Acero, Corrugado, para Concreto	ASTM A-1064	Cumplir con las especificaciones	Siempre verificar cumplimiento de especificación de fabricación del material	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22 00 Apartado 4
2001.3.3.2.2	AR-03	Acero de Refuerzo	N.A.	Especificación	Especificación Normalizada para Refuerzo Electrodoado de Alambre de Acero, Corrugado, para Concreto	ASTM A-1064	Cumplir con las especificaciones	Siempre verificar cumplimiento de especificación de fabricación del material	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22 00 Apartado 4
2001.3.3.3	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	N.A.	Alambre	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22
2001.3.3.3.1	AR-03	Acero de Refuerzo	N.A.	Especificación	Especificación Normalizada para Refuerzo Electrodoado de Alambre de Acero, Corrugado, para Concreto	ASTM A-1064	Cumplir con las especificaciones	Siempre verificar cumplimiento de especificación de fabricación del material	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22 00 Apartado 4
2001.4	N.A.	Concreto	N.A.	N.A.	Columnas	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2001.4.1	N.A.	Concreto	N.A.	N.A.	+Concreto	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31
2001.4.1.1	C-01	Concreto	N.A.	Lab	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASHTO T-22	f = 280 kgf/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por cada 5m <sup>3</sup> colocados. Concreto premezclado: 4 cilindros por cada camión mezclador consecutivo. Fallar 1 cilindro a los 7 días, 1 cilindro a los 14 días y 2 cilindros a los 28 días. Tomar al menos una muestra por cada colada que se realice en obra por días. Volumen de concreto a colar por día mayor a 5m <sup>3</sup> : tomar una muestra. Camiones mezcladores de 7m <sup>3</sup> : 2 cilindros por camión consecutivo	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31 00. Apartado 5.2.3
2001.4.1.2	C-02	Concreto	N.A.	Sitio	Revenimiento	ASTM C-143 / AASHTO T-119	No mayor a 100mm	Cada camión mezclador	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31 00 Apartado 5.2
2001.4.2	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	N.A.	+Acero de refuerzo	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21
2001.4.2.1	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	N.A.	Varillas	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21
2001.4.2.1.1	AR-01	Acero de Refuerzo	N.A.	Lab	Prueba de tensión	ASTM A-370 / ASTM E-8	f = 420 MPa	Fallar una muestra de 5m de longitud por cada diámetro y grado de cada lote colocado en obra, o para cada 30 varillas puestas en obra. Informe de cumplimiento ASTM A-615 debe ser entregado por el proveedor.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21 00 Apartado 4.1 y 4.2 Instrucción LCPM-01 Sección 3.7
2001.4.2.1.2	AR-02	Acero de Refuerzo	N.A.	Especificación	Norma Oficial de Barras de Acero para Homologación Armado (Concreto)	MEC-12666	Cumplir con las especificaciones	Cumplir con las especificaciones	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21 00 Apartado 4.1
2001.4.2.2	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	N.A.	Alambre	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22
2001.4.2.2.1	AR-03	Acero de Refuerzo	N.A.	Especificación	Especificación Normalizada para Refuerzo Electrodoado de Alambre de Acero, Corrugado, para Concreto	ASTM A-1064	Cumplir con las especificaciones	Siempre verificar cumplimiento de especificación de fabricación del material	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22 00 Apartado 4
2001.5	N.A.	Concreto	N.A.	N.A.	Vigas	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31
2001.5.1	N.A.	Concreto	N.A.	N.A.	+Concreto	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31
2001.5.1.1	C-01	Concreto	N.A.	Lab	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASHTO T-22	f = 280 kgf/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por cada 5m <sup>3</sup> colocados. Concreto premezclado: 4 cilindros por cada camión mezclador consecutivo. Fallar 1 cilindro a los 7 días, 1 cilindro a los 14 días y 2 cilindros a los 28 días. Tomar al menos una muestra por cada colada que se realice en obra por días. Volumen de concreto a colar por día mayor a 5m <sup>3</sup> : tomar una muestra. Camiones mezcladores de 7m <sup>3</sup> : 2 cilindros por camión consecutivo	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31 00. Apartado 5.2.3

Figura 3.7. Extracto de la matriz resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones por actividad y tarea de un proyecto de construcción de un edificio de salud. Fuente: elaboración propia.

## Lista de los diferentes laboratorios nacionales y organismos de inspección acreditados y su información de contacto.

### Lista de laboratorios acreditados por el ECA

La lista de laboratorios con sus alcances acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) para realizar pruebas de laboratorio y pruebas en sitio se obtuvo de la página web del ECA. La figura 3.8 resume la información de contacto por laboratorio acreditado.

Nombre del laboratorio	Información de Contacto	
	Teléfono	Página Web
Castro & De la Torre	2232-2273	<a href="http://www.cyt.cr/">www.cyt.cr/</a>
CIVCO	2550-2309 / 2550-2172	<a href="http://www.tec.ac.cr/unidades/lab/civco">www.tec.ac.cr/unidades/lab/civco</a>
Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A. CACISA.	2244-0548	<a href="http://www.cacisa.cr/">www.cacisa.cr/</a>
IMNSA Ingenieros Consultores S.A. Laboratorio de Geotecnia y Materiales	2234-1587	----
Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.	2231-3458 / 2296-2391	<a href="http://www.itp.cr">www.itp.cr</a>
INGEOTEC S.A.	2294-4010	<a href="http://www.ingetec-cr.com">www.ingetec-cr.com</a>
INSUMA S.A.	2234-5070	<a href="http://www.insuma.co.cr">www.insuma.co.cr</a>
Laboratorio de Ensayo de Materiales del Instituto Nacional de Aprendizaje INA	2433-9882	----
Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Pavimentos S.A (LIMPISA)	2772-6463	----
Laboratorio de Materiales Carlos Araya S.A.	2285-0302	----
Laboratorio del Centro Tecnológico de Concreto (CETEC) Holcim	2205-2970	<a href="http://www.holcim.com">www.holcim.com</a>
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME-UCR)	2511-2500 / 2511-2531	<a href="http://www.lanamme.ucr.ac.cr/">www.lanamme.ucr.ac.cr/</a>
Laboratorio Vieto & Asociados S.A.	2268-8297 / 2268-0496 / 2268-0497	<a href="http://www.vieto.com">www.vieto.com</a>
LGC Ingeniería de Pavimentos S.A.	2250-7009	----
MYV Soluciones Geotécnicas S.A.	2283-4418	<a href="http://www.myv-sg.com/">www.myv-sg.com/</a>
OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.	2226-4078	----
TecnoControl Laboratorio S.A.	2440-3419	<a href="http://www.tecnocontrolcr.net">www.tecnocontrolcr.net</a>

**Figura 3.8.** Lista de laboratorios acreditados por el ECA. Elaborado en base a información del Ente Costarricense de Acreditación (ECA, s.f. a.).

## Lista de organismos de inspección acreditados por el ECA

La lista de organismos de inspección acreditados por el ECA se resume con la información de contacto por organismo, en la figura 3.9.

Nombre de los Organismos de Inspección	Información de Contacto	
	Teléfono	Página Web
Castro & De la Torre	2663-2574 / 2663-2532	<a href="http://www.cyt.cr">www.cyt.cr</a>
Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A. CACISA	2244-0548	<a href="http://www.cacisa.cr">www.cacisa.cr</a>
Consortio Estratega V & CH S.A.	2271-5314 / 8814-6175	---
Construcciones Gutiérrez COGUSA S.A.	2795-0615	<a href="http://www.construccionesgutierrez.com">www.construccionesgutierrez.com</a>
Consultora y Ejecutora SALASA S.A.	2272-9070	<a href="http://www.consultorasalasa.com">www.consultorasalasa.com</a>
Consultoría y Construcción en obras civiles Moreira S.A., CCOCIMO	2487-8729	---
Diseño, Inspección y Consultoría en Carreteras y Obras Civiles DICCOC R.L.	2261-7570	<a href="http://www.diccoc.com">www.diccoc.com</a>
Empresa FAMCOVA de Costa Rica S.A.	2487-8724	<a href="http://www.famcova.net">www.famcova.net</a>
Grupo DEDAL S.A.	2241-0390	---
Grupo Lauher S.A.	2475-6446 / 8318-5299	<a href="http://www.grupolauher.com">www.grupolauher.com</a>
Ileana Aguilar Ingeniería y Administración S.A.	2475-6779	<a href="http://www.iaacr.com">www.iaacr.com</a>
IMNSA Ingenieros Consultores S.A. Organismo de Inspección	2234-1587	---
Inspección y Consultoría Sánchez Elizondo S.A.	8723-8851	---
Inversiones Rivera Segura S.A., IRSSA	2711-3201	---
M.C.S. Mauca Interamericana S.A.	2665-9360	<a href="http://www.maucacr.com">www.maucacr.com</a>
MSD Consultores y Constructores S.A.	2226-4379	<a href="http://www.msdcyc.com">www.msdcyc.com</a>
Organismo de Inspección Plataforma de Almenar	8313-8719 / 8396-0433	---
Poligonal S.A.	2666-9360 / 8385-6550	---
Vieto y Asociados	2268-9457	<a href="http://www.vieto.com">www.vieto.com</a>

**Figura 3.9.** Lista de Organismos de Inspección acreditados por el ECA. Elaborado en base a información del Ente Costarricense de Acreditación (ECA, s.f. b.).

## Formularios y plantillas para seguimiento y control de resultados y costos de las pruebas a materiales y sistemas

Los resultados de esta parte se encuentran en el [Capítulo C](#) del *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*. En el Capítulo C se describen las hojas de MS Excel diseñadas para planificación, seguimiento y control de las distintas pruebas, los reportes de costos con los gráficos que se actualizan cada vez que se ingresan datos. Se diseñó una hoja para registro de informes de laboratorio y bitácoras, además, se diseñaron hojas que generan reportes de costos de:

- Costo por etapa constructiva
- Costo mensual
- Costo pruebas de acero
- Costo pruebas de concreto
- Costo pruebas de suelos
- Avance mensual de costos

Se diseñaron hojas que permiten el filtrado de pruebas y especificaciones por categoría, etapa de construcción y tipo de prueba. La figura 3.10 muestra las opciones de filtrado de información por categoría.

	A	B	C	D	E
1		CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA
2				CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA
28	2000			CONCRETO	
29	2001			EQUIPO MÉDICO	
30	2001.1	N.A.		OBRA ARQUITECTÓNICA	
31	2001.1.1	S-07		OBRA MECÁNICA	
32	2001.1.2	S-06		SEÑALIZACIÓN & DEMARCACIÓN	
33	2001.2	N.A.		SISTEMA DE GASES MÉDICOS	
				SISTEMA MECÁNICO CONTRA INCENDIO	
				SUELOS	
				SUELOS	

**Figura 3.10.** Opciones para filtrar información por categoría. Fuente: elaboración propia.

Las figuras 3.11 y 3.12 muestran la información antes de ser filtrada y después de ser filtrada para la categoría “Suelos”.

CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA
		CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA
2000			
2001			
2001.1	N.A.	Suelos	N.A.
2001.1.1	S-07	Suelos	Lab
2001.1.2	S-06	Suelos	Lab
2001.2	N.A.	Suelos	N.A.
2001.2.1	S-05	Suelos	Lab
2001.2.2	S-04	Suelos	Lab
2001.2.3	S-08	Suelos	Lab
2001.2.4	S-09	Suelos	Lab
2001.3	N.A.	Suelos	N.A.
2001.3.1	S-09	Suelos	Lab
2001.3.2	N.A.	Concreto	N.A.
2001.3.2.1	C-01	Concreto	Lab
2001.3.2.2	C-02	Concreto	Sitio
2001.3.3	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.
2001.3.3.1	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.
2001.3.3.1.1	AR-01	Acero de Refuerzo	Lab
2001.3.3.1.2	AR-02	Acero de Refuerzo	Especificación
2001.3.3.2	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.
2001.3.3.2.1	AR-03	Acero de Refuerzo	Especificación
2001.3.3.2.2	AR-03	Acero de Refuerzo	Especificación
2001.3.3.3	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.
2001.3.3.3.1	AR-03	Acero de Refuerzo	Especificación

**Figura 3.11.** Información sin filtrar por categoría. Fuente: elaboración propia.

A	B	C	D	E
CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA
		SUELOS		
2000				
2001				
2001.1	N.A.	Suelos	N.A.	
2001.1.1	S-07	Suelos	Lab	
2001.1.2	S-06	Suelos	Lab	
2001.2	N.A.	Suelos	N.A.	
2001.2.1	S-05	Suelos	Lab	
2001.2.2	S-04	Suelos	Lab	
2001.2.3	S-08	Suelos	Lab	
2001.2.4	S-09	Suelos	Lab	
2001.3				
2001.3.1	S-09	Suelos	Lab	
2001.3.2				
2001.3.2.1				
2001.3.2.2				
2001.3.3				
2001.3.3.1				
2001.3.3.1.1				
2001.3.3.1.2				
2001.3.3.2				
2001.3.3.2.1				
2001.3.3.2.2				
2001.3.3.3				
2001.3.3.3.1				

**Figura 3.12.** Información filtrada para la categoría “Suelos”. Fuente: elaboración propia.

## Registro de informes

Se diseñó una hoja para registrar los informes de las pruebas de laboratorio y los números de las bitácoras donde se encuentran los resultados de las pruebas en sitio, cada uno de los registros con la fecha en la que se realizó la prueba, el cumplimiento del resultado de acuerdo con el parámetro (Figura 3.13), el laboratorio encargado de realizar la prueba (Figura 3.14), el detalle donde se describa brevemente dónde o a qué elemento o material se le realizó la prueba y también registrar el costo de esta.

La figura 3.15 muestra el formato de registro de la información, el cual sigue el orden de actividades y tareas de acuerdo con la lista obtenida anteriormente.

Figura 3.13. Lista desplegable para registro de cumplimiento. Fuente: elaboración propia.

Figura 3.14. Lista desplegable para registro de laboratorio. Fuente: elaboración propia.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN	FECHA	NÚMERO INFORME	CUMPLIMIENTO	LABORATORIO	DETALLE	COSTO TOTAL	
1	1000				Obras Previas							
2					Preliminares							
3	OP 1001											
4	OP 1001.1	N.A.	Suelos	N.A.	Estudio de Suelos							
5	OP 1001.1.1	S-01	Suelos	Sito	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)			SI				
6	OP 1001.1.2	S-02	Suelos	Lab	Clasificación de Suelos (SUCS y visual-manual)			NO				
7	OP 1001.1.3	S-03	Suelos	Lab	Contenido de Humedad Natural del Suelo							
8	OP 1001.1.4	S-04	Suelos	Lab	Limites de Atterberg							
9	OP 1001.1.5	S-11	Suelos	Lab	Análisis Granulométrico							
10	OP 1002				Movimientos de tierra y rellenos							
11	OP 1002.1	N.A.	Suelos	N.A.	Corte del terreno							
12	OP 1002.1.1	S-06	Suelos	Lab	Proctor Estándar							
13	OP 1002.2	N.A.	Suelos	N.A.	Excavación							
14	OP 1002.2.1	S-07	Suelos	Lab	Ensayo de Compresión Uniaxial							
15	OP 1002.2.2	S-08	Suelos	Lab	Proctor Estándar							
16	OP 1002.3	N.A.	Suelos	N.A.	Relleno de tierra							
17	OP 1002.3.1	S-05	Suelos	Lab	Análisis Granulométrico							

Figura 3.15. Formulario para registro de informes de laboratorio o número de bitácora en el caso de las pruebas en sitio. Fuente: elaboración propia.

## Reportes de costos

Los reportes de costos diseñados se actualizan de acuerdo con la información registrada en la hoja *Registro de Informes* y se muestra de forma gráfica. Se diseñaron seis tipos diferentes de reportes de costos, se describen a continuación únicamente dos, la totalidad se puede encontrar en el [Capítulo C](#) del manual.

### Costo por Etapa de Construcción

Muestra cuadros resumen y gráficos del costo total de todas las pruebas por etapa de construcción (Figura 3.16). El primer gráfico compara el costo total y la etapa de construcción; el segundo gráfico compara los costos de las tres categorías de pruebas más comunes con la etapa de construcción del proyecto.

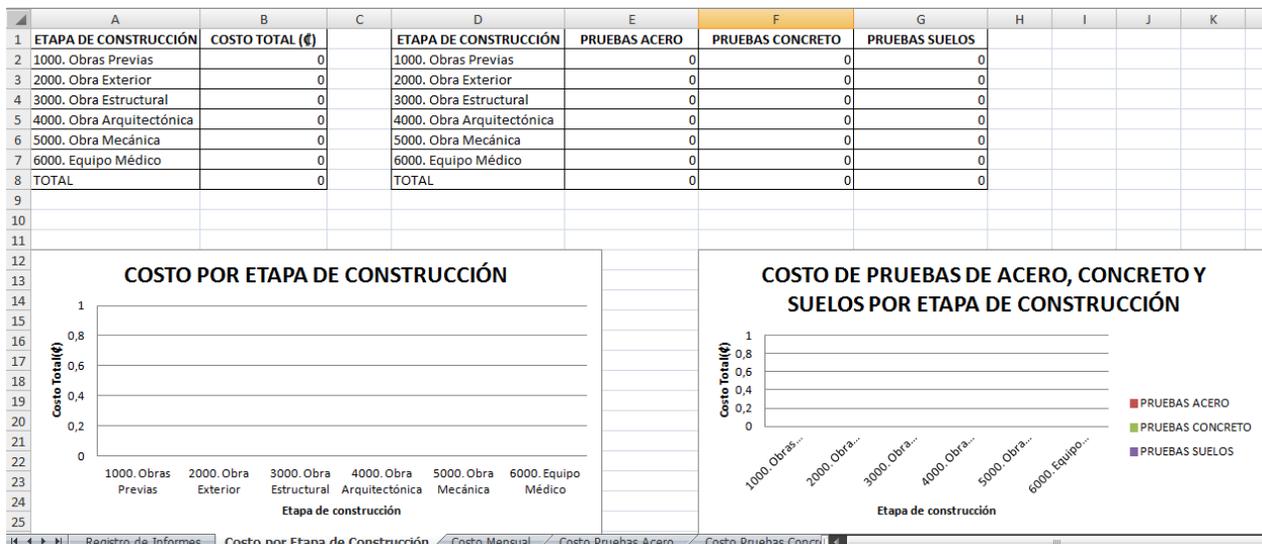


Figura 3.16. Reporte de costo por etapa de construcción. Fuente: elaboración propia.

### Costo Mensual

En la figura 3.17 se puede ver el reporte de costos mensual, donde se resumen los costos de pruebas por mes y año. Los gráficos se actualizan cada vez que se ingresa información acerca de la fecha y el costo en la hoja *Registro de Informes*.



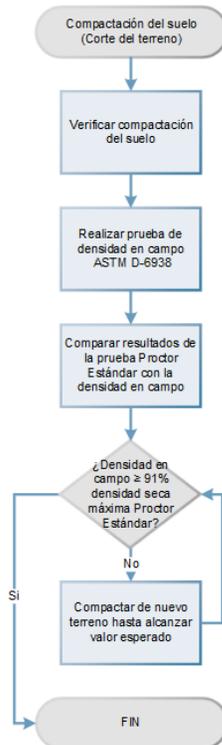
Figura 3.17. Reporte de Costo Mensual. Fuente: elaboración propia.

## Diagramas de flujo

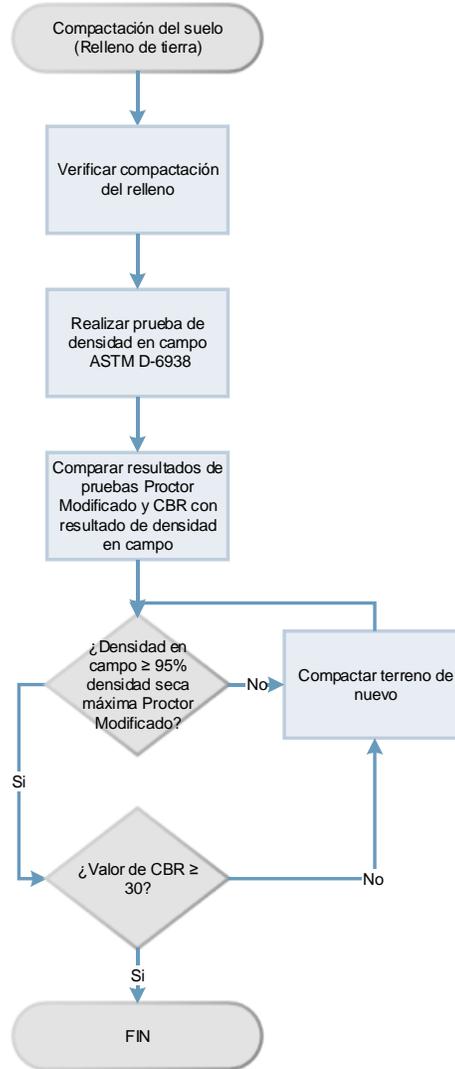
Se realizaron diagramas de flujo para las pruebas más comunes, escogidas por la Inspección de la CCSS, que representan las acciones por seguir de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio. Las figuras 3.18 y 3.19 muestran dos de los diagramas de flujo que se diseñaron, y representan la verificación de compactación del suelo para rellenos y cortes del terreno.

Se puede ver la totalidad de diagramas de flujo en la sección [Diagramas de flujo](#) del Capítulo C del *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.

### Compactación del suelo (corte del terreno)



**Figura 3.18.** Diagrama de flujo para compactación del terreno (corte). Fuente: elaboración propia con base en el Código de Cimentaciones de Costa Rica (ACG, 2009).



**Figura 3.19.** Diagrama de flujo para compactación del suelo (relleno). Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

## Archivo de MS Excel para planificación, seguimiento y control de pruebas

El archivo de MS Excel contiene la matriz resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones por actividad y tarea, formularios para seguimiento y control de pruebas, información acerca de los laboratorios, los diagramas de flujo obtenidos, reportes de costos, entre otros.

Es resultado de la integración de los objetivos específicos de este proyecto y el archivo se encuentra adjunto a este informe.

La descripción de este archivo se encuentra en el [Capítulo C](#) del *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.

La figura 3.20 muestra la portada del archivo de MS Excel.

MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD		
PLANIFICACIÓN	SEGUIMIENTO & CONTROL	LABORATORIOS ACREDITADOS
<a href="#">1000. Obras Previas</a> <a href="#">2000. Obra Exterior</a> <a href="#">3000. Obra Estructural</a> <a href="#">4000. Obra Arquitectónica</a> <a href="#">5000. Obra Mecánica</a> <a href="#">6000. Equipo Médico</a>	<a href="#">Registro de Informes</a> <a href="#">Costo por etapa de construcción</a> <a href="#">Costo mensual</a> <a href="#">Costo pruebas de acero</a> <a href="#">Costo pruebas de concreto</a> <a href="#">Costo pruebas de suelos</a> <a href="#">Avance mensual</a>	<a href="#">Contacto de Laboratorios Acreditados</a> <a href="#">Contacto de Organismos de Inspección Acreditados</a>
INFORMACIÓN		
<a href="#">Índice de pruebas y especificaciones</a> <a href="#">Especificaciones Varias (Apoyo)</a> <a href="#">Diagramas de flujo</a> <a href="#">Normas</a>		

Figura 3.20. La hoja principal del archivo de MS Excel es la portada con los enlaces a las diferentes hojas. Fuente: elaboración propia.

## Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud

De la integración de los productos de los objetivos específicos OE1, OE2, OE3, OE4, O5 se diseñó y redactó el *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*, adjunto en el [apéndice A](#) de este informe.

La figura 3.21 muestra la portada del manual.

El manual está dividido en seis capítulos:

- Capítulo A: Generalidades.
- Capítulo B: Pruebas y especificaciones.
- Capítulo C: Formularios, plantillas y procesos para registro, seguimiento y control de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.
- Capítulo D: Diagramas de flujo.
- Capítulo E: Acreditaciones.
- Capítulo F: Manual de usuario de la herramienta digital *Control de Calidad*.



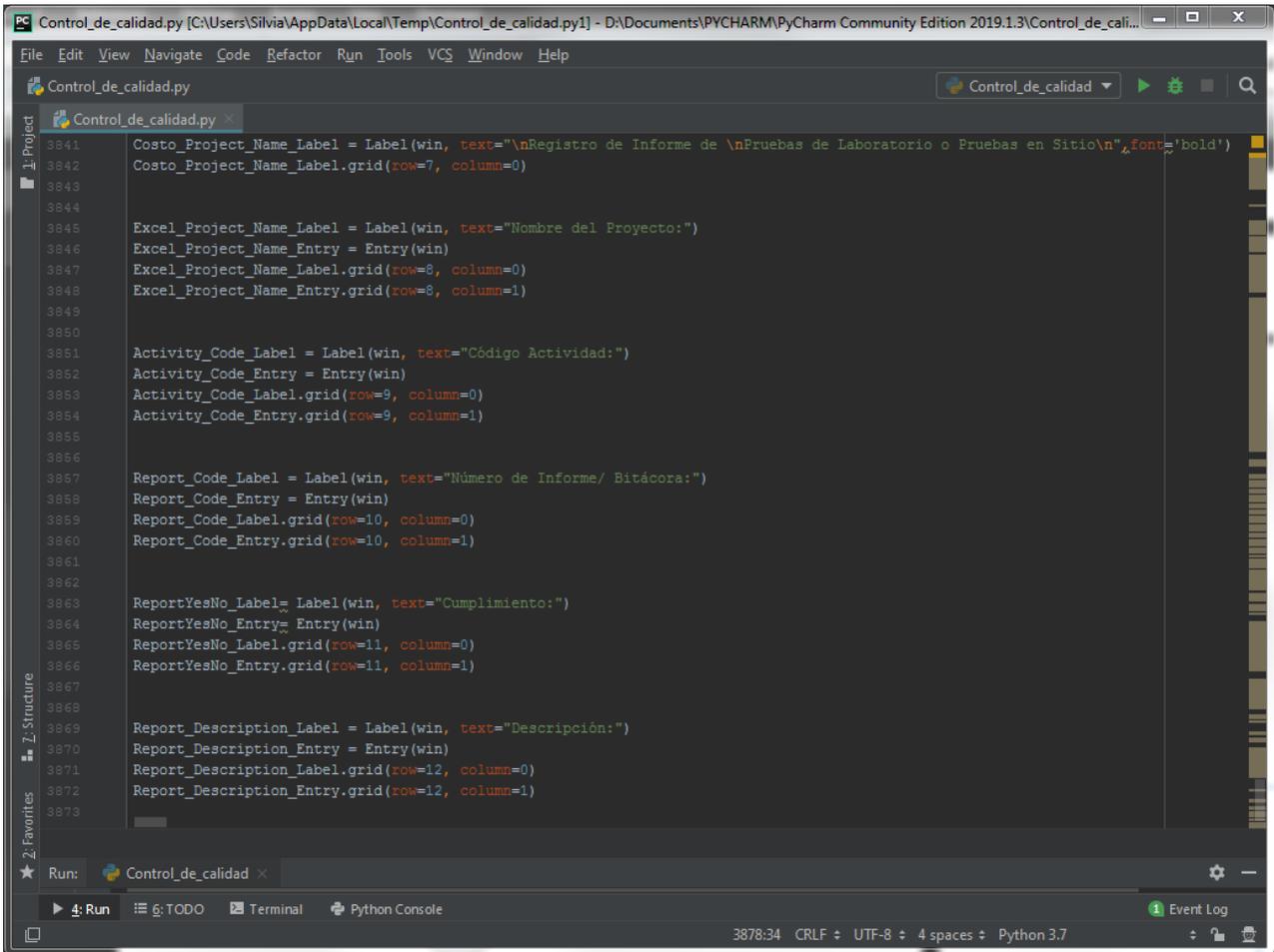
**Figura 3.21.** Portada del *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* de la Caja Costarricense de Seguro Social. Fuente: elaboración propia.

## Herramienta digital: Interfaz gráfica

La figura 3.22 es un extracto del código usado para el diseño de la ventana principal de la interfaz gráfica, específicamente la parte donde se programa la ubicación de las cajas de texto y etiquetas donde el usuario ingresa los datos de entrada para el registro de informes y bitácoras.

La interfaz gráfica fue programada usando el lenguaje de programación llamado Python, versión 3.7 y usando PyCharm como intérprete del lenguaje de programación.

Las figuras 3.22, 3.23, 3.24 y 3.25 son capturas de pantalla de PyCharm. Además, el funcionamiento de la interfaz gráfica se describe en *Manual de usuario de la herramienta digital* y el ejecutable de la interfaz gráfica se encuentra adjunto a este informe en el apéndice C.



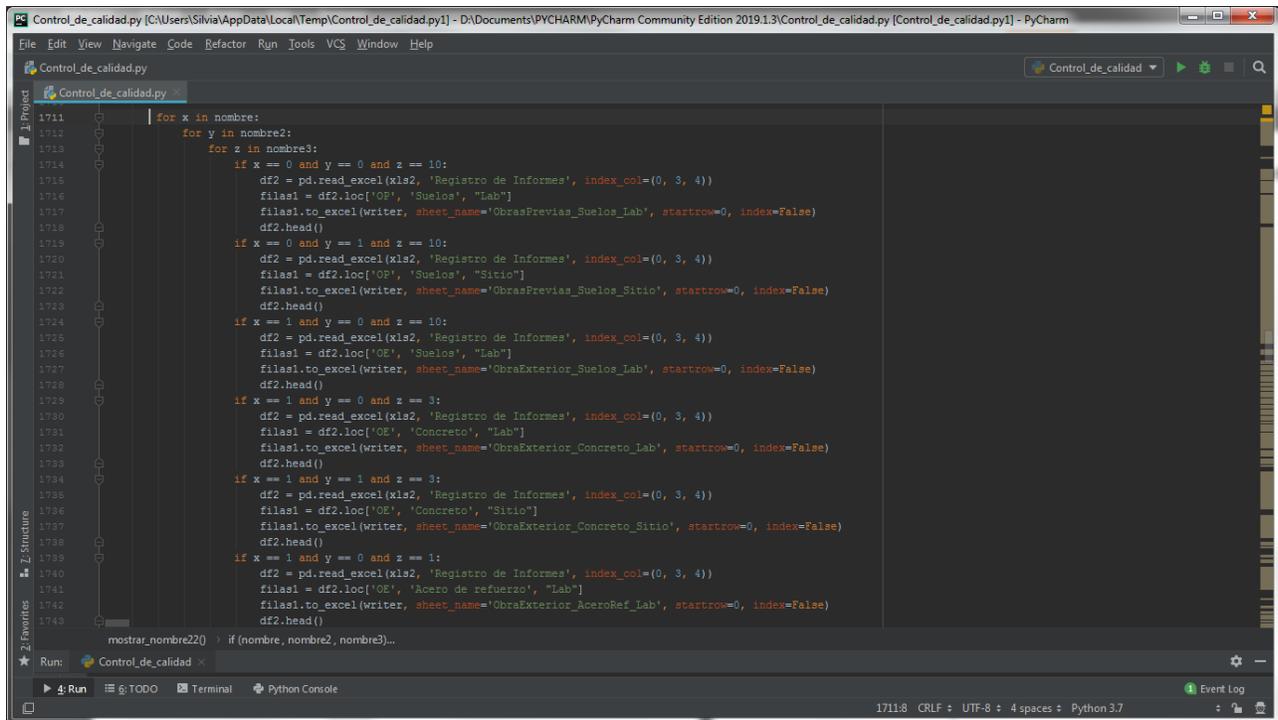
```
3841 Costo_Project_Name_Label = Label(win, text="\nRegistro de Informe de \nPruebas de Laboratorio o Pruebas en Sitio\n", font='bold')
3842 Costo_Project_Name_Label.grid(row=7, column=0)
3843
3844
3845 Excel_Project_Name_Label = Label(win, text="Nombre del Proyecto:")
3846 Excel_Project_Name_Entry = Entry(win)
3847 Excel_Project_Name_Label.grid(row=8, column=0)
3848 Excel_Project_Name_Entry.grid(row=8, column=1)
3849
3850
3851 Activity_Code_Label = Label(win, text="Código Actividad:")
3852 Activity_Code_Entry = Entry(win)
3853 Activity_Code_Label.grid(row=9, column=0)
3854 Activity_Code_Entry.grid(row=9, column=1)
3855
3856
3857 Report_Code_Label = Label(win, text="Número de Informe/ Bitácora:")
3858 Report_Code_Entry = Entry(win)
3859 Report_Code_Label.grid(row=10, column=0)
3860 Report_Code_Entry.grid(row=10, column=1)
3861
3862
3863 ReportYesNo_Label = Label(win, text="Cumplimiento:")
3864 ReportYesNo_Entry = Entry(win)
3865 ReportYesNo_Label.grid(row=11, column=0)
3866 ReportYesNo_Entry.grid(row=11, column=1)
3867
3868
3869
3870 Report_Description_Label = Label(win, text="Descripción:")
3871 Report_Description_Entry = Entry(win)
3872 Report_Description_Label.grid(row=12, column=0)
3873 Report_Description_Entry.grid(row=12, column=1)
```

PyCharm 2019.1.3.

**Figura 3.22.** Extracto del código de diseño de la ventana principal de la interfaz gráfica donde el usuario ingresa los datos de entrada. Fuente: elaboración propia.

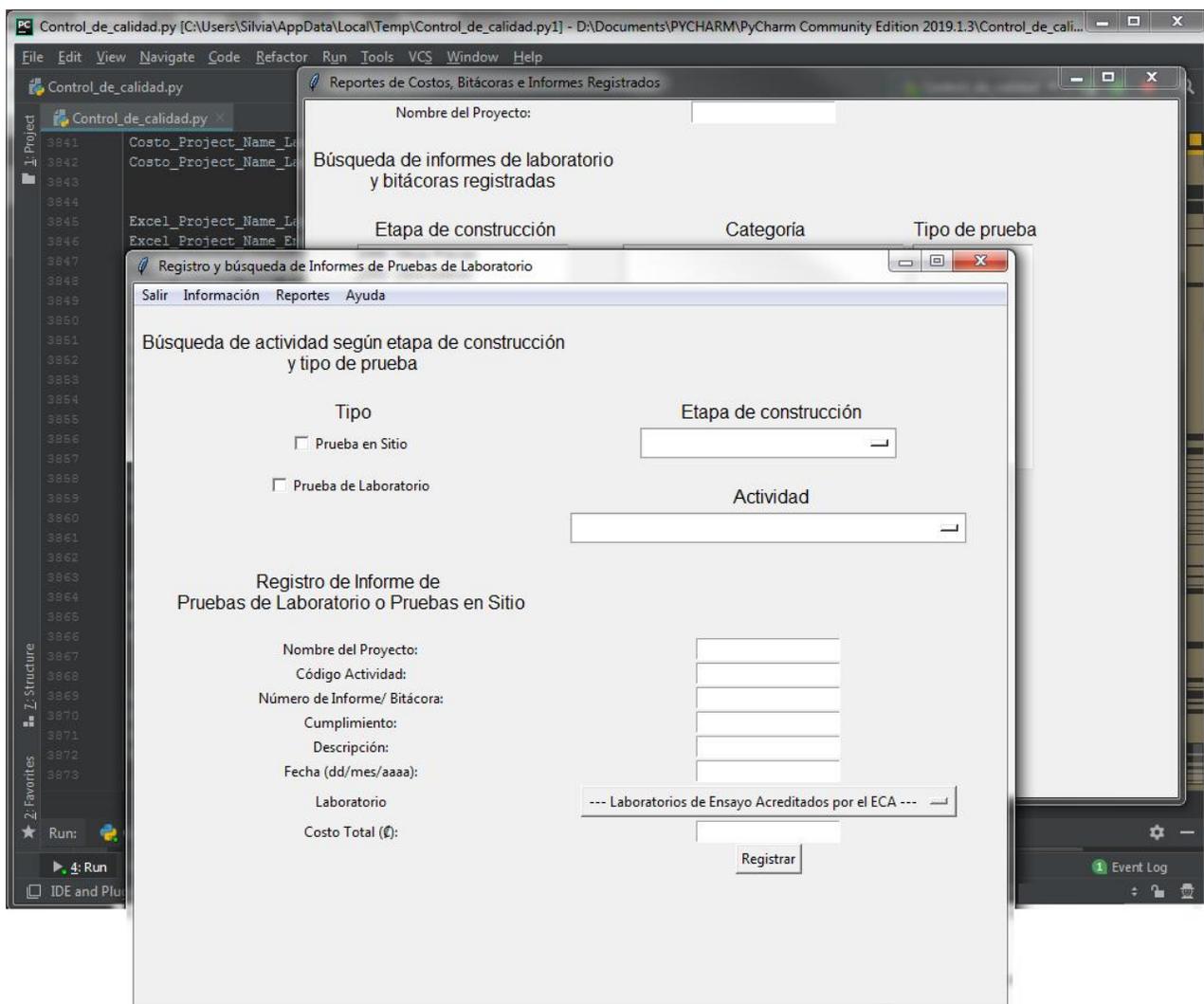
La figura 3.23 representa una parte del algoritmo programado para buscar y filtrar pruebas de laboratorio y pruebas en sitio según la categoría (Acero Estructural, Acero de Refuerzo, Asfalto, etc.) y etapa constructiva. La información que filtra está en las diferentes hojas del archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.

La información filtrada es guardada en un nuevo documento de MS Excel. Además, las capturas de pantalla del contenido de los archivos de MS Excel generados se encuentran en el *Manual de usuario de la herramienta digital*.



```
1711         for x in nombre:
1712             for y in nombre2:
1713                 for z in nombre3:
1714                     if x == 0 and y == 0 and z == 10:
1715                         df2 = pd.read_excel(xls2, 'Registro de Informes', index_col=(0, 3, 4))
1716                         filas1 = df2.loc['00', 'Suelos', 'Lab']
1717                         filas1.to_excel(writer, sheet_name='ObrasFrias_Suelos_Lab', startrow=0, index=False)
1718                         df2.head()
1719                     if x == 0 and y == 1 and z == 10:
1720                         df2 = pd.read_excel(xls2, 'Registro de Informes', index_col=(0, 3, 4))
1721                         filas1 = df2.loc['00', 'Suelos', 'Sitio']
1722                         filas1.to_excel(writer, sheet_name='ObrasFrias_Suelos_Sitio', startrow=0, index=False)
1723                         df2.head()
1724                     if x == 1 and y == 0 and z == 10:
1725                         df2 = pd.read_excel(xls2, 'Registro de Informes', index_col=(0, 3, 4))
1726                         filas1 = df2.loc['00', 'Suelos', 'Lab']
1727                         filas1.to_excel(writer, sheet_name='ObrasExterior_Suelos_Lab', startrow=0, index=False)
1728                         df2.head()
1729                     if x == 1 and y == 0 and z == 3:
1730                         df2 = pd.read_excel(xls2, 'Registro de Informes', index_col=(0, 3, 4))
1731                         filas1 = df2.loc['00', 'Concreto', 'Lab']
1732                         filas1.to_excel(writer, sheet_name='ObrasExterior_Concreto_Lab', startrow=0, index=False)
1733                         df2.head()
1734                     if x == 1 and y == 1 and z == 3:
1735                         df2 = pd.read_excel(xls2, 'Registro de Informes', index_col=(0, 3, 4))
1736                         filas1 = df2.loc['00', 'Concreto', 'Sitio']
1737                         filas1.to_excel(writer, sheet_name='ObrasExterior_Concreto_Sitio', startrow=0, index=False)
1738                         df2.head()
1739                     if x == 1 and y == 0 and z == 1:
1740                         df2 = pd.read_excel(xls2, 'Registro de Informes', index_col=(0, 3, 4))
1741                         filas1 = df2.loc['00', 'Acero de refuerzo', 'Lab']
1742                         filas1.to_excel(writer, sheet_name='ObrasExterior_AceroRef_Lab', startrow=0, index=False)
1743                         df2.head()
1744     mostrar_nombre22() if (nombre, nombre2, nombre3)...
```

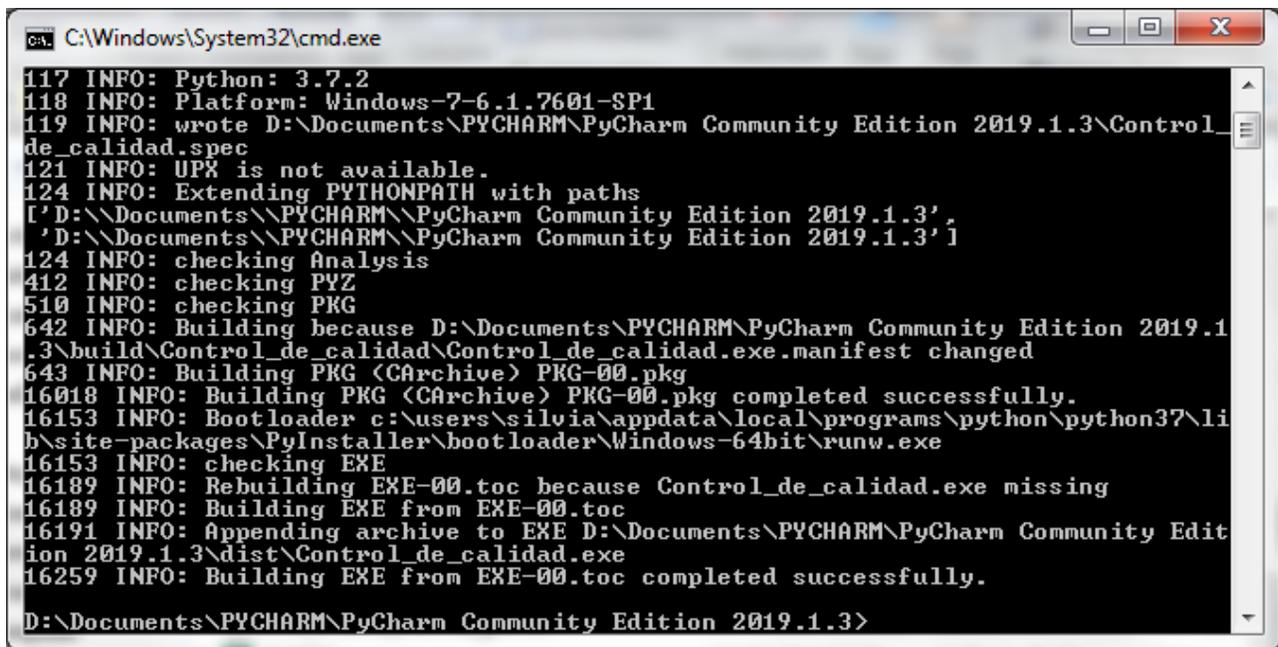
**Figura 3.23.** Parte del algoritmo que busca y filtra las pruebas de laboratorio y en sitio de las diferentes hojas del archivo *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud.xlsx* de acuerdo con la clasificación, etapa constructiva y tipo, para guardarlas en un nuevo archivo de MS Excel. Fuente: elaboración propia.



**Figura 3.24.** Interfaz gráfica ejecutada desde PyCharm 2019.1.3. Fuente: elaboración propia.

La figura 3.24 muestra la programación ejecutada desde PyCharm 2019.1.3. La interfaz gráfica consta de una ventana principal y dos ventanas secundarias.

La herramienta digital tiene la función de organizar por carpetas con el nombre del proyecto registrado, los informes de laboratorio registrados. Esta función se describe a detalle en la sección [Organización de los informes de laboratorio registrados](#), del *Manual de usuario de la herramienta digital*.



```
C:\Windows\System32\cmd.exe
117 INFO: Python: 3.7.2
118 INFO: Platform: Windows-7-6.1.7601-SP1
119 INFO: wrote D:\Documents\PYCHARM\PyCharm Community Edition 2019.1.3\Control
de_calidad.spec
121 INFO: UPX is not available.
124 INFO: Extending PYTHONPATH with paths
['D:\\Documents\\PYCHARM\\PyCharm Community Edition 2019.1.3',
'D:\\Documents\\PYCHARM\\PyCharm Community Edition 2019.1.3']
124 INFO: checking Analysis
412 INFO: checking PYZ
510 INFO: checking PKG
642 INFO: Building because D:\Documents\PYCHARM\PyCharm Community Edition 2019.1
.3\build\Control_de_calidad\Control_de_calidad.exe.manifest changed
643 INFO: Building PKG (CArchive) PKG-00.pkg
16018 INFO: Building PKG (CArchive) PKG-00.pkg completed successfully.
16153 INFO: Bootloader c:\users\silvia\appdata\local\programs\python\python37\li
b\site-packages\PyInstaller\bootloader\Windows-64bit\runw.exe
16153 INFO: checking EXE
16189 INFO: Rebuilding EXE-00.toc because Control_de_calidad.exe missing
16189 INFO: Building EXE from EXE-00.toc
16191 INFO: Appending archive to EXE D:\Documents\PYCHARM\PyCharm Community Edit
ion 2019.1.3\dist\Control_de_calidad.exe
16259 INFO: Building EXE from EXE-00.toc completed successfully.
D:\Documents\PYCHARM\PyCharm Community Edition 2019.1.3>
```

Figura 3.25. Fin del proceso de creación del ejecutable *Control de calidad.exe*. Fuente: elaboración propia.

La figura 3.25 muestra el fin del proceso de creación del ejecutable de la interfaz gráfica. El ejecutable se encuentra adjunto a este informe y su funcionamiento está descrito en el *Manual de usuario de la herramienta digital*.

## Manual de usuario de la herramienta digital

Describe el funcionamiento de la herramienta digital que consta de una interfaz gráfica llamada *Control de calidad*. La figura 3.26 muestra la portada del Manual de usuario de la herramienta digital y este se encuentra en el [apéndice B](#) de este informe.



**Figura 3.26.** Portada del Manual de usuario de la herramienta digital *Control de Calidad*. Fuente: elaboración propia.

# Análisis de resultados

De la integración de los resultados del desarrollo del proyecto, descritos en la sección de Resultados de este informe, se obtuvo cuatro productos:

1. Un archivo de MS Excel llamado: *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.
2. Documento escrito llamado *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*.
3. Herramienta digital: Interfaz gráfica llamada *Control de Calidad*.
4. Documento escrito llamado *Manual de usuario de la herramienta digital*.

En esta sección se realiza en análisis de resultados para cada uno de los productos anteriores.

## Archivo de MS Excel

Es un archivo que integra las listas de actividades y tareas con sus respectivas pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones de control de calidad para los materiales y sistemas de un edificio de salud.

El archivo se llama *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* y permite la planificación, seguimiento y control de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones de los materiales y sistemas.

## Matriz resumen

La matriz resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones por actividad y tarea de la figura 3.7 se diseñó siguiendo el orden de actividades de un proyecto de construcción de un edificio de salud, lo que permite planificar las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio conforme avanza la obra. La búsqueda de información para la planificación del control de calidad está organizada para ser filtrada por etapa de construcción, categoría y tipo de prueba.

Además, la clasificación de las pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones se hizo en 13 categorías, cada una con su respectivo código para facilitar la búsqueda, planificación, seguimiento y control.

La matriz resumen de la figura 3.7 es producto de la revisión de especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia, de proyectos de graduación realizados en la institución y revisión de fuentes bibliográficas como el *Código Sísmico de Costa Rica 2010* (2011), *Código de Cimentaciones de Costa Rica* (2009), *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias* (2011), *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica* (2013), *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR- 2010* (2009), tesis de grado realizadas en temas similares, informes de inspección, informes de pruebas de laboratorio, normas ASTM, AASHTO, por lo que se debe tomar en cuenta los nuevos requisitos de control de calidad de materiales y sistemas que pueden ser incorporados a estas fuentes en un futuro y también las que sean consideradas por criterio del encargado del proyecto.

La actualización de la información de la matriz resumen es posible al agregar o eliminar filas en la hoja *Desglose\_general* de la figura 3.7 y en las demás hojas del archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*. En las filas nuevas se puede agregar actividades, tareas, pruebas y especificaciones, así como la información respectiva de cada una de las columnas.

Como la matriz resumen de la figura 3.7 es extensa, se dividió por etapa constructiva y se adjuntó cada etapa en una hoja diferente. En total son seis hojas:

- 1000. Obras Previas
- 2000. Obra Exterior
- 3000. Obra Estructural
- 4000. Obra Arquitectónica
- 5000. Obra Mecánica
- 6000. Equipo Médico

Las actualizaciones de la información contenida en la matriz resumen también se deben trasladar a estas hojas.

## Registro de informes y bitácoras

La plantilla de registro de informes fue diseñada para llevar un registro del número de informe de la prueba de laboratorio o el número de bitácora del proyecto y sigue el orden de la matriz resumen de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio por actividad y tarea. La matriz resumen y la plantilla de registro de informes y bitácoras tienen en común la columna de código de actividad, código de prueba, categoría, tipo de prueba y descripción.

Además, se puede llevar el control de los resultados obtenidos para cada prueba de laboratorio o prueba en sitio y permite registrar la fecha en la que se realizó la prueba, el cumplimiento del resultado, el laboratorio encargado de realizarla, una breve descripción o detalle donde se indique el elemento, material, sistema o ubicación que fue evaluado y el costo de esta.

Toda la información por registrar está contenida dentro del informe de la prueba de laboratorio o de la bitácora del proyecto, por eso se decidió no registrar el resultado obtenido, sino únicamente registrar el número de los informes y

de las bitácoras para ser consultados en caso de ser necesario, por las siguientes razones:

- Para evitar que el proceso de registro involucre muchos pasos.
- El registro y control de resultados varía dependiendo de la categoría y eso hace que se necesite más de un formulario de control de resultados, por ejemplo: uno para las pruebas de concreto, uno para las pruebas de suelos, etc.
- Para poder llevar un registro de los laboratorios contratados y el costo de las pruebas.

El diseño de la plantilla de registro de informes permite llevar un control de:

- Informes de laboratorio y bitácoras de proyecto registradas.
- Cumplimiento de los resultados de las pruebas con solo indicar si cumple o no, y con el número de informe o bitácora registrado se puede revisar la información completa de los resultados de las pruebas.
- Control de costos por etapa constructiva usando la clasificación por etapa constructiva hecha en el diseño de la matriz resumen.
- Control de costos mensual, usando el registro de las fechas en las que se realizó la prueba.
- Control de costos de las pruebas más comunes que son: pruebas al concreto, pruebas de suelos y pruebas al acero.

El control de costos por laboratorio contratado no se consideró necesario para este proyecto, ya que no tiene relevancia, para el control de calidad de materiales y sistemas, saber cuál laboratorio es el que más pruebas ha hecho o cuál laboratorio es el que más dinero ha cobrado, en realidad lo importante de los laboratorios es que deben estar acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA).

Parte de los productos del objetivo específico OE3 eran obtener la zona de cobertura de los laboratorios y organismos de inspección acreditados por el ECA; concluyó que esa información no es relevante para el control de calidad de los materiales y sistemas de un proyecto de construcción de un edificio de salud, además, que los laboratorios se contratan y van

al lugar donde se necesite su trabajo sin importar la ubicación geográfica del proyecto.

El profesional responsable es el encargado de escoger cuál laboratorio es el que va a contratar y puede ser por razones como las pruebas que realiza y los costos de estas.

De la investigación acerca de las acreditaciones y de los laboratorios y organismos de inspección acreditados a nivel nacional, se obtuvo dos matrices que contienen el nombre del laboratorio u organismo de inspección, el número de teléfono y la página web para cada uno.

El ECA es el único ente autorizado en el país que emite acreditaciones, por lo que la lista de laboratorios incluye solamente los acreditados por este hasta la fecha de presentación de este informe. La importancia de las acreditaciones es que garantizan la credibilidad de los resultados.

El ECA constantemente realiza inspecciones a los laboratorios y organismos de inspección, por lo que la lista oficial de ambos y los alcances acreditados de cada uno se puede encontrar en la página web del ente.

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos del desarrollo de este proyecto se realizó a modo de ejemplo el seguimiento y control de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto según la norma ASTM C-39. Los resultados utilizados son reales y la prueba de laboratorio fue realizada por el laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A. en el Proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia en el mes de junio 2019, algunos de los resultados del informe de laboratorio se muestran en la figura 4.1.

La totalidad de los resultados se encuentran en el informe de laboratorio número 8325-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., este informe contiene los resultados de resistencia a la compresión de diferentes especímenes de elementos constructivos del Proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

El formulario de control y seguimiento para las pruebas de resistencia a la compresión de cilindros de concreto se diseñó para ingresar los datos de los resultados de las fallas a los cilindros de concreto y poder llevar el control de resultados y control de costos.

Con la información ingresada se pueden generar gráficos de las curvas de resistencia a la

compresión del concreto de las diferentes muestras tomadas de un mismo elemento estructural y compararlas para analizar el comportamiento, como los mostrados en la figura 4.2 donde se puede ver que los resultados de resistencia a la compresión de las muestras de ambos elementos constructivos superan la resistencia esperada y que los valores obtenidos de las tres muestras del muro de la fosa elevador eje 3-6, J-L son similares: 32, 31 y 29 MPa.

Los resultados pueden ser ingresados por el laboratorio encargado de la prueba o por el encargado del control de calidad de materiales del proyecto conforme se obtienen los resultados, ya sea para resultados de resistencia a la compresión de concreto a los 7 o 14 días.

Para el control de costos de las pruebas realizadas se recomienda pedir al laboratorio adjuntar el costo de cada prueba en el informe de laboratorio entregado.

## Control de costos

El control de costos que se puede llevar con el archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* es por medio de los diferentes reportes de costos que se actualizan con la información ingresada en la plantilla de Registro de informes.

### Costo por etapa de construcción

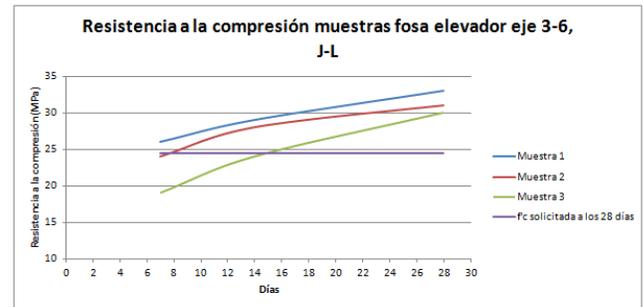
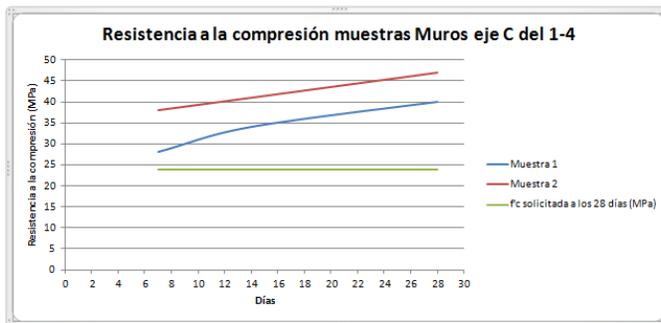
Es un reporte gráfico, el cual consta de un gráfico que compara el costo total de las pruebas por etapa de construcción y otro gráfico que compara el costo por etapa de construcción para las pruebas de las tres categorías más comunes, estas son: pruebas a suelos, pruebas al concreto y pruebas de acero.

De estos gráficos se puede concluir información como cuál es la etapa constructiva y la categoría en la que se invierte más dinero en pruebas. También se puede ver si hay un incremento anormal en los costos y eso puede ser por mala calidad de los materiales que hace que sea necesario realizar más pruebas de control de calidad.

Actividad	Número de informe de	Fecha informe	Elemento estructural	Número de muestra	Revenimiento (mm)	Edad (días)	f'c solicitada a los 28 días (MPa)	f'c (MPa)	Proyección a los 28 días	Costo (€)
3003.1.2.1	8325-2019	30/08/2019	Muros eje C del 1-4	HC-120 1-1	150	7	24	28		
				HC-120 1-2		14	24	34		
				HC-120 1-3		28	24	40		
				HC-120 1-4	28	24	40			
				HC-120 2-1	120	7	24	38		
				HC-120 2-2		14	24	41		
			HC-120 2-3	28		24	47			
			HC-120 2-4	28	24	47				
			Muro fosa elevador eje 3-6, J-L	HC-121 1-1	150	7	24,5	26		
				HC-121 1-2		14	24,5	29		
				HC-121 1-3		28	24,5	33		
				HC-121 1-4		28	24,5	32		
				HC-121 2-1	160	7	24,5	24		
				HC-121 2-2		14	24,5	28		
HC-121 2-3	28	24,5		31						
HC-121 2-4	28	24,5		31						
HC-121 3-1	155	7	24,5	19						
HC-121 3-2		14	24,5	24						
HC-121 3-3		28	24,5	30						
HC-121 3-4	28	24,5	29							

Realizado con base en documento del Ing. Rafael Angel Gamboa A., CCSS.

**Figura 4.1.** Ejemplo de resultados de falla de cilindros de concreto, ASTM C-39. Fuente: elaboración propia con datos del informe de laboratorio No 8325-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.



**Figura 4.2.** Comparación de resistencias a la compresión a los 28 días de diferentes muestras y resistencia solicitada. Fuente: elaboración propia con datos del informe de laboratorio No 8325-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

Registro y búsqueda de Informes de Pruebas de Laboratorio

Salir Información Reportes Ayuda

Búsqueda de actividad según etapa de construcción y tipo de prueba

Tipo  
 Prueba en Sitio  
 Prueba de Laboratorio

Etapa de construcción  
 3000, Obra Estructural

Actividad  
 3001.2.1.1 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto

Registro de Informe de Pruebas de Laboratorio o Pruebas en Sitio

Nombre del Proyecto: Torre Este Hospital Cal  
 Código Actividad: 3003.1.2.1  
 Número de Informe/ Bitácora: 8325-2019  
 Cumplimiento: S  
 Descripción: Muros eje C del 1-4  
 Fecha (dd/mes/aaaa): 21/agosto/2019  
 Laboratorio: TecnoControl Laboratorio S.A.  
 Costo Total (€): 1000

Registrar

**Figura 4.3.** Registro de informe de laboratorio. Fuente: elaboración propia.

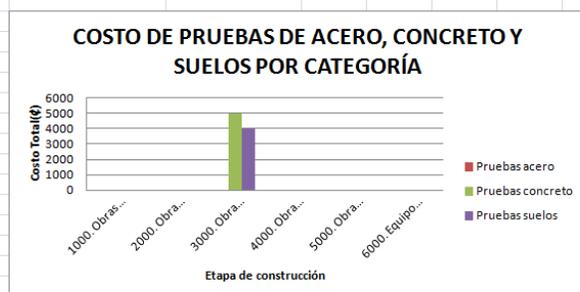
1	CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	FECHA	NÚMERO INFORME	CUMPLIMIENTO	LABORATORIO	DETALLE	[COSTO TOTAL]
274	OES	3003	Sistema de vigas, columnas y muros concreto colado en sitio						
275	OES	3003.1	N.A.						
276	OES	3003.1.1	N.A.						
277	OES	3003.1.1.1	N.A.						
278	OES	3003.1.1.1.1	AR-01						
279	OES	3003.1.2	N.A.						
280	OES	3003.1.2.1	C-01						
281	OES	3003.1.2.1	C-01	21/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muros eje C del 1-4	1000
282	OES	3003.1.2.1	C-01	21/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muros ejes 1-2, A-D	1000
283	OES	3003.1.2.1	C-01	22/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muro fosa elevador eje 3-6, J-L	1000
284	OES	3003.1.2.1	C-01	28/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muro EJES 5-6, F-G, Muro de gradas	1000
285	OES	3003.1.2.1	C-01	28/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muro EJES F-G, 6-7, Muro de gradas	1000
286	OES	3003.1.2.1	C-01	24/agosto/2019	8325-2019	Proyección SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muro de grada entre 7-5, ejes F-I	0
287	OES	3003.1.2.1	C-01	24/agosto/2019	8325-2019	Proyección SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Viga de ascensor entre 4-6, L-J	0
288	OES	3003.1.2.2	C-02	7/septiembre/2019	8325-2019	Proyección SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muro de grada entre 2-3, C-E	0
289	OES	3003.1.2.2	C-02	21/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muros eje C del 1-4	0
290	OES	3003.1.2.2	C-02	22/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muro fosa elevador eje 3-6, J-L	0
291	OES	3003.1.2.2	C-02	27/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muros ejes 1-2, A-D	0
292	OES	3003.1.2.2	C-02	28/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muro EJES 5-6, F-G, Muro de gradas	0
293	OES	3003.1.2.2	C-02	28/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muro EJES F-G, 6-7, Muro de gradas	0
294	OES	3003.1.2.2	C-02	24/agosto/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Muro de grada entre 7-5, ejes F-I	0
295	OES	3003.1.2.2	C-02	7/septiembre/2019	8325-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Viga de ascensor entre 4-6, L-J	0

**Figura 4.4.** Ejemplo de registro de informes de falla de cilindros de concreto ASTM C-39. Fuente: elaboración propia con datos del informe de laboratorio No 8325-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

251	OES	3001.4.5	S-15	Densidad y humedad en sitio (Método Nuclear)	26/junio/2019	8244-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Lobby Ascensor (suelo)	1000
252	OES	3001.4.5	S-15		26/junio/2019	8244-2019	No	TecnoControl Laboratorio S.A.	Lobby Ascensor del Túnel (Capa Final) Eje L entre 4-3 (Lastre)	1000
253	OES	3001.4.5	S-15		26/junio/2019	8244-2019	No	TecnoControl Laboratorio S.A.	Lobby Elevador de acopio Ejes 3-4 entre J-L (Lastre)	1000
254	OES	3001.4.5	S-15		26/junio/2019	8244-2019	SI	TecnoControl Laboratorio S.A.	Lobby Elevador de acopio (Lastre mezclado con cemento)	1000
255	OES	3001.5	N.A.	Colocación de sello de concreto pobre						

**Figura 4.5.** Ejemplo de registro de informes de Densidad y humedad en sitio con el Método nuclear, ASTM D-6938 / AASHTO T-310. Fuente: elaboración propia con datos del informe de laboratorio No 8244-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., prueba realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	COSTO TOTAL (€)	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	PRUEBAS ACERO (€)	PRUEBAS CONCRETO (€)	PRUEBAS SUELOS (€)
1000. Obras Previas	0	1000. Obras Previas	0	0	0
2000. Obra Exterior	0	2000. Obra Exterior	0	0	0
3000. Obra Estructural	9000	3000. Obra Estructural	0	5000	4000
4000. Obra Arquitectónica	0	4000. Obra Arquitectónica	0	0	0
5000. Obra Mecánica	0	5000. Obra Mecánica	0	0	0
6000. Equipo Médico	0	6000. Equipo Médico	0	0	0
TOTAL (€)	9000	TOTAL (€)	0	5000	4000



**Figura 4.6.** Ejemplo de reporte de costos por etapa de construcción. Fuente: Fuente: elaboración propia con datos de los informes de laboratorio No 8325-2019 y No 8244-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

Con los resultados de los informes de laboratorio o con los resultados del formulario de control y seguimiento para las pruebas de resistencia a la compresión de cilindros de concreto se puede realizar el registro de los informes o bitácoras y generar los reportes de costos.

El registro de los resultados de los informes de laboratorio No 8325-2019 y No 8244-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A. se realizó usando la interfaz gráfica, como se muestra en la figura 4.3 y los resultados del registro se muestran en la figura 4.4.

El código de la actividad usada para el registro del informe de laboratorio No 8325-2019 fue buscado con la interfaz gráfica, la actividad es la 3003.1.2.1 que corresponde a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto de vigas y muros colados en sitio y los datos utilizados fueron obtenidos del informe de laboratorio, que son los mismos de la figura 4.1 y el costo de las pruebas se le asignó el valor de 1000 ya que se desconoce el valor real y a las pruebas de revenimiento no se les asignó costo ya que el

resultado es parte de los resultados de las pruebas de los cilindros de concreto.

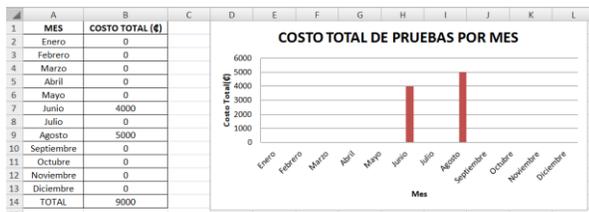
En la columna *Cumplimiento* de la figura 4.4 los elementos que aún no se han fallado a los 28 días pero que tienen una proyección de resistencia a la compresión a los 28 días igual o superior a la resistencia solicitada se registraron como “Proyección SI” y esto para recordar revisar el resultado final cuando se falle a los 28 días. Tampoco se registró el costo de la prueba para no duplicar datos, ya que lo ideal sería registrar el costo hasta que se tenga el resultado de resistencia a la compresión a los 28 días independientemente de su cumplimiento.

También se registró información del informe No 8244-2019 que corresponde a la categoría de pruebas de suelos (figura 4.5). El registro se realizó utilizando la interfaz gráfica y el reporte de costos por etapa de construcción se muestra en la figura 4.6 donde queda reflejado el registro de forma gráfica.

La figura 4.6 muestra el reporte de costos por etapa constructiva donde se ve el costo total de la obra estructural y la comparación de costos de totales de las pruebas de concreto y pruebas de suelos. Conforme se registren más resultados se actualizan los gráficos y la información va a ser más representativa.

### Costo mensual

El reporte de costo mensual es un gráfico que compara los costos totales de las pruebas con los 12 meses del año. Si el registro de informes se va a realizar usando la interfaz gráfica se recomienda tomar en cuenta realizar un registro nuevo por año, o sea tener archivos de MS Excel de registro de informes por año.



**Figura 4.7.** Ejemplo de reporte de costos mensual. Fuente: elaboración propia con datos de los informes de laboratorio No 8325-2019 y No 8244-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

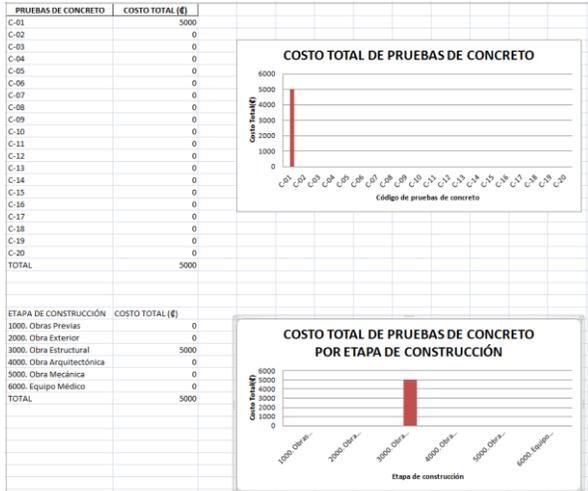
El registro de los informes y fechas en las que se realizó cada prueba se refleja en el gráfico del reporte de costos mensual. El mes de agosto fue donde se realizó la falla de los cilindros de concreto de los elementos estructurales registrados anteriormente, que son mayor en cantidad en comparación a los informes registrados de las pruebas de suelos, como se muestra en la figura 4.7.

### Costo de pruebas de acero

En el reporte de costos de las pruebas de acero se muestra de forma gráfica la comparación de costos de las pruebas de las categorías Acero de Refuerzo (AR) y Acero Estructural (AE). Se puede concluir de este reporte cuáles son las pruebas más comunes, también detectar deficiencias en los trabajos de soldaduras, deficiencias en la calidad de las varillas de acero de refuerzo, ya que implicaría un aumento en el costo de las pruebas de verificación de calidad.

### Costo de pruebas de concreto

Reporte de costos de forma gráfica que compara los costos totales de las pruebas realizadas para la categoría Concreto (C). Son 20 pruebas las que están clasificadas en esta categoría y del gráfico se puede concluir cuál es la prueba más común y analizar un aumento de costos anormal que puede significar que el concreto no está cumpliendo con las resistencias a la compresión definidas en los parámetros de calidad, ya que, si el concreto no cumple con la resistencia a la compresión a los 28 días se deben realizar ensayos no destructivos que aumentarían los costos. Y si los ensayos destructivos al concreto arrojan una resistencia a la compresión baja se deben extraer núcleos de concreto, además, si los núcleos no dan un resultado favorable, se debe solicitar la demolición y reconstrucción de los elementos afectados, así como empezar de nuevo con el control de calidad mediante pruebas.

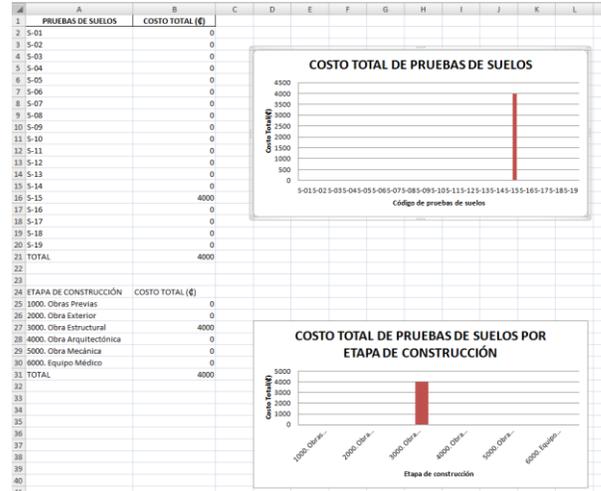


**Figura 4.8.** Ejemplo de reporte de costos de las pruebas de concreto. Fuente: elaboración propia con datos del informe de laboratorio No 8325-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

En la figura 4.8 se puede observar que las pruebas registradas de concreto corresponden a la etapa de obra estructural para la prueba con código C-01, que es el código que se le asignó en la matriz resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones por actividad y tareas a la prueba de Resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C-39 / AASTHTO T-22.

### Costo de pruebas de suelos

El reporte de costos de las pruebas clasificadas en la categoría Suelos (S) se compara con los costos totales de estas. Se puede concluir información como cuál es la prueba más común y detectar anomalías en la calidad de los suelos donde se desarrolla el proyecto, ya que un suelo con baja capacidad de soporte necesitará mejoras como: sustitución de suelos, compactación y cada una de esas mejoras implica realizar pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.



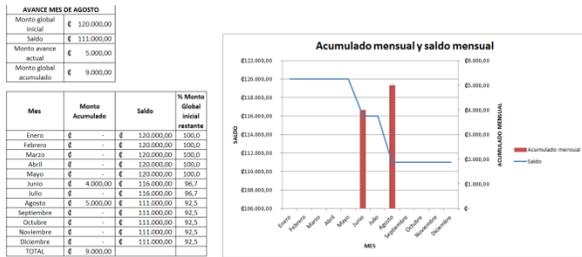
**Figura 4.9.** Ejemplo de reporte de costos de las pruebas de suelos. Fuente: elaboración propia con datos del informe de laboratorio No 8244-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

En la figura 4.9 se puede observar que las pruebas registradas de suelos corresponden a la etapa de obra estructural para la prueba con código S-15, que es el código que se le asignó en la matriz resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones por actividad y tareas a la prueba de Método Nuclear (Densidad y humedad en sitio) ASTM D-6938 / AASTHTO T-310.

### Avance mensual

El reporte de avance mensual se muestra en la figura 4.10 y con este reporte se calcula el monto acumulado de las pruebas por mes, el saldo restante del presupuesto inicial o monto global inicial destinado para cubrir los gastos de las pruebas de control de calidad de los materiales y sistemas para el proyecto y se comparan los montos en un gráfico con el que se puede llevar el control del presupuesto.

El usuario debe ingresar el dato de monto global inicial y puede generar reportes de avance mensual por mes de corte, en la figura 4.11 el mes de corte seleccionado fue agosto y la línea representa la disminución del saldo conforme avanzan los meses y las barras representan el acumulado por mes.



**Figura 4.10.** Ejemplo de reporte de avance mensual de costos. Fuente: elaboración propia datos de los informes de laboratorio No 8325-2019 y No 8244-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.



**Figura 4.11.** Ejemplo de gráfico de acumulado mensual y saldo mensual. Fuente: elaboración propia datos de los informes de laboratorio No 8325-2019 y No 8244-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

Al final, del análisis de los reportes de costos, se puede usar la información para calcular el presupuesto destinado al control de calidad de materiales y sistemas para proyectos futuros de forma confiable.

## Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud

Los requisitos de calidad que contiene el manual se obtuvieron de la revisión de las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia y de la revisión de normativas, reglamentos, manuales y especificaciones nacionales e internacionales en lo referente a la construcción de un edificio de salud.

Fue redactado de forma que el lector encuentre las pruebas y especificaciones por categoría y la información para el control de calidad de estas de forma sencilla y resumida. Contiene descripciones breves de las pruebas y su uso, así como los parámetros que dictan las diferentes fuentes bibliográficas, diagramas de flujo, información acerca de las acreditaciones y los laboratorios, así como una explicación del funcionamiento del archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* con el que se puede hacer la planificación, seguimiento y control de calidad de un proyecto de construcción de un edificio de salud de la CCSS.

Con la información contenida en este manual, el lector puede complementar su propio sistema de control de calidad. Por ejemplo: si el manual es entregado como insumo a las empresas constructoras que desarrollan los proyectos de la CCSS, estas empresas pueden usar la información contenida en el Manual como requisitos mínimos de calidad de los materiales y sistemas, también como complemento de su propio sistema de control de calidad de los proyectos, sin necesidad de contar con el archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* que puede ser únicamente de uso interno de la Dirección de Arquitectura e Ingeniería de la CCSS.

## Diagramas de flujo

Para los diagramas de flujo no se tomaron en cuenta la totalidad de las pruebas, sino que se utilizaron las pruebas más comunes, escogidas por la Inspección de la CCSS. Los diagramas obtenidos explican gráficamente los pasos por seguir de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas.

Los diagramas de flujo son algoritmos representados de forma gráfica y muestran los pasos para llegar a la solución de un problema.

Los diagramas de flujo fueron diseñados como una guía, basados en lo que recomienda la teoría para actuar en caso de que el resultado no sea favorable o los pasos que se recomienda seguir para llevar el control de calidad del material. El profesional responsable puede tomar otras decisiones si las considera correctas.

## Herramienta digital

La herramienta digital se diseñó después de concluir con el diseño del archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* para facilitar el uso del archivo. El ejecutable de la herramienta digital y el archivo de MS Excel se encuentran en el apéndice C. La herramienta digital se desarrolló por las siguientes razones:

- Evitar crear copias del archivo de MS Excel para cada uno de los proyectos por controlar. Esto porque se puede llegar a mezclar información de proyectos, perder o alterar información.
- Registrar información de forma manual para diferentes proyectos a la vez puede llegar a ser tedioso.
- Generar únicamente la información deseada por el usuario.

La herramienta digital es una interfaz gráfica, programada con el lenguaje de programación llamado Python y usando como intérprete PyCharm, el cual es una aplicación que facilita la programación de una interfaz gráfica en ese lenguaje.

Consta de una ventana principal y dos ventanas secundarias, su funcionamiento se describe en el *Manual de usuario de la herramienta digital* y los resultados también se pueden ver en la parte de *Resultados* de este informe.

Básicamente, el funcionamiento de la interfaz se resume en que usa como base de datos la información del archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* y con ella se puede realizar exactamente lo mismo que con el archivo de MS Excel, pero de forma automatizada y sencilla, para la cantidad de proyectos que se desee, sin necesidad de realizar copias del archivo de MS Excel ni de tenerlo abierto.

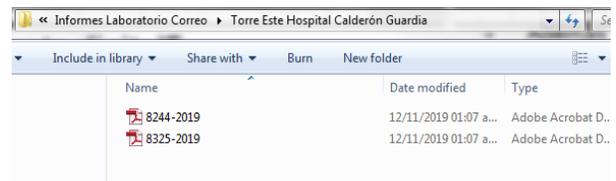
Busca la información requerida por el usuario en la base de datos, la copia y guarda en un archivo nuevo de MS Excel; el nombre del archivo varía de acuerdo con el nombre del proyecto el contenido del archivo, puede ser un archivo donde se encuentren los reportes de costos de un proyecto o los informes y bitácoras registradas de un determinado proyecto, las pruebas y especificaciones necesarias por etapa

de construcción, categoría y tipo de un proyecto.

Además, organiza los informes registrados en carpetas por proyecto, así se pueden consultar de manera sencilla.

Para el funcionamiento de la interfaz, únicamente se necesita tener el archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* y cualquier modificación que se realice al archivo de MS Excel queda reflejada en la interfaz; esto significa que, si se agregan o eliminan actividades, pruebas o especificaciones, no va a haber problema. Las modificaciones que se pueden realizar están descritas en el *Manual de usuario de la herramienta digital*, que está en el [apéndice B](#) de este informe.

En la figura 4.12 se muestra la organización de los informes registrados anteriormente para las pruebas de concreto y suelos, esto facilita la consulta de los informes para verificar resultados en caso de duda.



**Figura 4.12.** Organización de informes de laboratorio registrados mediante la interfaz gráfica “Control de calidad”. Fuente: elaboración propia.

El Manual Técnico de Desarrollo de Proyectos (1998) de la Contraloría General de la República (CGR) menciona que el sistema interno de control que deben tener las entidades que realizan proyectos de obra pública debe estar estructurado de manera que sea fácil la evaluación del avance físico, del costo y la calidad de los materiales utilizados.

El archivo de MS Excel y la herramienta digital facilitan la evaluación del avance físico, del costo y de la calidad de los materiales utilizados por medio de las matrices resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones, plantilla de registro de informes, reportes de costos, diagramas de flujo y de los archivos de MS Excel que genera la herramienta digital.

El PMI (2013) menciona que la planificación de la calidad se debe realizar identificando los requisitos o estándares de

calidad del proyecto, además de documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos.

La identificación de los requisitos y estándares de calidad de proyecto se encuentra en la matriz resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones en la columna parámetros, además de encontrarse de forma resumida en las matrices resumen de pruebas por categoría.

Por su parte, la documentación del cumplimiento de los requisitos de calidad del proyecto se puede hacer con la plantilla de registro de informes de laboratorio y números de bitácora de proyectos para las pruebas en sitio, ingresando si cumple o no y con la organización de informes del laboratorio por carpetas que realiza la interfaz gráfica.

La Contraloría (1998) menciona que se debe garantizar que el desarrollo del proyecto sea de acuerdo con los planes. Con el uso del *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* y el archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* se pueden comparar los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio con los parámetros establecidos para cada prueba obtenidas y siguiendo el avance físico de la obra.

Importante recordar que las fuentes de información de este proyecto de graduación son normativas, reglamentos, manuales y especificaciones nacionales e internacionales, tomando en cuenta las secciones que describen la construcción de edificios de salud, por lo que los parámetros de calidad entre proyectos no cambiarían, a menos que se publiquen nuevas versiones de estos documentos con cambios en dichos parámetros; y en el caso de que sucediera, se tendría que actualizar la información contenida en las matrices. Además de que el criterio ingenieril siempre debe estar presente al utilizar cualquiera de los productos obtenidos del desarrollo de este proyecto.

# Conclusiones

Del análisis de resultados, se obtuvo como conclusiones:

- Los resultados de los objetivos se integraron y se obtuvo cuatro productos:
  1. Un archivo de MS Excel llamado: *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.
  2. Documento escrito llamado *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*.
  3. Herramienta digital: Interfaz gráfica llamada *Control de Calidad*.
  4. Documento escrito llamado *Manual de usuario de la herramienta digital*.
- Las pruebas y especificaciones necesarias para la gestión del control de calidad de un proyecto de construcción de un edificio de salud son bastante numerosas y están clasificadas de acuerdo a la etapa constructiva, al tipo (prueba de laboratorio, prueba en sitio y especificación técnica) y en trece categorías. La clasificación por categoría y tipo simplifica la búsqueda de la información referente al control de calidad.
- Existe una cantidad numerosa y variada de pruebas y especificaciones de calidad de materiales y sistemas para proyectos de construcción de edificios de salud que se encuentran dispersas en diferentes fuentes bibliográficas y procedimientos, y por tanto, es difícil el seguimiento de todas ellas mediante el uso de las referencias no integradas. El *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* es un documento que integra las pruebas de control de calidad y especificaciones tomando como referencia normativas, reglamentos, manuales y especificaciones nacionales e internacionales referentes al tema de

edificios de salud, normas ASTM, AASHTO, ACI, tesis de grado realizadas en temas similares, informes de inspección, informes de pruebas de laboratorio, entre otros similares.

- El manual al integrar información acerca de las pruebas y especificaciones necesarias para un control de calidad adecuado en un único documento facilita la planificación, seguimiento y control de las pruebas, ya sean de laboratorio o en sitio, así como su consulta y actualización tanto posterior como en tiempo real durante el desarrollo de las obras.
- El *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* está dividido en seis capítulos:
  1. Capítulo A: Generalidades.
  2. Capítulo B: Pruebas y especificaciones
  3. Capítulo C: Formularios, plantillas y procesos para registro, seguimiento y control de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.
  4. Capítulo D: Diagramas de flujo.
  5. Capítulo E: Acreditaciones.
  6. Capítulo F: Manual de usuario de la herramienta digital *Control de Calidad*.

Cada capítulo integra los resultados obtenidos de los objetivos de este proyecto.

- El archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* y la herramienta digital *Control de Calidad* facilitan la evaluación del avance físico, del costo y de la calidad de los materiales utilizados por medio de las matrices resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones, con la plantilla de registro de informes, reportes de costos, diagramas de flujo y de los archivos de MS Excel que genera la herramienta

digital, todo esto garantiza también que los proyectos se desarrollen de acuerdo con los planes.

- La interfaz gráfica facilita el uso del archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* y fue desarrollada para simplificar el registro y búsqueda de información de las pruebas de laboratorio y de las pruebas en sitio como: registro de informes de pruebas, búsqueda de pruebas según la etapa constructiva, clasificación y tipo; búsqueda de informes de laboratorio registrados y reportes de costos. y le permite al usuario registrar. Le permite al usuario buscar y generar información de control de calidad de los diferentes proyectos de construcción de edificios de salud que desee.
- El *Manual de usuario de la herramienta digital* está dividido en dos capítulos que explican el funcionamiento de la herramienta digital y de la información que se puede obtener de su uso.
- El registro de informes de pruebas de laboratorio y sus costos se plantea como una herramienta de ayuda para tener mejores proyecciones del presupuesto destinado al control de calidad para los proyectos de construcción de edificios de salud de la CCSS a desarrollarse en el futuro.
- El *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* puede ser utilizado no solo de forma interna por la Dirección de Arquitectura e Ingeniería de la CCSS, sino que también puede ser utilizado como documento de apoyo para las empresas constructoras que desarrollan los proyectos de la CCSS como una guía de requerimientos mínimos que deben controlar y como complemento a sus sistemas internos de control de calidad de los productos de los proyectos que desarrollan.
- Los reportes de costos pueden convertirse en indicadores de la calidad de los materiales utilizados en los proyectos de construcción de edificios de salud y en indicadores de la gestión del control de calidad, ya que un aumento anormal en el costo puede significar que

se están realizando más pruebas de verificación de resultados por que las pruebas no arrojan valores favorables o también pueden indicar que no se están realizando la cantidad de pruebas necesarias para verificar la calidad de los productos que desarrollan los contratistas.

- Durante el proceso de investigación se determinó que el presupuesto destinado a financiar las pruebas de laboratorio para control de calidad de los materiales y sistemas está definido de forma empírica y con el uso y aplicación correcta del manual propuesto se pretende que contribuya a permitir realizar proyecciones de costos de las pruebas de laboratorio con estimaciones paramétricas.
- La escogencia del laboratorio encargado de realizar las pruebas depende de las pruebas que realiza y del costo de estas, en todo caso, es indispensable para el control de materiales y sistemas de un edificio de salud que el laboratorio se encuentre acreditado por el Ente Costarricense de Acreditación.
- De la investigación de la normativa nacional que regula las radiaciones ionizantes, se concluye que las verificaciones, comprobaciones y mediciones de las radiaciones ionizantes en edificios de salud de la CCSS están a cargo del Área de Control de Calidad y Protección Radiológica de la CCSS, además tienen su propio sistema de verificación de control de calidad.

# Recomendaciones

- Los productos del desarrollo de este proyecto hacen referencia a una serie de normas, especificaciones y parámetros que deben actualizarse cuando las fuentes bibliográficas utilizadas en este proyecto modifiquen requisitos de calidad de materiales y sistemas referentes a la construcción de un edificio de salud.
- Para mejorar el *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* y el archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*, se recomienda el desarrollo del control de calidad del sistema eléctrico y también integrar los procedimientos de control de calidad del Área de Control de Calidad y Protección Radiológica de la CCSS.
- El *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* se desarrolló para la DAI pero puede ser utilizado en forma general por todas las unidades que desarrollan proyectos de construcción en la CCSS, como la Unidad Técnica Contraparte de Fideicomisos.
- A la interfaz gráfica se le pueden realizar mejoras de acuerdo con las necesidades que vayan presentándose, se puede aumentar la cantidad de reportes que genera y agregar más funciones.

# Apéndices

**Apéndice A:** Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social.

**Apéndice B:** Manual de usuario de la herramienta digital *Control de calidad*.

**Apéndice C:** Disco compacto.

**Apéndice A.** Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social.

# **MANUAL PARA CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES Y SISTEMAS EN EDIFICIOS DE SALUD DE LA CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL.**

CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL

# CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL

## MANUAL PARA CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES Y SISTEMAS EN EDIFICIOS DE SALUD DE LA CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL.

2019

Este manual forma parte del Proyecto Final de Graduación, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica, titulado *Diseño de Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*.

Primera edición  
2019

Documento base: Silvia Interiano Valverde  
Revisiones:

Imagen portada: Kjpargeter - Freepik.com

Todos los derechos reservados.  
Ninguna parte de este manual puede ser reproducida por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso previo de los titulares de derechos.

# Contenido

<b>CAPÍTULO A</b> .....	1
GENERALIDADES .....	1
<b>CAPÍTULO B</b> .....	2
PRUEBAS DE LABORATORIO, EN SITIO Y ESPECIFICACIONES .....	2
ACERO DE REFUERZO .....	3
ACERO ESTRUCTURAL.....	6
ACERO INOXIDABLE.....	13
ASFALTO.....	19
CONCRETO .....	21
EQUIPO MÉDICO .....	30
GASES MÉDICOS.....	39
OBRA ARQUITECTÓNICA .....	42
OBRA MECÁNICA.....	44
PINTURA .....	47
SISTEMA CONTRA INCENDIOS .....	48
SUELOS .....	53
<b>CAPÍTULO C</b> .....	65
FORMULARIOS, PLANTILLAS Y PROCESOS PARA REGISTRO, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PRUEBAS DE LABORATORIO Y PRUEBAS EN SITIO. ....	63
PLANIFICACIÓN.....	66
SEGUIMIENTO Y CONTROL .....	68
LABORATORIOS ACREDITADOS .....	76
CONTACTO DE LABORATORIOS Y ORGANISMOS DE INSPECCIÓN .....	76
<b>CAPÍTULO D</b> .....	78
DIAGRAMAS DE FLUJO .....	78
<b>CAPÍTULO E</b> .....	96
ACREDITACIONES .....	96
ENTE COSTARRICENSE DE ACREDITACIÓN (ECA).....	96
LABORATORIOS DE ENSAYOS ACREDITADOS POR EL ECA.....	96
ORGANISMOS DE INSPECCIÓN ACREDITADOS POR EL ECA.....	97
<b>CAPÍTULO F</b> .....	96
MANUAL DE USUARIO DE LA HERRAMIENTA DIGITAL “CONTROL DE CALIDAD” .....	96
REFERENCIAS.....	97

# Capítulo A

## Generalidades

El presente documento forma parte del Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica, que se titula *Diseño de manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense De Seguro Social*.

Este manual se diseñó para ser utilizado por la Dirección de Arquitectura e Ingeniería (DAI) para el control de calidad de sistemas y de los materiales utilizados en la construcción de edificios de salud, además, poder realizar la planificación y seguimiento de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y cumplimiento de especificaciones varias de manera sencilla.

El alcance del manual abarca obras previas, obras exteriores, obra estructural, obra arquitectónica, obra mecánica y equipamiento médico, excluyendo el sistema eléctrico.

La información en la que se basa este documento fue obtenida mediante la revisión de diferentes especificaciones técnicas de la licitación del Proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia, revisión de códigos, manuales y normas nacionales como el *Código Sísmico de Costa Rica 2010* (2011), *Código de Cimentaciones de Costa Rica* (2009), *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias* (2011), *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica* (2013), *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR- 2010* (2009), tesis de grado realizadas en temas similares, informes de inspección, informes de pruebas de laboratorio, normas ASTM, AASHTO, entre otros similares.

Las pruebas en sitio, de laboratorio y especificaciones varias que se mencionan en

este manual son lo mínimo que debería considerarse en el control de calidad de materiales y sistemas para proyectos de construcción de edificios de salud de la CCSS.

El Capítulo B trata acerca de las pruebas y especificaciones que deben cumplir los distintos materiales y sistemas, la información está clasificada en 13 categorías con su respectivo código:

- Acero de Refuerzo (AR).
- Acero Estructural (AE).
- Acero Inoxidable (AI).
- Asfalto (AS).
- Concreto (C).
- Equipamiento (EQ).
- Gases Médicos (SGM).
- Obra Arquitectónica (OA).
- Obra Mecánica (ME).
- Pintura (PI).
- Señalización y demarcación (SD).
- Sistema Contra Incendios (SMI).
- Suelos (S).

Para cada una de las categorías anteriores, se describen las pruebas y especificaciones, su uso, frecuencia de aplicación, parámetro por cumplir y la referencia bibliográfica. Por otra parte, en el Capítulo C trata el seguimiento y control de las pruebas y especificaciones mediante formularios de registro de información, diagramas de flujo e informes gráficos.

En el Capítulo D se encuentra información acerca del Ente Costarricense de Acreditación, así como de los laboratorios y organismos de inspección nacionales acreditados para realizar las pruebas de control de calidad.

# Capítulo B

## Pruebas de laboratorio, en sitio y especificaciones

En este capítulo se encuentran las pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones varias para el control de calidad de materiales y sistemas de un edificio de salud de la CCSS.

Las pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones varias por cumplir se encuentran clasificadas en 13 categorías:

- Acero de Refuerzo (AR)
- Acero Estructural (AE)
- Acero Inoxidable (AI)
- Asfalto (AS)
- Concreto (C)
- Equipamiento (EQ)
- Gases Médicos (SGM)
- Obra Arquitectónica (OA)
- Obra Mecánica (ME)
- Pintura (PI)
- Señalización y demarcación (SD)
- Sistema Contra Incendios (SMI)
- Suelos (S)

Cada una de las pruebas y especificaciones tiene asociado un código para facilitar la programación, seguimiento y control de estas.

Las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio deben ser realizadas por laboratorios de materiales con alcances acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA). El ECA es el único organismo con potestad para emitir las

acreditaciones a nivel nacional en las áreas de laboratorios de ensayo y calibración, organismos de inspección y control, organismos de certificación y otros afines (La Gaceta, 2002).

Cada uno de los laboratorios con alcances acreditados por el ECA tiene un documento en el cual se resume la información del alcance de la acreditación y se indica el área a la que corresponde el ensayo, artículo, materiales, productos por ensayar, muestreo, el nombre del ensayo, especificación, referencia al método y técnica usada, el ámbito de trabajo, las instalaciones y el personal que realiza el ensayo.

Al final de cada una de las 13 categorías, se resume la información en matrices que contienen el nombre de la prueba o especificación por cumplir, el parámetro, la frecuencia con la que se deben realizar las pruebas y la referencia bibliográfica.

# Acero de refuerzo

En esta sección se encuentran las características mínimas que debe cumplir el acero de refuerzo por utilizar en la obra y la frecuencia con la que debe realizarse el control de calidad del acero de refuerzo. La figura 1 resume la información de esta sección en una matriz resumen.

## Prueba de tracción

ASTM A-370

Al realizar esta prueba se determinan las propiedades mecánicas especificadas del acero, acero inoxidable y aleaciones. El resultado de la prueba de tracción se utiliza como parámetro de aceptación de material entrante por parte del comprador o para evaluación de la conformidad del producto.

Se debe fallar una muestra de un metro de longitud por cada diámetro y grado de cada lote colocado en obra o para cada 30 barras de acero de refuerzo puestas en obra.

## Norma oficial de barras de acero para hormigón armado (Concreto)

MEIC-12666

Esta es una especificación para las barras de acero utilizadas como refuerzo en el concreto. Clasifica las barras de acero en diferentes grados de acuerdo con el límite de fluencia mínima, además, menciona condiciones generales y requisitos dimensionales y mecánicos.

Siempre se debe verificar el cumplimiento de esta especificación de fabricación del material.

## Especificación estándar para alambre de acero al carbono, refuerzo de alambre soldado, liso y deformado para concreto

ASTM A-1064

Esta especificación sustituye las especificaciones ASTM A82, ASTM A-185, ASTM A-496 y ASTM A-497. Combina los requerimientos de las especificaciones anteriores en una sola. Aplica para el alambre de acero y el acero de refuerzo por utilizar en las mallas electrosoldadas.

Se utiliza para control de calidad del material al solicitar al proveedor su cumplimiento de los requisitos de esta especificación. Siempre se debe verificar el cumplimiento de esta especificación de fabricación del material.

## Dovelas

AASHTO M 254

Esta especificación trata acerca de los materiales, la fabricación y la instalación de las dovelas. Clasifica las dovelas en dos tipos: Tipo A y Tipo B.

Se utiliza para control de calidad del material al solicitar al proveedor su cumplimiento de los requisitos de esta especificación. Siempre se debe verificar el cumplimiento de esta especificación de fabricación del material.

## Barras de amarre

AASHTO M-31M

Trata acerca de las barras de refuerzo, para concreto, lisas o corrugadas. Menciona tamaños y dimensiones mínimos, clasifica las barras en cuatro niveles de acuerdo con la resistencia mínima a la fluencia: Grado 40, Grado 60, Grado 75 y Grado 80.

Esta especificación se utiliza para control de calidad del material al solicitar al proveedor el cumplimiento de los requisitos de esta. Siempre se debe verificar el cumplimiento de esta especificación de fabricación del material.

## Especificación normalizada para torón de acero, de siete alambres sin recubrimiento para concreto preesforzado

ASTM A-416

Clasifica los torones en dos grados de acuerdo con la resistencia última mínima: Grado 250 y Grado 270. Esta especificación se utiliza para control de calidad del material, siempre se debe solicitar al proveedor el cumplimiento de los requisitos de esta especificación para todos los torones.

## Parámetros para barras de acero

### Barras de acero #3 a #4

## Especificación normalizada para barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto

ASTM A-615

De acuerdo con esta especificación, las barras de acero #3 y #4 deben ser barras corrugadas Grado 40. El informe de cumplimiento debe ser entregado por el proveedor.

## Prueba de tracción

ASTM A-370

Los parámetros mínimos para la prueba de tracción en barras de acero #3 y #4 deben ser:

- Límite de fluencia mínimo: 2800kg/cm<sup>2</sup>.
- Límite de rotura: 1,25 veces el límite de fluencia.

- Esfuerzo real de fluencia: no debe sobrepasar el esfuerzo especificado en más de 1250kg/cm<sup>2</sup>.
- Deformación límite: al menos 15 veces la deformación del estado de fluencia.

## Barras de acero #5 en adelante

## Especificación normalizada para barras de acero de baja aleación lisas y corrugadas para refuerzo de concreto

ASTM A-706

De acuerdo con esta especificación, las barras de acero #5 en adelante deben ser barras corrugadas Grado 60. El informe de cumplimiento debe ser entregado por el proveedor.

## Prueba de tracción

ASTM A-370

Los parámetros mínimos para la prueba de tracción en barras de acero #5 en adelante deben ser:

- Límite de fluencia mínimo: 4200kg/cm<sup>2</sup>.
- Límite de rotura: 1,25 veces el límite de fluencia.
- Esfuerzo real de fluencia: no debe sobrepasar el esfuerzo especificado en más de 1250kg/cm<sup>2</sup>.
- Deformación límite: al menos 15 veces la deformación del estado de fluencia.

A las pruebas y especificaciones descritas anteriormente se les asignó el código de prueba AR y es un código único para su identificación. Se resume la información anterior en la siguiente figura con el código de prueba, tipo de prueba, descripción, norma, parámetro, frecuencia y referencia bibliográfica.

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
AR-01	Prueba de tracción	ASTM A-370	Prueba de laboratorio	Variable, depende del calibre de la varilla (Ver "Parámetros para barras de acero"	Fallar una muestra de 1m de longitud por cada diámetro y grado de cada lote colocado en obra, o para cada 30 barras de acero puestas en obra. Informe de cumplimiento ASTM A- 615 debe ser entregado por el proveedor.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21 00 Apartado 4.1 - 4.3 / Instructivo I-CPM-01 Sección 3.7
AR-02	Norma Oficial de Barras de Acero para Hormigón Armado (Concreto)	MEIC-12666	Especificación	Cumplir con las especificaciones	Siempre verificar cumplimiento de especificación de fabricación del material	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 21 00 Apartado 4.5
AR-03	Especificación estándar para alambre de acero al carbono, refuerzo de alambre soldado, liso y deformado para concreto	ASTM A-1064	Especificación			Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22 00 Apartado 4.1 y 4.6
AR-04	Dovelas	AASHTO M-254	Especificación	Grado 60 tipo A o B	Verificar con informe entregado por el proveedor	Sub sección 501.02 (i) CR 2010. Sub sección 709.01 (f) CR 2010.
AR-05	Barras de amarre	AASHTO M-31M	Especificación	Grado 40		Sub sección 501.02 (i) CR 2010. Sub sección 709.01 (b) CR 2010.
AR-06	Especificación Normalizada para Torón de Acero, de Siete Alambres sin Recubrimiento para Concreto Preesforzado	ASTM A-416	Especificación	Esfuerzo de rotura: 18700kg/cm <sup>2</sup>	Todos los torones. Verificar con el informe del fabricante	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 41 13 Apartado 4.5.1

**Figura 1.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para el acero de refuerzo. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

# Acero estructural

En esta sección se encuentran las características mínimas que debe cumplir el acero estructural por utilizar en la obra y la frecuencia con la que debe realizarse el control de calidad del acero estructural. Las figuras 2a, 2b, 2c y 2d resumen la información de esta sección.

## Inspección de soldaduras

(Inspección visual, Ultrasonido, Tintas penetrantes, Rayos X)  
CSCR 2010

De acuerdo con el *Código Sísmico* (2011), el inspector, después de la visita en sitio, debe preparar un informe de inspección donde se mencione que los trabajos fueron realizados de acuerdo con los planos constructivos, especificaciones técnicas y otros documentos contractuales, además de anotar si alguna deficiencia encontrada fue reparada. El inspector debe ser un especialista en metalurgia que realice ensayos no destructivos. La inspección de soldaduras se debe realizar como mínimo en las uniones y elementos de acero laminado en caliente que formen parte de la estructura.

## Especificación estándar para acero al carbono, láminas y tiras, laminado en caliente, estructural, de alta resistencia de baja aleación y ultra alta resistencia

ASTM A-1011

El acero mencionado en esta especificación está clasificado en diferentes tipos y grados de acuerdo con la composición química y resistencia mínima. En el caso de un edificio de salud de la CCSS, debe ser acero Grado 33.

## Dimensiones de los pernos

ANSI B18.2.1

Especificación de estándar dimensional de pernos de cabeza hexagonal y cuadrada. Todos los pernos deben cumplir con esta especificación.

## Pernos tensados

AISC 360 Tabla J 3.1

El AISC 360 es una especificación desarrollada para proveer una práctica uniforme en el diseño de edificios de acero estructural y otras estructuras. La Tabla J 3.1 menciona la pretensión mínima de los pernos de acuerdo con el tamaño y los clasifica en dos grupos: Grupo A (A325) y Grupo B (A490).

Cuando los pernos indicados sean A325 o A490, deben ser tensados según la Tabla J 3.1 del AISC 360 o a una tensión mínima del 70% de la capacidad nominal a tracción mínima del perno.

## Especificación normalizada para acero estructural de alta resistencia de baja aleación de niobio-vanadio

ASTM A-572

Especificación que considera cinco grados de acero estructural de alta resistencia para placas, perfiles y barras de refuerzo.

Menciona el uso previsto para los diferentes grados: Grados 42, 50 y 55 son para uso en estructuras remachadas, atornilladas o electrosoldadas; Grados 60 y 65 son para uso en construcción remachada o atornillada de puentes.

En el caso de un edificio de salud de la CCSS, el acero debe ser Grado 50 en todas las secciones por utilizar.

## Especificación normalizada para tubos estructurales de acero al carbono soldados y sin costura conformados en frío

ASTM A-500

Especificación acerca de tubos estructurales de acero al carbono de forma circular, cuadrada, rectangular, con uso previsto para construcción remachada, atornillada o soldada de puentes, edificios y propósitos estructurales generales.

Clasifica los tubos de acero en cuatro grados basado en la composición química y requisitos mínimos de resistencia. Para un edificio de salud de la CCSS, el acero debe ser Grado 46, Grado B y se debe verificar con el informe del fabricante.

## Especificación normalizada para acero al carbono estructural

ASTM A-36

Especificación que trata sobre perfiles, placas y barras de acero de calidad estructural para utilizar en construcción remachada, atornillada o soldada de puentes, edificios y propósitos estructurales generales. Para un edificio de salud de la CCSS, el acero debe ser Grado 36.

## Especificación normalizada para lámina de acero, recubierto de zinc o recubierto de aleación de zinc-hierro

ASTM A-653

Especificación que clasifica el producto en cuatro categorías generales de acuerdo con grados y clase, basándose en propiedades mecánicas del acero.

Para un proyecto de construcción de un edificio de salud de la CCSS, el acero debe ser Grado 37 y el esfuerzo de cedencia igual o mayor a 2590 kg/cm<sup>3</sup>.

## Pernos de alta resistencia (conexiones de vigas)

ASTM F-3125

Esta especificación es una consolidación y reemplazo de seis normas de ASTM: A-325, A-325M, A-490, A-490M, F-1852 y F-2280.

Los pernos fabricados bajo esta especificación están destinados a ser utilizados en conexiones estructurales y se clasifican por grados, tipo y estilo.

Para la construcción de un edificio de salud de la CCSS, todas las conexiones de vigas apernadas de acero roladas en caliente serán a base de pernos de alta resistencia A325 y A490, dependiendo de lo especificado en planos.

## Acero laminado en frío

El acero laminado en frío se fabrica doblando láminas delgadas de acero de bajo carbono o baja aleación en prácticamente cualquier sección transversal deseada. Estos perfiles pueden utilizarse para los miembros más ligeros, suelen usarse en la construcción de algunos tipos de techos, pisos y muros. (McCormac & Csernak, 2013, p.12).

La composición química del acero incide en propiedades como soldabilidad, resistencia a la corrosión, resistencia a la fractura frágil, etc. ASTM especifica los porcentajes exactos máximos de carbono, manganeso, silicio, etc., que se permiten en los aceros estructurales. (McCormac & Csernak, 2013, p. 20).

El Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2011) menciona que los aceros para la fabricación de perfiles laminados en frío utilizados en elementos, componentes y uniones de los sistemas sismorresistentes deben satisfacer una de las siguientes especificaciones: ASTM A-36, ASTM A-500 (Grado B o C), ASTM A-529, ASTM A-570, ASTM A-572 (Grado 42, 50 o 55), ASTM A-606, ASTM A-607, ASTM A-611 (grados A,B,C y D), ASTM A-653, ASTM A-715, ASTM A-792, ASTM A-875, ASTM A-1003, ASTM A-1008, ASTM A-1011, JIS G3132 SPHT-2 (CFIA, 2011, p.10/3).

Varias de las especificaciones mencionadas anteriormente para el acero laminado en frío y exigidas por el Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2011) fueron retiradas en el año 2000 por ASTM y reemplazadas por la norma ASTM A-1008. Estas especificaciones reemplazadas son:

- ASTM A-570
- ASTM A-607
- ASTM A-611
- ASTM A-715

La especificación JIS G3132 (Japanese Industrial Standard) trata acerca del acero laminado en caliente para tuberías y tubos, por lo que no se incluyó en la figura 2d. La especificación JIS para acero laminado en frío es la JIS G3141.

El acero laminado en frío debe cumplir con los siguientes requisitos de ductilidad:

- Relación entre el esfuerzo último y el esfuerzo de cedencia del acero no puede ser menor que 1,08.
- De acuerdo a la norma ASTM A-370 la elongación total de probetas no debe ser menor que 10% en una longitud de medición de 50mm, o no debe ser menor que 7% en una longitud de medición de 200mm. (CFIA, 2011, p.10/3).

Monge & Vindas (2002) en su proyecto de graduación *Manual de construcción para estructuras metálicas con base en perfiles doblados en frío* desarrollaron una guía práctica que integra elementos de diseño y del proceso de construcción mediante una metodología de cálculo para dimensionar elementos estructurales conformados por perfiles doblados en frío y con recomendaciones para el proceso de construcción como:

- Consideraciones en la fábrica y en los sitios de distribución y venta.
- Consideraciones en el sitio de construcción.
- Consideraciones en la construcción.

A las pruebas y especificaciones de acero estructural se les asignó el código de prueba AE y a las especificaciones y pruebas para el acero laminado en frío se le asignó el código ALF. En la figura siguiente se resume la información anterior con el código de prueba, tipo, norma, descripción, parámetro, frecuencia y referencia bibliográfica.

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
AE-01	Inspección visual	CSCR 2010 Capítulo 10	Prueba en sitio	Informe de inspección por parte de especialista en metalurgia	Realizar como mínimo en las uniones y elementos de acero laminado en caliente que formen parte de la estructura.	Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 5.3.2 pág. 66. CSCR 2010. Sección 10.9.3.1a.
AE-02	Ultrasonido					Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 5.3.3 pág. 66. CSCR 2010 Sección 10.9.3.1b.
AE-03	Tintas penetrantes					
AE-04	Rayos X					
AE-05	Pernos de alta resistencia (conexiones de vigas)	ASTM F-3125	Especificación	Conexiones de vigas apernadas de acero roladas en caliente serán a base de pernos de alta resistencia A325 y A490, según especificado en planos	Todos los pernos	Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.3.1 pág. 63
AE-06	Dimensiones de los pernos	ANSI B18.2.1		Cumplir con las especificaciones		Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.3.3 pág. 63
AE-07	Pernos tensados	AISC 360	Prueba en sitio	Cuando los pernos indicados sean A325 o A490 deben ser tensados según la Tabla J 3.1 del AISC 360 o a una tensión mínima del 70% de la capacidad nominal a tracción mínima del perno.		Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 5.4.2 pág. 68
AE-08	Verificación de torque	N.A.		Informe de inspección por parte de especialista en metalurgia		Realizar como mínimo en las uniones y elementos de acero laminado en caliente que formen parte de la estructura.

**Figura 2a.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para el acero estructural. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
AE-09	Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia de Baja Aleación de Niobio-Vanadio	ASTM A-572	Especificación	Acero Grado 50	Todas las secciones por utilizar	Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.1.4 pág. 63
AE-10	Especificación Normalizada para Acero al Carbono Estructural	ASTM A-36		Acero Grado 36.	Verificar siempre con el informe del fabricante	Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.1.3 pág. 63
AE-11	Especificación Normalizada para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Soldados y sin Costura Conformados en Frío	ASTM A-500		Acero Grado 46. Grado B.		Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.1.5 pág. 63
AE-12	Especificación estándar para acero al carbono, láminas y tiras, laminado en caliente, estructural, de alta resistencia de baja aleación y ultra alta resistencia	ASTM A-1011		Acero Grado 33		Especificaciones Técnicas Área Civil. Sección 05 12 00. Apartado 4.1.6 pág. 63
AE-13	Especificación Normalizada para Lámina de Acero, Recubierto de Zinc o Recubierto de Aleación de Zinc-Hierro	ASTM A-653		Acero Grado 37. Esfuerzo de cedencia igual o mayor a 2590 kg/cm <sup>3</sup>		Especificaciones Técnicas ÁREA CIVIL. Sección 05 31 23. Apartado 4.1.1. pág. 73

**Figura 2b.** Resumen de pruebas en sitio y especificaciones para el acero estructural. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
ALF-01	Especificación Normalizada para Acero al Carbono Estructural	ASTM A-36	Especificación	Cumplir con las especificaciones	Verificar siempre con el informe del fabricante	CSCR 2010. p.10/3
ALF-02	Especificación Normalizada para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Soldados y sin Costura Conformados en Frío	ASTM A-500		Grado B o C	Verificar siempre con el informe del fabricante	CSCR 2010. p.10/3
ALF-03	Especificación normalizada para acero de calidad estructural de manganeso y carbono de alta resistencia.	ASTM A-529		Cumplir con las especificaciones	Verificar siempre con el informe del fabricante	CSCR 2010. p.10/3
ALF-04	Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia de Baja Aleación de Niobio-Vanadio	ASTM A-572		Cumplir con las especificaciones	Verificar siempre con el informe del fabricante	CSCR 2010. p.10/3
ALF-05	Especificación Normalizada para acero estructural de alta resistencia y baja aleación para láminas y cintas laminadas en caliente y en frío con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica	ASTM A-606		Cumplir con las especificaciones	Verificar siempre con el informe del fabricante	CSCR 2010. p.10/3
ALF-06	Especificación normalizada para láminas de acero con recubrimiento de aleación 55% aluminio-zinc realizado por medio del proceso de inmersión en caliente.	ASTM A-792		Cumplir con las especificaciones	Verificar siempre con el informe del fabricante	CSCR 2010. p.10/3
ALF-07	Especificación normalizada para láminas de acero con recubrimiento de aleación 5% zinc-aluminio realizado por medio del proceso de inmersión en caliente.	ASTM A-875		Cumplir con las especificaciones	Verificar siempre con el informe del fabricante	CSCR 2010. p.10/3
ALF-08	Especificación normalizada para láminas de acero, carbono, con recubrimiento metálico y no metálico para perfiles laminados en frío	ASTM A-1003		Cumplir con las especificaciones	Verificar siempre con el informe del fabricante	CSCR 2010. p.10/3

**Figura 2c.** Resumen de especificaciones para el acero laminado en frío. Fuente: elaboración propia con base en el capítulo 10 del Código Sísmico de Costa Rica. (CFIA, 2011).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
ALF-09	Especificación normalizada para acero, lámina, rolado en frío, carbono, estructural, alta resistencia con bajo contenido de aleatorios, alta resistencia con bajo contenido de aleatorios y formabilidad mejorada, endurecido por solución y templable por cocción	ASTM A-1008	Especificación	Cumplir con las especificaciones	Verificar siempre con el informe del fabricante	CSCR 2010. p.10/3
ALF-10	Ductilidad	CSCR 2010 Capítulo 10	Prueba de laboratorio	Relación entre esfuerzo último y el esfuerzo de cedencia del acero no debe ser menor que 1,08.	Cuando el profesional responsable lo considere necesario.	CSCR 2010. p.10/3
ALF-11	Prueba de tensión	ASTM A-370		Elongación total de probetas no debe ser menor que 10% en una longitud de medición de 50 mm o no debe ser menor que 7% en una longitud de medición de 200 mm.	Cuando el profesional responsable lo considere necesario.	CSCR 2010. p.10/3

**Figura 2d.** Resumen de especificaciones para el acero laminado en frío. Fuente: elaboración propia con base en el capítulo 10 del Código Sísmico de Costa Rica. (CFIA, 2011).

# Acero inoxidable

El acero inoxidable es una aleación de hierro con un contenido mínimo de cromo del 10,5% y un contenido máximo de carbono de 1,2% y la característica principal es la alta resistencia a la corrosión. (AISC, 2011, p.1).

La alta resistencia a la corrosión del hierro presente en el acero inoxidable depende de la integridad de una capa superficial y delgada que se encuentra en toda la superficie del acero inoxidable, cualquier daño que le ocurra a esta capa es probable que provoque corrosión localizada (Revie & Uhlig, 2008, p.335).

La capa superficial es óxido de cromo que se forma producto de la oxidación del cromo al entrar en contacto con el oxígeno diatómico (O<sub>2</sub>) presente en el aire y en el agua. Esta capa es estable y no permite que el hierro entre en contacto con el oxígeno y se corroa.

La estabilidad de esta capa de óxido de cromo aumenta con el contenido de cromo y con la adición de molibdeno y nitrógeno. (AISC, 2011, p.1).

Pancorbo (2011) define la corrosión como: "la degradación de un material por su medio ambiente, produciendo pérdidas en sus propiedades mecánicas de resistencia, lo que da lugar a cambios en la geometría de las estructuras y componentes haciéndoles perder la función para la cual estaban determinadas"(p.1).

## Clasificación y usos

El AISC (2013) menciona cinco tipos de aceros inoxidables, sus composiciones químicas y usos comunes:

- **Acero inoxidable austenítico:** el contenido de cromo es de 17 a 18%, níquel entre 8 y 11%. La resistencia a la corrosión mejora con niveles altos de cromo y con la adición de nitrógeno y molibdeno. Este es el grupo más común al tener mejores propiedades anticorrosivas. Se utiliza

en equipos para preparar alimentos, hornos, elementos hospitalarios, entre otros. No es magnético (AISC, 2011, p.1).

- **Acero inoxidable ferrítico:** contenido de cromo entre 10,5% y 18%. Generalmente contiene muy poco o nada de níquel. La resistencia a la corrosión puede ser mejorada al añadir molibdeno. Es magnético (AISC, 2011, p.1).
- **Acero inoxidable austenítico-ferrítico (dúplex):** el contenido de cromo generalmente es de 20 a 26%, entre 1 y 8% de níquel, 0,05 a 5% de molibdeno y entre 0,05 a 0,3% de nitrógeno. Su uso es generalmente en ambientes marinos, industria química, industria petrolera. Es ligeramente magnético (AISC, 2011, p.1).
- **Acero inoxidable martensítico:** su contenido de carbono es mayor que en los demás grupos de aceros inoxidables, esto lo hace menos resistente a la corrosión que los aceros inoxidables austeníticos, se prefiere su uso por sus propiedades mecánicas ya que es endurecido con tratamiento térmico. Se utiliza en tuercas, pernos, herramientas quirúrgicas y cuchillos. Es magnético (AISC, 2011, p.1).
- **Acero inoxidable endurecido por precipitación:** se utilizan mayormente en la industria aeroespacial, pero también en la fabricación de barras de tensión y otras aplicaciones donde se necesite acero inoxidable con mayor resistencia. No es magnético. (AISC, 2011, p.2).

## Aceros inoxidables. Composición química

### ISO 15510:2010

La norma ISO 15510:2010 enumera en una lista los tipos de aceros inoxidables con composiciones químicas similares y clasificación definidas previamente en normas ISO, ASTM, EN, JIS y GB.

## Práctica normalizada para la limpieza, decapado y pasivación de piezas, equipos y sistemas de acero inoxidable

### ASTM A-380 / A-380M

La norma ASTM A-380 / A-380M -17 contiene las recomendaciones y precauciones que se deben tomar en cuenta para la limpieza, decapado y pasivación de piezas, equipos y sistemas de acero inoxidable.

## Especificación estándar para tratamientos de pasivación química para piezas de acero inoxidable

### ASTM A967 / A967M – 17

La norma ASTM A967 / A967M – 17 trata acerca de los diferentes tipos de pasivación química del acero inoxidable y menciona los tipos de pruebas para confirmar la efectividad de los tratamientos de pasivación.

## Especificación estándar para aceros inoxidables forjados para instrumentos quirúrgicos.

### ASTM F899 – 19

Menciona los requisitos de las composiciones químicas de los aceros inoxidables utilizados en la manufactura de instrumentos quirúrgicos. Esta especificación es el equivalente de la norma *ISO 7153/1 Instrumentos quirúrgicos. Materiales. Parte 1: Metales.*

El acero inoxidable por utilizar en la fabricación de instrumentos quirúrgicos debe ser de alguna de las siguientes clases:

- Clase 3: Acero inoxidable austenítico.
- Clase 4: Acero inoxidable martensítico.
- Clase 5: Acero inoxidable endurecido por precipitación.
- Clase 6: Acero inoxidable ferrítico.

En las figuras 3, 4 y 5 se muestran las tablas que contiene la norma ASTM F899 con las composiciones químicas de los tipos de acero inoxidable de cada una de las cuatro clases.

## Identificar el acero inoxidable

Es común confundir el acero inoxidable con alguna aleación de aluminio o con acero al carbono. Hay formas para descartar que se trate de aluminio, pero no se puede obtener con exactitud el tipo de aleación de acero.

La composición química determina con exactitud el tipo de aleación de acero, y ésta se puede obtener en las especificaciones técnicas de fabricación del material o mediante una prueba de laboratorio.

## Uso de imán

Si el material a probar resulta ser magnético se puede descartar que sea aluminio ya que éste no es magnético. Esta prueba no determina el tipo de acero inoxidable ni el tipo de aleación de acero, sino que nada más descarta que el material sea alguna aleación de aluminio.

## Óxido de hierro

Si el material tiene manchas de color rojizas o naranjas es probable que se trate de óxido de hierro (III) que se conoce comúnmente como herrumbre. Mediante pruebas de laboratorio se puede determinar si la manchas de color naranjas o rojizas son óxido de hierro.

El herrumbre se produce por la oxidación del hierro presente en el acero. Las aleaciones de aluminio se oxidan pero el óxido de aluminio es transparente, por lo que si el material presenta

manchas rojizas o naranjas se trata de alguna aleación de acero.

## Tipos de corrosión

La Asociación Británica de Acero Inoxidable (BSSA, por sus siglas en inglés) menciona cinco tipos de corrosión que pueden ocurrir en aceros inoxidable.

### Corrosión por picadura

Ocurre cuando la capa pasiva del acero inoxidable es atacada por compuestos químicos como el caso del ion cloruro. El cloruro se encuentra en la sal (NaCl) y en el desinfectante conocido como cloro (NaClO). La corrosión por picadura se puede evitar asegurándose de que el acero inoxidable no entre en contacto por tiempo prolongado con productos químicos que contengan ión cloruro (BSSA, s.f.).

### Corrosión en grietas

El acero inoxidable requiere estar en contacto el oxígeno del medio ambiente para garantizar que la capa pasiva (óxido de cromo) se pueda formar en la superficie. En grietas muy estrechas, no siempre es posible que el oxígeno acceda a la superficie del acero inoxidable, lo que lo hace vulnerable al ataque. La corrosión por grietas se evita al sellar las grietas con un sellador flexible o al usar un grado de acero inoxidable más resistente a la corrosión (BSSA, s.f.).

### Corrosión general

Normalmente, el acero inoxidable no se corroe de manera uniforme como lo hacen los aceros al carbono y aleaciones comunes. Algunos productos químicos como los ácidos atacan la capa pasiva de manera uniforme dependiendo de la concentración y de la temperatura. La corrosión se distribuye por toda la superficie del acero. El ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico en algunas concentraciones son agresivos para el acero inoxidable (BSSA, s.f.).

## Corrosión intergranular

Si el porcentaje de carbono en el acero inoxidable es alto puede ocurrir que el cromo se combine con el carbono para formar carburo de cromo. El cromo disponible para formar la capa pasiva se reduce y puede producirse corrosión. Esto ocurre a temperaturas entre 450 a 850 °C, puede ocurrir durante la soldadura. Es un tipo de corrosión poco común (BSSA, s.f.).

## Corrosión galvánica

Ocurre cuando dos metales diferentes están en contacto entre sí y con un electrolito como agua u otra solución. Esto puede acelerar la corrosión del metal menos noble. Se puede evitar separando los metales con un aislante no metálico como el caucho (BSSA, s.f.).

## Limpieza y cuidados

Deloya (2012), realizó un estudio de productos de limpieza y del mobiliario quirúrgico de la CCSS para determinar las causas del deterioro acelerado del mobiliario y realizó pruebas de velocidad de oxidación del acero (ASTM A-262), pruebas de contenido de cloruros en el agua y productos de limpieza y prueba de oxidación acelerada del mobiliario utilizando los productos de limpieza. El estudio concluyó que el mobiliario era de acero inoxidable de buena calidad y que la causa del deterioro acelerado eran los productos de limpieza y desinfección, en mayor grado un desinfectante a base de amonio cuaternario fabricado por la CCSS (1-90-02-0040), por lo que el estudio recomienda que la limpieza y desinfección de las superficies de acero inoxidable se realice siguiendo el protocolo de limpieza del centro médico y el secado de la superficie no debe realizarse al aire, sino que se debe secar la superficie con un paño para evitar la exposición prolongada con los productos de limpieza.



**TABLE 1 Composition of Class 3, Austenitic Stainless Steels, %**

Type	Carbon, max	Manganese	Phosphorus, max	Sulfur	Silicon, max	Chromium	Nickel	Other Elements
301	0.15	2.00 max	0.045	0.030 max	1.00	16.00–18.00	6.00–8.00	—
302	0.15	2.00 max	0.045	0.030 max	1.00	17.00–19.00	8.00–10.00	N 0.10 max
303	0.12	2.00 max	0.060	0.15–0.35	1.00	17.00–19.00	8.00–10.00	Mo 0.70 max <sup>A</sup>
304	0.07	2.00 max	0.045	0.030 max	1.00	17.00–19.00	8.00–11.00	N 0.10 max
316	0.07	2.00 max	0.045	0.030 max	1.00	16.50–18.50	10.50–13.50	Mo 2.00–2.50 N 0.10 max
317	0.08	2.00 max	0.045	0.030 max	1.00	18.00–20.00	11.00–15.00	Mo 3.00–4.00 N 0.10 max
XM-7	0.10	2.00 max	0.045	0.030 max	1.00	17.00–19.00	8.00–10.00	Cu 3.00–4.00
—	0.15	17.00–19.00	0.040	0.040 max	1.00	17.00–19.00	—	Mo 0.75–1.25 Cu 0.75–1.25 N 0.40–0.60

<sup>A</sup>Optional.

**TABLE 2 Composition of Class 6, Ferritic Stainless Steels, %**

Type	Carbon, max	Manganese, max	Phosphorus, max	Sulfur	Silicon, Max	Chromium	Other Elements
430 F	0.08	1.50	0.060	0.15–0.35	1.00	16.00–18.00	Mo 0.60 max Ni 1.00 max
XM-34	0.08	2.50	0.040	0.28–0.41	1.00	17.50–19.50	Mo 1.50–2.50

**Figura 3.** Tabla 1. Composición química de la clase 3, aceros inoxidable austeníticos. Tabla 2. Composición química de la clase 6, aceros inoxidable ferríticos. Fuente: Tomado de la norma ASTM F899.

**TABLE 3 Composition of Class 4, Martensitic Stainless Steels, %**

Type	Carbon	Mn Max	P Max	Sulfur S	Silicon Max	Chromium	Other Elements
410	0.09–0.15	1.00	0.040	0.030 max	1.00	11.50–13.50	Ni 1.00 max
410X	0.16–0.21	1.00	0.040	0.030 max	1.00	11.50–13.50	Ni 1.00 max
416	0.09–0.15	1.25	0.060	0.15–0.27	1.00	12.00–14.00	—
416 Mod	0.09–0.15	1.25	0.060	0.28–0.41	1.00	12.00–14.00	—
420A	0.16–0.25	1.00	0.040	0.030 max	1.00	12.00–14.00	Ni 1.00 max
420B	0.26–0.35	1.00	0.040	0.030 max	1.00	12.00–14.00	Ni 1.00 max
420 Mod	0.37–0.45	0.60	0.020	0.005 max	0.60	15.00–16.50	Mo 1.50–1.90 V 0.20–0.40 N 0.16–0.25
420X	0.36–0.41	1.00	0.040	0.030 max	1.00	12.00–14.50	Ni 1.00 max
420C	0.42–0.50	1.00	0.040	0.030 max	1.00	12.50–14.50	Ni 1.00 max
420F	0.30–0.40	1.25	0.060	0.20–0.34	1.00	12.50–14.00	Cu 0.60 max <sup>A</sup> Ni 0.50 max <sup>A</sup>
420F Mod	0.20–0.26	2.00	0.040	0.15–0.27	1.00	12.50–14.00	Mo 1.10–1.50 Ni 0.75–1.50
431	0.20 max	1.00	0.040	0.030 max	1.00	15.00–17.00	Ni 1.25–2.50
440A	0.60–0.75	1.00	0.040	0.030 max	1.00	16.00–18.00	Mo 0.75 max
440B	0.75–0.95	1.00	0.040	0.030 max	1.00	16.00–18.00	Mo 0.75 max
440C	0.95–1.20	1.00	0.040	0.030 max	1.00	16.00–18.00	Mo 0.75 max
440F	0.95–1.20	1.25	0.060	0.15–0.27	1.00	16.00–18.00	Cu 0.60 max <sup>A</sup> Ni 0.50 max <sup>A</sup>

<sup>A</sup>Optional.

**Figura 4.** Tabla 3. Composición química de la clase 4, aceros inoxidable martensíticos. Fuente: Tomado de la norma ASTM F899.

**TABLE 4 Composition of Class 5, Precipitation Hardening Stainless Steels, %**

Type	Carbon, max	Man- ganese, max	Phos- phorus, max	Sulfur, max	Silicon, max	Chromium	Nickel	Copper	Columbiun + Tantalum	Other Elements
630	0.07	1.00	0.040	0.030	1.00	15.00–17.50	3.00–5.00	3.00–5.00	0.15–0.45	—
631	0.09	1.00	0.040	0.030	1.00	16.00–18.00	6.50–7.75	—	—	A1 0.75–1.50
XM-25	0.05	1.00	0.030	0.030	1.00	14.00–16.00	5.00–7.00	1.25–1.75	—	Mo 0.50–1.00 Cb 8 x C min
XM-16	0.03	0.50	0.015	0.015	0.50	11.00–12.50	7.50–9.50	1.50–2.50	0.10–0.50	Ti 0.90–1.40 Mo 0.50 max
XM-13	0.05	0.10	0.01	0.008	0.10	12.25–13.25	7.50–8.50	...	...	Al 0.90–1.35 Mo 2.00–2.50 N 0.01 max
... <sup>A</sup>	0.02	0.25	0.015	0.010	0.25	11.00–12.50	10.75–11.25	...	...	Ti 1.50–1.80 Mo 0.75–1.25

<sup>A</sup> UNS S46500.

**Figura 5.** Tabla 4. Composición química de la clase 5, aceros inoxidable endurecidos por precipitación. Fuente: Tomado de la norma ASTM F899.

# Asfalto

En esta sección se encuentran las características mínimas que deben cumplir las mezclas de concreto asfáltico por utilizar en la obra y la frecuencia con la que debe realizarse el control de calidad al concreto asfáltico. La figura 6 resume la información de esta sección.

El CR-2010 (2009) en la sección 401 menciona los datos que se deben verificar de las mezclas asfálticas diseñadas por el método SUPERPAVE y son: análisis granulométrico, relaciones volumétricas y gravimétricas, resistencia a la tensión diametral, así como relación polvo-asfalto (MOPT-LanammeUCR, 2009).

Las relaciones volumétricas y gravimétricas se obtienen con los resultados de las pruebas AASHTO T-166, T-209 y T-269. La relación polvo asfalto se calcula como una relación porcentual entre el peso del agregado que pasa el tamiz No 200 y el contenido de asfalto efectivo.

## Diseño mezcla SUPERPAVE

El método de diseño de mezcla SUPERPAVE fue desarrollado en EE.UU. por el Strategic Highway Research Program como parte de los objetivos de la investigación para desarrollar una especificación de ligante asfáltico basado en el desempeño. Este método de diseño evalúa los agregados y el asfalto de forma individual, además de considerar en el diseño de la mezcla el tráfico y el clima (Halladay, 1998).

En el caso de un proyecto de construcción de un edificio de salud de la CCSS todas las mezclas de concreto asfáltico deben ser diseñadas por este método, usando como parámetro la sub sección 401.03 (c) del CR-2010 (2009).

## Gravedad específica y densidad de la mezcla

AASHTO T-209, AASHTO T-166

Con los resultados de estas pruebas, se calcula la densidad de la mezcla colocada y el resultado se debe comparar con la densidad de diseño.

Se debe realizar una prueba de laboratorio por cada 500 toneladas métricas, posterior a la descarga.

## Contenido de vacíos

AASHTO T-269

El contenido de vacíos se utiliza para determinar el porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla. El rango de aceptación establecido en la sección 401.03 (d) del CR 2010.CR-2010 es del 1%.

El contenido de vacíos esperado está entre el 3% y el 8% (MOPT-LanammeUCR, 2009, p.269) y se debe realizar una prueba por cada 500 toneladas métricas, posterior a la descarga.

## Análisis granulométrico

ASTM T-30

Con los resultados del análisis granulométrico, se debe verificar la granulometría de diseño, debe estar dentro del rango permitido en la sección 401.03 (c) del CR 2010.

## Resistencia a la tensión diametral

AASHTO T-283

El resultado de esta prueba busca determinar si los materiales utilizados en la mezcla asfáltica son susceptibles a la acción del agua y medir la efectividad de los aditivos.

A las pruebas y especificaciones de la categoría asfalto se les asignó el código de prueba AS, y en la figura siguiente se resume la información anterior con el código de prueba, tipo, norma, descripción, parámetro, frecuencia y referencia bibliográfica.

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
AS-01	Diseño mezcla SUPERPAVE	CR 2010 Sección 401.03	Especificación	Verificación de mezcla de acuerdo con sub sección 401.03 (c): Verificación de mezcla.	En todas las mezclas de concreto asfáltico	Sección 401.03. Subsección 401.03 (c): Verificación de mezcla.
AS-02	Contenido de vacíos	AASHTO T-269	Prueba de laboratorio	Punto (a) sub sección 406.06 CR 2010.	1 por cada 500 toneladas métricas. Posterior a la descarga de planta.	Tabla 406-1. CR 2010
AS-03	Análisis Granulométrico	AASHTO T-30	Prueba de laboratorio	3,0% - 8,0%	Todas las mezclas de concreto asfáltico	Sub sección 406.03 CR 2010
AS-04	Gravedad específica y densidad de la mezcla	AASHTO T-209, AASHTO T-166	Prueba de laboratorio	De acuerdo con Tabla 703-8 CR 2010.	1 por cada 500 toneladas métricas. Posterior a la descarga de planta.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este. Sección 32 12 16 Apartado 4.1.1. & Tabla 406-1 CR 2010
AS-05	Resistencia a la tensión diametral	AASHTO T-283	Prueba en sitio	90% de la densidad máxima teórica.	1 por 500 toneladas métricas. En sitio, posterior a la compactación.	Tabla 406-1. CR 2010

**Figura 6.** Resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones para mezcla asfáltica. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) y con base en el CR 2010 MOPT-LanammeUCR, 2009)

# Concreto

En esta sección se encuentran las características mínimas que deben cumplir las mezclas de concreto hidráulico por utilizar en la obra y la frecuencia con la que debe realizarse el control de calidad al concreto hidráulico. Las figuras 7 y 8 resumen la información de esta sección.

## Cemento hidráulico

El cemento hidráulico por utilizar en la fabricación del concreto por colocar en obra debe ser Portland Tipo I, de acuerdo con la especificación ASTM C-150 Especificación normalizada para cemento Portland.

## Concreto premezclado

El concreto premezclado por utilizar en las obras debe ser fabricado conforme la especificación ASTM C-94: Especificación normalizada para concreto premezclado, el cumplimiento de esta especificación debe ser garantizado por el fabricante del concreto premezclado.

## Concreto fabricado en sitio

Se resumen en la figura 7 las especificaciones que debe cumplir el concreto fabricado en sitio.

DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
ASTM C-150 Especificación Normalizada para Cemento Portland	ET-AC <sup>2</sup> Sección 03 31 00 Apartado 4.1.1
ASTM C-595 Especificación Normalizada para Cementos Adicionados Hidráulicos	
RTCR 383:2004 Reglamento Técnico para Cementos Hidráulicos, Especificaciones	
ASTM C-33 Especificación Normalizada para Agregados para Concreto	ET-AC Sección 03 31 00 Apartado 4.3.1 Apartado 4.3.2
ASTM C-404 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos	ET-AC Sección 04 05 16 Apartado 4.1.1  Instructivo I-CPM-01 Sección 3.6.5
ASTM C-494 Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto	ET-AC Sección 03 31 00 Apartado 4.4.2

**Figura 7.** Características del concreto fabricado en sitio. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

<sup>2</sup> ET-AC: Especificaciones Técnicas Área Civil Proyecto Torre Este.

## Especificación normalizada de aditivos químicos para concreto

ASTM C-494

Trata acerca de los aditivos químicos para mezclas de concreto hidráulico, divide los aditivos en ocho tipos diferentes de acuerdo con el uso que se les quiera dar.

## Especificación normalizada para agregados para concreto

ASTM C-33

Describe los requisitos de granulometría y la calidad de los agregados grueso y fino para ser utilizados en mezclas de concreto hidráulico. Esta especificación es utilizada para definir en las especificaciones de los proyectos la calidad del agregado por utilizar, el tamaño máximo nominal y requisitos de granulometría.

## Reglamento técnico para cementos hidráulicos, especificaciones

RTCR 383:2004

Reglamento técnico que estable los parámetros y especificaciones de calidad de los cementos hidráulicos y sus componentes. Menciona que el cemento hidráulico para uso en Costa Rica puede ser producido localmente o ser importado.

## Especificación normalizada para cementos adicionados hidráulicos

ASTM C-595

Describe las dosificaciones e ingredientes de los cementos adicionados hidráulicos que utilizan escoria o puzolana con cemento Portland, clinker de cemento Portland o escoria con cal.

## Especificación normalizada para cemento Portland

ASTM C-150

Describe ocho tipos de cemento Portland, cada tipo depende del uso que se le quiera dar al concreto hidráulico.

## Muestreo del concreto

La toma de muestras consiste en cinco cilindros y se debe realizar por cada  $5\text{m}^3$  de concreto colocados. Además, tomar en cuenta:

- Se debe tomar como mínimo una muestra por colada de concreto que se realice en obra por día.
- Si el volumen por colar por día es mayor a los  $6\text{m}^3$ , se debe tomar una muestra.
- Si se utilizan camiones mezcladores de  $7\text{m}^3$ , se tomarán dos cilindros por camión consecutivo.

La falla de los cilindros se realiza de la siguiente manera: un cilindro a los 7 días, un cilindro a los 14 días, dos cilindros a los 28 días y un cilindro para ser fallado a los 56 días en caso de ser necesario.

El procedimiento de toma de muestras se realiza de acuerdo con lo establecido en las normas ASTM C-172, ASTM C-31 y ASTM C-39.

## Práctica normalizada para muestreo de concreto recién mezclado

ASTM C-172

Trata acerca de los procedimientos para la obtención de las muestras del concreto fresco en campo, incluye el muestreo de mezcladoras de concreto estacionarias (batidoras) y camiones mezcladores.

## Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra

ASTM C-31

Trata acerca de los requisitos para fabricar, curar, proteger y transportar muestras de concreto en condiciones de campo. Cuando las muestras se preparan utilizando esta práctica normalizada, los resultados obtenidos de la prueba de resistencia a la compresión se pueden utilizar como prueba de aceptación, como verificación del diseño de mezcla y para el control de calidad.

## Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto

ASTM C-39

Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de concreto preparados y curados de acuerdo con lo establecido en la práctica normalizada ASTM C-31. Los resultados son utilizados en el control de calidad para la verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.

El Instituto Americano del Concreto (ACI, 2014) en los Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ACI 318R-14 menciona que los resultados de resistencia a la compresión del concreto se consideran satisfactorios cuando:

- La resistencia promedio de tres pruebas consecutivas es igual o mayor a la resistencia a la compresión especificada. (Cada prueba se considera de dos cilindros).
- Ningún resultado de prueba individual de resistencia a la compresión (2 cilindros) sea:
  - Menor que la  $f_c$  especificada por más de 35  $\text{kg/cm}^2$  cuando  $f_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Menor que la  $f_c$  especificada por más del 10% cuando  $f_c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$ .

Si no se cumple con alguno de los criterios anteriores, se deben tomar medidas para aumentar el promedio de los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión y puede ser:

- Mejorar la calidad de la toma de muestras.
- Reducción o mayor control del revenimiento.
- Reducción en el tiempo de entrega del concreto.
- Aumentar contenido de cemento de la mezcla.
- Cambiar proporciones de diseño de la mezcla.
- Mayor control del contenido de aire de la mezcla de concreto (ACI, 2014).

## Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto de cemento hidráulico

ASTM C-143

Trata acerca de la determinación del asentamiento del concreto de cemento hidráulico (revenimiento), en campo o en laboratorio. El resultado muestra la trabajabilidad del concreto, el revenimiento esperado debe estar mencionado en las especificaciones técnicas del proyecto.

## Mampostería

### Concreto de relleno

El cemento hidráulico por utilizar en el concreto de relleno de los bloques de mampostería debe cumplir con las características descritas anteriormente para el concreto fabricado en sitio y premezclado. Debe ser concreto de relleno tipo A, según la clasificación descrita en el Anexo A del CSCR 2010.

## Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos

ASTM C-404

Trata acerca de las características de los agregados usados para el concreto de relleno de los bloques de mampostería. El parámetro de aceptación del análisis granulométrico debe estar descrito en las especificaciones técnicas del proyecto.

## Especificación normalizada para concreto de relleno para mampostería

ASTM C-476

Trata acerca del concreto de relleno para mampostería y los divide en dos tipos, fino y grueso. Menciona las características que deben cumplir los materiales utilizados para fabricar el concreto de relleno.

## Método de ensayo normalizado para muestreo y prueba de concreto de relleno

ASTM C-1019

Describe los procedimientos que se deben seguir para el muestreo y prueba del concreto de relleno para mampostería. La prueba se realiza con prismas de 75x75x150mm y se determina la resistencia a la compresión, la cual se compara con la establecida en las especificaciones técnicas del proyecto.

## Pavimento rígido

Las características del cemento hidráulico por utilizar son las mismas que las descritas anteriormente para concreto fabricado en sitio, premezclado y concreto de relleno para mampostería. La relación agua/cemento debe ser de 0,49.

## Método de ensayo normalizado de contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método de presión

ASTM C-231

Trata sobre la determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado.

El contenido de aire debe ser mínimo 4,5 y la frecuencia de toma de muestra debe ser una vez por día.

## Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto de cemento hidráulico

ASTM C-143

Trata acerca de la determinación del asentamiento del concreto de cemento hidráulico (revenimiento), en campo o en laboratorio. El resultado muestra la trabajabilidad del concreto, el revenimiento esperado debe estar mencionado en las especificaciones técnicas del proyecto.

El revenimiento debe ser  $(4,0 \pm 1,5)$  cm y se debe verificar una vez por cada descarga.

## Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto

ASTM C-39

Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de concreto preparados y curados de acuerdo con lo establecido en la práctica normalizada ASTM C-31. Los resultados son utilizados en el control de calidad para la verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.

El Instituto Americano del Concreto (ACI, 2014) en los Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ACI 318R-14 menciona que los resultados de resistencia a la compresión del concreto se consideran satisfactorios cuando:

- La resistencia promedio de tres pruebas consecutivas es igual o mayor a la resistencia a la compresión especificada.

(Cada prueba se considera de dos cilindros).

- Ningún resultado de prueba individual de resistencia a la compresión (2 cilindros) sea:
  - Menor que la  $f_c$  especificada por más de  $35 \text{ kg/cm}^2$  cuando  $f_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Menor que la  $f_c$  especificada por más del 10% cuando  $f_c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$ .

Si no se cumple con alguno de los criterios anteriores se deben tomar medidas para aumentar el promedio de los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión y puede ser:

- Mejorar la calidad de la toma de muestras.
- Reducción o mayor control del revenimiento.
- Reducción en el tiempo de entrega del concreto.
- Aumentar contenido de cemento de la mezcla.
- Cambiar proporciones de diseño de la mezcla.
- Mayor control del contenido de aire de la mezcla de concreto (ACI, 2014).

## Método normalizado de ensayo de obtención y ensayo de núcleos perforado de concreto

ASTM C-42

Trata acerca de la obtención de núcleos de concreto colocado para, posteriormente, realizar un análisis de resistencia a la compresión. Se utiliza en caso de que los resultados de la prueba de resistencia a la compresión de cilindros de concreto (ASTM C-39) no cumplan con el parámetro establecido en las especificaciones técnicas del proyecto.

El ACI 318R-14 menciona que se deben tomar tres núcleos y el promedio de resistencia debe ser al menos igual a  $0,85f_c$  ( $f_c$ : resistencia especificada) y ningún núcleo debe tener resistencia menor a  $0,75f_c$ .

## Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto ASTM C-78

Describe el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión del concreto, utilizando una viga simple con carga en los tercios del claro.

A las pruebas y especificaciones de la categoría concreto se les asignó el código de prueba C, y en la figura siguiente se resume la información anterior con el código de prueba, tipo, norma, descripción, parámetro, frecuencia y referencia bibliográfica.

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASHTO T-22	Prueba de laboratorio	Si no está especificado en planos, ver <a href="#">Figura 43</a> .	Ver " <a href="#">Muestreo del Concreto</a> "	Especificaciones Técnicas Área Civil Sección 03 31 00 Apartado 5.2.3
C-02	Revenimiento	ASTM C-143	Prueba en sitio	Variable, ver <a href="#">Figura 58</a> .	<u>Concreto premezclado</u> : cada camión mezclador. <u>Concreto fabricado en sitio</u> : depende del profesional responsable.	Ver <a href="#">Figura 58</a> .
C-03	Unidades de mampostería de concreto Clase A	Anexo A.1.1. CSCR 2010.	Prueba de laboratorio	Resistencia promedio a la compresión: no menor a 133 kg/cm <sup>2</sup> . Resistencia a la compresión individual: 120kg/cm <sup>2</sup> .	Siempre verificar cumplimiento de especificación de fabricación del material.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 22 00 Apartado 4.1.2
C-04	Resistencia a la compresión de prismas de mampostería	ASTM C-1314	Prueba de laboratorio	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	A criterio del profesional responsable. No menos de tres pruebas por cada 100m <sup>2</sup> de pared.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 22 00 Apartado 4.1.12
C-05	Resistencia a la compresión de bloques de mampostería	ASTM C-140	Prueba de laboratorio	Resistencia promedio a la compresión: no menor a 133 kg/cm <sup>2</sup> . Resistencia a la compresión individual: 120kg/cm <sup>2</sup> .	Cuando lo solicite el profesional responsable.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 22 00 Apartado 4.1.2
C-06	Mortero tipo A	Anexo A.1.4. CSCR 2010.	Prueba de laboratorio	Resistencia a la compresión mínima: f'c=175kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días.	Todas las mezclas.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 05 13 Apartado 4.1.2
C-07	Resistencia a la compresión, medida en cubos	ASTM C-270	Prueba de laboratorio	f'c=175kg/cm <sup>2</sup>	Una prueba por cada seis metros lineales de pared.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 05 13 Apartado 4.1.4

**Figura 8a.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para el concreto. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
C-08	Tamaño máximo del agregado grueso	ASTM C-33	Especificación	<p>Concreto de relleno muretes: 10mm</p> <p>Concreto aceras: 25mm</p> <p>Concreto relleno mampostería: 12mm</p>	Verificar siempre el cumplimiento	<p>Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 05 16 Apartado 4.1.1</p> <p>Especificaciones Técnicas Obras exteriores Sección 2.4</p> <p>Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 01 16 Apartado 4.1.1</p>
C-09	Análisis Granulométrico	ASTM C-404	Prueba de laboratorio	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	Cuando lo solicite el profesional responsable	<p>Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 05 16 Apartado 4.1.1 / Instructivo I-CPM-01 Sección 3.6.5</p> <p>Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 05 13 Apartado 4.1.7</p>
C-10	Resistencia a la compresión de prismas de 75x75x150mm	ASTM C-1019	Prueba de laboratorio	$f'c = 175 \text{kg/cm}^2$	Una prueba por cada seis metros lineales de pared	<p>Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 04 05 16 Apartado 4.1.6 / Instructivo I-CPM-01 Sección 3.6.5</p> <p>Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 31 00. Apartado 5.2.3</p>
C-11	Relación agua/cemento	N.A.	Especificación	<p>Pavimento rígido: 0,49</p> <p>Concreto fabricado en sitio, premezclado: no más de 24,5 litro por saco de cemento.</p>	Verificar en el diseño de mezcla	<p>Tabla 501-1 CR 2010</p> <p>Sección 03 31 00 Apartado 5.2.4</p>
C-12	Contenido de aire	ASTM C-231/ AASHTO T-152	Prueba de laboratorio	Mínimo 4,5	Uno por día	Tabla 501-1 CR 2010

**Figura 8b.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para el concreto. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
C-13	Obtención de núcleos perforados	ASTM C-42 / AASHTO T-24	Prueba de laboratorio	Pavimento rígido: $f'c = 255 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días	Un núcleo cada 2000m <sup>2</sup> después del período de cura para verificar el espesor del pavimento. También en caso de que el resultado de la prueba de resistencia a la compresión de cilindros de concreto no cumpla con el parámetro especificado.	Tabla 501-1 CR 2010. Tabla 501.03 CR 2010
C-14	Resistencia a la flexión	ASTM C-78 / AASHTO T-97	Prueba de laboratorio	MR= 45kg/cm <sup>2</sup>	Mínimo 4 especímenes moldeados durante el colado, por cada 2000m <sup>2</sup> de superficie, pero no menos de uno por día.	Tabla 501-1 CR 2010 Sub sección 501.03 CR 2010 (b). Tabla 501-5 CR 2010.
C-15	Pruebas para comprobación de la superficie y control de regularidad (pavimento rígido)	N.A.	Especificación	De acuerdo con las tolerancias de especificaciones técnicas	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificación Técnica Obras Exteriores Sección 4.3.3 pág. 21
C-16	Regularidad de la superficie (losa de contrapiso)	N.A.	N.A.	FF25 y FL20	A criterio del profesional responsable	Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este. Sección 2.5.5 pág. 20

**Figura 8c.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para el concreto. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
C-17	Resistencia a la compresión utilizando cubos de 50mm	ASTM C-109	Prueba de laboratorio	<u>Repello paredes:</u> 7 días: 60,2kg/cm <sup>2</sup> . 28 días: 93,1 kg/cm <sup>2</sup>  <u>Mortero pega (terrazo):</u> f'c=95kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días  <u>Mosaico terrazo:</u> Cemento Blanco: 19 MPa a las 24 horas. Cemento gris Portland Tipo 1: 11 MPa a las 24 horas.	Todos los repellos de paredes.  Para el mortero de pega cuando lo solicite el profesional responsable.  Para el mosaico terrazo cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este. Sección 2.7.1 pág. 32  Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este. Sección 2.5.6  Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este. Sección 2.5.3
C-18	Resistencia a la Flexión (repello paredes)	ASTM C-580	Prueba de laboratorio	8 días: 23,8kg/cm <sup>2</sup> . 28 días: 27,2 kg/cm <sup>2</sup>	Todos los repellos de paredes.	Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este. Sección 2.7.1 pág. 32
C-19	Resistencia a la compresión	ASTM C-271	Prueba de laboratorio	f'c=134kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días. Mortero Tipo S	Todo el mortero de pega para terrazo.	Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este. Sección 2.5.6
C-20	Práctica Normalizada para Muestreo de Concreto Recién Mezclado	ASTM C-172	Especificación	Cumplir con especificación	Para todas las mezclas de concreto	Sección 03 31 00 Apartado 5.2.1

**Figura 8d.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para el concreto. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

# Equipo médico

Todo equipo emisor o detector de radiaciones ionizantes que se incorpore a un servicio de la CCSS deberá someterse a una serie de pruebas de aceptación, antes de su uso clínico.

El control de calidad de los equipos médicos no forma parte del alcance de este manual, pero se mencionan porque demuestran la complejidad del control de calidad de un proyecto de construcción de un edificio de salud. Las pruebas que se realizan al equipo médico emisor de radiaciones ionizantes son parte importante del desarrollo de un proyecto de construcción de un edificio de salud al depender de la ejecución correcta del proyecto, hay pruebas que se realizan específicamente a la infraestructura para calcular el blindaje necesario de la instalación que va a alojar el equipo emisor de radiación ionizante. También se realizan levantamientos radiométricos para medir la cantidad de radiación ionizante que emiten los equipos de rayos X, equipo de fluoroscopia, ortopantomógrafos, angiógrafos, tomógrafos y equipo de radioterapia, entre otros.

La normativa nacional que regula las radiaciones ionizantes es:

- Ley General de Salud, N° 5395
- Ley Básica de Energía Atómica para Usos Pacíficos N° 4383.
- Reglamento sobre Protección contra las Radiaciones Ionizantes N° 24037-S y el Decreto Ejecutivo N° 26983-S
- Reglamento para el otorgamiento de autorización para el funcionamiento de equipos de teleterapia y de braquiterapia N° 32151

Se debe hacer un mantenimiento preventivo y correctivo, calibrar los equipos, verificar su buen funcionamiento y realizar pruebas diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales (Madrigal, s.f.).

En Costa Rica, la institución con mayor capacidad de medición de radiaciones ionizantes es la Universidad de Costa Rica por medio del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (Cicanum), el cual posee el único laboratorio, el laboratorio de Referencia Dosimétrica, que puede calibrar aparatos que miden radiaciones ionizantes (UCR, 2012).

El Ministerio de Salud de Costa Rica es la entidad autorizada para emitir certificados de autorización de prestación de servicios a empresas en el área de radiaciones ionizantes.

Las calibraciones, verificaciones, comprobaciones y mediciones en un proyecto de construcción de un edificio de salud de la CCSS deberá realizarlas el suministrador del equipo en presencia de un representante del personal técnico del Área de Control de Calidad y Protección Radiológica de la CCSS (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

Las pruebas deben actualizarse dependiendo de la complejidad del proyecto a desarrollar y en la siguiente figura se resumen algunas de las pruebas que se realizan a los equipos médicos emisores de radiaciones ionizantes y a la infraestructura para el cálculo del blindaje. La información fue tomada del documento llamado *Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes*. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

A las pruebas resumidas en la siguiente figura se les asignó el código de prueba EQ. Los parámetros y frecuencias los define el Área de Control de Calidad y Protección Radiológica de la CCSS.

<b>CÓDIGO PRUEBA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NORMA</b>
EQ-01	Certificados de calibración de todos los equipos de medición que fueron usados para las pruebas.	Normas especificadas en el cartel de compra, legislación vigente, protocolos , documentos nacionales e internacionales aplicables
EQ-02	Nombre y descripción de cada prueba realizada y todos los valores de las mediciones que le corresponden a esa prueba y las imágenes identificables con la prueba, en formato DICOM, empleadas para las mediciones y el análisis.	Normas especificadas en el cartel de compra, legislación vigente, protocolos , documentos nacionales e internacionales aplicables
EQ-03	Reporte de los resultados de cada prueba y el análisis de estos resultados, con la indicación de si se ajustan o no a las tolerancias aplicables, según corresponda.	Normas especificadas en el cartel de compra, legislación vigente, protocolos , documentos nacionales e internacionales aplicables
EQ-04	Firma del representante legal de la empresa proveedora del equipo y del especialista que realizó las pruebas	Normas especificadas en el cartel de compra, legislación vigente, protocolos , documentos nacionales e internacionales aplicables
EQ-05	Cálculo de blindaje de la instalación	NCRP report No.147 “Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities”
EQ-06	Cambios de tasa de Kerma en aire	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-07	Verificación de la tasa de Kerma en aire	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-08	Medición de la tasa de Kerma en aire	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-09	Verificación de los indicadores de dosis integrados en el equipo utilizando un dosímetro independiente	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-10	Magnificación de la imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-11	Cálculo de blindaje	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-12	Levantamiento radiométrico	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-13	Detección y medida de la radiación de fuga	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-14	Verificación del buen estado de los cables del equipo	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147

**Figura 9a.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para aceptación de equipo médico. Fuente: Elaboración propia con base en el documento Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

<b>CÓDIGO PRUEBA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NORMA</b>
EQ-15	Verificación del sistema de frenado del cabezal en los ejes: axial, longitudinal y vertical	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-16	Definición del índice de exposición y calibración	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-17	Repetibilidad del CAE	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-18	Homogeneidad de las cámaras	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-19	Compensación del CAE para distintos espesores	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-20	Compensación del CAR para distintas tensiones	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-21	Exactitud, repetibilidad y reproducibilidad del valor nominal de tensión	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-22	Exactitud, repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-23	Verificación del valor de filtración y capa hemirreductora	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-24	Valor del rendimiento	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-25	Repetibilidad del rendimiento	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-26	Variación del rendimiento con la corriente y con la carga	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-27	Evaluación de la distorsión geométrica	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-28	Evaluación de la reflexión	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-29	Evaluación de la luminancia	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-30	Evaluación de la resolución	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147

**Figura 9b.** Resumen de pruebas de aceptación del equipo médico emisor de radiaciones ionizantes. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016)

<b>CÓDIGO PRUEBA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NORMA</b>
EQ-31	Evaluación del ruido	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-32	Evaluación de la cromaticidad	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-33	Evaluación del velo luminoso	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-34	Evaluación del brillo y contraste	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-35	Evaluación del ruido de fondo de los detectores	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-36	Evaluación calibración del indicador de dosis del detector	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-37	Evaluación de la consistencia del indicador de dosis del detector	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-38	Evaluación de las propiedades de transferencia	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-39	Evaluación de la uniformidad y constancia del receptor de imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-40	Evaluación del ruido	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-41	Evaluación de los elementos defectuosos del detector sin corregir	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-42	Evaluación de los errores de escala	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-43	Evaluación de remanencia de la imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-44	Coincidencia entre los indicadores luminosos del plano externo e interno y el plano irradiado	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-45	Ajuste de los indicadores luminosos en los planos coronal y sagital	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-46	Exactitud del indicador de la posición de la mesa	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147

**Figura 9c.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para aceptación de equipo médico. Fuente: Elaboración propia con base en el documento Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes (Gerencia de Infraestructura)

<b>CÓDIGO PRUEBA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NORMA</b>
EQ-47	Alineación de la mesa con el gantry	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-48	Desplazamientos angulares (inclinación) del gantry	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-49	Exactitud del desplazamiento de la mesa para exploraciones helicoidales	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-50	Perfiles de sensibilidad (Espesor efectivo de corte)	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-51	Exactitud en la medida de la distancia en la radiografía de planificación y en las imágenes axiales o helicoidales	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-52	Exactitud y repetibilidad de la tensión y capa hemirreductora	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-53	Tiempo de exposición, intensidad de corriente y carga del tubo	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-54	Variación del rendimiento con el tiempo de exposición, la intensidad de corriente y la carga del tubo	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-55	Ruido de la imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-56	Verificación de la ausencia de artefactos en la imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-57	Valor medio del número CT	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-58	Uniformidad espacial del número CT	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-59	Valores de los números CT en distintos materiales. Linealidad y escala de contraste	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-60	Resolución a bajo contraste (Resolución de contraste)	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-61	Resolución espacial	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-61	Funcionamiento del sistema de modulación de corriente	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147

**Figura 9d.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para aceptación de equipo médico. Fuente: Elaboración propia con base en el documento Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes (Gerencia de Infraestructura)

<b>CÓDIGO PRUEBA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NORMA</b>
EQ-62	Índice de dosis en TC (CTDI)	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-63	Mínima distancia foco-piel	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-64	Perpendicularidad y centrado del haz de rayos X	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-65	Tamaño del campo de entrada del detector de imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-66	Distorsión geométrica	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-67	Linealidad del monitor de TV del equipo	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-68	Coincidencia del campo de radiación con el área visualizada del detector	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-69	Duración y frecuencia del pulso	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-70	Tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del sistema de imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-71	Repetibilidad de la tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del sistema de imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-72	Compensación del CAI para distintos espesores	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-73	Visualización de la escala de grises en el monitor	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-74	Resolución espacial	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-75	Uniformidad de la resolución	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-76	Umbral de sensibilidad a bajo contraste	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-77	Umbral de sensibilidad contraste-tamaño del detalle	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147

**Figura 9e.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para aceptación de equipo médico. Fuente: Elaboración propia con base en el documento Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes (Gerencia de Infraestructura)

<b>CÓDIGO PRUEBA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NORMA</b>
EQ-78	Tasa de dosis al paciente	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-79	Dosis por imagen al paciente	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-80	Verificación del funcionamiento del sistema de medida o estimación del producto dosis-área	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-81	Valor de la dosis en el punto de referencia intervencionista	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-82	Límite de resolución espacial para la imagen sustraída	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-83	Umbral de sensibilidad a bajo contraste para la imagen sustraída	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-84	Uniformidad de contraste para la imagen sustraída	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-85	Uniformidad espacial para la imagen sustraída	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-86	Linealidad de contraste para la imagen sustraída	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-87	Artefactos en la imagen sustraída	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-88	Indicador de la distancia foco-detector de imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-89	Definición del campo luminoso	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-90	Alineación y centrado campo de luz-campo de radiación, de la luz del colimador con el campo de rayos X	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-91	Exactitud de la distancia indicada de la fuente de rayos X-receptor de imagen, en recorrido máximo y mínimo. Para receptor de pared y mesa.	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-92	Alineación del haz de rayos X con el receptor de imagen en las posiciones extremas. Para receptor de pared y mesa.	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-93	Correspondencia del indicador de apertura del colimador y la apertura de campo rayos X. Solo para colimación automática.	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147

**Figura 9f.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para aceptación de equipo médico. Fuente: Elaboración propia con base en el documento Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes (Gerencia de Infraestructura)

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA
EQ-94	Ortogonalidad del haz de rayos X y del receptor de imagen.	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-95	Verificación del funcionamiento de medida o estimación del producto dosis-área.	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-96	Factor de exposición de la rejilla.	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-97	Estado y movimiento de la rejilla.	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-98	Posicionamiento correcto de la rejilla.	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-99	Coincidencia campo de radiación-detector	IAEA-TECDOC-1517
EQ-100	Factor de ampliación	PECCR
EQ-101	Artefactos del equipo	PECCR
EQ-102	Exactitud y repetitibilidad del valor nominal de la tensión aplicada al tubo	IAEA-TECDOC-1517
EQ-103	Filtración y espesor hemirreductor	IAEA-TECDOC-1517
EQ-104	Exactitud y repetibilidad de los tiempos de exposición	PECCR / IAEA-TECDOC-1517
EQ-105	Rendimiento: repetibilidad y linealidad	PECCR / IAEA-TECDOC-1517
EQ-106	Rejilla	PECCR
EQ-107	Artefactos de la rejilla	PECCR
EQ-108	Ajuste del CAE	PECCR
EQ-109	Reproducibilidad del CAE	PECCR
EQ-110	Compensación del CAE con el espesor y composición de la mama	PECCR
EQ-111	Exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión	PECCR
EQ-112	Fuerza de compresión y atenuación del compresor	PECCR
EQ-113	Deformación y alineación del compresor	PECCR
EQ-114	Función de respuesta	PECCR
EQ-115	Pérdida de imagen en la pared del tórax	PECCR
EQ-116	Uniformidad de la imagen	PECCR
EQ-117	Artefactos y elementos defectuosos en los DR	PECCR
EQ-118	Evaluación de la calidad de la imagen (maniquí)	IAEA-TECDOC-1517
EQ-119	Resolución espacial	PECCR
EQ-120	Ruido	PECCR
EQ-121	Distorsión geométrica	PECCR
EQ-122	Remanencia de la imagen	PECCR

**Figura 9g.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para aceptación de equipo médico. Fuente: Elaboración propia con base en el documento Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

<b>CÓDIGO PRUEBA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NORMA</b>
EQ-123	Dosis glandular promedio	PECCR
EQ-124	Verificación de los movimientos del cabezal	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-125	Verificación del tamaño de campo de radiación	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147
EQ-126	Verificación del alineamiento tubo-receptor de imagen	Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP report no 147

**Figura 9h.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones para aceptación de equipo médico. Fuente: Elaboración propia con base en el documento Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

# Gases médicos

En Costa Rica, el diseño e instalación de los sistemas de gases médicos está basado en la norma NFPA 99, pero en algunos casos los requerimientos de esta norma pueden ser muy exigentes por lo que ingenieros y técnicos han tenido que adaptar la norma NFPA 99 a la realidad nacional para asegurar que el sistema de gases médicos tenga las condiciones de prevención de riesgo que busca la NFPA (Mora, 2006).

Mora (2006) menciona, en su tesis de Maestría, que hay cuatro tipos de gases médicos que normalmente se encuentran instalados y entubados en hospitales:

- El oxígeno es primordialmente utilizado para terapia respiratoria y anestesia. El suministro constante y la disponibilidad inmediata dentro del hospital son esenciales. El sistema se diseña para proveer 414 kPa 60 psig en las salidas (Mora, 2006, p.23).
- El óxido nítrico es primordialmente usado en áreas de terapia física. La presión requerida en cada salida es de 414 kPa (60 psig) (Mora, 2006, p.24).
- El aire médico (aire comprimido) es principalmente utilizado para terapia respiratoria en áreas de enfermería, cuartos de emergencia, salas de cuidados intensivos, salas quirúrgicas, y demás servicios. También se usan en áreas de terapia física. Este aire debe ser libre de aceite, humedad y contaminantes. El sistema se diseña para dar una presión de salida de 345 kPa (50 psig) (Mora, 2006, p.24).
- A pesar de que el vacío no es un gas médico, (...) es usado ampliamente en el hospital en tratamiento de pacientes y laboratorio. (...) Es usado para remover fluidos de incisiones y asiste para

drenajes vitales postoperatorios. Los sistemas de vacío están normalmente diseñados para proveer de 381 a 508 mmHg (15 a 20 inHg) al punto más lejano del sistema central de vacío (Mora, 2006, p.24).

Los tubos, las válvulas, los accesorios, salidas y otros componentes de la tubería del sistema de gases médicos deben ser limpiados con oxígeno por el fabricante, antes de ser instalados, además, cada tramo de tubería debe ser entregado sellado por el fabricante hasta el momento de su instalación, al igual que los demás componentes como accesorios, válvulas, etc. (Mora, 2006).

## Pruebas al sistema

Se deben efectuar inspecciones y pruebas a todos los componentes en todo el sistema de tubería de aire médico, adiciones, renovaciones, instalaciones temporales o sistemas reparados (Mora, 2006).

Los reportes de las inspecciones y pruebas los debe presentar el encargado de la instalación a la parte contratante, además, debe verificar, antes de que el sistema de tubería entre en operación, que todas las conexiones correspondan al gas respectivo del servicio (Mora, 2006).

Si se realizan cortes o soldadura de nuevos tramos de tubería como reparación o modificación del sistema, se debe considerar como instalación nueva para propósitos de pruebas. Al cambiar algún accesorio, se deben efectuar pruebas de funcionamiento para verificar el comportamiento del dispositivo (Mora, 2006).

## Pruebas por parte del instalador

Deben realizarse utilizando como gas de prueba el nitrógeno de grado médico. En la figura 7 se muestra un resumen de las pruebas por realizar por parte del instalador del sistema de gases médicos con los parámetros por cumplir y la frecuencia con la que se deben realizar las pruebas

## Pruebas de verificación del sistema

Estas pruebas se deben realizar después de concluidas todas las pruebas por parte del instalador, utilizando como gas de prueba el nitrógeno de grado médico. La empresa contratada para realizarlas debe tener experiencia comprobada en sistemas de gases médicos.

Después de realizar las pruebas por parte del instalador y las pruebas de verificación del sistema, se deben revisar las etiquetas de identificación de todos los componentes y, finalmente, realizar una verificación del equipo fuente (Mora, 2006).

La verificación del equipo fuente consiste en revisar el funcionamiento de las fuentes de suministro de aire médico y el sistema de compresores de aire médico. En la verificación de los compresores, el aire entregado debe ser verificado mediante prueba de calidad del aire, luego de mínimo 24 horas de operación (Mora, 2006).

En la figura 10 se muestra un resumen de las pruebas por realizar para verificación del sistema de gases médicos con los parámetros por cumplir y la frecuencia con la que se deben realizar las pruebas.

CÓDIGO PRUEBA	PRUEBA	NORMA	PARÁMETRO	FRECUENCIA
SGM-01	Prueba inicial de presión	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presión debe ser 1,5 veces la presión de trabajo del sistema, pero no menor de 1035 kPa (150 psi).</li> <li>La presión debe mantenerse hasta verificar que no hay fugas en el sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar a cada sección de la tubería después de la instalación de las salidas y antes de la instalación de componentes del sistema que puedan sufrir daños debidos a la prueba de presión.</li> </ul>
SGM-02	Prueba de purga de tubería	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>N.A.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Purgar las salidas en cada sistema de tubería. Purgar con un flujo de alto volumen intermitente de gas de prueba, hasta que la purga no produzca cambio de color en un trapo blanco y limpio.</li> </ul>
SGM-03	Prueba de presión estática para tubería de aire médico	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>No deben presentarse cambios en la presión de prueba, a menos que sean por cambios de temperatura ambiente.</li> <li>No debe haber fugas en el sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de tubería debe permanecer bajo la prueba de presión estática durante 24 horas utilizando el gas nitrógeno grado médico.</li> <li>Presiones de prueba deben ser 20% mayores a la presión de línea normal de operación del sistema.</li> </ul>

**Figura 10a.** Resumen de pruebas por realizar por el instalador del sistema de gases médicos. Fuente: elaboración propia con base en Mora (2006).

CÓDIGO PRUEBA	PRUEBA	NORMA	PARÁMETRO	FRECUENCIA
SGM-04	Prueba de presión estática	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema no debe presentar disminución de presión después de 10 minutos.</li> <li>No debe haber fugas en el sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Someter los sistemas de tubería a la prueba de presión estática durante 10 minutos.</li> </ul>
SGM-05	Prueba de conexión cruzada	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>No debe existir ninguna conexión cruzada de tuberías.</li> </ul>	Utilizar cualquiera de los dos métodos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Presurización individual</li> <li>Presión diferencial.</li> </ul>
SGM-06	Prueba de válvulas	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar que la operación sea apropiada y corroborar las áreas que controlan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todas las válvulas</li> </ul>
SGM-07	Prueba de alarmas	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Alarmas maestras y alarmas de área:</b> deben generar registros permanentes y deben activar una señal audible y visual no cancelable que indique si la presión en la línea principal aumenta o disminuye un 20% de la presión normal de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todos los sistemas de alarma de los sistemas de aire médico.</li> </ul>
SGM-08	Prueba de purga de tubería	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hasta que la purga no produzca cambio de color en un trapo blanco sostenido sobre el adaptador durante la purga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poner a cada salida la razón de purga de 225 litros/min (8 SCFM).</li> </ul>
SGM-09	Prueba de partículas en la tubería	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>El filtro no podrá acumular más de 1mg de materia en cualquier salida probada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtrar mínimo 1000 litros de aire a través de un filtro de 0,45 micrones, a un flujo mínimo de 100 litros por minuto (3,5 SCFM).</li> <li>Probar el 25% de las zonas en la salida más alejada de la fuente de aire médico.</li> </ul>
SGM-10	Prueba de pureza en la tubería	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>La diferencia entre las pruebas en la fuente de aire médico y en la salida más alejada no podrá exceder: Total de hidrocarburos: 1 ppm. Hidrocarburos halogenados: 2 ppm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la salida más alejada de la fuente de aire médico.</li> </ul>
SGM-11	Prueba de presión de operación	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todas las salidas con presión medida de 345 kPa (50 psi) deben entregar 100 litros por minuto (3,5 SCFM) con caída de presión de no más de 35 kPa (5 psi) y presión estática de 345 - 380 kPa (50 - 55 psi).</li> <li>Las salidas de aire que den servicio a áreas de cuidado crítico deben entregar 170 litros por minuto (6 SCFM) durante 3 segundos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En cada salida de estación o terminal donde el usuario haga conexiones o desconexiones.</li> </ul>
SGM-12	Prueba de concentración de gas	NFPA 99	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aire médico: 19,5% a 23,5% de Oxígeno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada fuente de presión de aire y cada salida.</li> </ul>
SGM-13	Prueba de pureza de aire médico (Sistema de compresor)	NFPA 99	No exceder los siguientes parámetros: <ul style="list-style-type: none"> <li>Punto de rocío: 4 °C (39 °F).</li> <li>Monóxido de carbono: 10 ppm.</li> <li>Dióxido de carbono: 500 ppm.</li> <li>Hidrocarburos gaseosos: 25 ppm.</li> <li>Hidrocarburos halogenados: 2 ppm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar la fuente de aire médico (compresor, cilindros, contenedores de aire, etc.) antes de que la válvula de fuente de abierta.</li> </ul>

**Figura 10b.** Resumen de pruebas de verificación del sistema de gases médicos. Fuente: elaboración propia con base en Mora (2006).

# Obra arquitectónica

## Mosaico terrazo

### Absorción, módulo de ruptura y dimensiones

MEIC 14270 Prueba a la flexión de mosaicos, pisos y terrazos

Describe las características deseables para pisos de mosaico, terrazo y terracín. Con esta prueba se obtienen los datos de absorción, módulo de ruptura y dimensiones.

También se pueden realizar las pruebas de absorción superficial (ASTM C-97) y resistencia a la flexión (ASTM C-293).

### Resistencia al impacto

ISO 10545-5 Baldosas cerámicas. Parte 5

Este ensayo busca obtener información acerca de la durabilidad del material ante impactos por caída de objetos pesados que pueden producirse durante el uso normal de la superficie.

### Abrasión

ASTM C-779

Describe los métodos de prueba para determinar la resistencia a la abrasión de superficies de concreto horizontales.

## Vinílico

### Prueba de humedad

ASTM F-1869 / ASTM F-2170

Esta prueba se aplica a pisos de concreto para determinar el contenido de humedad antes de aplicar el acabado vinílico.

### Determinación de compuestos orgánicos volátiles en aire de interiores VOCs (Volatile Organic Compounds)

ISO 16000-6 Aire de Interiores. Parte 6

Se utiliza para determinar si los materiales de construcción y otros productos emiten compuestos orgánicos volátiles en el aire de ambientes interiores.

### Prueba de actividad antibacteriana de superficies

ISO 22196 Medición de la actividad antibacteriana sobre plásticos y otras superficies no porosas

Método para evaluar la actividad antibacteriana de superficies no porosas tratadas con productos antibacterianos.

En la siguiente figura se resume la información anterior, a las pruebas y especificaciones de esta sección se les asignó el código OA.

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
OA-01	Absorción superficial en cara vista	ASTM C-97	Especificación	3,019%	Verificar con el informe del fabricante. (Especificación de fabricación)	Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este. Sección 2.5.3
OA-02	Resistencia a la flexión	ASTM C-293	Especificación	41 kgf/cm <sup>2</sup>		
OA-03	Absorción, módulo de ruptura y dimensiones	MEIC 14270 Prueba a la Flexión de Mosaicos, Pisos y Terrazos	Especificación	Absorción: 3,019%. Módulo de ruptura: MPa. Dimensiones: 300 x 300 mm.		
OA-04	Resistencia al impacto	ISO 10545-5 Baldosas cerámicas. Parte 5	Especificación	400 mm		
OA-05	Abrasión	ASTM C-779	Especificación	0,07%		
OA-06	Prueba de humedad	ASTM F-1869	Prueba de laboratorio	No mayor a 3 lb /1000 pies <sup>2</sup> en 24h	Cuando lo solicite el profesional responsable.	Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este. Sección 2.1 pág. 24
OA-07		ASTM F-2170	Prueba de laboratorio	No mayor a 80% de Humedad Relativa.		
OA-08	Determinación de compuestos orgánicos volátiles en aire de interiores VOCs (Volatile Organic Compounds)	ISO 16000-6 Aire de Interiores. Parte 6	Prueba de laboratorio	VOCs <10mg/m <sup>3</sup> a los 28 días		
OA-09	Prueba de actividad antibacteriana de superficies	ISO 22196 Medición de la actividad antibacteriana sobre plásticos y otras superficies no porosas	Prueba de laboratorio	Mayor a 99%		

**Figura 11.** Resumen de pruebas y especificaciones para obra arquitectónica. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

# Obra mecánica

## Agua potable

De acuerdo con el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (CFIA, 2011), las instalaciones de abastecimiento de agua potable deben inspeccionarse y probarse antes de la puesta en servicio.

## Prueba de ensayo hidrostático

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 6.8-3

Consiste en inyectar agua a la tubería, con ayuda de una bomba hasta alcanzar la presión de prueba de 700 kPa, manteniéndola por un tiempo mínimo de 15 minutos. Se deben buscar puntos de fuga si el manómetro indica descenso en la presión. El procedimiento completo está descrito en el artículo 6.8-3 del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

## Desinfección sanitaria

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 6.9-1

Se debe realizar la desinfección del sistema de tuberías una vez concluida la instalación o reparación de esta. Consiste en llenar el sistema de tuberías con una solución de agua potable con al menos 50mg/L de cloro por tres horas. Al concluirse la desinfección, se debe comprobar mediante exámenes bacteriológicos la presencia de contaminantes. El procedimiento completo se describe en el artículo 6.9-1 del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

## Desinfección tanques de almacenamiento

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 6.9-2

Antes de iniciar con la desinfección de los tanques de almacenamiento, se debe llenar con agua para detectar posibles filtraciones, si la estructura es de concreto, la recomendación es impermeabilizar el interior del tanque.

La desinfección consiste en:

- Lavar las paredes del tanque utilizando una solución concentrada de hipoclorito de calcio o sodio de 150 a 200mg/L.
- Llenar el tanque con una solución de agua con mínimo 50mg/L de cloro que debe permanecer mínimo 12 horas.

## Aguas residuales

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 7.2-1

Los materiales para tuberías de desagües, tubos de ventilación, uniones y conexiones están descritos en la sección 7.2 del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

## Prueba de agua

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 7.10-3

Los ramales de desagüe, bajantes y colectores de aguas residuales deben ser sometidos a la prueba de agua. Consiste en llenar la tubería con agua en el punto más alto y someter la tubería a una presión no menor a 29,4 kPa. Se considera satisfactorio si el volumen de agua se mantiene constante durante 15 minutos.

## Prueba de aire

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 7.10-4

Consiste en conectar un compresor a uno de los orificios del sistema y someter la sección a una presión de 35kPa. Se considera satisfactorio si la presión no disminuye en un lapso de 15 minutos.

## Obras complementarias

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 7.10-5

Los tanques de aguas residuales, tanques sépticos, interceptores, separadores, cajas de registro y ceniceros deben someterse a una prueba de agua.

La prueba consiste en llenar con agua y dar un tiempo para considerar las pérdidas por absorción para, posteriormente, llenar de nuevo con agua y dejar reposar por 48 horas en las cuales el nivel de agua no debe bajar más de 25mm.

## Prueba de infiltración

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 10.2-6

Se realiza directamente en el sitio donde se va a colocar el drenaje de las aguas residuales, a la misma profundidad. Consiste en realizar uno o varios agujeros (depende de la importancia del proyecto), los cuales se saturan con agua durante 24 horas. Después de las 24 horas se hace la lectura de datos en campo cada 30 minutos durante cuatro horas para poder calcular la tasa de infiltración.

## Aguas de lluvia

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 9.6-1

Las pruebas e inspecciones a las que se debe someter el sistema de desagüe de aguas de lluvia son las mismas que las descritas en la sección *Aguas residuales* (Prueba de agua, Prueba de aire, Prueba a obras complementarias).

## Gas LP

Los materiales para tuberías y accesorios están descritos en el Artículo 11.2-1 del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

## Prueba de presión

Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias  
Artículo 11.5-3

El sistema de tuberías de gas LP puede ser probado como unidad completa o por secciones. El gas de prueba puede ser aire, nitrógeno, dióxido de carbono o cualquier gas inerte, nunca oxígeno.

El procedimiento completo está descrito en el artículo 11.5-3 del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

En la siguiente figura se resume la información de esta sección, a las pruebas y especificaciones de la categoría obra mecánica se les asignó el código ME. La figura 12 resume las pruebas, normas, parámetros, frecuencia y referencia bibliográfica y el tipo de prueba.

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
ME-01	Prueba de agua	Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.	Prueba en sitio	Satisfactorio si el volumen de agua es constante en un lapso de 15 minutos.	A criterio del Inspector.	F-EE-30 Inventario pruebas de calidad v01-PHCG.  Artículo 7.10-3 Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.
ME-02	Prueba de aire	Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.	Prueba en sitio	Satisfactorio si la presión no disminuye en un lapso de 15 minutos.	A criterio del Inspector.	F-EE-30 Inventario pruebas de calidad v01-PHCG.  Artículo 7.10-4 Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.
ME-03	Pruebas de infiltración	Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.	Prueba en sitio	De acuerdo con la tasa de infiltración.	A criterio del Inspector.	F-EE-30 Inventario pruebas de calidad v01-PHCG.  Artículo 10.6-2 Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.
ME-04	Prueba de ensayo hidrostático	Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.	Prueba en sitio	Utilizar bomba. Sostener presión de 1034kPa manométricos (CCSS) 700kPa (CFIA) (150psig) sin bombeo por mínimo 4 horas en el punto más alto de la tubería.	Cuando lo solicite el profesional responsable. Probar por un periodo de 15 días bajo condiciones normales de operación.	Especificaciones Sistema de Agua Potable Fría y Caliente, Proyecto Torre Este. Sección 1.6 c), Sección 2.8 c).  Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias Artículo 6.8-3. Artículo 6.8-3 Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

**Figura 12.** Resumen de pruebas de obra mecánica. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) y el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (CFIA, 2011).

# Pintura

Todas las pinturas por utilizar en la obra deben ser de primera calidad, de una marca conocida en el mercado nacional y aprobada por el inspector. Además, el contratista debe presentar a los inspectores los catálogos de la clase de pintura, impermeabilizante y selladora que se utilizarán en las diferentes áreas de construcción.

## Superficies metálicas y tuberías

Las superficies de metal deben ser pintadas con anticorrosivos y de acuerdo con lo que se indique en las especificaciones técnicas para estructuras metálicas. Se debe verificar el espesor de la pintura aplicada.

## Áreas sépticas y asépticas

En las zonas especificadas como áreas asépticas y sépticas se debe utilizar pintura antihongos con las características descritas en las especificaciones técnicas.

## Áreas internas, fachadas y obras exteriores

El producto por utilizar debe ser aprobado por el inspector y con cumplimiento de las características de la pintura descritas en las especificaciones técnicas del proyecto.

## Pintura para señalización horizontal FSS TT-P-115F.

La pintura por utilizar para señalización horizontal de calles y parqueos debe ser especial para pavimentos de concreto asfáltico o pavimentos de concreto hidráulico de acuerdo con la norma FSS TT-P-115F. Se puede utilizar también pintura a base de agua especial para el tipo de pavimento.

A las pruebas y especificaciones de esta categoría se les asignó el código PI.

# Sistema contra incendios

Este apartado se basa en los requerimientos del *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios* del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, que a su vez está basado en las normas de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios de los Estados Unidos (NFPA).

El Cuerpo de Bomberos es el encargado de regular los aspectos generales en materia de prevención, seguridad humana y protección contra incendios y define las disposiciones técnicas como de aplicación obligatoria en el diseño y construcción de todo proyecto de obra civil que esté destinado a la ocupación de personas de manera temporal o permanente, como edificaciones nuevas, edificios existentes o remodelaciones, excepto unidades residenciales unifamiliares y bifamiliares. También regula el diseño e instalación de sistemas de protección contra incendios de protección pasiva y activa, tanto temporal como permanente (Cuerpo de Bomberos, 2013).

Contiene los requisitos generales y específicos que deben cumplir las edificaciones, de acuerdo con el tipo de ocupación. Los requisitos generales son: los medios de egreso, construcción y compartimentación de las edificaciones, iluminación de emergencia, señalización, sistema de detección y alarma, extintores portátiles, sistemas fijos de protección contra incendios, instalaciones de gas licuado de petróleo, accesos vehiculares y equipamiento de cocinas comerciales.

Los requisitos específicos son descritos de acuerdo con el tipo de ocupación, los que se dividen en 18 tipos:

1. Sitio de reunión pública
2. Residencial vertical
3. Residencial horizontal
4. Hotel
5. Edificación con fines educativos

6. Edificación destinada al cuidado de la salud (hospitales, clínicas)
7. Edificación destinada al cuidado de la salud para pacientes ambulatorios (clínicas para pacientes ambulatorios, consultorios médicos)
8. Industria
9. Oficinas
10. Ocupaciones mercantiles
11. Centros comerciales
12. Ocupaciones de almacenamiento
13. Estructuras de estacionamiento
14. Estaciones de servicio
15. Albergues o pensiones
16. Guarderías
17. Asilos y centros de acogida
18. Detención y correccionales

## Edificación de salud

### Medio de egreso

Es el recorrido continuo y sin obstrucciones desde cualquier punto, en un edificio o estructura, hasta una vía pública. Consiste en tres partes: el acceso a la salida, la salida y la descarga de salida (Cuerpo de Bomberos, 2013, p.14).

Abarca los requisitos de resistencia al fuego de los medios de egreso, barandas, tipos de puertas, ancho mínimo de pasillos, dimensiones de puertas, tipo de cerraduras y dispositivos de alarma, criterios dimensionales de las escaleras de acuerdo con el tipo.

Cumplir con los requisitos generales descritos en los artículos 3.1 y 4.6.3 del Manual del Cuerpo de Bomberos.

## Compartimentación

La compartimentación se debe realizar con muros cortafuego, los cuales son paredes interiores que proporcionan una separación del incendio entre diversas zonas del edificio para confinar el incendio al aposento en el que ha tenido origen, lo que limita su tamaño y facilita la extinción. Los espacios que tienen nivel de riesgo de incendio elevado son los que generalmente se busca aislar (Cuerpo de Bomberos, 2013, p.47).

Cumplir con los requisitos específicos del artículo 4.6.4 del Manual del Cuerpo de Bomberos.

## Iluminación de emergencia

La iluminación de emergencia debe colocarse a lo largo de la ruta de evacuación, pasillos, accesos a salidas de emergencia, escaleras, descarga de escaleras y otros medios de egreso (Cuerpo de Bomberos, 2013, p.54).

Cumplir con los requisitos del artículo 4.6.5 del Manual del Cuerpo de Bomberos.

## Señalización

Todas las salidas y vías de acceso se deben demarcar con señales visibles, en las edificaciones donde los ocupantes son temporales, se vuelve más importante que en edificios en los que los ocupantes son permanentes y debe orientar a los ocupantes hasta la salida más cercana (Cuerpo de Bomberos, 2013, p.55).

Cumplir con los requisitos específicos del artículo 4.6.6 del Manual del Cuerpo de Bomberos.

## Detección y alarma contra incendios

El sistema de detección y alarma permite, en caso de un incendio, advertir de manera temprana a los ocupantes del edificio mediante una señal audible y visual. Debe activarse mediante sensores de humo o temperatura,

estaciones manuales o un sistema de rociadores automáticos.

Cumplir con los requisitos del artículo 3.5 del Manual del Cuerpo de Bomberos.

## Extintores portátiles

El extintor por colocar debe ser de acuerdo con la naturaleza de los combustibles presentes y la zona que se va a proteger. Los fuegos se clasifican en cinco tipos comunes (A, B, C, D y K) según el tipo de combustible, los extintores se diseñan para empleo contra uno o más de estos tipos de fuego (Cuerpo de Bomberos, 2013, p.61).

Cumplir con los requisitos generales del artículo 3.6 del Manual del Cuerpo de Bomberos.

## Sistemas fijos de protección contra incendios

Abarca los extintores portátiles, las bombas contra incendio, tanque de abastecimiento, sistema de tuberías, siamesa, múltiple de pruebas, los sistemas automáticos contra incendios basados en rociadores e hidrantes.

Cumplir con los requisitos generales del artículo 3.7.4 inciso c) del Manual del Cuerpo de Bomberos. Las tuberías deben ser en acero cédula 40 o CPVC clase C-900.

## Instalaciones de gas licuado de petróleo (GLP)

En la instalación de sistemas de gas licuado de petróleo deben colocarse los contenedores de gas licuado de petróleo en el exterior del edificio, en un lugar ventilado y protegido ante colisiones de vehículos.

Las tuberías y conexiones de sistemas de GLP deben ser de cobre, hierro galvanizado o de manguera certificada para uso en instalaciones de GLP (Cuerpo de Bomberos, 2013, p.70).

Debe cumplir con los requisitos del artículo 3.8 del Manual del Cuerpo de Bomberos.

## Accesos vehiculares

Se especifican las dimensiones de los accesos vehiculares, tomando como referencia las dimensiones de la escalera de rescate, para garantizar la accesibilidad de las unidades extintoras.

Cumplir con los requisitos del artículo 3.9 del Manual del Cuerpo de Bomberos.

## Amueblamiento, ropa de cama y decoraciones

Contiene información acerca de las cortinas, telas y películas colgantes que sirvan como mobiliarios o decoraciones, colchones, muebles o decoraciones.

Debe cumplir con el artículo 4.6.12 del Manual del Cuerpo de Bomberos.

## Evaluación del sistema

El Cuerpo de Bomberos brinda los servicios de evaluación de riesgo en seguridad humana y protección contra incendios, así como el servicio de inspección y pruebas de sistemas fijos contra incendio.

La evaluación de riesgo en seguridad humana y protección contra incendios la realizan verificando el cumplimiento de los requisitos del *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios* y la norma NFPA 101, los aspectos que valoran son:

- Generalidades de los sistemas eléctricos.
- Fumado.
- Manipulación y almacenamiento de líquidos inflamables
- Productos químicos.
- Trabajos de soldadura.
- Manipulación, distribución y almacenamiento de gas licuado de petróleo.
- Manipulación y almacenamiento de cilindros de oxígeno, acetileno u otros.
- Orden y limpieza.
- Sistemas de pararrayos.
- Calderas.

- Equipos portátiles de extinción de incendios.
- Sistemas de alarma y detección de incendios.
- Medios de egreso.
- Señalización de emergencia.
- Iluminación de emergencia.
- Zonas de seguridad.

La inspección y pruebas de sistemas fijos contra incendios se realizan de acuerdo con la norma NFPA 25, se desarrolla en una visita en campo y los servicios se deben solicitar directamente al Benemérito Cuerpo de Bomberos. En la figura 13 se resumen las pruebas que se realizan.

CÓDIGO PRUEBA	PRUEBA	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
SMI-01	Punto crítico en el sitio más distante de la red	NFPA 25	Prueba en sitio	Según dato de la memoria de cálculo.	A criterio del Inspector.	Cuerpo de Bomberos de Costa Rica
SMI-02	Curva de la bomba contra incendio	NFPA 25 NFPA 20	Especificación	Cumplir con la curva característica de las bombas de incendio.  Curva siempre será descendente, con presión máxima a caudal cero. La curva pasará por el punto nominal y a caudal cero, la presión no debe superar el 140% de su presión nominal dependiendo de la bomba. Y al 150% de su caudal nominal de presión será superior al 65% de su presión nominal.	A criterio del Inspector.	Manual Cuerpo de Bomberos. Artículo 3.7.2.b)
SMI-03	Inyección al sistema mediante unidad de bomberos	NFPA 25	Prueba en sitio	El suministro de agua debe ser suficiente para abastecer el caudal nominal de la bomba contra incendios por al menos 30 minutos.	A criterio del Inspector.	Cuerpo de Bomberos de Costa Rica / Manual Cuerpo de Bomberos. Artículo 3.7.2.c)
SMI-04	Succión directa del tanque mediante unidad de bomberos	NFPA 25	Prueba en sitio	Depende del tipo de tanque	A criterio del Inspector.	Cuerpo de Bomberos de Costa Rica
SMI-05	Transferencia (en caso de motor)	NFPA 25	Prueba en sitio	De acuerdo con la memoria de cálculo.	A criterio del Inspector.	Manual de Disposiciones Técnicas Artículo 6.2.8
SMI-06	Medición de hidrantes en sitios críticos	NFPA 25	Prueba en sitio	Diámetro de tubería no inferior a 150 mm, diámetro mínimo 100mm. Ubicar en todos los accesos vehiculares al sitio cuando estos tengan una separación de 200m o más entre sí.	A criterio del Inspector.	Manual de Disposiciones Técnicas Artículo 6.2.7

**Figura 13a.** Resumen de pruebas de evaluación del sistema contra incendios. Fuente: elaboración propia con base en Cuerpo de Bomberos (2013) e INS (2005).

CÓDIGO PRUEBA	PRUEBA	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
SMI-07	Censado del sistema en el panel de detención y alarma	NFPA 25	Prueba en sitio	Funcionamiento normal	A criterio del Inspector	Cuerpo de Bomberos de Costa Rica
SMI-08	Inspección del diagrama del sistema de bombeo y sus pruebas de arranque	NFPA 25	Prueba en sitio	De acuerdo con la memoria de cálculo	A criterio del Inspector	Cuerpo de Bomberos de Costa Rica
SMI-09	Prueba de válvulas controladas de piso	NFPA 25	Especificación	Cumplir con NFPA 25	A criterio del Inspector	Cuerpo de Bomberos de Costa Rica
SMI-10	Uniones	NFPA	Especificación	Hierro negro cédula 40, ranuradas.	A criterio del Inspector	Manual Cuerpo de Bomberos. Artículo 3.7.2.e)
SMI-11	Prueba de presión	NFPA	Prueba en sitio	Presión máxima en cualquier momento y cualquier punto no debe exceder los 350psi (24bar)	A criterio del Inspector	Manual Cuerpo de Bomberos. Artículo 3.7.2.e)
SMI-12	Equipos de bombeo	NFPA	Prueba en sitio	Equipo debe cumplir con NFPA 20	A criterio del Inspector	Manual Cuerpo de Bomberos. Artículo 3.7.2.b)
SMI-13	Rociadores	NFPA 14	Prueba en sitio	Caudal de diseño de 200 galones por minuto. Presión residual de 65 libras por pulgada cuadrada.	A criterio del Inspector	Manual Cuerpo de Bomberos. Artículo 3.7.3 / 3.7.4 c.3). Manual de Disposiciones Técnicas del INS Artículo 6.6.2
SMI-14	Siamesa		Especificación	A una distancia no mayor a 30 metros de la fuente de alimentación	A criterio del Inspector	Manual Cuerpo de Bomberos. Artículo 3.7.2.f)
SMI-15	Señalización	INTE 21-02-02-96	Especificación	Colocar a lo largo de la ruta de evacuación, pasillos, accesos a salidas de emergencia, escaleras, descarga de escaleras.	A criterio del Inspector	Manual de Disposiciones Técnicas del INS Artículo 6.4
SMI-16	Extintores portátiles	NFPA	Especificación	Distribución y tipo de extintor depende del área total de construcción del edificio. Revisar referencia.	A criterio del Inspector	Manual de Disposiciones Técnicas del INS Artículo 6.2.9
SMI-17	Iluminación de emergencia	NFPA 101	Especificación	Autonomía de 90 minutos. Ubicar a lo largo de la ruta de evacuación.	A criterio del Inspector	Manual de Disposiciones Técnicas del INS Artículo 6.3.1

**Figura 13b.** Resumen de pruebas de evaluación del sistema contra incendios. Fuente: elaboración propia con base en Cuerpo de Bomberos (2013) e INS (2005).

# Suelos

## Estudio de Suelos

El Código de Cimentaciones de Costa Rica (2009) en el capítulo 2 describe los requisitos mínimos para la ejecución de estudios de suelos.

El estudio de suelos brinda información acerca de las características físicas y mecánicas del suelo, recomendaciones geotécnicas para el diseño, construcción o mantenimiento de una obra civil.

Se recomienda realizar un estudio de suelos para edificaciones, movimientos de tierra, rellenos, excavaciones, caminos, en general, cualquier obra que modifique el entorno donde se localice (Asociación Costarricense de Geotecnia, 2009).

El Código de Cimentaciones (2009) divide el estudio de suelos para la cimentación de una obra en cuatro etapas:

- Estudios preliminares
- Estudios para el diseño y construcción
- Estudios de comprobación
- Estudios de seguimiento

## Estudios preliminares

Con estos estudios se establecen los lineamientos por seguir en los estudios definitivos y van orientados a la verificación de que no existen problemas mayores fácilmente detectables como arcillas expansivas, riesgo de deslizamiento y otros (Asociación Costarricense de Geotecnia, 2009).

## Estudios para el diseño y construcción

La información obtenida de los estudios preliminares se utiliza como base para la investigación, se toma en cuenta el costo y tipo de obra, magnitud, ubicación e importancia

estructural (Asociación Costarricense de Geotecnia, 2009).

## Estudios de comprobación

Se llevan a cabo durante las excavaciones que se realizan para la ejecución de la cimentación y tienen como objetivo comprobar las premisas utilizadas en el diseño en relación con las propiedades y comportamiento de los materiales localizados en la obra (Asociación Costarricense de Geotecnia, 2009).

## Estudios de seguimiento

Se realizan para comprobar el funcionamiento real de una estructura, una vez que ha entrado en operación (Asociación Costarricense de Geotecnia, 2009).

El Código de Cimentaciones (2009) en la sección 2.3 resume los requisitos mínimos para la exploración de campo y menciona que el número de perforaciones, distribución y espaciamiento dependen de las condiciones del sitio y de la magnitud de la obra.

## Pruebas comunes

La sección 2.4 del Código de Cimentaciones (2009) trata acerca de las pruebas de laboratorio comunes de un estudio de suelos, y su objetivo es encontrar las características físicas y mecánicas de cada material que conforma el subsuelo.

El tipo y número de ensayos dependen de las características del suelo por investigar y del criterio del ingeniero.

## Ensayo de penetración estándar (SPT)

ASTM D-1586

Se obtiene el número de penetración estándar  $N$  y mediante correlaciones se puede determinar la consistencia y resistencia al cortante.

De las muestras alteradas que son recuperadas, se puede obtener la información necesaria para la estratigrafía del suelo, ubicación del nivel freático, análisis granulométrico, clasificación del suelo y límites de Atterberg.

## Clasificación de suelos (SUCS y visual-manual)

ASTM D-2487 y ASTM D-2488

Para realizar la clasificación del suelo, se utilizan los resultados de los límites de Atterberg y análisis granulométrico. Este sistema usa diferentes símbolos para identificar el tipo de suelo, cada símbolo tiene una descripción que da el nombre del grupo en el que se clasifica el suelo (Das, 2006).

## Contenido de humedad natural del suelo

ASTM D-2216 / AASHTO T-265

En suelos no cohesivos se utiliza para determinar el contenido de humedad en masa del suelo mediante secado.

## Límites de Atterberg

ASTM D-4318

Se utiliza en suelos cohesivos para determinar el límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y contenido de humedad del suelo.

## Análisis granulométrico

ASTM D-422

Se determina la distribución de tamaños de las partículas en los suelos mediante tamizado. De la

curva granulométrica se obtienen el coeficiente de uniformidad y coeficiente de graduación que se usan en la clasificación SUCS (Das, 2006).

## Ensayo de compresión uniaxial

ASTM D-2166

Se obtiene la resistencia a la compresión simple o resistencia última no confinada del suelo ( $q_u$ ) cohesivo y el valor de cohesión del suelo.

## CBR

ASTM D-1883 / T-193

El resultado se utiliza en el diseño de pavimentos. Mide la resistencia al esfuerzo cortante de la subrasante, subbase y los materiales de la base. El CBR de un material evalúa la calidad del material.

## Proctor Estándar

ASTM D-698

Se utiliza para determinar la densidad seca máxima del suelo y su contenido de humedad óptimo, estos resultados se obtienen de la curva de compactación.

## Proctor modificado

ASTM D-1557

Se utiliza para determinar la densidad seca máxima del suelo y su contenido de humedad óptimo, estos resultados se obtienen de la curva de compactación. La diferencia entre el Proctor modificado y el Proctor Estándar es la energía de compactación usada en el ensayo.

## Subbase pavimento flexible y rígido

El CR-2010 (2009) en la División 300 describe las características y requisitos que debe cumplir el material utilizado como subbase en el pavimento flexible y rígido.

- Análisis granulométrico (ASTM C-136 y ASTM C-117)
- Resistencia al desgaste (ASTM C-131)
- Durabilidad del agregado fino y grueso (ASTM D-3744)
- Caras fracturadas (ASTM D-5821)
- Límites de Atterberg (ASTM D-4318)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557)
- CBR (ASTM D-1883 / T-193)

## Compactación de suelos

La compactación de suelos es un proceso mecánico con el que se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación del suelo. El objetivo principal de la compactación es obtener un suelo que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.

Después de realizar la compactación en campo, se debe verificar mediante pruebas el valor de la densidad seca del suelo y comparar con la densidad seca máxima obtenida en laboratorio. La compactación se aplica a rellenos artificiales, muelles, pavimentos, terreno natural para cimentaciones, etc. (Rico, 2005).

Das (2001), en Fundamentos de ingeniería geotécnica, menciona tres factores que afectan la compactación del suelo:

1. **Tipo del suelo:** la distribución granulométrica, densidad de sólidos del suelo y la cantidad, así como tipo de arcilla presente influyen en el peso específico seco y en el contenido de humedad óptimo del suelo.
2. **Contenido de agua:** un incremento en el contenido de agua tiende a reducir el peso específico seco, ya que el agua toma los espacios que podrían haber sido ocupados por partículas sólidas. El máximo peso específico seco se alcanza con el contenido de humedad óptimo.

3. **Energía de compactación:** al incrementar la energía de compactación, se aumenta el peso específico seco, a la vez que el contenido de agua óptimo disminuye.

Rico (2005) menciona seis factores más:

4. **Método de compactación:** hay tres métodos de compactación, por impacto, por amasado o por aplicación de carga estática. También se describen dependiendo del equipo que se utilice para compactar en campo.
5. **Sentido en el que se recorre la escala de humedades:** esto influye en las pruebas que se realizan en laboratorio y se refiere a la condición de humedad inicial del suelo que se usa en la prueba de compactación. Si el suelo está relativamente seco y se le agrega agua durante la prueba la curva de compactación que se obtiene, es diferente a la de un suelo húmedo que se va secando en el transcurso de la prueba de compactación.
6. **Contenido de agua original del suelo:** es aconsejable buscar condiciones de humedad del suelo en campo parecidas al contenido de humedad óptimo, por lo descrito en el punto anterior. Es esperable que el peso específico seco que se obtenga sea mayor en un suelo con contenido original de agua menor al óptimo, al que se le agregue agua e inmediatamente se compacte. Lo recomendable en este caso es agregar el agua y esperar un tiempo para que se distribuya uniformemente.
7. **Recompactación:** la prueba de compactación en el laboratorio puede dejar de ser representativa, si la muestra compactada se vuelve a compactar para obtener algún otro dato de la prueba, ya que el peso específico seco de un suelo recompactado es mayor y ya no habrá igualdad de condiciones en el ensayo.
8. **Temperatura:** afecta la compactación del suelo por los efectos de evaporación del agua agregada o condensación de la humedad del ambiente.
9. **Otras variables:** el número y espesor de capas en las que se tiende el suelo, número de pasadas del equipo de

compactación o número de golpes del pisón compactador.

## Curva de compactación ( $\gamma_d-\omega$ )

Es la representación gráfica donde se ve el cambio de peso volumétrico seco ( $\gamma_d$ ) al compactar el suelo con diferentes contenidos de agua ( $\omega$ ). Se utilizan varias muestras del mismo suelo con diferente contenido de humedad. Cada una de las muestras representa un punto en la curva. Además un suelo puede tener diferentes curvas de compactación dependiendo del modo de compactación.

Una curva de compactación típica se muestra en la figura 14, por lo general, muestra un punto máximo que se conoce como peso seco máximo que se alcanza con el contenido de humedad óptimo.

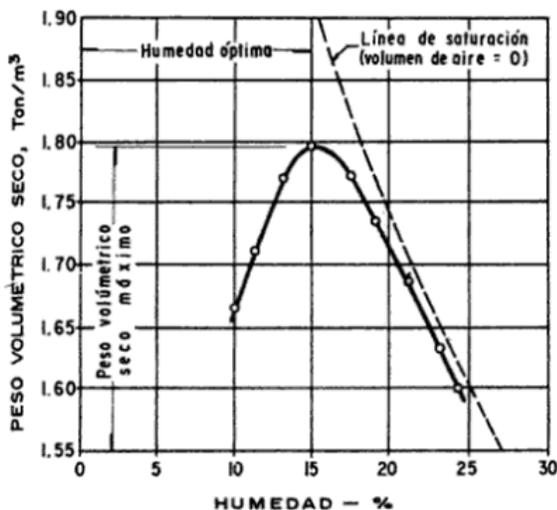


Figura IV-1. Curva de compactación típica.

Figura 14. Curva de compactación típica. Fuente: Rico (2005).

Se suele graficar la curva de cero vacíos de aire (100% saturación del suelo) y ambas curvas no deben intersectarse en ningún punto a la derecha, ya que la condición de un suelo compactado en condiciones normales es la de un suelo no saturado (Rico, 2005).

## Pruebas de laboratorio

Se utilizan para determinar el peso seco específico máximo y el contenido de humedad óptimo de una muestra de suelo, estos datos se representan con la curva de compactación de suelo.

### Proctor Estándar

El suelo por utilizar en esta prueba se mezcla con cantidades variables de agua y se compacta en tres capas iguales dando 25 golpes, utilizando un pisón.

### Proctor modificado

Es la modificación de la prueba Proctor Estándar para representar mejor las condiciones de campo. La diferencia es que el suelo en esta prueba se compacta en cinco capas iguales usando el mismo número de golpes, pero con un pisón de mayor peso y mayor altura de caída, lo que genera una energía de compactación mayor que en el Proctor Estándar (Das, 2001).

Como la energía de compactación que se utiliza es mayor, se obtiene un resultado de peso específico seco mayor y contenido de humedad óptimo menor que en el Proctor Estándar (Das, 2001).

### CBR

Se utiliza en carreteras para control de compactación en campo. Determina el peso específico seco máximo y la humedad óptima en suelos no estabilizados o estabilizados.

Hay dos variantes del ensayo, el más común es el CBR para humedad óptima:

- Se elaboran tres especímenes que se compactan con diferente energía de compactación.
- El contenido de humedad de las muestras es el contenido de humedad óptimo obtenido de la prueba de Proctor modificado.
- Se obtienen tres valores de CBR y sus pesos específicos respectivos.

- Se grafica CBR versus peso específico seco.
- El valor del CBR es el correspondiente en la gráfica al porcentaje de peso específico seco máximo definido en las especificaciones técnicas del proyecto.

La información de esta sección se resume en las figuras 15 a 21, a las pruebas y especificaciones de la categoría suelos se les asignó el código S.

La figura 15 resume las pruebas de suelos más comunes, el parámetro por cumplir para un proyecto de construcción de un edificio de salud de la CCSS, la frecuencia con la que debe realizarse el control de calidad y la referencia bibliográfica. En las figuras 16, 17, 18, 19, 20 y 21 se resumen los parámetros, frecuencia y referencia bibliográfica para las pruebas de Límites de Atterberg, Análisis granulométrico, Proctor Estándar, Ensayo de Compresión Uniaxial, CBR y Proctor modificado.

## Compactación en campo

La mayoría de las compactaciones en campo se realizan con compactadores de rodillos y hay cuatro tipos:

- Compactador de rodillo de rueda lisa
- Compactador de neumáticos de hule
- Compactador de rodillos de pata de cabra
- Compactador de rodillos vibratorios

El uso de cada uno varía dependiendo del tipo de suelo por compactar, tamaño e importancia de la obra, especificaciones técnicas del proyecto, tiempo disponible y equipo que se posea (Rico, 2005).

## Peso específico en campo

Después de la compactación del suelo en campo, se debe verificar el peso específico de campo, las pruebas más comunes son:

- Cono de arena (ASTM D-1556)
- Método nuclear (ASTM D-6938)
- Globo de hule (ASTM D-2167)

El método nuclear es un método de prueba no destructivo.

## Método nuclear

ASTM D-6938

Prueba que se realiza en campo, rápida y no destructiva para medir la densidad húmeda, contenido de humedad del suelo y la densidad seca. Se utiliza para control de calidad de suelos compactados.

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
S-01	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	ASTM D-1586	Prueba en sitio	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este
S-02	Clasificación de Suelos (SUCS y visual-manual)	ASTM D-2487 y ASTM D-2488	Prueba de laboratorio	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este
S-03	Contenido de Humedad Natural del Suelo	ASTM D-2216 / AASHTO T-265	Prueba de laboratorio	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este
S-04	Límites de Atterberg	ASTM D-4318 / AASHTO T-89 y AASHTO T-90	Prueba de laboratorio	<a href="#">Ver figura 16</a>		
S-05	Análisis Granulométrico	ASTM C-136 y ASTM C-117 / AASHTO T-27 y AASHTO T-11	Prueba de laboratorio	<a href="#">Ver figura 17</a>		
S-06	Proctor Estándar	ASTM D-698 / AASHTO T-99	Prueba de laboratorio	<a href="#">Ver figura 18</a>		
S-07	Ensayo de Compresión Uniaxial	ASTM D-2166	Prueba de laboratorio	<a href="#">Ver figura 19</a>		
S-08	CBR	ASTM D-1883 / T-193	Prueba de laboratorio	<a href="#">Ver figura 20</a>		
S-09	Proctor Modificado	ASTM D-1557 / AASHTO T-180	Prueba de laboratorio	<a href="#">Ver figura 21</a>		
S-10	Porcentaje pasando malla No.200	ASTM C-117	Prueba de laboratorio	De acuerdo con especificaciones técnicas	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Obras exteriores Sección 2.4 Tabla 301.1 CR 2010.
S-11	Análisis Granulométrico	ASTM D-422	Prueba de laboratorio	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este

**Figura 15a.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones de suelos. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) y MOPT-LanammeUCR. (2009).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	TIPO	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
S-12	Resistencia al desgaste (Máquina de los Ángeles)	ASTM C-131	Prueba de laboratorio	<b>Pavimento flexible:</b> subbase: 50% máximo  <b>Pavimento rígido:</b> subbase y agregado grueso del concreto de la losa: 50% máximo	1 por tipo y fuente de material	Tabla 301.1 CR 2010
S-13	Durabilidad del agregado fino y grueso	ASTM D-3744	Prueba de laboratorio	<b>Subbase pavimento flexible y rígido:</b> Agregado grueso: 35% mínimo. Agregado fino: 35% mínimo  <b>Pavimento rígido:</b> Agregado grueso concreto losa: $\geq$ 35% mínimo.	Cuando lo solicite el profesional responsable  Verificar con el informe del diseño de mezcla.	Tabla 301.1 CR 2010.  Sub sección 501.02 (c). CR 2010
S-14	Caras fracturadas	ASTM D-5821	Prueba de laboratorio	<b>Subbase pavimento flexible y rígido:</b> 50% mínimo  <b>Pavimento rígido:</b> Agregado concreto losa 50% mínimo	1 por tipo y fuente de material	Tabla 301.1 CR 2010  Sub sección 501.02 (c). CR 2010
S-15	Densidad y contenido de agua del suelo in situ (Método Nuclear)	ASTM D-6938 / AASHTO T-310	Prueba en sitio	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	1 por tipo y fuente de material	Sub sección 301.05 CR 2010. Tabla 301.1 CR 2010.

**Figura 15b.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones de suelos. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) y MOPT-LanammeUCR. (2009).

S-16	Disgregabilidad (sanidad) en sulfato de sodio o sulfato de magnesio	ASTM C-88 / AASHTO T-104	Prueba de laboratorio	<p><b>Subbase pavimento rígido:</b> Porcentaje de pérdida de sanidad: Sulfato de sodio: máximo 18%. Sulfato de magnesio: <math>\leq</math> 20%.</p> <p><b>Agregado grueso pavimento rígido:</b> Porcentaje de pérdida de sanidad: Sulfato de sodio: máximo 18%. Sulfato de magnesio: <math>\leq</math> 20%.</p> <p><b>Agregado fino pavimento rígido:</b> Porcentaje de pérdida de sanidad: Sulfato de sodio: máximo 15%. Sulfato de magnesio: <math>\leq</math> 20%.</p>	1 por tipo y fuente de material	Tabla 301.1 CR 2010 Sub sección 501.02 (c). CR 2010
S-17	Residuo Insoluble	ASTM D-3042	Prueba de laboratorio	<p><b>Agregado grueso concreto pavimento rígido:</b> <math>\geq</math> 25% en la fracción con tamaño mayor que la malla No. 200</p>	Verificar con el informe del diseño de mezcla.	Sub sección 501.02 (c). CR 2010
S-18	Contenido de Arcilla y Partículas Friables	ASTM C-142 / AASHTO T-112	Prueba de laboratorio	<p><b>Agregado fino concreto pavimento rígido:</b> 3% máximo</p>	Verificar con el informe del diseño de mezcla	Sub sección 501.02 (c). CR 2010
S-19	Valor equivalente de arena	ASTM D-2419 / AASHTO T-176	Prueba de laboratorio	<p><b>Agregado fino concreto pavimento rígido:</b> 75% máximo</p>	Verificar con el informe del diseño de mezcla	Sub sección 501.02 (c). CR 2010

**Figura 15c.** Resumen de pruebas de laboratorio y especificaciones de suelos. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) y MOPT-LanammeUCR. (2009).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
S-04	Rellenos de tierra	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23. Apartado 5.2.1.2
S-04	Pavimento flexible	Subrasante	Índice de Plasticidad: ( $\geq 30$ ) / ( $< 30$ )	Cuando lo solicite el profesional responsable
		Subbase	Límite líquido: máximo 35. Índice de plasticidad: entre 4 y 10	1 por 1000Tm
		Base estabilizada con Cemento Portland	Límite líquido: máximo 35. Índice de plasticidad: entre 4 y 9	1 por 1000Tm
S-04	Pavimento rígido	Subbase	Límite líquido: máximo 35. Índice de plasticidad: no mayor que 4	1 por 1000Tm
S-04	Estabilización y relleno de zanjas	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.1.2
S-04	Base compactada contrapiso	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.1.2

**Figura 16.** S-04 Límites de Atterberg. ASTM D-4318 / AASHTO T 89 y AASHTO T 90. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) y MOPT-LanammeUCR. (2009).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
S-05	Relleno de tierra	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Una prueba por cada 5000m <sup>3</sup> de material procesado antes de ser incorporado a la obra	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.1.1 / Instructivo I-CPM-01 Sección 3.4
S-05	Material de base y subbase de aceras	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Obras exteriores Sección 2.4
S-05	Pavimento flexible	Subbase	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	1 por 1000Tm
		Base estabilizada con Cemento Portland	De acuerdo con Tabla 302.3 CR 2010	1 por 1000Tm
S-05	Pavimento rígido	Subbase	De acuerdo con Tabla 301.1 CR 2010	1 por 1000Tm
		Losa de concreto	<b>Agregado grueso:</b> De acuerdo con Tabla 501-2 CR 2010 <b>Agregado fino:</b> De acuerdo con Tabla 501-3 CR 2010	Verificar con el informe del diseño de mezcla, para todas las mezclas.
S-05	Estabilización y relleno de zanjas	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.1.1
S-05	Base compactada contrapiso	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Una prueba por cada 5000m <sup>3</sup> de material procesado antes de ser incorporado a la obra	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.1.1 / Instructivo I-CPM-01 Sección 3.4

**Figura 17.** S-05 Análisis Granulométrico. ASTM C-136 y ASTM C-117 / AASHTO T 27 y AASHTO T 11. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) y MOPT-LanammeUCR. (2009).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN		PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
S-06	Corte del terreno		Compactar a densidad mínima del 91%	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 16 Apartado 5.2.5
S-06	Excavación movimiento de tierras		Recompactar los últimos 15cm superiores del suelo de subrasante al 91% del Proctor Estándar	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 16 Apartado 5.2.5 / Apartado 5.3.4 / Apartado 5.3.7
S-06	Relleno		De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	Una prueba por cada 50m <sup>2</sup> , pero no menos de una prueba por capa	Instructivo I-CPM-01 modificación 1
S-06	Conformación de taludes		De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.4.4
S-06	Trabajos de excavación y rellenos de zanjas iluminación exterior		Compactar cada capa al 95% del Proctor Estándar	Una prueba por cada 50m <sup>2</sup> , pero no menos de una prueba por capa	Instructivo I-CPM-01 Sección 1.7.
S-06	Alcantarillado pluvial	Excavación de zanjas	Compactar al 95% del Proctor Estándar	Una prueba en cada capa por cada 100m <sup>2</sup>	Instructivo I-CPM-01 Sección 1.7.
		Relleno de zanjas	Compactar cada capa al 95% del Proctor Estándar	Una prueba por cada 50m <sup>2</sup> , pero no menos de una prueba por capa	Instructivo I-CPM-01 Sección 1.7.
S-06	Excavación	Tanques sépticos y drenajes	Compactar cada capa al 95% del Proctor Estándar	Una prueba por cada 50m <sup>2</sup> , pero no menos de una prueba por capa	Instructivo I-CPM-01 Sección 1.7.
		Losa para tanque gas LP	Compactar cada capa al 95% del Proctor Estándar	A criterio del Inspector	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 16 Apartado 5.3.4
		Tanque elevado agua potable	Compactar cada capa al 95% del Proctor Estándar	A criterio del Inspector	
S-06	Material de base y subbase aceras		Terreno natural. Compactar al 95%.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Obras exteriores Sección 2.5.1
S-06	Subrasante	Pavimento flexible.	Compactar al 95% / Compactar al 97%	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este. Sección 32 11 13. Apartado 5.1.2.
		Pavimento rígido	Compactar al 91%	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este. Sección 32 11 16 Apartado 5.1.4.2 / Especificación Técnica Obras Exteriores Sección 4.3.1
S-06	Excavación sistema de cimientos		De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 16 Apartado 5.3.4
S-06	Base compactada contrapisos		De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Una prueba por cada 50m <sup>2</sup> , pero no menos de una prueba por capa	Instructivo I-CPM-01 modificación 1

**Figura 18.** S- 06 Proctor Estándar. ASTM D-698 / AASHTO T-99. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) y MOPT-LanammeUCR. (2009).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN		PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
S-07	Excavación	Movimientos de tierra y rellenos obras preliminares	De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	2 ensayos a muestras de suelo tomadas de los niveles de desplante por cada módulo o edificio a construir	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 16 Apartado 5.3.3./ Instructivo I-CPM-01 Sección 3.3
		Pasillos cubiertos			
		Tanques elevados de agua potable			Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 16 Apartado 5.3.3./ Instructivo I-CPM-01 Sección 3.3
		Sistema de cimientos			

**Figura 19.** S- 07 Ensayo de compresión uniaxial. ASTM D-2166. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN		PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
S-08	Relleno. Obras Previas		Mínimo 30. Compactado al 95% del Proctor Modificado	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23. Apartado 5.2.1.3
S-08	Relleno pasillos cubiertos		De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.1.3
S-08	Pavimento flexible	Subrasante (suelo cohesivo)	CBR= (3) / (5)	Cuando lo solicite el profesional responsable. Cuando haya cambio de material. Como verificación de compactación.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este. Sección 32 11 13. Apartado 5.1.2.
		Subrasante (suelo no cohesivo)	CBR=30	Cuando lo solicite el profesional responsable. Cuando haya cambio de material. Como verificación de compactación.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este. Sección 32 11 13. Apartado 5.1.2.
		Subbase	CBR= mínimo 30	Cuando lo solicite el profesional responsable	Sub sección 301.03 CR 2010. (1). Tabla 301.1 CR 2010.
		Base estabilizada con Cemento Portland	CBR= mínimo 80	Cuando lo solicite el profesional responsable	Sub sección 301.03 CR 2010. (2)
S-08	Pavimento rígido	Subrasante	CBR= 3. MR= 3100psi. k efectiva= 600pci. k corregida= 180pci.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este. Sección 32 11 16 Apartado 5.1.4.2 / Especificación Técnica Obras Exteriores Sección 4.3.1
		Subbase	CBR= mínimo 80	Cuando lo solicite el profesional responsable	Sub sección 301.03 CR 2010. (2)
S-08	Estabilización y relleno de zanjas del sistema de cimientos		De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.1.3
S-08	Base compactada de contrapisos		Mínimo 30. Compactado al 95% del Proctor Modificado	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.2.1.3

**Figura 20.** S-08 CBR. ASTM D-1883 / AASHTO T-193. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016) y MOPT-LanammeUCR. (2009).

CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN		PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA
S-09	Relleno (obras previas)		Compactar en capas de espesor no mayor a 20cm, al 95% del Proctor Modificado	Una prueba por cada tipo de material de préstamo	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.3.2.1 / Instructivo I-CPM-01 Sección 3.4
S-09	Terraceo (obras previas)		Terraza relleno: Compactación se hará por capas de espesor máximo de 20cm al 95% del Proctor Modificado. Terraza fundación: compactar al 95% del Proctor Modificado.	Una prueba en cada capa por cada 100m <sup>2</sup> de área de terraza	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.4.1
S-09	Relleno (pasillos cubiertos)		De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.3.2.1
S-09	Cimentaciones (pasillos cubiertos)		De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 11 00 Apartado 5.5
S-09	Excavación y relleno de zanjas (Iluminación exterior)		Lastre fino compactado al 95% del Proctor Modificado	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 16 Apartado 5.5.5
S-09	Sistema de alcantarillado pluvial	Excavación de zanjas	Lastre fino compactado al 95% del Proctor Modificado	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 16 Apartado 5.5.5
S-09		Relleno de zanjas	Lastre fino compactado al 95% del Proctor Modificado	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 16 Apartado 5.5.5
S-09	Material de base y subbase (aceras)		Sub base( lastre compactado) al 95%	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Obras exteriores Sección 2.5.1
S-09	Pavimento flexible	Subrasante (suelo no cohesivo)	Compactar al 95%	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este. Sección 32 11 13. Apartado 5.1.2
		Subbase	Compactar al 95%	1 por tipo y fuente de material. Mínimo 5 puntos.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 11 16. Apartado 5.1.4.2. / Sub sección 301.03 CR 2010. (1). Tabla 301.1 CR 2010.
		Base estabilizada con cemento Portland	Compactar al 95%	1 por tipo y fuente de material. Mínimo 5 puntos.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 11 16. Apartado 5.1.4.2. / Sub sección 301.03 CR 2010. (2). Tabla 301.1 CR 2010.
S-09	Pavimento rígido	Subbase	Compactar al 95%	1 por tipo y fuente de material	Tabla 301.1 CR 2010.
S-09	Estabilización y relleno de zanjas (sistema de cimientos)		Compactar al 95% del Proctor Modificado	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.3.2.1
S-09	Base compactada (Contrapisos)		Compactar en capas de espesor no mayor a 20cm, al 95% del Proctor Modificado	Una prueba por cada tipo de material de préstamo	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 31 23 23 Apartado 5.3.2.1 / Instructivo I-CPM-01 Sección 3.4

**Figura 21.** S-09 Proctor Modificado. ASTM D-1557 / AASHTO T-180. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del Proyecto Torre Este del Hospital Nacional Calderón Guardia. (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

# Capítulo C

## Formularios, plantillas y procesos para registro, seguimiento y control de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.

En este capítulo se describe el uso del archivo de MS Excel llamado *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*, este archivo está diseñado para la planificación, seguimiento y control de las pruebas de laboratorio, así como las pruebas en sitio para materiales y sistemas de un proyecto de infraestructura de la CCSS.

El archivo incluye matrices resumen con el desglose de las actividades y tareas que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud con las pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones varias necesarias para cada actividad y tarea.

Para cada prueba y especificación se incluye el nombre de la norma, el tipo (prueba de laboratorio, prueba en sitio o especificación), la categoría (de acuerdo con las [13 categorías](#) descritas en el Capítulo B) el parámetro por cumplir, la frecuencia de verificación del parámetro y la referencia bibliográfica. Las pruebas y especificaciones tienen asociado un código de prueba, único para cada uno, que junto con la clasificación por categoría facilita la búsqueda y registro de información de estas.

Con el desglose de pruebas y especificaciones por actividad y tarea, se diseñó una matriz para registro de informes de pruebas de laboratorio y registro de bitácora para prueba

en sitio que permite llevar un control de costos y de las pruebas realizadas.

Además, se incluyen diagramas de flujo para las pruebas en sitio y pruebas de laboratorio más comunes que representan los pasos por seguir dependiendo de los resultados obtenidos.

A continuación, se describe cada una de las hojas del archivo de MS Excel:

### Portada

La portada (figura 22) está dividida en cuatro secciones: Planificación, Seguimiento & Control, Laboratorios Acreditados e Información. Cada una de las secciones cuenta con enlaces a diferentes hojas del archivo.

MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD

PLANIFICACIÓN	SEGUIMIENTO & CONTROL	LABORATORIOS ACREDITADOS
<a href="#">1000. Obras Previas</a> <a href="#">2000. Obra Exterior</a> <a href="#">3000. Obra Estructural</a> <a href="#">4000. Obra Arquitectónica</a> <a href="#">5000. Obra Mecánica</a> <a href="#">6000. Equipo Médico</a>	<a href="#">Registro de Informes</a> <a href="#">Costo por etapa de construcción</a> <a href="#">Costo mensual</a> <a href="#">Costo pruebas de acero</a> <a href="#">Costo pruebas de concreto</a> <a href="#">Costo pruebas de suelos</a>	<a href="#">Contacto de Laboratorios Acreditados</a> <a href="#">Contacto de Organismos de Inspección Acreditados</a>

INFORMACIÓN
<a href="#">Índice de pruebas y especificaciones</a> <a href="#">Especificaciones Varias (Apoyo)</a> <a href="#">Diagramas de flujo</a> <a href="#">Normas</a>

Figura 22. Portada archivo de MS Excel. Fuente: elaboración propia

## Planificación

La planificación de las pruebas se puede realizar con la información de la hoja llamada *Desglose\_general*, donde se resume en una matriz las actividades y tareas desglosadas con las pruebas que deben realizarse, así como las especificaciones que deben verificarse para los materiales y sistemas de un proyecto de construcción de un edificio de salud. En la columna *CÓDIGO ACTIVIDAD* se le asignó un número único y consecutivo a cada una de las actividades y tareas, así como a las pruebas y especificaciones para cada una de las actividades y tareas.

Las actividades y tareas están clasificadas en seis grupos principales:

- 1000. Obras Previas
- 2000. Obra Exterior
- 3000. Obra Estructural
- 4000. Obra Arquitectónica
- 5000. Obra Mecánica
- 6000. Equipo Médico

En la columna *CÓDIGO PRUEBA* se encuentra el código asignado a cada una de las pruebas y especificaciones. En la columna *CATEGORÍA* se puede filtrar la información de acuerdo con las 13 categorías en las que se clasificaron las pruebas y especificaciones, la figura 23 muestra la lista desplegable con las 13 categorías para el filtrado de información.

Por ejemplo, la figura 23 muestra el caso si se escoge la opción "Suelos". No se va a mostrar la información de pruebas y especificaciones que no estén dentro de la categoría seleccionada para realizar el filtrado de información, como se puede ver en la figura 24 y en la figura 25.

	A	B	C	D	
1		CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TI PR
2				CATEGORÍA	PR
28		2000		CONCRETO	
29		2001		EQUIPO MÉDICO	
30		2001.1	N.A.	OBRA ARQUITECTÓNICA	
31		2001.1.1	S-07	OBRA MECÁNICA	
32		2001.1.2	S-06	SEÑALIZACIÓN & DEMARCACIÓN	
33		2001.2	N.A.	SISTEMA DE GASES MÉDICOS	
				SISTEMA MECÁNICO CONTRA INCENDIOS	
				SUELOS	
				Suelos	

Figura 23. Opciones para filtrar información por categoría. Fuente: elaboración propia.

CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA
		CATEGORÍA	TIPO PRUEBA
2000			
2001			
2001.1	N.A.	Suelos	N.A.
2001.1.1	S-07	Suelos	Lab
2001.1.2	S-06	Suelos	Lab
2001.2	N.A.	Suelos	N.A.
2001.2.1	S-05	Suelos	Lab
2001.2.2	S-04	Suelos	Lab
2001.2.3	S-08	Suelos	Lab
2001.2.4	S-09	Suelos	Lab
2001.3	N.A.	Suelos	N.A.
2001.3.1	S-09	Suelos	Lab
2001.3.2	N.A.	Concreto	N.A.
2001.3.2.1	C-01	Concreto	Lab
2001.3.2.2	C-02	Concreto	Sitio
2001.3.3	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.
2001.3.3.1	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.
2001.3.3.1.1	AR-01	Acero de Refuerzo	Lab
2001.3.3.1.2	AR-02	Acero de Refuerzo	Especificación
2001.3.3.2	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.
2001.3.3.2.1	AR-03	Acero de Refuerzo	Especificación
2001.3.3.2.2	AR-03	Acero de Refuerzo	Especificación
2001.3.3.3	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.
2001.3.3.3.1	AR-03	Acero de Refuerzo	Especificación

Figura 24. Información sin filtrar por categoría. Fuente: elaboración propia.

A	B	C	CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA
			SUELOS	TIPO PRUEBA
2000				
2001				
2001.1	N.A.	Suelos	N.A.	
2001.1.1	S-07	Suelos	Lab	
2001.1.2	S-06	Suelos	Lab	
2001.2	N.A.	Suelos	N.A.	
2001.2.1	S-05	Suelos	Lab	
2001.2.2	S-04	Suelos	Lab	
2001.2.3	S-08	Suelos	Lab	
2001.2.4	S-09	Suelos	Lab	
2001.3				
2001.3.1	S-09	Suelos	Lab	
2001.3.2				
2001.3.2.1				
2001.3.2.2				
2001.3.3				
2001.3.3.1				
2001.3.3.1.1				
2001.3.3.1.2				
2001.3.3.2				
2001.3.3.2.1				
2001.3.3.2.2				
2001.3.3.3				
2001.3.3.3.1				

Figura 25. Información filtrada para la categoría "Suelos". Fuente: elaboración propia

En la columna TIPO DE PRUEBA también se puede filtrar la información dependiendo del tipo de prueba, ya sea prueba en sitio, prueba de laboratorio o especificación. La figura 26 muestra la lista desplegable con las tres opciones que se pueden escoger. El color de las filas depende del tipo de prueba: celeste para las pruebas de laboratorio, azul para las pruebas en sitio y morado para las especificaciones.

Si se escoge la opción "SITIO", se van a mostrar únicamente las pruebas que sean en sitio. El filtrado por CATEGORÍA y TIPO DE PRUEBA puede realizarse al mismo tiempo, por ejemplo: si se selecciona SUELOS y SITIO se van a mostrar todas las pruebas de suelos que sean en sitio.

La figura 27 muestra cómo está organizada la información en las demás columnas, que incluyen parámetros por cumplir, la frecuencia y la referencia bibliográfica para cada prueba y especificación.

	A	B	C	D	E
1	CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA	
2			CATEGORÍA	TIPO PRUEBA	
34	2001.2.1	S-05	Suelos	TIPO PRUEBA	Ani
35	2001.2.2	S-04	Suelos	LAB	Lín
36	2001.2.3	S-08	Suelos	SITIO	CB
37	2001.2.4	S-09	Suelos	ESPECIFICACIÓN	Pr
38	2001.3	N.A.	Suelos	Lab	Cime
39	2001.3.1	S-09	Suelos	N.A.	Lab

Figura 26. Opciones para filtrar por tipo de prueba. Fuente: elaboración propia.

A	B	C	D	E	G	H	I	J
CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA TIPO PRUEBA	NORMA	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA	
165	2005.111	S-06	Suelos	Lab	ASTM-D-698 / AASHTO T-99	Comparar cada capa al 95% del Proctor Estándar	Acuerdo del Ingeproter	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 3123 W-9
166	2005.112	S-07	Suelos	Lab	ASTM-D-2966	De acuerdo a especificaciones técnicas del proyecto	2 muestras x muestras de suelo tomadas de los niveles de desplante por cada módulo o edificio construido	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 3123 W-9 CPM-01 Sección 3.3
167	2005.12	N.A.	Concreto	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 3123 W-9
168	2005.121	C-01	Concreto	Lab	ASTM-C-391/AASHTO T-22	For 280lgm2 a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por cada 5m3 colocados. Concreto premesado: 4 cilindros por cada camión mezclador consecutivo. Falla: 1 cilindro a los 7 días, 1 cilindro a los 14 días y 2 cilindros a los 28 días. Tomar al menos una muestra por cada colada que se realice en obra por días. Volumen de concreto a colar por día mayor a 5m3: tomar una muestra. Camiones mezcladores de 7m3: 2 cilindros por camión consecutivo	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 3100 A
169	2005.122	C-02	Concreto	Situ	ASTM-C-1431/AASHTO T-119	Mayor a 100mm	Cada camión mezclador	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 3100 A
170	2005.13	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 3100 A
171	2005.131	AR-01	Acero de Refuerzo	Lab	ASTM-A-370 / ASTM-E-8	Variar dependiendo el calibre de la varilla. Ver especificaciones del acero de refuerzo.	Falla: una muestra de 1m de longitud por cada diámetro y grado de cada lote colocado en obra, o para cada 30 varillas puestas en obra. Informe de cumplimiento ASTM-A-370 debe ser entregado por el proveedor.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 2100 A CPM-01 Sección 3.7
172	2005.132	AR-02	Acero de Refuerzo	Especificación	MEC-15999	Cumplir con las especificaciones	Siempre verificar cumplimiento de especificación de fabricación del material	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 2100 A
173	2005.14	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 2100 A
174	2005.141	AR-03	Acero de Refuerzo	Especificación	ASTM-A-1064	Cumplir con las especificaciones	Siempre verificar cumplimiento de especificación de fabricación del material	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 22 00 A
175	2005.15	N.A.	Obras Mecánicas	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
176	2005.151	PR-02	Plomería	Situ	N.A.	Igual o superior a Ecoplog	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este S
177	2005.152	PR-03	Plomería	Situ	N.A.	Igual o superior a Ecocostal	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Arquitectónicas, Proyecto Torre Este S
178	2005.153	PR-01	Plomería	Situ	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
179	2006							
180	2006.1	N.A.	Concreto	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 3100 A
181	2006.11	C-02	Concreto	Situ	ASTM-C-1431/AASHTO T-119	25 a 75mm	Cada camión mezclador	Especificaciones Técnicas Obras existentes Sección 2.4
182	2006.12	C-01	Concreto	Lab	ASTM-C-391/AASHTO T-22	For 270lgm2 a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por cada 5m3 colocados. Concreto premesado: 4 cilindros por cada camión mezclador consecutivo. Falla: 1 cilindro a los 7 días, 1 cilindro a los 14 días y 2 cilindros a los 28 días. Tomar al menos una muestra por cada colada que se realice en obra por días. Volumen de concreto a colar por día mayor a 5m3: tomar una muestra. Camiones mezcladores de 7m3: 2 cilindros por camión consecutivo	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este Sección 03 3100 A
183	2006.13	C-08	Concreto	Especificación	ASTM-C-03	2.5 cm	Cuando lo solicite el profesional responsable	Especificaciones Técnicas Obras existentes Sección 2.4

Figura 27. Matriz resumen de pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones por actividad y tarea. Fuente: elaboración propia.

La hoja *Desglose general* tiene toda la información de los seis grandes grupos en los que se clasificaron las actividades y tareas para un proyecto de construcción de un edificio de salud, organizada como lo muestra la figura 27.

Para facilitar la búsqueda de las pruebas y especificaciones, esa misma información se puede encontrar en las hojas llamadas: 1000. Obras Previas, 2000. Obra Exterior, 3000. Obra Estructural, 4000. Obra Arquitectónica, 5000. Obra Mecánica y 6000. Equipo Médico.

## Seguimiento y control

El seguimiento y control se puede realizar con las hojas llamadas Registro de Informes, Costo por etapa de construcción, Costo mensual, Costo pruebas de acero, Costo pruebas de concreto y Costo pruebas de suelos.

Cada una de esas hojas se describe en la siguiente sección.

## Registro de informes

Esta hoja está diseñada para registrar los informes de las pruebas de laboratorio y los números de las bitácoras donde se encuentran los resultados de las pruebas en sitio, cada uno de los registros con la fecha en la que se realizó la prueba, el cumplimiento del resultado de acuerdo con el parámetro (Figura 28), el laboratorio

encargado de realizar la prueba (Figura 29), el detalle donde se describa brevemente dónde o a qué elemento o material se le realizó la prueba y también registrar el costo de esta.

La figura 30 muestra el formato de registro de la información, que sigue el orden de actividades y tareas descrito en la sección de Planificación.

I	J
CUMPLIMIENTO	LABORATORIO
SI	
SI	
NO	

Figura 28. Lista desplegable para registro de cumplimiento. Fuente: elaboración propia.

I	J
CUMPLIMIENTO	LABORATORIO
SI	
NO	Castro & De la Torre CIVICO Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería IMNSA Ingenieros Consultores S.A. Laborat Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A. INGEOTEC S.A.

Figura 29. Lista desplegable para registro de laboratorio. Fuente: elaboración propia.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN	FECHA	NUMERO INFORME	CUMPLIMIENTO	LABORATORIO	DETALLE	COSTO TOTAL	
2	1000				Obras Previas							
3	OP 1001				Preliminares							
4	OP 1001.1	N.A.	Suelos	N.A.	Estudio de Suelos							
5	OP 1001.1.1	S-01	Suelos	Sito	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)			SI				
6	OP 1001.1.2	S-02	Suelos	Lab	Clasificación de Suelos (SUCS y visual-manual)			NO				
7	OP 1001.1.3	S-03	Suelos	Lab	Contenido de Humedad Natural del Suelo							
8	OP 1001.1.4	S-04	Suelos	Lab	Limites de Atterberg							
9	OP 1001.1.5	S-11	Suelos	Lab	Análisis Granulométrico							
10	OP 1002				Movimientos de tierra y rellenos							
11	OP 1002.1	N.A.	Suelos	N.A.	Corte del terreno							
12	OP 1002.1.1	S-06	Suelos	Lab	Proctor Estándar							
13	OP 1002.2	N.A.	Suelos	N.A.	Excavación							
14	OP 1002.2.1	S-07	Suelos	Lab	Ensayo de Compresión Uniaxial							
15	OP 1002.2.2	S-06	Suelos	Lab	Proctor Estándar							
16	OP 1002.3	N.A.	Suelos	N.A.	Relleno de tierra							
17	OP 1002.3.1	S-05	Suelos	Lab	Análisis Granulométrico							

**Figura 30.** Formulario para registro de informes de laboratorio o número de bitácora en el caso de las pruebas en sitio. Fuente: elaboración propia.

En los informes de laboratorio y bitácoras del proyecto, se encuentra información detallada de los resultados obtenidos en las pruebas.

Entonces, al hacer el registro de los números de informe o números de bitácora, se puede consultar esa información en caso de ser necesario. Y al registrar el cumplimiento del resultado, se evita tener que buscar el informe o bitácora para saber si el resultado fue favorable o no. El registro de la fecha y el costo es importante para el control de costos.

## Reportes de costos

Los reportes de costos se actualizan de acuerdo con la información registrada en la hoja *Registro de Informes* y se muestra de forma gráfica. Se escogieron las categorías más comunes en las que se realizan pruebas y estas son: acero, concreto y suelos. Cada una de esas tres categorías tiene un reporte de costos. Los reportes de costos que se diseñaron son:

- Costo por etapa de construcción
- Costo mensual,
- Costo de las pruebas de concreto,
- Costo de las pruebas de acero y
- Costo de las pruebas de suelos.
- Avance mensual

Los reportes se describen a continuación:

### Costo por etapa de construcción

Muestra cuadros resumen y gráficos del costo total de todas las pruebas por etapa de construcción (Figura 31). El primer gráfico compara el costo total y la etapa de construcción, por su parte, el segundo gráfico compara los costos de las tres categorías de pruebas más comunes con la etapa de construcción del proyecto.

De estos gráficos se puede concluir cuál es la etapa de construcción en la que más dinero se pagó y cómo es la distribución del dinero en las tres categorías de pruebas más comunes, por etapa de construcción.

Cada vez que se registre información en la hoja de la figura 30 estos gráficos se van a actualizar.



Figura 31. Reporte de costo por etapa de construcción. Fuente: elaboración propia.

## Costo mensual

En la figura 32 se puede ver el reporte de costos mensual, donde se resumen los costos de pruebas por mes y año. Los gráficos se actualizan cada vez que el usuario ingresa información acerca de la fecha y el costo. Se debe respetar el formato de ingreso de la fecha (dd/mes/aaaa), por ejemplo: 19/octubre/2019. Lo importante es que el mes esté escrito en letras y el año con los cuatro dígitos.

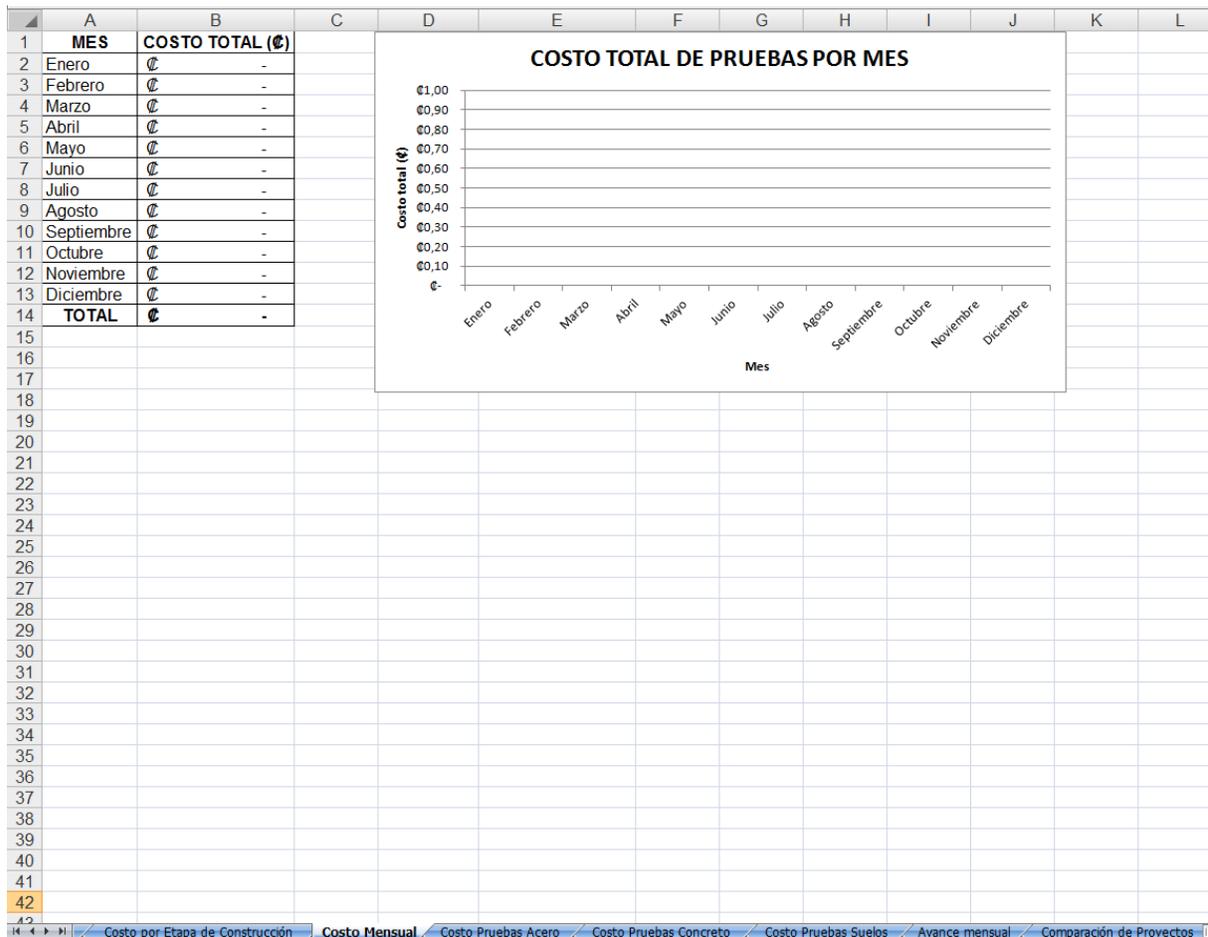


Figura 32. Reporte de costo mensual. Fuente: elaboración propia.

### Costo pruebas de acero

Las figuras 33 y 34 muestran los reportes de costos de las pruebas clasificadas en la categoría de Acero Estructural (AE) y Acero de Refuerzo (AR).

La descripción para cada una de las pruebas, representadas con códigos, se puede buscar en la hoja [Índice de pruebas](#).

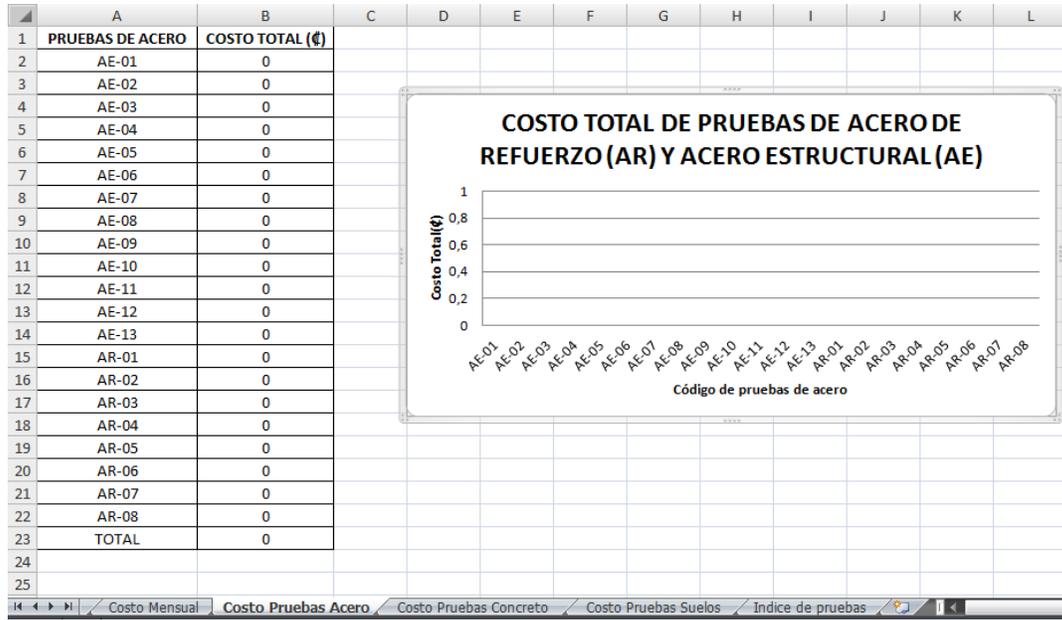


Figura 33. Reporte de costos de pruebas de acero, parte 1. Fuente: elaboración propia.

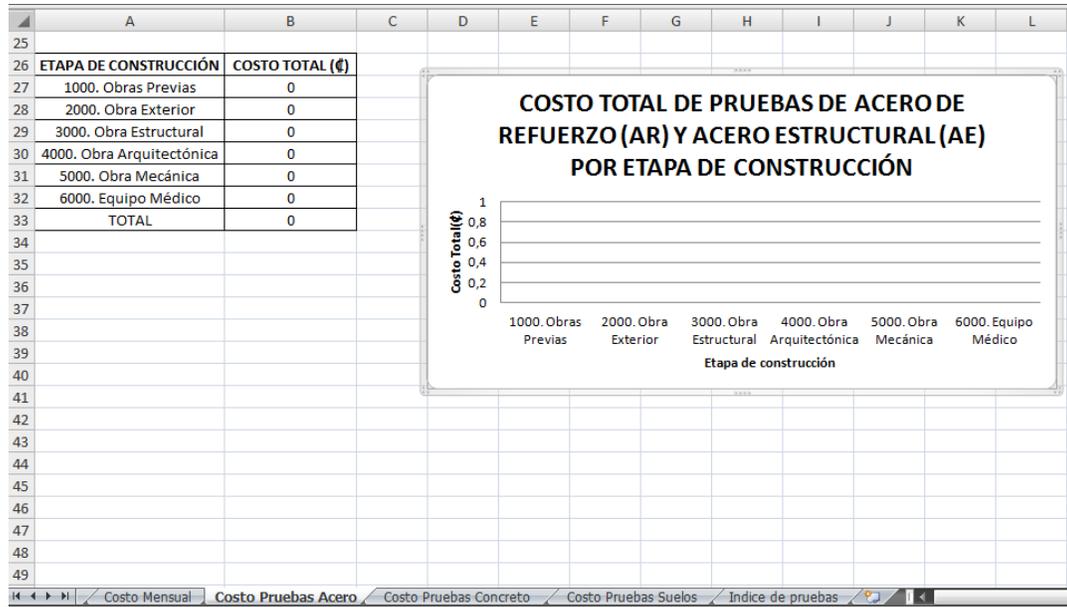


Figura 34. Reporte de costos de pruebas de acero, parte 2. Fuente: elaboración propia.

### Costo Pruebas de Concreto

Las figuras 35 y 36 muestran los reportes de costos para las pruebas de la categoría Concreto (C). En la hoja *Índice de pruebas* se puede consultar el nombre de la prueba buscando con el código de prueba.

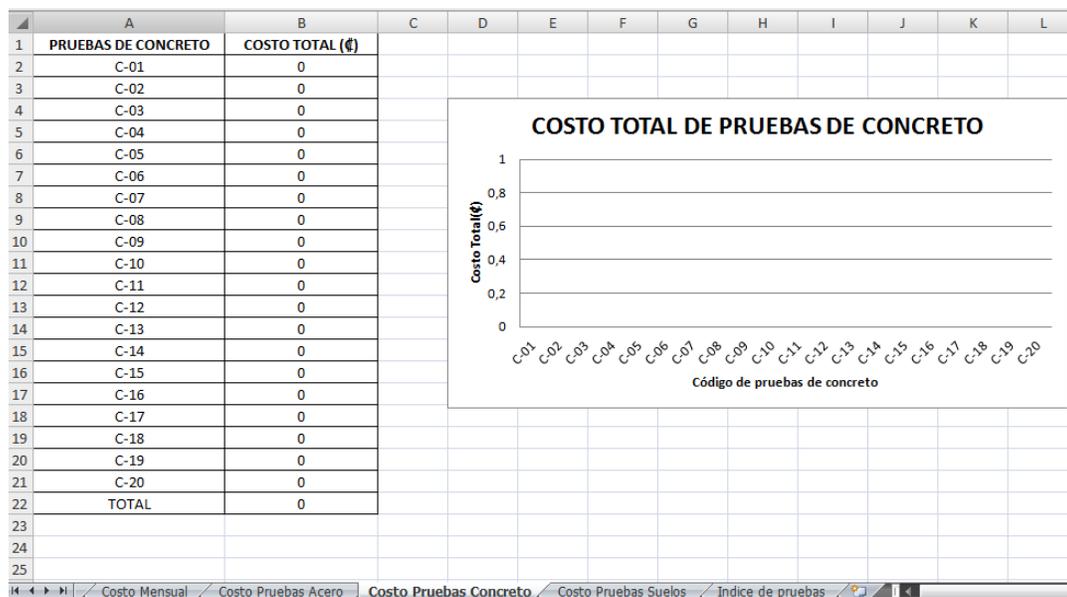


Figura 25. Reporte costos de pruebas de concreto, parte 1. Fuente: elaboración propia.

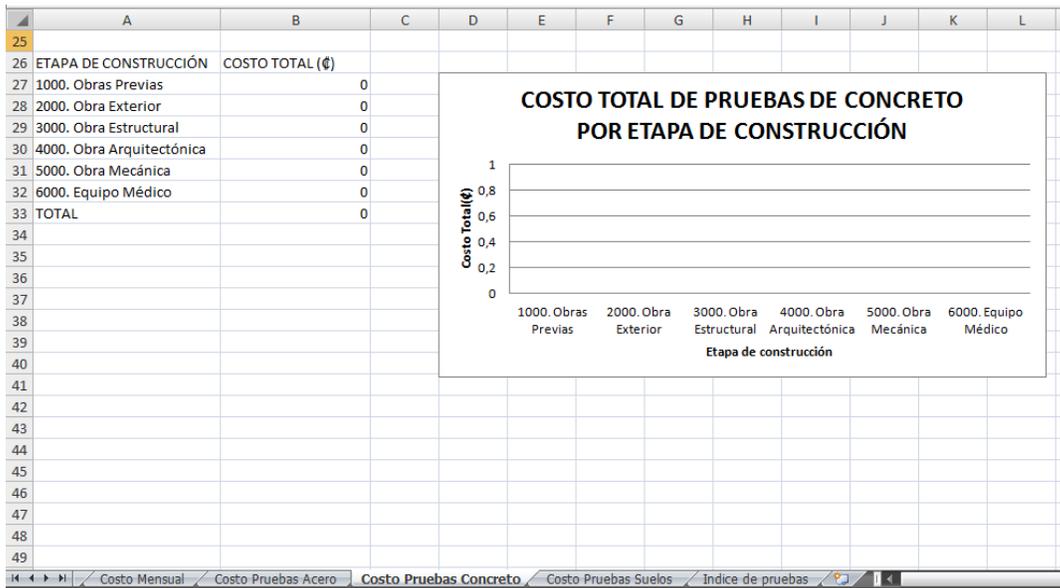


Figura 36. Reporte de pruebas de concreto, parte 2. Fuente: elaboración propia.

### Costo pruebas de suelos

En las figuras 37a y 37b se muestran los reportes de costos de pruebas de la categoría Suelos (S).

En la hoja *Índice de pruebas* se puede consultar el nombre de la prueba buscando con el código de prueba.

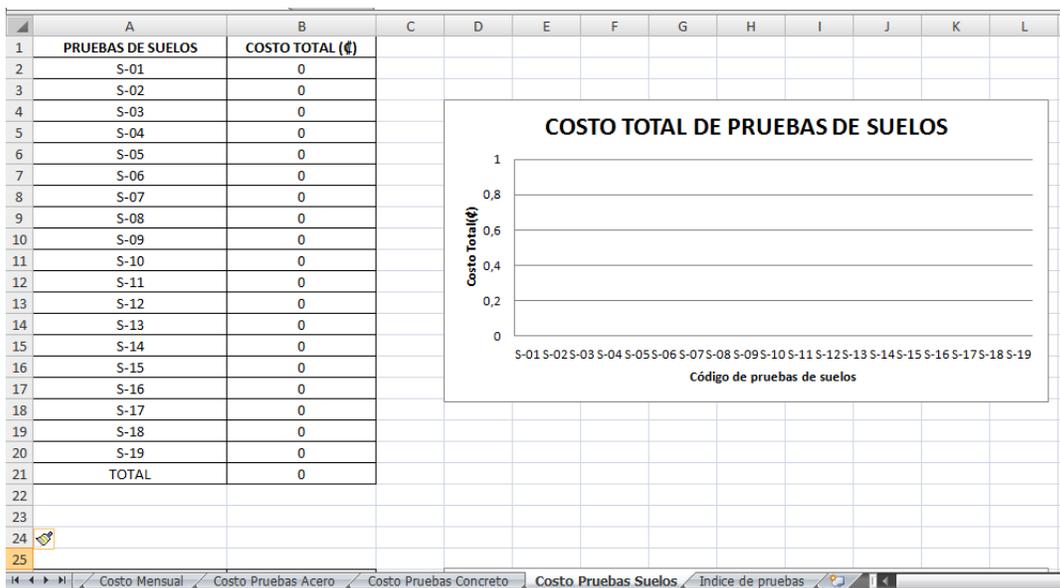


Figura 37a. Reporte de costos de pruebas de suelos, parte 1. Fuente: elaboración propia.

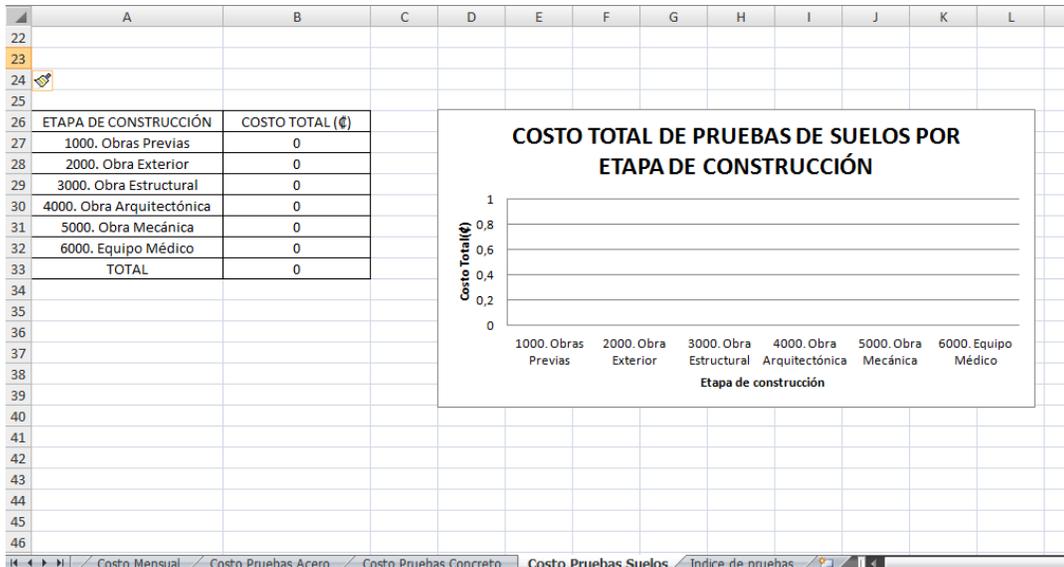


Figura 37b. Reporte de pruebas de suelos, parte 2. Fuente: elaboración propia.

### Avance mensual

La figura 38 muestra un ejemplo de reporte de avance mensual de costos. Este reporte se encuentra en la hoja *Costo mensual* y se puede obtener información del saldo restante del monto destinado para cubrir los gastos de las pruebas y el costo mensual total de las pruebas realizadas.

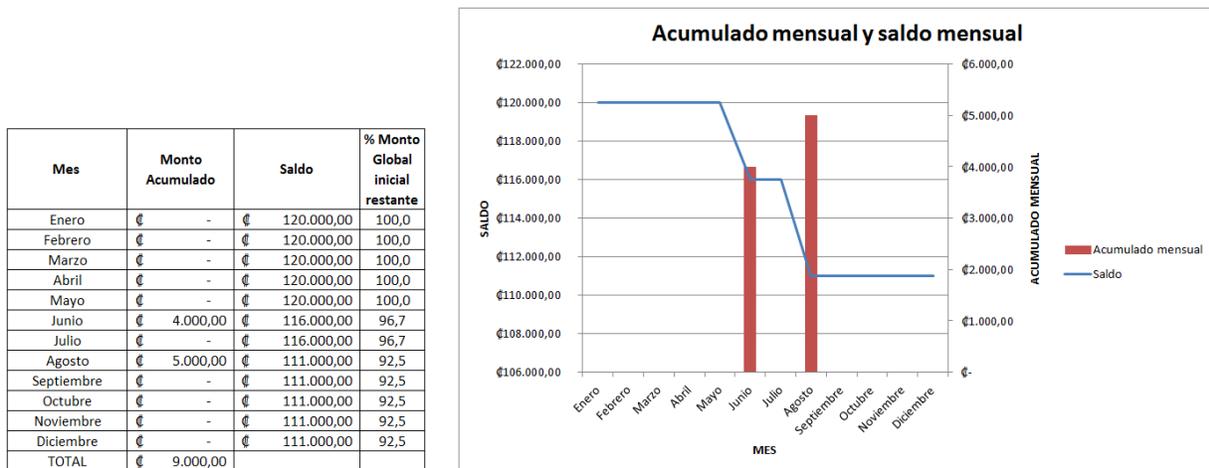


Figura 38. Reporte de avance mensual de costos, mes de corte: agosto. Fuente: elaboración propia con datos de los informes de laboratorio No 8325-2019 y No 8244-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

## Laboratorios acreditados

Contiene la información de contacto de los laboratorios acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) para realizar pruebas de laboratorio y pruebas en sitio. El [Capítulo E](#) de este manual trata con detalle el tema de las acreditaciones, el ECA, laboratorios y organismos de inspección acreditados.

## Contacto de laboratorios y organismos de Inspección

La figura 39 muestra la información de contacto de los laboratorios y organismos de inspección acreditados por el ECA.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Laboratorios de Ensayo Acreditados por el ECA</b>	<b>Información de Contacto</b>						
2		<b>Teléfono</b>			<b>Página Web</b>			
3	Castro & De la Torre	2232-2273			<a href="http://www.cyt.cr/">www.cyt.cr/</a>			
4	CIVCO	2550-2309 / 2550-2172			<a href="http://www.tec.ac.cr/unidades/laboivco">www.tec.ac.cr/unidades/laboivco</a>			
5	Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A. CACISA.	2244-0548			<a href="http://www.cacisa.cr/">www.cacisa.cr/</a>			
6	IMNSA Ingenieros Consultores S.A. Laboratorio de Geotecnia y Materiales	2234-1587			----			
7	Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.	2231-3458 / 2296-2391			<a href="http://www.itp.cr">www.itp.cr</a>			
8	INGEOTEC S.A.	2294-4010			<a href="http://www.ingetec-cr.com">www.ingetec-cr.com</a>			
9	INSUMA S.A.	2234-5070			<a href="http://www.insuma.co.cr">www.insuma.co.cr</a>			
10	Laboratorio de Ensayo de Materiales del Instituto Nacional de Aprendizaje INA	2433-9882			----			
11	Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Pavimentos S.A (LIMPISA)	2772-6463			----			
12	Laboratorio de Materiales Carlos Araya S.A.	2285-0302			----			
13	Laboratorio del Centro Tecnológico de Concreto (CETEC) Holcim	2205-2970			<a href="http://www.holcim.com">www.holcim.com</a>			
14	Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME-UCR)	2511-2500 / 2511-2531			<a href="http://www.lanamme.ucr.ac.cr/">www.lanamme.ucr.ac.cr/</a>			
15	Laboratorio Vieto & Asociados S.A.	2268-8297 / 2268-0496 / 2268-0497			<a href="http://www.vieto.com">www.vieto.com</a>			
16	LGC Ingeniería de Pavimentos S.A.	2250-7009			----			
17	MYV Soluciones Geotécnicas S.A.	2283-4418			<a href="http://www.myv-sg.com/">www.myv-sg.com/</a>			
18	QJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.	2226-4078			----			
19	TecnoControl Laboratorio S.A.	2440-3419			<a href="http://www.tecnocontrolcr.net">www.tecnocontrolcr.net</a>			
20	Fuente: Ente Costarricense de Acreditación							
21								
22	<b>Organismos de Inspección Acreditados por el ECA</b>	<b>Información de Contacto</b>						
23		<b>Teléfono</b>			<b>Página Web</b>			
24	Castro & De la Torre	2663-2574 / 2663-2532			<a href="http://www.cyt.cr">www.cyt.cr</a>			
25	Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A. CACISA	2244-0548			<a href="http://www.cacisa.cr">www.cacisa.cr</a>			
26	Consorcio Estratega V & CH S.A.	2271-5314 / 8814-6175			---			
27	Construcciones Gutiérrez COGUSA S.A.	2795-0615			<a href="http://www.construccionesgutierrez.com">www.construccionesgutierrez.com</a>			
28	Consultora y Ejecutora SALASA S.A.	2272-9070			<a href="http://www.consultorasalasa.com">www.consultorasalasa.com</a>			
29	Consultoría y Construcción en obras civiles Moreira S.A., CCOCCIMO	2487-8729			---			
30	Diseño, Inspección y Consultoría en Carreteras y Obras Civiles DICCOCC R.L.	2261-7570			<a href="http://www.diccoc.com">www.diccoc.com</a>			
31	Empresa FAMCOVA de Costa Rica S.A.	2487-8724			<a href="http://www.famcova.net">www.famcova.net</a>			
32	Grupo DEDAL S.A.	2241-0390			---			
33	Grupo Lauher S.A.	2475-6446 / 8318-5299			<a href="http://www.grupolauher.com">www.grupolauher.com</a>			
34	Ileana Aguilar Ingeniería y Administración S.A.	2475-6779			<a href="http://www.iaacr.com">www.iaacr.com</a>			
35	IMNSA Ingenieros Consultores S.A. Organismo de Inspección	2234-1587			---			
36	Inspección y Consultoría Sánchez Elizondo S.A.	8723-8851			---			
37	Inversiones Rivera Segura S.A., IRSSA	2711-3201			---			
38	M.C.S. Mauca Interamericana S.A.	2665-9360			<a href="http://www.maucacr.com">www.maucacr.com</a>			
39	MSD Consultores y Constructores S.A.	2226-4379			<a href="http://www.msdcyc.com">www.msdcyc.com</a>			
40	Organismo de Inspección Plataforma de Almenar	8313-8719 / 8396-0433			---			
41	Poligonal S.A.	2666-9360 / 8385-8550			---			
42	Vieto y Asociados	2268-9457			<a href="http://www.vieto.com">www.vieto.com</a>			
43	Fuente: Ente Costarricense de Acreditación							
44								

**Figura 39.** Información de contacto de los laboratorios y organismos de inspección acreditados por el ECA. Fuente: elaboración propia con base en ECA.

## Información

En esta sección se encuentra el índice de pruebas y especificaciones, que se describe a continuación.

## Índice de pruebas y especificaciones

En esta hoja se pueden consultar los nombres de las pruebas buscando su código de prueba respectivo, además del nombre de la prueba, se puede encontrar el nombre de la norma que describe su aplicación o procedimiento. En la figura 40 se muestra la matriz resumen organizada en las 13 categorías en las que se clasificaron las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.

	B	C
1	<b>ACERO ESTRUCTURAL (AE)</b>	
2	Inspección visual	CSCR 2010 Capítulo 10
3	Ultrasonido	CSCR 2010 Capítulo 10
4	Tintas penetrantes	CSCR 2010 Capítulo 10
5	Rayos X	CSCR 2010 Capítulo 10
6	Pernos de alta resistencia (conexiones de vigas)	ASTM F-3125
7	Dimensiones de los pernos	ANSI B18.2.1
8	Pernos tensados	AISC 360 Tabla J 3.1
9	Verificación de torque	N.A.
10	Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia de Baja Aleación de Niobio-Vanadio	ASTM A-572
11	Especificación Normalizada para Acero al Carbono Estructural	ASTM A-36
12	Especificación Normalizada para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Soldados y sin Costura Conformados en	ASTM A-500
13	Especificación estándar para acero al carbono, láminas y tiras, laminado en caliente, estructural, de alta resistencia de baja aleación y ultra alta resistencia	ASTM A-1011
14	Especificación Normalizada para Lámina de Acero, Recubierto de Zinc o Recubierto de Aleación de Zinc-Hierro	ASTM A-653
15	<b>ACERO DE REFUERZO (AR)</b>	
16	Prueba de tracción	ASTM A-370
17	Norma Oficial de Barras de Acero para Hormigón Armado (Concreto)	MEIC-12666
18	Especificación Normalizada para Refuerzo Electrosoldado de Alambre de Acero Liso, para Concreto	ASTM A-1064
19	Dovelas	AASHTO M-254
20	Barras de amarre	AASHTO M-31M
21	Especificación Normalizada para Torón de Acero, de Siete Alambres sin Recubrimiento para Concreto Preesforzado	ASTM A-416
22	<b>ASFALTO (AS)</b>	
23	Diseño mezcla SUPERPAVE	CR 2010 Sección 401.03
24	Contenido de vacíos	AASHTO T-269
25	Análisis Granulométrico	AASHTO T-30
26	Gravedad específica y densidad de la mezcla	AASHTO T-209, AASHTO T-166
27	Resistencia a la tensión diametral	AASHTO T-283
28	<b>CONCRETO (C)</b>	
29	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASHTO T-22
30	Revenimiento	ASTM C-143

Figura 40. Índice de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio. Fuente: elaboración propia.

## Especificaciones de apoyo

En esta hoja se encuentra una matriz (Figura 41) con especificaciones de apoyo para el control de calidad para el acero de refuerzo, concreto fabricado en sitio y concreto premezclado. Para cada una de las especificaciones se encuentra también el nombre del ensayo, la norma, el parámetro por cumplir y la referencia bibliográfica.

	A	B	C	D	E
	Material	Norma	Ensayo	Parámetro	Referencia Cartelaria
1	Aceros de refuerzo				Especificaciones Técnicas Civiles Torre Este HCG
2					
3	Barras de acero #3 a #4	ASTM A-615 Especificación Normalizada para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto	N.A.	Barras corrugadas Grado 40.	Sección 03 21 00 Apartado 4.1
4		ASTM A-370 Método de Ensayo Normalizado y Definiciones para Ensayos Mecánicos de Productos de Acero	Prueba de tensión	Límite de fluencia mínimo: 2800kg/cm <sup>2</sup>	Sección 03 21 00 Apartado 4.3
5				Límite de rotura 1,25 veces el límite de fluencia	
6				Esfuerzo real de fluencia no debe sobrepasar el esfuerzo especificado en más de 1250kg/cm <sup>2</sup>	
7				Deformación límite al menos 15 veces la deformación del estado de fluencia	
8		MEIC-12666 Norma Oficial de Barras de Acero para Hormigón Armado (Concreto)	N.A.	Cumplir con las especificaciones	Sección 03 21 00 Apartado 4.5
9	Barras de acero #5 en adelante	ASTM A-706 Especificación Normalizada para Barras de Acero de Baja Aleación Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto	N.A.	Barras corrugadas Grado 60.	Sección 03 21 00 Apartado 4.2 / Apartado 4.4
10		ASTM A-370 Método de Ensayo Normalizado y Definiciones para Ensayos Mecánicos de Productos de Acero	Prueba de tensión	Límite de fluencia mínimo: 4200kg/cm <sup>2</sup>	Sección 03 21 00 Apartado 4.3
11				Límite de rotura 1,25 veces el límite de fluencia	
12				Esfuerzo real de fluencia no debe sobrepasar el esfuerzo especificado en más de 1250kg/cm <sup>2</sup>	
13				Deformación límite al menos 15 veces la deformación del estado de fluencia	
14		MEIC-12666 Norma Oficial de Barras de Acero para Hormigón Armado (Concreto)	N.A.	Cumplir con las especificaciones	Sección 03 21 00 Apartado 4.5
15	Torones	ASTM A-416 Especificación Normalizada para Tornón de Acero, de Siete Alambres sin Recubrimiento para Concreto Preeforzado	N.A.	Cumplir con las especificaciones	Sección 03 23 00 Apartado 4.1.1
16	Concreto fabricado en sitio				Especificaciones Técnicas Civiles Torre Este HCG
17	Cemento Portland tipo I	ASTM C-150 Especificación Normalizada para Cemento Portland	N.A.	Cumplir con las especificaciones y contener una adición de puzolanas de 30% como mínimo	Sección 03 31 00 Apartado 4.1.1
18		ASTM C-595 Especificación Normalizada para Cementos Adicionados Hidráulicos	N.A.	Cumplir con las especificaciones	
19		RTCR 383-2004 Reglamento Técnico para Cementos Hidráulicos, Especificaciones	N.A.	Cumplir con las especificaciones	
20	Agregados	ASTM C-33 Especificación Normalizada para Agregados para Concreto	N.A.	Tamaño máximo del agregado grueso 2,5cm	Sección 03 31 00 Apartado 4.3.1 / Apartado 4.3.2
21		ASTM C-136 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos	Granulometría por tamizado	Varía de acuerdo a las especificaciones técnicas	
22	Aditivos	ASTM C-494 Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto	N.A.	Cumplir con las especificaciones. Contratista debe presentar fichas técnicas.	Sección 03 31 00 Apartado 4.4.2
23		ASTM C-39 Método de Ensayo Normalizado para la Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto	Resistencia a la compresión	F <sub>c</sub> de acuerdo a cada tipo de elemento. La resistencia promedio de cada tres pruebas consecutivas debe ser igual o mayor a la resistencia especificada. Los resultados no pueden tener valores de resistencia menores en 35kg/cm <sup>2</sup>	Sección 03 31 00 Apartado 5.2.1
24		ASTM C-172 Práctica Normalizada para Muestreo de Concreto Recién Mezclado	N.A.	Cumplir con las especificaciones	
25		ASTM C-31 Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra	N.A.	Cumplir con las especificaciones	
26		ASTM C-143 Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico	Revenimiento	No mayor a 100mm	
27		Relación agua/cemento no mayor a 24,5 litros por saco de cemento	N.A.	N.A.	Sección 03 31 00 Apartado 5.2.4
28	Concreto premezclado				Especificaciones Técnicas Civiles Torre Este HCG
29		ASTM C-94 Especificación Normalizada para Concreto Premezclado	N.A.	Cumplir con las especificaciones	Sección 03 31 00 Apartado 4.5.3
30		ASTM C-39 Método de Ensayo Normalizado para la Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto	Resistencia a la compresión	F <sub>c</sub> de acuerdo a cada elemento	Sección 03 31 00 Apartado 5.2.3
31					
32					
33					

Figura 41. Especificaciones de apoyo para acero de refuerzo, concreto fabricado en sitio y concreto premezclado. Fuente: elaboración propia.

## Diagramas de flujo

Se pueden encontrar enlaces de archivos PDF que contienen los diagramas de flujo para las pruebas más comunes. Estos diagramas se describen con detalle en la sección de este manual llamada [Diagramas de flujo](#).

## Normas

En esta hoja se encuentran archivos PDF con la información de las normas de las pruebas y especificaciones varias para cada una de las 13 categorías en las que se clasificaron las pruebas y especificaciones. Esta información es la que se describe en el [Capítulo B](#) de este manual.

## Modificaciones

Las modificaciones que se pueden hacer al archivo de MS Excel son:

- Agregar filas en caso de que se deba agregar una nueva prueba o especificación para una actividad o tarea. Tomar en cuenta actualizar los códigos de actividad y códigos de prueba, clasificar la prueba o especificación dentro de alguna de las 13 categorías e ingresar el tipo de prueba.
- Si se agregan filas con nuevas actividades, tareas, pruebas o especificaciones, se debe agregar igualmente en las demás hojas que usen la información desglosada de esa manera.
- Modificar datos de contacto de los laboratorios.

Las modificaciones que **NO** se deben hacer al archivo de MS Excel:

- Cambiar el nombre del archivo.
- Cambiar el nombre de las hojas o eliminar hojas existentes.
- Cambiar el nombre de las columnas o eliminar columnas existentes.
- Agregar columnas en medio de las existentes.
- Alterar el orden de las columnas existentes.
- Borrar fórmulas.

Las modificaciones que NO se deben hacer son importantes para el funcionamiento correcto de la Herramienta Digital llamada *Control de Calidad*. La herramienta digital se desarrolló para facilitar el registro y búsqueda de información del archivo de MS Excel.

El funcionamiento de la herramienta se puede ver en el *Manual de Usuario de la Herramienta Digital 'Control de Calidad'*.

# Capítulo D

## Diagramas de flujo

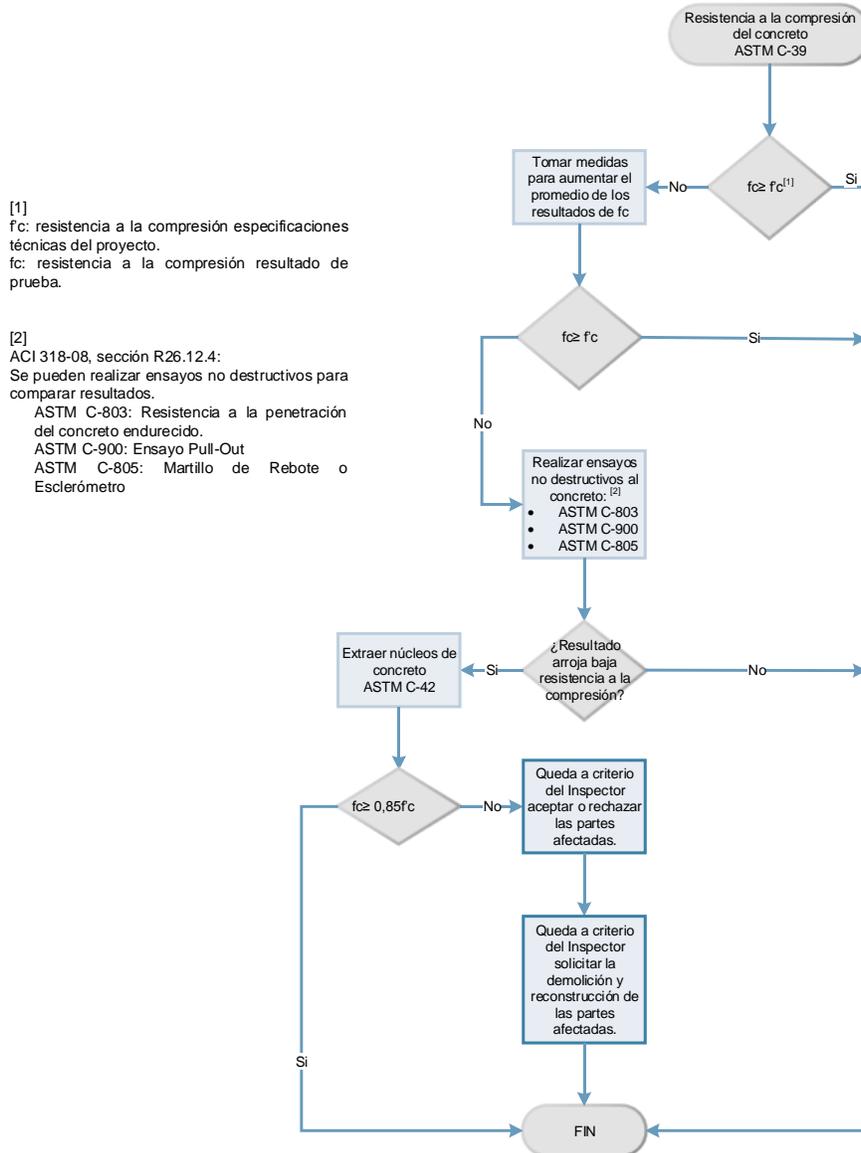
Los diagramas de flujo diseñados son para las pruebas más comunes, y muestran los pasos por seguir dependiendo del resultado obtenido, además, se incluye información extra como referencias a códigos y parámetros por cumplir.

Están basados en lo que recomienda la teoría para actuar en caso de que el resultado no sea favorable o los pasos que se recomienda seguir para llevar el control de calidad del material. El profesional responsable puede tomar otras decisiones si las considera correctas.

Algunas de las fuentes bibliográficas de esta sección son: el Código de Cimentaciones, el ACI 318R-14, ACI 530.1-02, especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia, Código Sísmico de Costa Rica y el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias y el Código de Soldadura Estructural AWS.

Algunos de los diagramas están acompañados de información adicional de la prueba a la que hacen referencia.

# Resistencia a la compresión del concreto



**Figura 42.** Diagrama de flujo para control de resistencia a la compresión del concreto. Fuente: elaboración propia con base en (ACI, 2014) y especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

El ACI 318R-14 en la sección 26.12.3.1 menciona los criterios por tomar en cuenta para evaluar los resultados de resistencia a la compresión de cilindros de concreto. Los resultados se consideran satisfactorios cuando:

- La resistencia promedio de tres pruebas consecutivas es igual o mayor a la resistencia a la compresión especificada. (Cada prueba se considera de dos cilindros)
- Ningún resultado de prueba individual de resistencia a la compresión (2 cilindros) sea:
  - Menor que la  $f'c$  especificada por más de 35 kg/cm<sup>2</sup> cuando  $f'c \leq 350$  kg/cm<sup>2</sup>.
  - Menor que la  $f'c$  especificada por más del 10% cuando  $f'c \geq 350$  kg/cm<sup>2</sup>.

Si no hay información en planos, la resistencia a la compresión del concreto que se empleará para la construcción de los elementos de concreto reforzado será según la figura 43.

Elemento	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Losa y vigas de fundación	280
Sello de fundaciones	105
Columnas y vigas de concreto	280
Entrepisos y losas de techo	280
Contrapisos	210
Pedestales	280
Muros estructurales	280
Relleno de bloques	175
Mochetas, vigas corona y medianera en paredes de mampostería	210
Columnetas, vigas corona y medianera en muros	280

**Figura 43.** Resistencia a la compresión a los 28 días. Fuente: Especificaciones Técnicas Área Civil (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

De acuerdo con el ACI 318-08, sección R26.12.3.1(c), las medidas que se deben tomar en caso de que los resultados de resistencia a la compresión de cilindros de concreto no se consideren satisfactorios pueden ser:

- Mejorar la calidad de la toma de muestras.
- Reducción o mayor control del revenimiento.
- Reducción en el tiempo de entrega del concreto.
- Aumentar contenido de cemento de la mezcla.
- Cambiar proporciones de diseño de la mezcla
- Mayor control del contenido de aire de la mezcla de concreto.

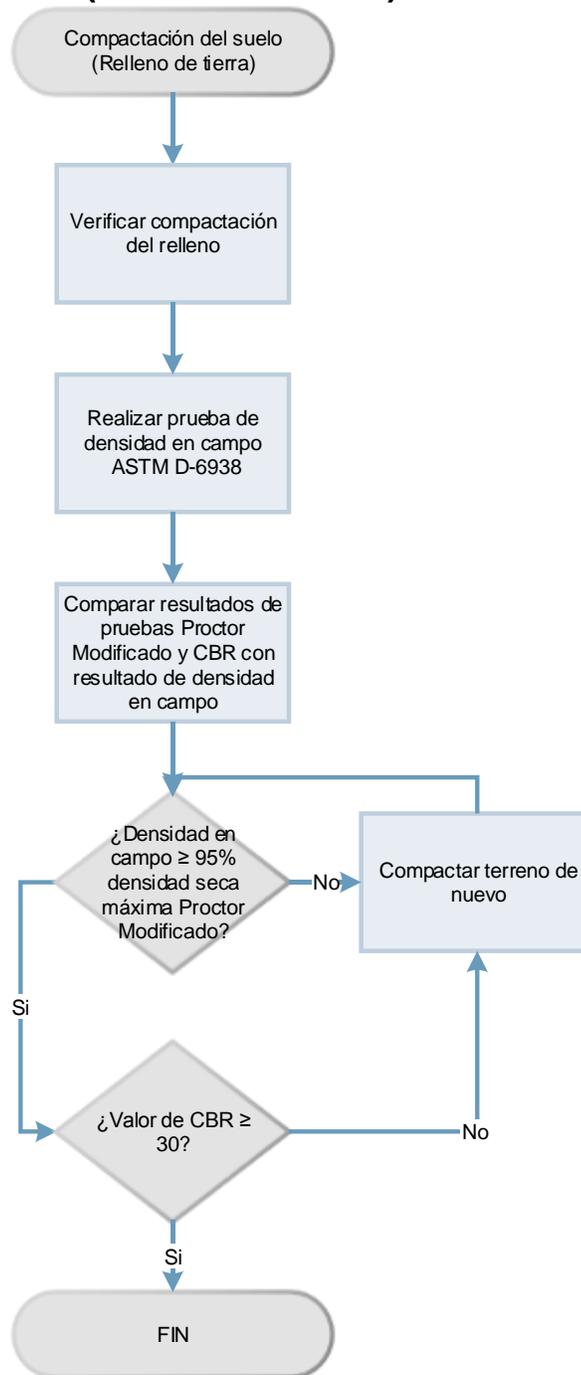
La sección R26.12.4 del ACI 318-08 recomienda realizar ensayos no destructivos para comparar resultados, en caso de que después de adoptar las medidas descritas anteriormente el resultado de  $f'c$  no sea el esperado. Las pruebas no destructivas:

- ASTM C-803: Resistencia a la penetración del concreto endurecido.
- ASTM C-900: Ensayo Pull-Out.
- ASTM C-805: Martillo de Rebote o Esclerómetro.

Según el ACI 318-08 sección 26.12.4.1 si los ensayos no destructivos indican baja resistencia, se puede realizar la extracción de núcleos de concreto. Se deben tomar tres núcleos, el promedio de resistencia debe ser al menos igual a  $0,85f'c$  ( $f'c$ : resistencia especificada) y ningún núcleo debe tener resistencia menor a  $0,75f'c$ .

Las diferencias en tamaño de los especímenes (núcleos y cilindros), condiciones de obtención de las muestras y en los procedimientos para curar las muestras no permiten que los resultados de resistencia a la compresión sean iguales.

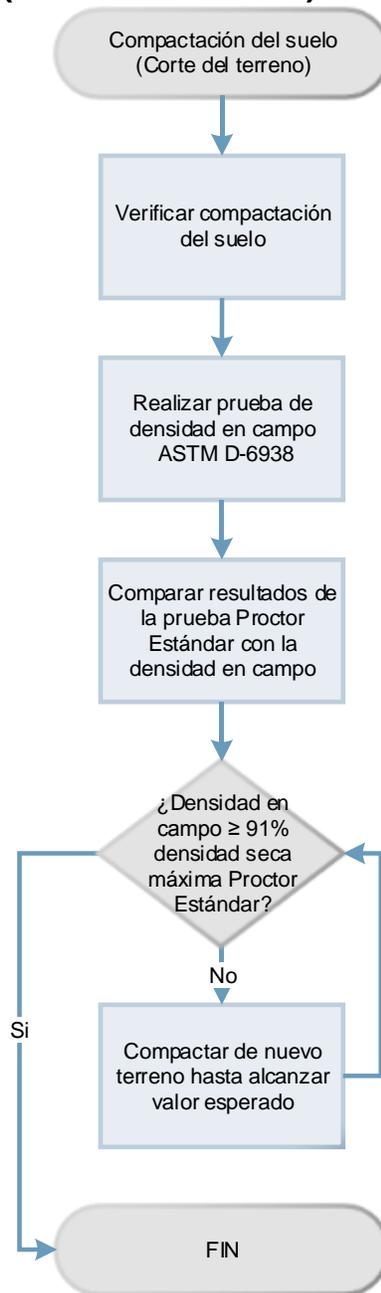
## Compactación del suelo (Relleno de tierra)



**Figura 44.** Diagrama de flujo para compactación del suelo (relleno). Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

Ver en el Capítulo B información adicional acerca de la compactación de suelos.

## Compactación del suelo (corte del terreno)



**Figura 45.** Diagrama de flujo para compactación del terreno (corte). Fuente: elaboración propia con base en el Código de Cimentaciones de Costa Rica (ACG, 2009).

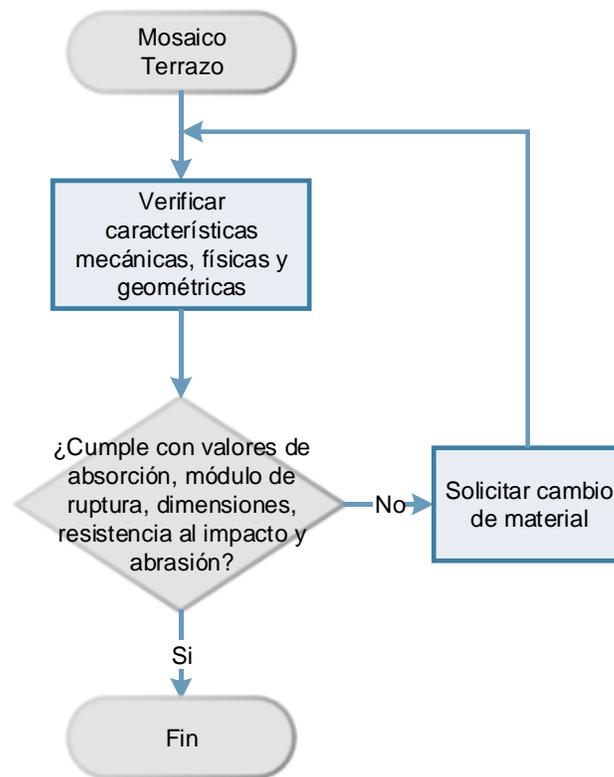
Ver en el Capítulo B información adicional acerca de la compactación de suelos.

## Mosaico y terrazo

El terrazo a instalar deberá tener como mínimo 14 días de fabricado a partir del día de prensado y deberá corresponder a una sola partida.

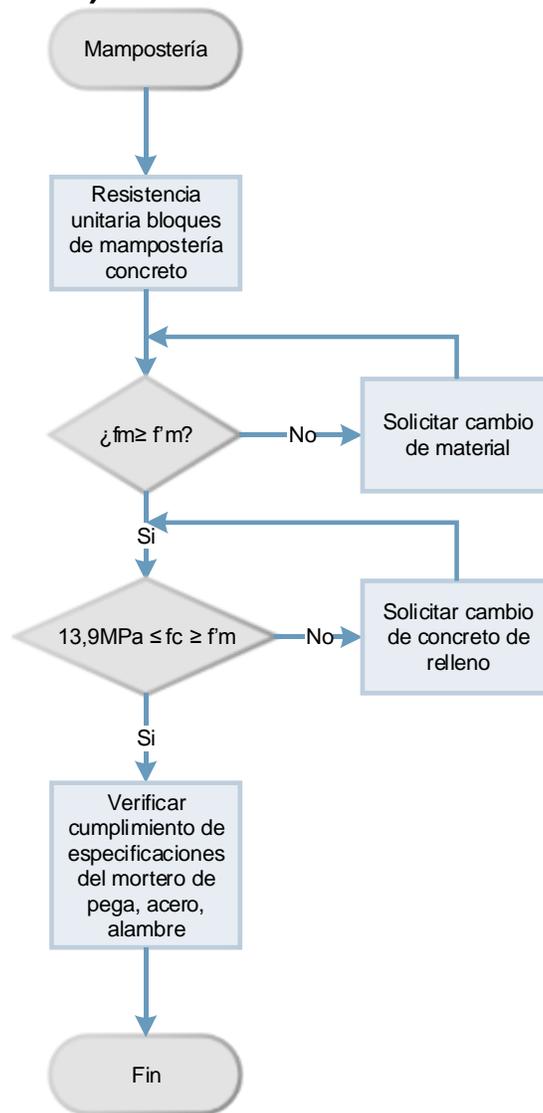
Debe ser de primera calidad, de color, tamaño y textura uniformes, con el color obtenido 90% del color de los agregados; con dimensiones de 30 x 30 cm., prensado dos veces con una presión de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Los resultados de las pruebas serán sometidas a examen del Inspector y éste dará su aprobación en cuanto a características mecánicas, físicas, geométricas, calidad de las materias primas y color.



**Figura 46.** Diagrama de flujo para mosaico y terrazo. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016)..

## Mampostería (General)



**Figura 47.** Diagrama de flujo para control de calidad de la mampostería. Fuente: elaboración propia con base en el Código Sísmico de Costa Rica 2010 (CFIA, 2011).

De acuerdo con el CSCR 2010, la mampostería clase A es obligatoria para todas las construcciones con área mayor que  $1000\text{m}^2$  y tres pisos de altura.

La figura 48 resume las resistencias mínimas para los bloques de mampostería que exige el CSCR 2010 (CFIA, 2011).

Resistencia	Clase A	Clase B	Clase C
$f'm_{\text{promedio}}$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	133	90	75
$f'm_{\text{individual}}$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	120	80	70

**Figura 48.** Clases y resistencia a la compresión mínima de unidades de mampostería de concreto huecas. Fuente: Anexo A.1.1 del CSCR 2010 (CFIA, 2011).

## Determinación de la resistencia a la compresión para mampostería

El ACI 530.1-02, parte 1.4 B, menciona dos métodos por los cuales se puede determinar la resistencia a la compresión de la mampostería ( $f_m$ ):

1. Resistencia unitaria (Ver figura 49)
2. Método de prueba de prismas de mampostería ASTM C-1314.

El CSCR 2010 en el Anexo A.3.2 menciona que el espesor de la primera junta debe ser mínimo 0,6cm y máximo 2,5cm, y el espesor de las juntas siguientes debe ser mínimo 0,6cm y máximo 1,6cm.

RESISTENCIA UNITARIA		
<b>Unidades de arcilla</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deben ser fabricados cumpliendo la especificación ASTM C-62.</li> <li>• La resistencia a la compresión (<math>f_m</math>) se determina mediante la prueba ASTM C-67.</li> </ul>	Cumplir con alguna de estas condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreto de relleno fabricado de acuerdo con ASTM C-476.</li> <li>• Resistencia del concreto de relleno mayor o igual a <math>f_m</math>, pero no menor a 13,79MPa.</li> </ul> Resistencia del concreto de relleno se determina con la prueba ASTM C-1019.
<b>Unidades de concreto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deben ser fabricados cumpliendo la especificación ASTM C-90.</li> <li>• La resistencia a la compresión (<math>f_m</math>) se determina mediante la prueba ASTM C-140.</li> </ul>	

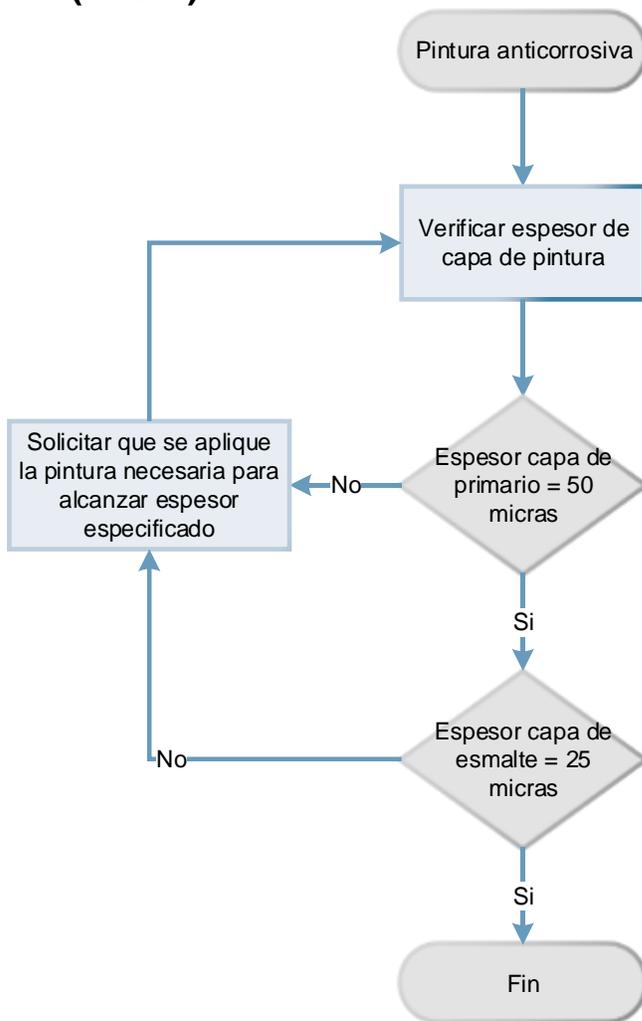
**Figura 49.** Método de resistencia unitaria para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería. Fuente: elaborado con base en el ACI 530.1-02 parte 1.4 B (ACI, 2002).

También se debe verificar el cumplimiento de las especificaciones de fabricación de los materiales por utilizar en la construcción de las paredes de mampostería. (Ver figura 50).

MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	
Concreto de relleno	ASTM C-476	
Unidades de arcilla	ASTM C-90	
Unidades de concreto	ASTM C-62	
Alambre	ASTM A-496	
Mortero de pega	ASTM C-270	
Acero de refuerzo	#3 y #4	ASTM A-615
	#5 en adelante	ASTM A-706

**Figura 50.** Especificaciones de fabricación de materiales para uso en paredes de mampostería. Fuente: elaborado con base en el ACI 530.1-02 (ACI, 2002).

## Pintura (Acero)

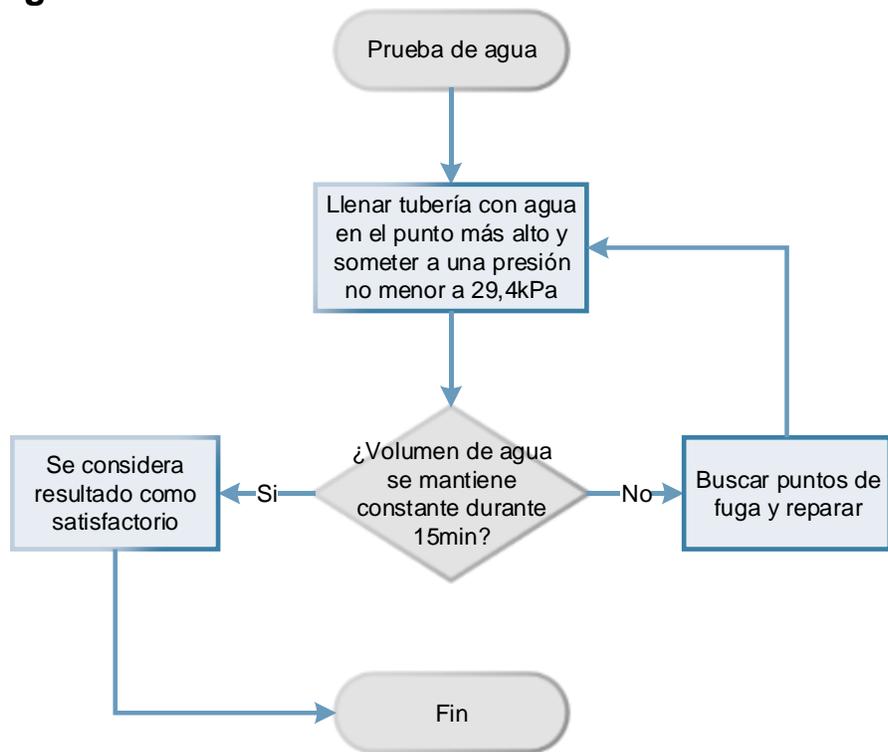


Todas las pinturas a utilizar en la obra deben ser de primera calidad, de una marca conocida en el mercado nacional y aprobada por el Inspector.

Las superficies de metal deben ser pintadas con anticorrosivos y de acuerdo a lo que se indique en las especificaciones técnicas para estructuras metálicas.

**Figura 51.** Diagrama de flujo para pintura superficies de metal. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

## Prueba de agua

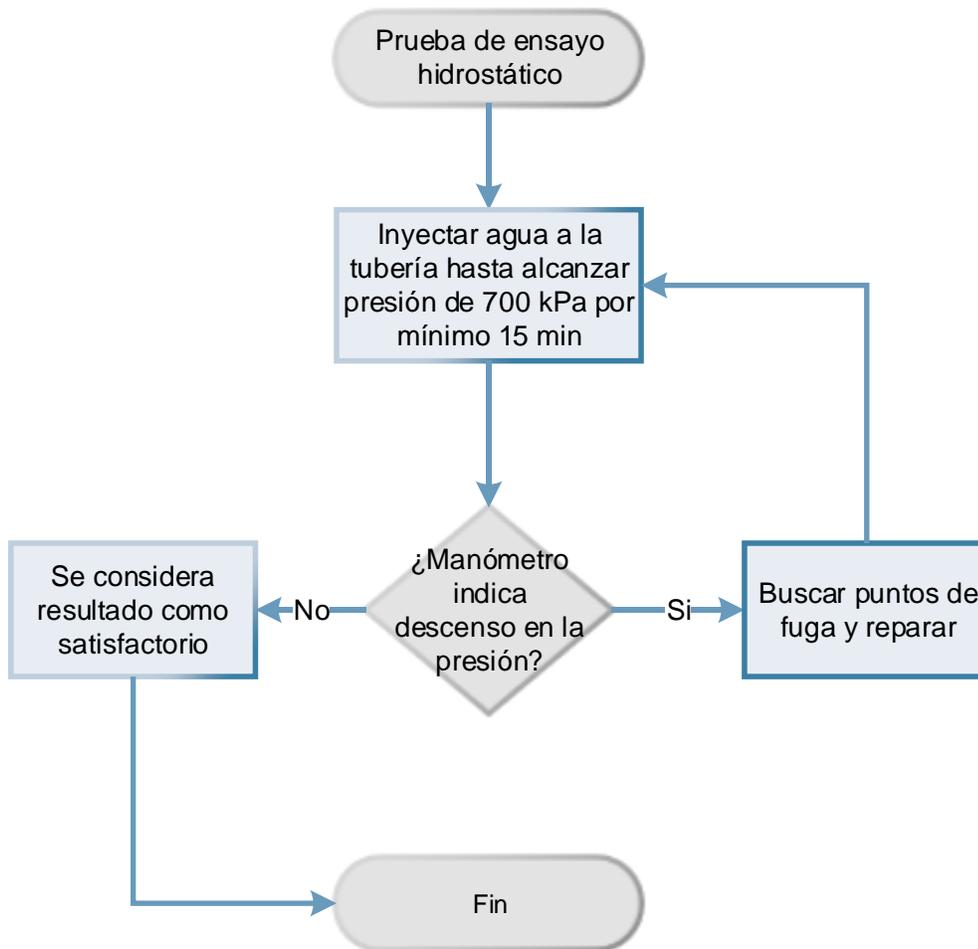


**Figura 52.** Diagrama de flujo para prueba de agua. Fuente: elaboración propia con base en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (CFIA, 2011)..

El Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en el artículo 7.10-3 menciona que los ramales de desagüe, bajantes y colectores de aguas residuales deben ser sometidos a la prueba de agua.

La prueba consiste en llenar la tubería con agua en el punto más alto y someter la tubería a una presión no menor a 29,4 kPa. Se considera satisfactorio si el volumen de agua se mantiene constante durante 15 minutos

## Prueba de ensayo hidrostático



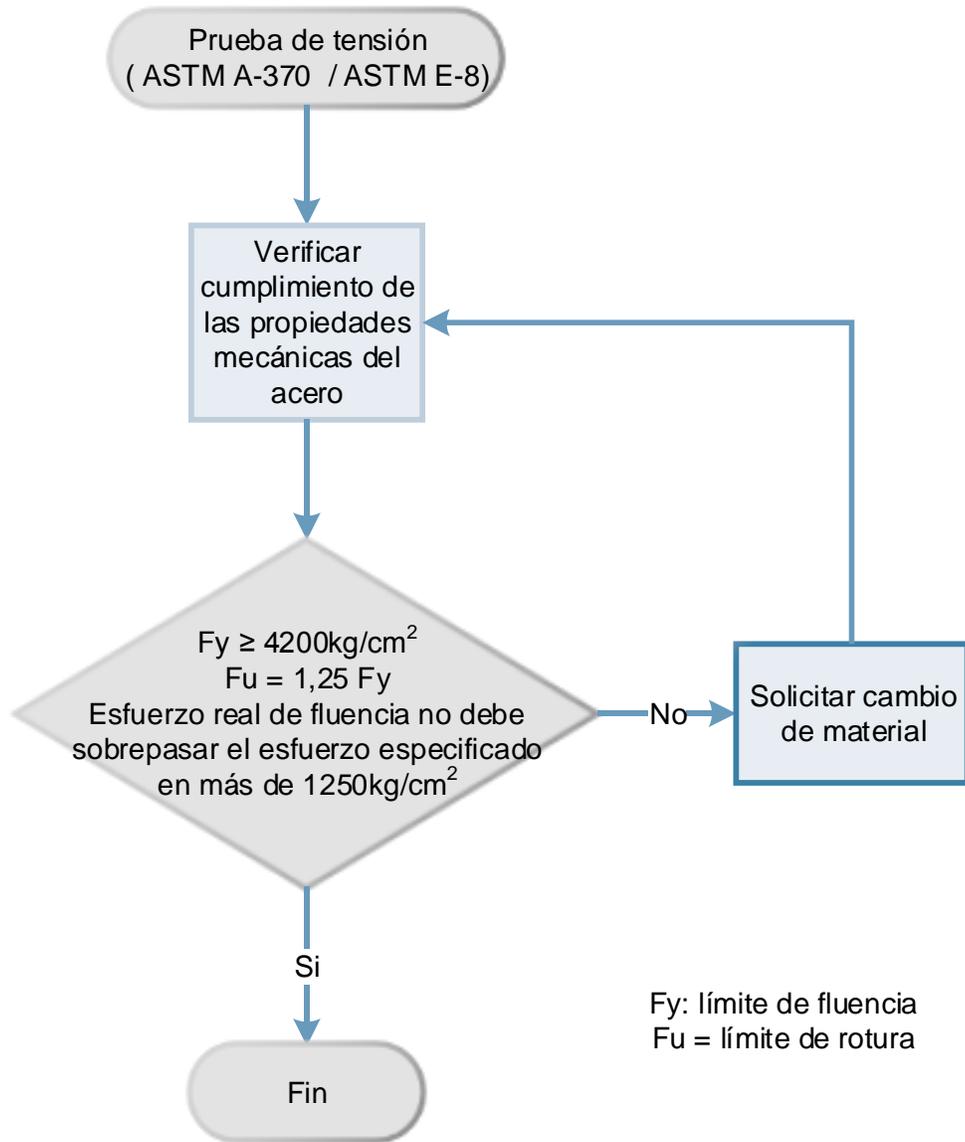
**Figura 53.** Diagrama de flujo para prueba de ensayo hidrostático. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

El Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en el artículo 6.8-3 menciona el procedimiento de la prueba de ensayo hidrostático.

Consiste en inyectar agua a la tubería, con ayuda de una bomba hasta alcanzar la presión de prueba de 700 kPa, manteniéndola por un tiempo mínimo de 15 minutos.

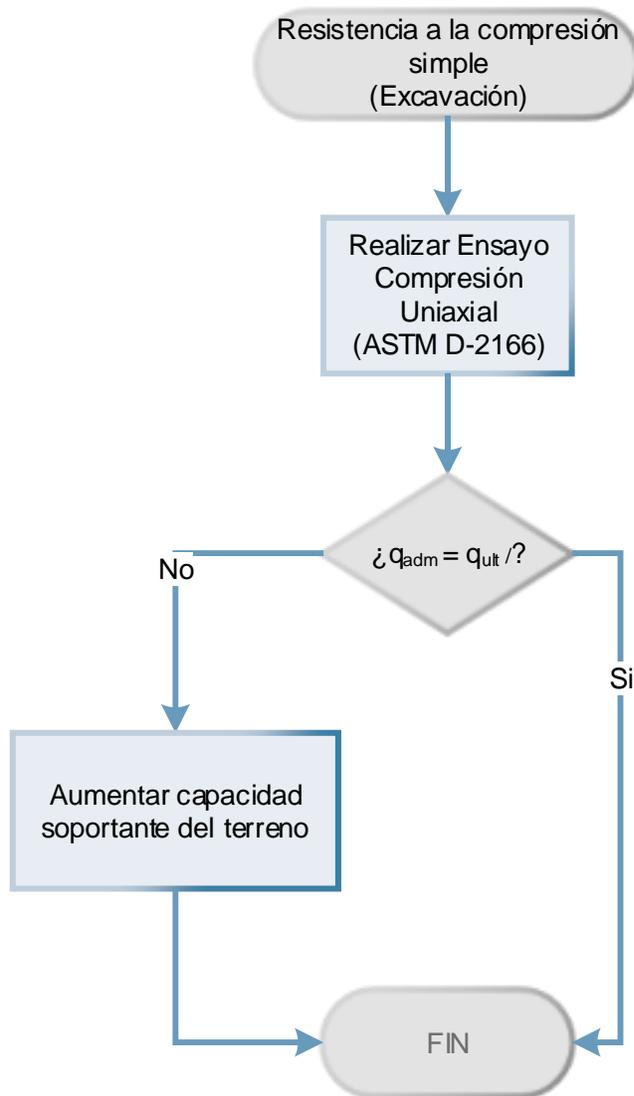
Se deben buscar puntos de fuga y repararlos si el manómetro indica descenso en la presión.

## Prueba de tensión



**Figura 54.** Diagrama de flujo para prueba de tensión. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

## Resistencia a la compresión simple ASD



### Método de diseño por esfuerzos del trabajo

La capacidad de soporte se puede determinar con:

$$q_{adm} = q_{ult} / FS$$

$q_{ult}$ : capacidad soportante última del suelo

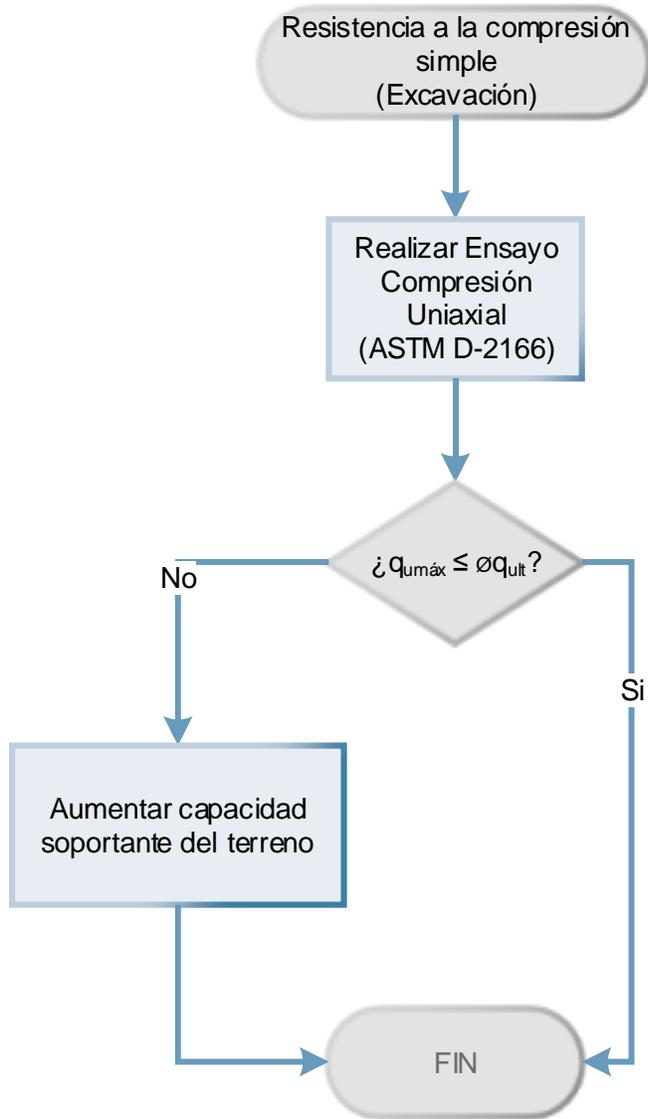
$q_{adm}$ : esfuerzo máximo de trabajo o admisible

FS: factor de seguridad

Fuente: Código de Cimentaciones de Costa Rica

**Figura 55.** Diagrama de flujo para prueba de resistencia a la compresión simple, método de diseño ASD. Fuente: elaboración propia con base en el Código de Cimentaciones de Costa Rica (ACG, 2009).

## Resistencia a la compresión simple LRFD



### Método de diseño por resistencia

Para determinar la capacidad de soporte para un sistema de cimentación superficial se debe cumplir la desigualdad:

$$q_{umax} \leq \phi q_{ult}$$

$q_{ult}$ : capacidad soportante última del suelo

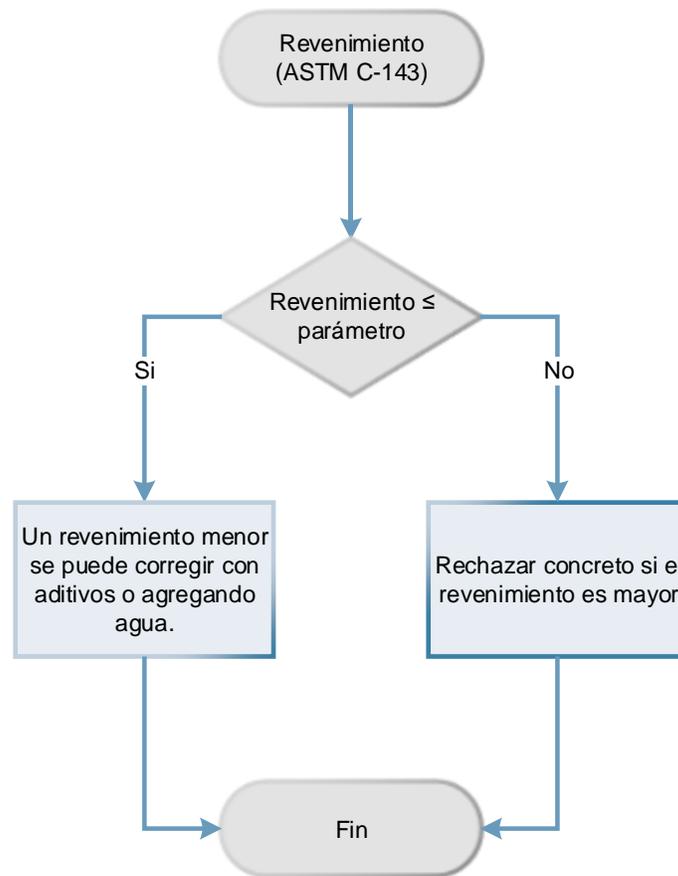
$q_{umax}$ : esfuerzo último máximo transmitido al suelo por la cimentación

$\phi$ : factor de reducción de resistencia

Fuente: Código de Cimentaciones de Costa Rica

**Figura 56.** Diagrama de flujo para prueba de resistencia a la compresión simple, método de diseño LRFD. Fuente: elaboración propia con base en el Código de Cimentaciones de Costa Rica (ACG, 2009).

## Revenimiento



**Figura 54.** Diagrama de flujo para prueba de revenimiento. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

La *Especificación Normalizada para Concreto Premezclado* (ASTM C-94) permite agregar agua al concreto (antes de ser descargado del camión mezclador), en caso de que el revenimiento del concreto del camión mezclador al llegar a la obra sea menor del especificado, siempre y cuando el revenimiento se mantenga dentro de los límites establecidos en la especificación ASTM C-94, esto debe ser aprobado por el profesional responsable. El concreto con un revenimiento mayor al especificado debe ser descartado.

La figura 58 muestra los valores de revenimiento para el concreto por utilizar en el proyecto de construcción de un edificio de salud.

Uso	Revenimiento (mm)	Referencia
Relleno mampostería	200 – 250	ET-Á <sup>3</sup> Sección 04 05 16 Apartado 4.1.4
Obra estructural	≤100 <sup>4</sup>	ET-Á <sup>3</sup> Sección 03 31 00 Apartado 5.2.1
Aceras	25 - 75	ET-OE <sup>5</sup> Sección 2.4
Losa pavimento rígido	(50±15)	Tabla 501-1 CR 2010

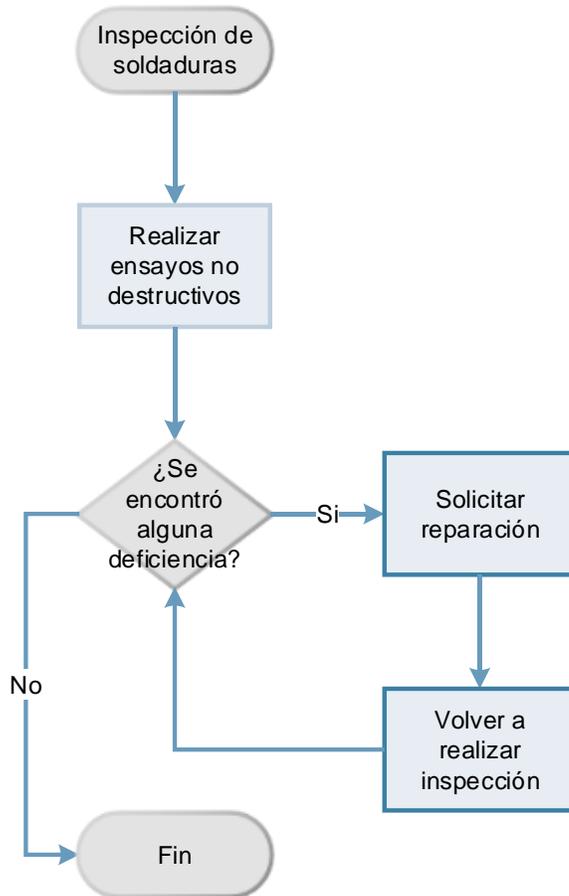
**Figura 58.** Parámetros para el revenimiento del concreto. Fuente: elaboración propia con base en las especificaciones técnicas del proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia (Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS, 2016).

<sup>3</sup> Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Este

<sup>4</sup> Para concreto fabricado en sitio

<sup>5</sup> Especificaciones Técnicas Obras Exteriores Torre Este

## Soldaduras



**Figura 59.** Diagrama de flujo para inspección de soldaduras. Fuente: elaboración propia con base en el Código de Soldadura Estructural (AWS, 2010).

El Código de Soldadura Estructural AWS D1.1/D1.1M:2010 considera la inspección y prueba de la fabricación/montaje diferente de la inspección y prueba de verificación, además, recomienda que sean funciones separadas.

### Inspección y prueba de la fabricación/montaje

El contratista debe inspeccionar previo al ensamblaje, durante el ensamblaje, durante la soldadura y después de la soldadura para asegurar que los materiales y mano de obra cumplan con los requisitos de las especificaciones técnicas del proyecto.

De acuerdo al Código Sísmico 2010 el inspector después de la visita, en campo o en sitio, debe preparar un informe de inspección.

El inspector debe ser un especialista en metalurgia que realice ensayos no destructivos:

- Inspección Visual
- Ultrasonido
- Tintas penetrantes
- Rayos X

Se realizarán como mínimo en las uniones y elementos de acero laminado en caliente que formen parte de la estructura principal.

### Inspección y prueba de verificación

Los resultados de los ensayos no destructivos deben ser entregados a la Administración por el contratista dentro del plazo establecido en las especificaciones del proyecto para proceder

Se deben entregar al inspector dibujos completos y detallados que muestren el tamaño, longitud, tipo y ubicación de todas las soldaduras por realizar y las especificaciones técnicas del proyecto donde se describan los materiales y requerimientos de calidad para los productos que serán fabricados, montados o ambos.

La Parte 6C del *Código de Soldadura Estructural* (2010) describe los criterios de aceptación para los ensayos no destructivos y la Parte 6D describe los procedimientos de los ensayos.

# Capítulo E

## Acreditaciones

### Ente Costarricense de Acreditación (ECA)

Es una entidad pública no estatal y único organismo con potestad para emitir las acreditaciones a nivel nacional en las áreas de laboratorios de ensayo y calibración, organismos de inspección y control, organismos de certificación y otros afines (La Gaceta, 2002).

Tiene como misión respaldar la competencia técnica y credibilidad de los entes acreditados, para garantizar la confianza del Sistema Nacional para la Calidad (SNC) y encuentra sus principios en los términos de referencias, normas, códigos y acuerdos internacionales relacionados a cada área (La Gaceta, 2002).

El ECA tiene sus acreditaciones reconocidas internacionalmente por los máximos foros mundiales de acreditación, como el Foro Internacional del Acreditación (IAF), la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC) y la Cooperación Interamericana de Acreditación (IAAC) (ECA, 2011).

### Acreditación

Una acreditación es el procedimiento mediante el cual un organismo autorizado, evaluando de manera independiente e imparcial, reconoce de manera formal que otra organización es competente para ejecutar actividades específicas de evaluación de la conformidad. Las acreditaciones brindan confianza de que el producto o servicio cumple con su verdadero propósito (ECA, 2011).

Para que un laboratorio de ensayo o un organismo de inspección en Costa Rica obtenga la acreditación por el ECA, debe cumplir requisitos como: ser una organización legalmente constituida, tener un sistema de calidad implementado, contar con personal calificado, tener infraestructura acorde a las funciones que realizan y cumplir con requisitos particulares según el alcance de sus actividades.

Los laboratorios de ensayo deben cumplir con la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración* y los organismos de inspección deben cumplir con la Norma INTE-ICO/IEC 17020:2012 *Criterios generales para la operación de varios tipos de organismos que realizan inspección* (ECA, 2011).

### Laboratorios de ensayos acreditados por el ECA

Entre los laboratorios de ensayos con alcances acreditados por el ECA y que cumplen con la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005, se encuentran laboratorios de ensayos químicos, microbiológicos, clínicos y de materiales. Esta norma describe los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo para garantizar la competencia técnica y la validez de los resultados obtenidos (ECA, 2011).

Como requisito para obtener la acreditación, el laboratorio de ensayo debe enviar una solicitud de acreditación donde se presentan

documentos anexos describiendo el alcance de la acreditación y el comprobante de pago.

En la descripción del alcance de la acreditación se indica el área a la que corresponde el ensayo, artículo, materiales, productos por ensayar, muestreo, el nombre del ensayo, especificación, referencia al método y técnica usada, el ámbito de trabajo, las instalaciones y el personal que realiza el ensayo.

La figura 60 muestra un resumen los laboratorios acreditados y la figura 61 muestra los organismo de inspección acreditados por el ECA.

## Organismos de inspección acreditados por el ECA

Entre los organismos de inspección con alcances acreditados por el ECA y que cumplen con la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012, se encuentran organismos de inspección técnica de vehículos, hidrocarburos y productos químicos, proyectos de conservación y obra vial, inspecciones sanitarias y de metrología.

Como requisito para obtener la acreditación, el organismo de inspección debe enviar una solicitud de acreditación donde se presentan documentos anexos describiendo el alcance de la acreditación y el comprobante de pago. En la descripción del alcance de la acreditación se indica el área a la que corresponde la inspección, productos, procesos, servicios por inspeccionar, tipo de inspección, código y título de la norma o especificación técnica, así como el personal capacitado para realizar las actividades de inspección.

Nombre del laboratorio	Información de contacto	
	Teléfono	Página web
Castro & De la Torre	2232-2273	<a href="http://www.cyt.cr/">www.cyt.cr/</a>
CIVCO	2550-2309 / 2550-2172	<a href="http://www.tec.ac.cr/unidades/labco_ivco">www.tec.ac.cr/unidades/labco_ivco</a>
Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A. CACISA.	2244-0548	<a href="http://www.cacisa.cr/">www.cacisa.cr/</a>
IMNSA Ingenieros Consultores S.A. Laboratorio de Geotecnia y Materiales	2234-1587	----
Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.	2231-3458 / 2296-2391	<a href="http://www.itp.cr">www.itp.cr</a>
INGEOTEC S.A.	2294-4010	<a href="http://www.ingeotec-cr.com">www.ingeotec-cr.com</a>
INSUMA S.A.	2234-5070	<a href="http://www.insuma.co.cr">www.insuma.co.cr</a>
Laboratorio de Ensayo de Materiales del Instituto Nacional de Aprendizaje INA	2433-9882	----
Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Pavimentos S.A (LIMPISA)	2772-6463	----
Laboratorio de Materiales Carlos Araya S.A.	2285-0302	----
Laboratorio del Centro Tecnológico de Concreto (CETEC) Holcim	2205-2970	<a href="http://www.holcim.com">www.holcim.com</a>
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME-UCR)	2511-2500 / 2511-2531	<a href="http://www.lanamme.ucr.ac.cr/">www.lanamme.ucr.ac.cr/</a>
Laboratorio Vieta & Asociados S.A.	2268-8297 / 2268-0496 / 2268-0497	<a href="http://www.vieto.com">www.vieto.com</a>
LGC Ingeniería de Pavimentos S.A.	2250-7009	----
MYV Soluciones Geotécnicas S.A.	2283-4418	<a href="http://www.myv-sg.com/">www.myv-sg.com/</a>
OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.	2226-4078	----
TecnoControl Laboratorio S.A.	2440-3419	<a href="http://www.tecnocontrolcr.net">www.tecnocontrolcr.net</a>

**Figura 60.** Lista de laboratorios acreditados por el ECA. Elaborado con base en información del Ente Costarricense de Acreditación (ECA, s.f. a.).

Nombre de los organismos de inspección	Información de contacto	
	Teléfono	Página web
Castro & De la Torre	2663-2574 / 2663-2532	<a href="http://www.cyt.cr">www.cyt.cr</a>
Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A. CACISA	2244-0548	<a href="http://www.cacisa.cr">www.cacisa.cr</a>
Consorcio Estratega V & CH S.A.	2271-5314 / 8814-6175	---
Construcciones Gutiérrez COGUSA S.A.	2795-0615	<a href="http://www.construccionesgutierrez.com">www.construccionesgutierrez.com</a>
Consultora y Ejecutora SALASA S.A.	2272-9070	<a href="http://www.consultorasalasa.com">www.consultorasalasa.com</a>
Consultoría y Construcción en obras civiles Moreira S.A., CCOCIMO	2487-8729	---
Diseño, Inspección y Consultoría en Carreteras y Obras Civiles DICCOC R.L.	2261-7570	<a href="http://www.diccoc.com">www.diccoc.com</a>
Empresa FAMCOVA de Costa Rica S.A.	2487-8724	<a href="http://www.famcova.net">www.famcova.net</a>
Grupo DEDAL S.A.	2241-0390	---
Grupo Lauher S.A.	2475-6446 / 8318-5299	<a href="http://www.grupolauher.com">www.grupolauher.com</a>
Ileana Aguilar Ingeniería y Administración S.A.	2475-6779	<a href="http://www.iaacr.com">www.iaacr.com</a>
IMNSA Ingenieros Consultores S.A. Organismo de Inspección	2234-1587	---
Inspección y Consultoría Sánchez Elizondo S.A.	8723-8851	---
Inversiones Rivera Segura S.A., IRSSA	2711-3201	---
M.C.S. Mauca Interamericana S.A.	2665-9360	<a href="http://www.maucacr.com">www.maucacr.com</a>
MSD Consultores y Constructores S.A.	2226-4379	<a href="http://www.msdcyc.com">www.msdcyc.com</a>
Organismo de Inspección Plataforma de Almenar	8313-8719 / 8396-0433	---
Poligonal S.A.	2666-9360 / 8385-6550	---
Vieto y Asociados	2268-9457	<a href="http://www.vieto.com">www.vieto.com</a>

**Figura 61.** Lista de Organismos de Inspección acreditados por el ECA. Elaborado con base en información del Ente Costarricense de Acreditación (ECA, s.f. b.).



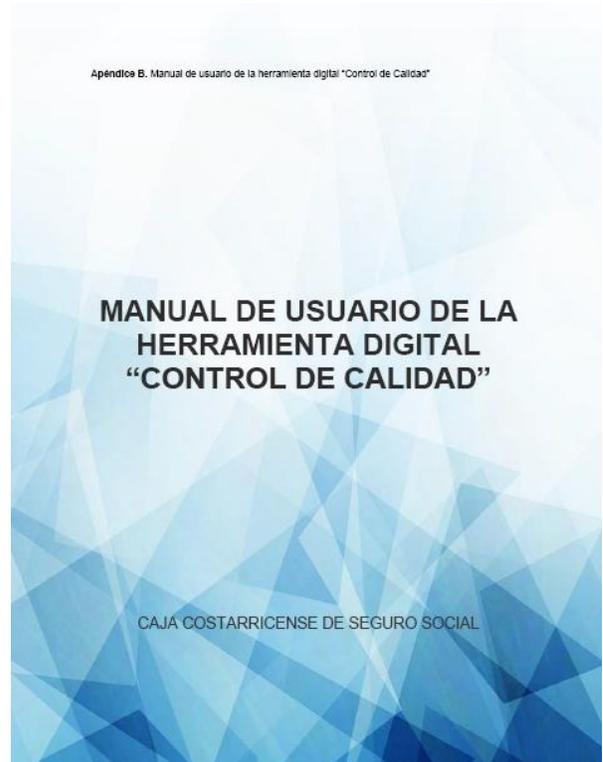
# Capítulo F

## Manual de usuario de la herramienta digital “Control de Calidad”

El manual de usuario explica el funcionamiento y características de la herramienta digital que consta de una interfaz gráfica de usuario que funciona usando como base de datos el archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* y facilita el seguimiento y control de las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.

La interfaz gráfica está constituida por una ventana principal y dos ventanas secundarias que generan diferentes reportes de acuerdo con las selecciones del usuario, esta interfaz gráfica es un complemento del [Capítulo C](#) y sus salidas son las mismas que se pueden obtener de forma manual desde el archivo de MS Excel.

La figura 62 muestra la portada del Manual.



**Figura 62.** Portada del *Manual de usuario de la herramienta digital 'Control de Calidad'*

# Referencias

- ACI. (2002). *Specification for Masonry Structures ACI 530.1-02*. Estados Unidos.
- ACI. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary ACI 318R-14*. Estados Unidos.
- AISC. (2013). *Design Guide 27 Structural Stainless Steel*. Estados Unidos.
- AWS (2010) *Structural Welding Code – Steel D1.1/D1.1M:2010*. Estados Unidos.
- Asociación Costarricense de Geotecnia. (2009). *Código de Cimentaciones de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- BSSA. (s.f.). *What forms of corrosion can occur in stainless steels?*. Recuperado de: <https://www.bssa.org.uk/faq.php?id=9>
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2011). *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones*. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2011). *Código Sísmico de Costa Rica 2010*. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Cuerpo de Bomberos (2013). *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios*. Costa Rica.
- Das, Braja M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México. Cengage Learning.
- Das, Braja M. (2006). *Principios de ingeniería de cimentaciones*. México. Cengage Learning Editores S.A.
- Deloya, A. (2012). *Pruebas de laboratorio para análisis de desinfectantes y superficies en acero inoxidable en el Hospital San Vicente De Paúl*. Tecnológico de Costa Rica.
- ECA. (Sin fecha, a). *Laboratorios con alcances acreditados contra la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005*. Recuperado de: [http://www.eca.or.cr/acr\\_lab.php?t=e](http://www.eca.or.cr/acr_lab.php?t=e).
- ECA. (Sin fecha, b). *Organismos de Inspección Acreditados contra la norma INTE-ISO/IEC 17020*. Recuperado de: [http://www.eca.or.cr/acr\\_oi.php](http://www.eca.or.cr/acr_oi.php).
- ECA. (2011). *Preguntas más frecuentes sobre el ECA*. Recuperado de: [http://www.eca.or.cr/ece\\_preg.php](http://www.eca.or.cr/ece_preg.php)
- Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS. (2016). *Licitación Pública 2015LN-000002-4402*. Costa Rica.
- Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS. (2016). *Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes*. Costa Rica.
- Halladay, M. (1998) *The Strategic Highway Research Program: An Investment That Has Paid Off*. Recuperado de: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/pubmicroads/98marapr/shrp.cfm>.
- INS (2005). *Manual De Disposiciones Técnicas Generales al Reglamento Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios*. Costa Rica. La Gaceta. (2002).

- Ley 8279 Sistema Nacional para la Calidad. La Gaceta. (2002). Ley 8279 Sistema Nacional para la Calidad.*
- Madrigal, C. (Sin fecha). *Metrología en la regulación de las Radiaciones Ionizantes en Costa Rica*. Recuperado de: <https://www.lacomet.go.cr/descargas/radiaciones/Metrologia%20en%20la%20regulacion%20de%20las%20Radiaciones%20Ionizantes%20%20Carlos%20Madrigal%20-%20Ministerio%20Salud.pdf>
- McCormac, JC, & Csernak, SF. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero*. México. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Monge, D., & Vindas, R. (2002). *Manual de construcción para estructuras metálicas con base en perfiles doblados en frío*. (Tesis de grado). Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- MOPT-LanammeUCR. (2009). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR-2010*. Costa Rica.
- Mora, L. (2006). Criterios para selección y puesta en marcha de equipos hospitalarios: compresores de aire grado médico. (Tesis de maestría). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Pancorbo, FJ. (2011). *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación*. Barcelona, España. Editorial Marcombo S.A.
- Revie, RW., & Uhlig HH. (2008). Corrosion and corrosion control. An introduction to corrosion science and engineering. Estados Unidos. Editorial John Wiley & Sons, Inc.
- Rico, A., & Del Castillo, H. (2005). Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas, Volumen 1. México. Editorial Limusa.
- UCR. (2012). Control de radiaciones mejoró en hospitales. Recuperado de: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2012/11/16/control-de-radiaciones-mejoro-en-hospitales.html>

**Apéndice B.** Manual de usuario de la herramienta digital “Control de Calidad”

# **MANUAL DE USUARIO DE LA HERRAMIENTA DIGITAL “CONTROL DE CALIDAD”**

**CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL**

CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL

MANUAL DE USUARIO DE LA HERRAMIENTA  
DIGITAL “*CONTROL DE CALIDAD*”

2019

Este manual forma parte del Proyecto Final de Graduación, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica, titulado: *Diseño de manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social.*

Primera edición  
2019

Documento base: Silvia Interiano Valverde  
Revisiones:

Imagen portada: Kjpargeter - Freepik.com

Todos los derechos reservados.  
Ninguna parte de este manual puede ser reproducida por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso previo de los titulares de derechos.

# Contenido

<b>CAPÍTULO A</b> .....	1
GENERALIDADES.....	1
<b>CAPÍTULO B</b> .....	2
INICIO.....	2
VENTANA PRINCIPAL.....	3
BARRA DE MENÚ .....	4
OPCIONES DE TIPOS DE PRUEBAS .....	6
MENÚS DESPLEGABLES DE BÚSQUEDA DE PRUEBAS POR ACTIVIDADES.....	6
REGISTRO DE INFORME DE PRUEBAS DE LABORATORIO O PRUEBAS EN SITIO .....	7
VENTANA DE REPORTES.....	11
REPORTE DE INFORMES/BITÁCORAS REGISTRADOS.....	11
REPORTES DE COSTOS .....	13
BÚSQUEDA DE INFORME DE LABORATORIO	21
VENTANA DE BÚSQUEDA DE PRUEBAS .....	22
BÚSQUEDA DE PRUEBAS Y ESPECIFICACIONES.....	23

# Capítulo A

## Generalidades

Este documento forma parte del Proyecto Final de Graduación, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica, titulado: *Diseño de manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*.

Este manual es una guía de usuario para la herramienta digital *Control de Calidad*, diseñada para ser utilizada por la Dirección de Arquitectura e Ingeniería (DAI). La herramienta digital facilita la planificación, seguimiento y control de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.

Además, realiza la búsqueda y registro de información de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio para diferentes proyectos de construcción de edificios de salud, usando como base de datos el archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.

El usuario puede ingresar información para cada proyecto, como número de informe de prueba de laboratorio, fecha del informe, número de bitácora donde se encuentra el resultado de la prueba en sitio, el laboratorio contratado y el costo total para cada una de las pruebas definidas en la matriz resumen de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.

Con la información registrada anteriormente, se generan diferentes reportes (archivos de MS Excel) por proyecto para dar seguimiento a los resultados y llevar un control de costos, dependiendo de los filtros que escoja el usuario. Algunos de los reportes que se pueden generar son: reportes de costos de pruebas por proyectos, reportes de informes/bitácoras registradas, reportes para planificar pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y especificaciones varias que deben cumplir los materiales con los

parámetros respectivos, frecuencia con la que se deben realizar las pruebas y el nombre de la norma con su respectiva referencia bibliográfica.

Las actividades y tareas de los proyectos de construcción de edificios de salud están organizadas en seis etapas de construcción:

- 1000: Obras Previas
- 2000: Obra Exterior
- 3000: Obra Estructural
- 4000: Obra Arquitectónica
- 5000: Obra Mecánica
- 6000: Equipamiento Médico

El control de calidad de materiales y sistemas se debe llevar a cabo mediante pruebas de laboratorio, pruebas en sitio y verificación de cumplimiento de especificaciones o exigencias varias de calidad de materiales. Las pruebas y especificaciones están clasificadas en 13 categorías, cada una con su propio código:

- Acero de Refuerzo (AR)
- Acero Estructural (AE)
- Acero Inoxidable (AI)
- Asfalto (AS)
- Concreto (C)
- Equipamiento médico(EQ)
- Gases Médicos (SGM)
- Obra Arquitectónica (OA)
- Obra Mecánica (ME)
- Pintura (PI)
- Señalización y demarcación (SD)
- Sistema Contra Incendios (SMI)
- Suelos (S)

La información anterior está en una matriz resumen que contiene las pruebas y especificaciones desglosadas por actividad o tarea y se puede revisar en el archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* en la hoja *Desglose General*. El archivo de MS Excel es un complemento de este manual de usuario.

# Capítulo B

## Inicio

Para que la herramienta digital llamada *Control de calidad* funcione correctamente, es necesario que el archivo de MS Excel llamado *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* se encuentre en la misma carpeta donde está el ejecutable de la herramienta digital (Figura 1).

El archivo de MS Excel es la base de datos de la herramienta digital y cualquier modificación en el nombre del archivo, nombre de las hojas, nombre de las columnas o variación en el orden de las columnas por agregar o eliminar columnas provocará errores en la información que genera la herramienta digital.

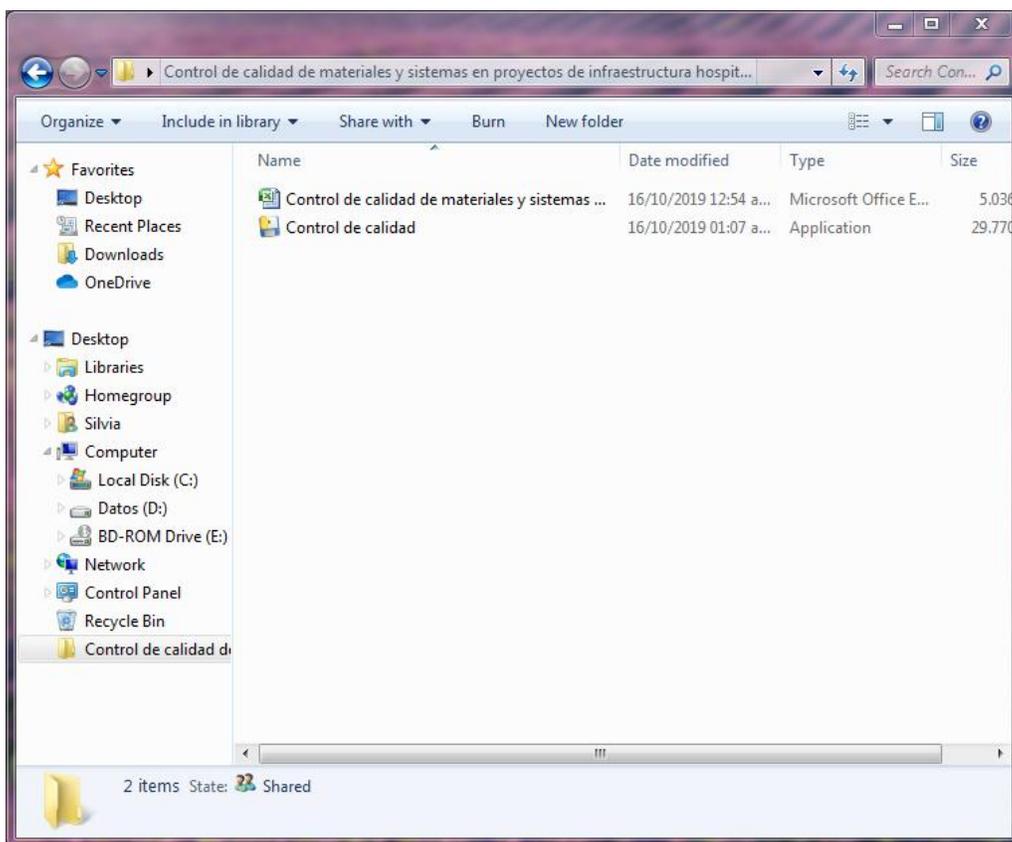


Figura 1. Archivo de MS Excel y ejecutable de la herramienta digital. Fuente: elaboración propia.

# Ventana principal

Registro y búsqueda de Informes de Pruebas de Laboratorio

Salir Información Reportes Ayuda 1

Búsqueda de actividad según etapa de construcción y tipo de prueba 2

Tipo

Prueba en Sitio

Prueba de Laboratorio

Etapa de construcción

Actividad

Registro de Informe de Pruebas de Laboratorio o Pruebas en Sitio 3

Nombre del Proyecto:

Código Actividad:

Número de Informe/ Bitácora:

Cumplimiento:

Descripción:

Fecha (dd/mes/aaaa):

Laboratorio

Costo Total (€):

--- Laboratorios de Ensayo Acreditados por el ECA ---

Registrar

**Figura 2.** Partes de la ventana principal.

La ventana principal está compuesta por tres partes (Figura 2):

1. [Barra de menú](#)
2. [Opciones de tipo de pruebas y Menús desplegables para búsqueda de pruebas por actividad según el tipo de prueba y la etapa de construcción.](#)
3. [Registro de informes de pruebas de laboratorio o registro de número de bitácora de prueba en sitio.](#)

## Barra de menú

La barra de menú tiene cuatro opciones: *Salir*, *Información*, *Reportes* y *Ayuda*.

## Salir

Permite cerrar la aplicación de la herramienta digital.

## Información

En *Información* (Figura 3), se puede abrir el *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social* (Figura 6), en *Buscar pruebas y especificaciones*, se abre una nueva ventana que permite buscar las pruebas que se deben realizar y especificaciones técnicas por cumplir para un proyecto de construcción de un edificio de salud, la búsqueda de la información se realiza de acuerdo con diferentes filtros.

También se puede encontrar información de contacto de los laboratorios acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA).

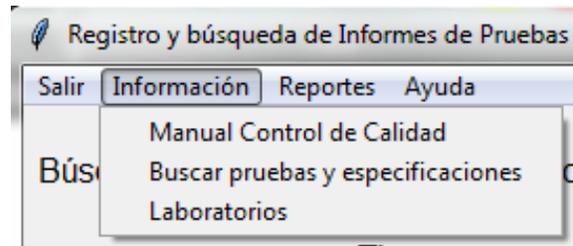


Figura 3. Información. Fuente: elaboración propia.

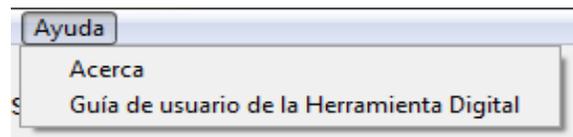


Figura 4. Ayuda. Fuente: elaboración propia.

## Reportes

En *Reportes* se abre una nueva ventana que permite la búsqueda de reportes de informes registrados, filtrando la información por etapa de construcción, categoría y tipo de prueba, la información se guarda en un archivo de MS Excel. También se pueden generar reportes de costos por proyecto de construcción de un edificio de salud, buscar y abrir informes de laboratorio.

## Ayuda

En la figura 4 se muestran las dos opciones: *Acerca* (Figura 5) que muestra una ventana emergente con información de la herramienta digital y *Guía de usuario de la Herramienta Digital* abre el *Manual de usuario de la herramienta Digital "Control de Calidad"* (Figura 7).

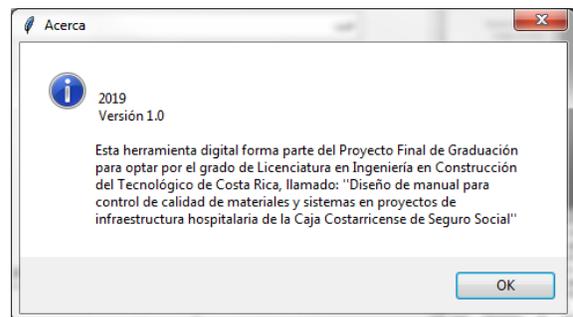
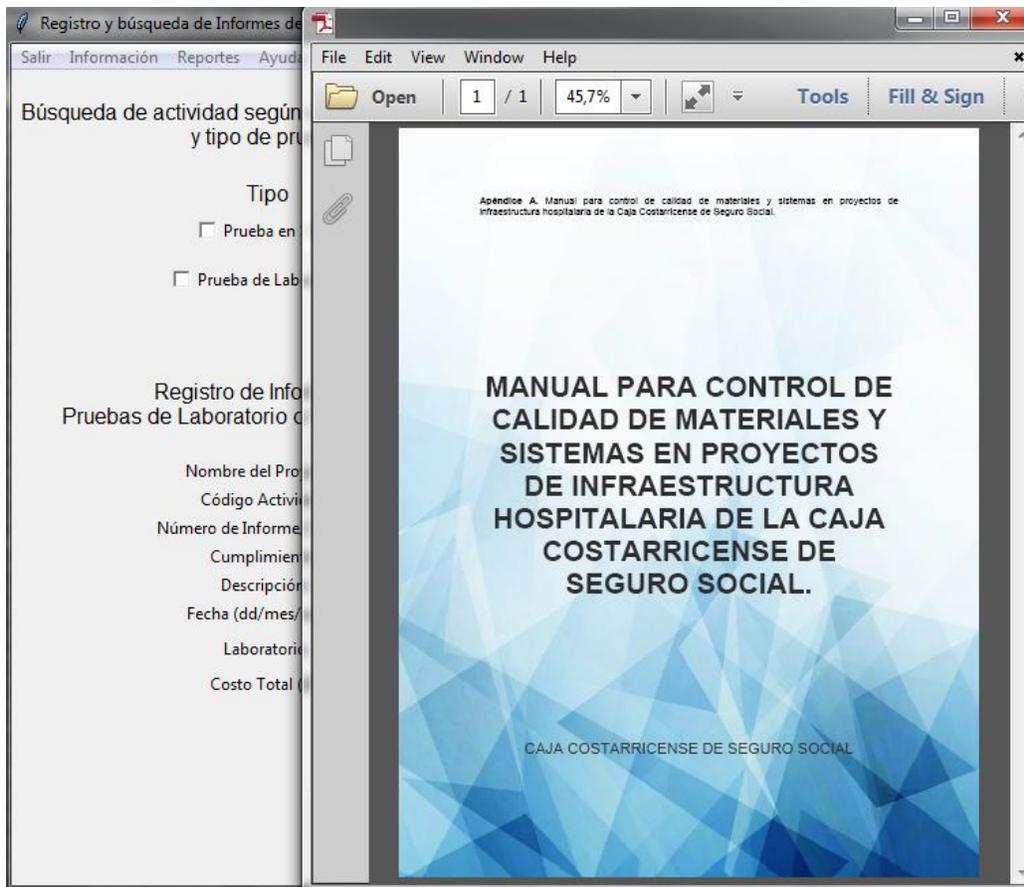


Figura 5. Acerca. Fuente: elaboración propia.



**Figura 6.** Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social. Fuente: elaboración propia.

Para que el *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social* y el *Manual de usuario de la herramienta Digital Control de Calidad* se puedan abrir desde la herramienta digital, es necesario que ambos documentos se encuentren guardados en la misma carpeta donde está guardado el ejecutable.

Los dos documentos deben conservar su nombre original y el tipo de archivo, en este caso son archivos de tipo PDF.

Para mantener el orden, se recomienda que los manuales se guarden en la misma carpeta donde están guardados el ejecutable de la herramienta digital y el archivo de MS Excel de la figura 1.

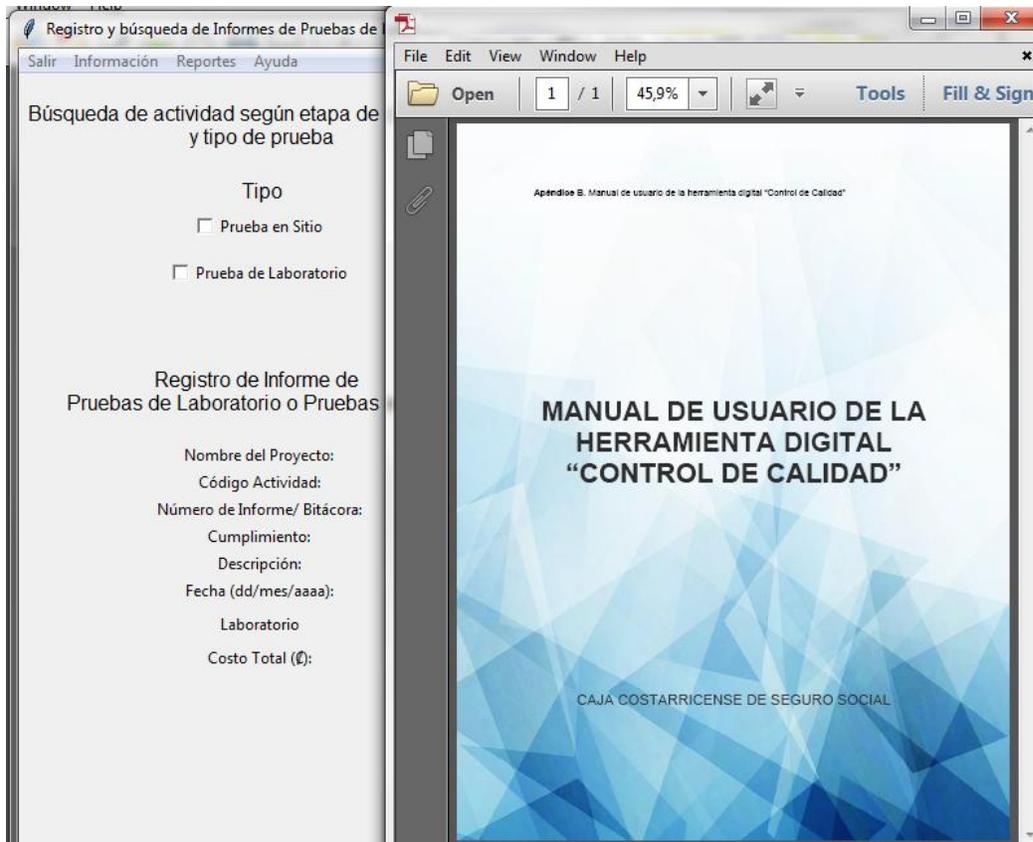


Figura 7. Manual de usuario de la Herramienta Digital "Control de Calidad". Fuente: elaboración propia.

## Opciones de tipos de pruebas

Aquí se hace la selección de las actividades por buscar dependiendo del tipo de prueba, si se escoge *Prueba de laboratorio* la información que se va a mostrar en los menús desplegables será solo de las actividades que contienen pruebas de laboratorio y si se escoge la opción *Prueba en Sitio* se van a mostrar las actividades que tienen únicamente pruebas en sitio.

Si se escogen ambas opciones a la vez, la información por mostrar en los menús desplegables será para ambos tipos de pruebas.

## Menús desplegables de búsqueda de pruebas por actividades

En el primer menú desplegable *Etapa de construcción* se van a mostrar los seis grandes grupos donde se clasificaron las actividades y tareas que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud:

- 1000. Obras Previas
- 2000. Obra Exterior
- 3000. Obra Estructural
- 4000. Obra Arquitectónica
- 5000. Obra Mecánica
- 6000. Equipo Médico

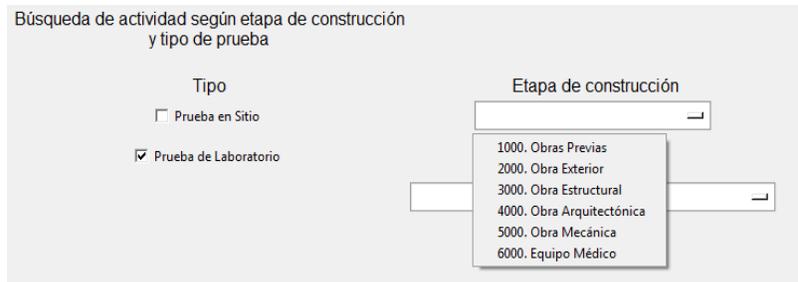


Figura 8. Selección de pruebas de laboratorio para las actividades y tareas de Obra Estructural. Fuente: elaboración propia.

En el segundo menú desplegable *Actividad* se mostrará la información de las actividades dependiendo del tipo de prueba y etapa de construcción escogidos anteriormente. Por ejemplo, si se selecciona la opción *Prueba de laboratorio* y *3000. Obra Estructural* (Figura 8) la información a mostrar será únicamente de las pruebas de laboratorio para las actividades y tareas de Obra Estructural, como se puede ver en la Figura 9.

## Registro de Informe de pruebas de laboratorio o Pruebas en Sitio

Esta sección está diseñada para facilitar el registro de los informes de las pruebas de laboratorio o el número de la bitácora en el caso de las pruebas en sitio.

Los datos de entrada son:

1. **Nombre del Proyecto:** es el nombre del proyecto en el que se va a registrar el informe o bitácora.
2. **Código Actividad:** si el usuario no conoce el código de la actividad, este se puede obtener realizando la búsqueda de la actividad en los menús desplegables descritos anteriormente (Figura 10). Se debe ingresar solo el número.
3. **Número de Informe / Bitácora:** se digita el número de informe o bitácora.
4. **Descripción:** descripción del elemento estructural al que se le hizo la prueba.
5. **Fecha:** se debe ingresar siguiendo el formato dd/mes/aaaa, por ejemplo: 10/enero/2019.
6. **Laboratorio:** escoger de la lista el laboratorio acreditado por el ECA encargado de realizar la prueba.
7. **Costo Total:** costo de la prueba, sin separador decimal.

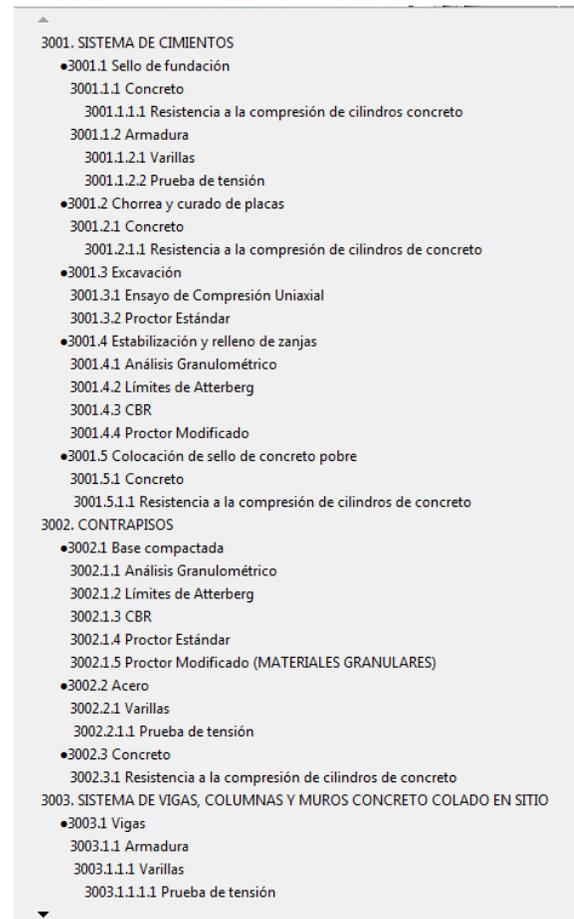


Figura 9. Pruebas de laboratorio para las actividades y tareas de la etapa Obra Estructural. Fuente: elaboración propia.

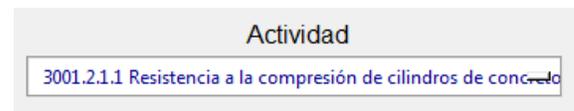


Figura 10. Código de Actividad. Fuente: elaboración propia.

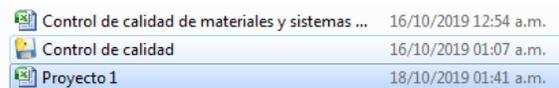
**Figura 11.** Ejemplo de registro de informe de prueba de laboratorio. Fuente: elaboración propia.

Estos datos de entrada se van a guardar en un archivo de MS Excel ubicado en la carpeta donde está guardado el ejecutable de la herramienta digital *Control de Calidad*.

El nombre del archivo de MS Excel depende del dato de entrada *Nombre del Proyecto* y será asignado de la siguiente forma:

Nombre del Proyecto

Por ejemplo, para los datos de entrada de la figura 11 el nombre y ubicación del archivo creado se ven en la figura 12.



**Figura 12.** Nombre del archivo de MS Excel para registro de informes. Fuente: elaboración propia.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	CATEGORÍA	TIPO DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN	FECHA (dd/mes/aaaa)	NÚMERO INFORME	CUMPLIMIENTO	LABORATORIO	DETALLE	COSTO TOTAL	
230	OE	2007.3.3	N.A.	Señalización & Demarc	N.A.	●Señalización horizontal						
231	3000					Obra estructural						
232	OEs	3001				Sistema de cimientos						
233	OEs	3001.1	N.A.	Concreto	N.A.	Sello de fundación						
234	OEs	3001.1.1	N.A.	Concreto	N.A.	●Concreto						
235	OEs	3001.1.1.1	C-01	Concreto	Lab	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto						
236	OEs	3001.1.1.2	C-02	Concreto	Sitio	Revenimiento						
237	OEs	3001.1.2	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	●Armadura						
238	OEs	3001.1.2.1	N.A.	Acero de Refuerzo	N.A.	Varillas						
239	OEs	3001.1.2.1.1	AR-01	Acero de Refuerzo	Lab	Prueba de tensión						
240	OEs	3001.2	N.A.	Concreto	N.A.	Chorrea y curado de placas						
241	OEs	3001.2.1	N.A.	Concreto	N.A.	●Concreto						
242	OEs	3001.2.1.1	C-01	Concreto	Lab	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	18/octubre /2019	Informe 1	SI	Laboratorio Vieto (Muro tapichel en E	0	
243	OEs	3001.2.1.2	C-02	Concreto	Sitio	Revenimiento						
244	OEs	3001.3	N.A.	Suelos	N.A.	Excavación						
245	OEs	3001.3.1	S-07	Suelos	Lab	Ensayo de Compresión Uniaxial						
246	OEs	3001.3.2	S-06	Suelos	Lab	Proctor Estándar						
247	OEs	3001.4	N.A.	Suelos	N.A.	Estabilización y relleno de zanjas						
248	OEs	3001.4.1	S-05	Suelos	Lab	Análisis Granulométrico						
249	OEs	3001.4.2	S-04	Suelos	Lab	Límites de Atterberg						
250	OEs	3001.4.3	S-08	Suelos	Lab	CBR						
251	OEs	3001.4.4	S-09	Suelos	Lab	Proctor Modificado						
252	OEs	3001.4.5	S-15	Suelos	Sitio	Método Nuclear (Densidad y humedad en sitio)						
253	OEs	3001.5	N.A.	Concreto	N.A.	Colocación de sello de concreto pobre						
254	OEs	3001.5.1	N.A.	Concreto	N.A.	●Concreto						
255	OEs	3001.5.1.1	C-01	Concreto	Lab	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto						

**Figura 13.** Archivo de MS Excel de registro de informes y bitácoras. Fuente: elaboración propia.

El archivo de MS Excel creado para el registro de informes de pruebas de laboratorio y bitácoras para las pruebas en sitio consta de siete hojas (Figura 13).

En la primera hoja, llamada *Registro de Informes*, se van a guardar todos los datos ingresados en la sección *Registro de Informes de Pruebas de Laboratorio o Pruebas en Sitio*. Este archivo se va a ir actualizando cada vez que el usuario registra información usando la herramienta digital.

Con la información de la hoja *Registro de Informes* se actualizan los datos de las demás hojas de este archivo de MS Excel, que son reportes de costos de pruebas con gráficos.

Las demás hojas de este archivo son informes de costos, que se pueden ver con detalle en la sección *Reporte de costos* de este manual.

En la hoja *Registro de Informes* se encuentran todas las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio para las actividades y tareas que componen un proyecto de construcción de un edificio de salud. Esta matriz para registro de informes y bitácoras tiene 12 columnas.

- **Columna A:** contiene información necesaria para filtrar las pruebas por etapa de construcción y actualizar los gráficos de la hoja *Costo por Etapa de construcción*.
- **Columna B:** código de la actividad, este código es indispensable ingresarlo en la herramienta digital. Sin este código la herramienta no puede ubicar las celdas en las que se desea guardar la información.
- **Columnas C:** cada prueba tiene su propio código de prueba. Estos códigos se pueden ver en la hoja *Índice de Pruebas* y son útiles para ubicar las pruebas y para generar datos de costos por prueba que se pueden ver de forma gráfica en las pestañas *Costo pruebas Acero*, *Costo pruebas Concreto* y *Costo pruebas Suelos*.
- **Columna D:** la categoría de la prueba es de acuerdo con las 13 categorías descritas en la sección *Generalidades* del Capítulo I de este documento. Esta información se usa para actualizar los gráficos de las hojas *Costo por Etapa de construcción*, *Costo pruebas Acero*, *Costo pruebas Concreto* y *Costo pruebas Suelos*.
- **Columna E:** tipo de prueba, puede ser en sitio o de laboratorio.
- **Columna F:** descripción de la prueba
- **Columna G:** fecha, dato se usa para el reporte de costos mensual y anual de la hoja *Costo mensual*.
- **Columna H:** cumplimiento
- **Columna I:** número de Informe.
- **Columna J:** laboratorio.
- **Columna K:** detalle.
- **Columna L:** costo total, se usa el dato para todos los reportes de costos.

## Registro de más de un informe o bitácora por actividad

En el caso en el que se tenga que registrar más de un informe de laboratorio o número de bitácora en una actividad, se agregará una fila debajo de la actividad y en esa fila se guardará la información.

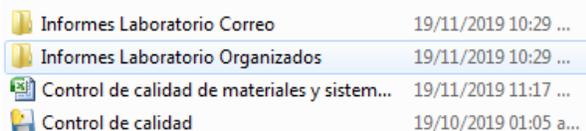
## Organización de los informes de laboratorio registrados.

Los informes de laboratorio, enviados por correo por el laboratorio contratado para las pruebas, que se encuentren descargados en la computadora en una carpeta llamada *Informes Laboratorio Correo* serán organizados automáticamente en una carpeta llamada *Informes Laboratorio Organizados*. Dentro de esta carpeta se crea a la vez una carpeta para cada uno de los proyectos y dentro se van a encontrar los informes de laboratorio.

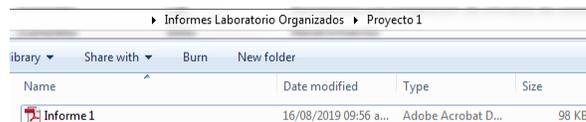
Para que esta organización automática ocurra, deben cumplirse al mismo tiempo las siguientes condiciones:

1. El archivo del informe de laboratorio debe estar guardado en una carpeta llamada *Informes Laboratorio Correo*, en la misma ubicación donde está guardado el ejecutable de la herramienta digital.
2. El archivo del informe de laboratorio debe ser de tipo PDF.
3. En la sección *Registro de Informe de Pruebas de Laboratorio o Pruebas en Sitio* (Figura 11), el usuario debe ingresar los datos de entrada: *Nombre de Proyecto* y *Número de Informe*.
4. El dato ingresado en *Número de Informe* debe coincidir con el nombre del archivo PDF, respetando mayúsculas y minúsculas.

La herramienta digital no guarda información en archivos que se encuentren abiertos a la hora de querer registrar datos.



**Figura 14.** Carpeta de Informes de Laboratorio e Informes de laboratorio organizados. Fuente: elaboración propia.



**Figura 15.** Informe guardado y organizado por proyecto. Fuente: elaboración propia.

Por ejemplo, para los datos de entrada usados en la figura 11 el informe de laboratorio *Informe 1* se guardó dentro de la carpeta *Proyecto 1*, que a la vez está dentro de la carpeta *Informes Laboratorio Organizados*. Ver figura 14 y figura 15.

## Ventana de Reportes

Esta ventana está dividida en tres partes:

1. Búsqueda de informes registrados de pruebas de laboratorio y en sitio, según etapa de construcción, categoría y tipo de prueba.
2. Reportes de costos
3. Búsqueda de Informes de laboratorio.

Lo primero que se debe ingresar es el Nombre del Proyecto del que se quiere generar los reportes de informes/bitácoras registradas y reportes de costos.

Estos reportes se crean utilizando la información registrada en la sección *Registro de Informe de Pruebas de Laboratorio o Pruebas en Sitio*.

El Nombre del Proyecto debe ser el mismo con el que se registraron los informes/bitácoras, ya que en esta parte se usan como base de datos los archivos de MS Excel generados en la sección mencionada anteriormente, si el Nombre del Proyecto no coincide, no se va a generar ningún reporte.

### Reporte de Informes/Bitácoras registrados

Este reporte depende de los filtros que escoja el usuario. La información de la sección *Categoría* depende de la opción escogida en la sección *Etapas de construcción*, y la información de la sección *Tipo* depende de la opción escogida en la sección *Categoría*. Esto se puede ver en la figura 16.

Este tipo de reporte va a filtrar la información de las pruebas ingresada en la sección [Registro de Informe de Pruebas de Laboratorio o Pruebas en Sitio](#) y la va a guardar en un nuevo archivo de MS Excel, el nombre del archivo se asigna de la siguiente forma:

“Nombre del Proyecto” + *\_Informes\_Registrados*

Este documento se puede encontrar en la carpeta donde está guardado el ejecutable de la herramienta digital.

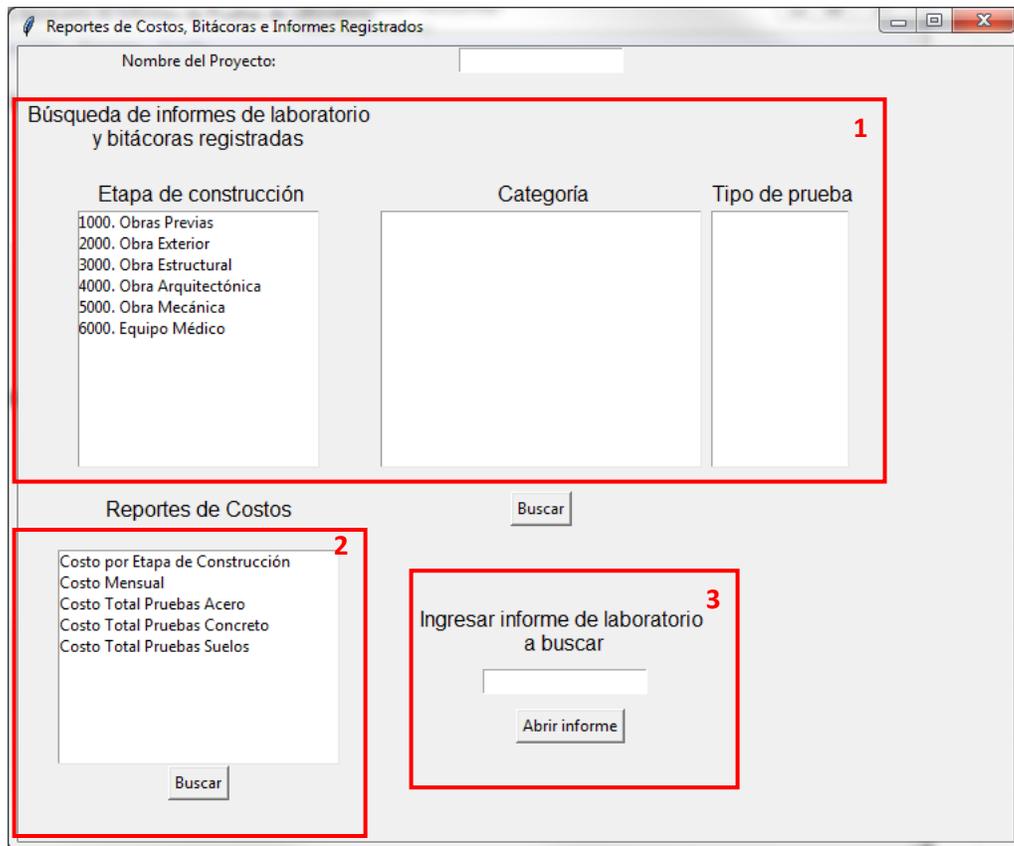


Figura 16. Ventana de Reportes de Costos, Bitácoras e Informes Registrados. Fuente: elaboración propia.

Por ejemplo, la figura 17 muestra el caso en el que el usuario quiere generar un reporte de los informes o bitácoras registradas de todas las pruebas de concreto en sitio de obras exteriores para el Proyecto 1.

El reporte generado se muestra en la Figura con el nombre *Proyecto 1\_Informes\_Registrados*.

El nombre de la hoja del archivo de MS Excel describe la selección utilizada para filtrar la información. En este caso, la hoja *ObraExterior\_Concreto\_Sitio* coincide con las opciones escogidas anteriormente.

Búsqueda de informes de laboratorio y bitácoras registradas

Etapa de construcción	Categoría	Tipo de prueba
1000. Obras Previas	-----	Laboratorio
2000. Obra Exterior	Acero de Refuerzo (AR)	Sitio
3000. Obra Estructural	Asfalto (AS)	
4000. Obra Arquitectónica	Concreto (C)	
5000. Obra Mecánica	-----	
6000. Equipo Médico	Obra Mecánica (OM)	
	Señalización y Demarcación (SD)	
	-----	
	Suelos (S)	
	Pintura (PI)	

Buscar

Figura 17. Ejemplo de datos de entrada para generar reportes de informes/bitácoras registradas. Fuente: elaboración propia.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	FECHA	NÚMERO INFORME	LABORATORIO	DETALLE	COSTO TOTAL
1								
2	2001.3.2.2	C-02	Revenimiento					
3	2001.4.1.2	C-02	Revenimiento					
4	2001.5.1.2	C-02	Revenimiento					
5	2001.6.3.3	C-02	Revenimiento					
6	2002.2.1.2	C-02	Revenimiento					
7	2003.5.1.2	C-02	Revenimiento					
8	2004.2.2.2	C-02	Revenimiento					
9	2004.3.2.2	C-02	Revenimiento					
10	2004.4.2.2	C-02	Revenimiento					
11	2005.1.2.2	C-02	Revenimiento					
12	2006.1.1	C-02	Revenimiento					
13	2007.2.3.3	C-02	Revenimiento					
14	2007.2.3.7	C-13	Obtención de núcleos perforados					
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								

Figura 18. Reporte de informes/ bitácoras registradas para las pruebas en sitio de concreto para la obra estructural. Fuente: elaboración propia.

## Reportes de costos

Estos tipos de reporte se pueden ver en el archivo que se genera en la sección [Registro de Informe de Pruebas de Laboratorio o Pruebas en Sitio](#), o el usuario puede escoger generar los reportes de costos de un determinado proyecto únicamente ingresando el Nombre del Proyecto y seleccionando una o más opciones de la sección *Reporte de Costos* (ver figura 16).

El nombre del archivo de MS Excel que se va a generar va a ser asignado de la siguiente forma:

“Nombre del Proyecto” + \_Gráficos\_Costos.

Informes Laboratorio Correo	18/10/2019 03:27 a.m.
Control de calidad	16/10/2019 01:07 a.m.
Control de calidad de materiales y sistemas ...	16/10/2019 12:54 a.m.
Proyecto 1	18/10/2019 01:41 a.m.
Proyecto 1_Graficos_Costos	18/10/2019 04:41 a.m.
Proyecto 1_Informes_Registrados	18/10/2019 04:40 a.m.

Figura 19. Reporte de costos. Fuente: elaboración propia.

El archivo de MS Excel se puede encontrar en la carpeta donde está guardado el ejecutable de la herramienta digital (figura 19), en el caso del ejemplo anterior, el nombre del archivo es: *Proyecto 1\_Gráficos\_Costos*.

## Costo por etapa de construcción

Muestra cuadros resumen y gráficos del costo total de todas las pruebas por etapa de construcción (figura 20). El primer gráfico compara el costo total y la etapa de construcción, el segundo gráfico compara los costos de las tres

categorías de pruebas más comunes con la etapa de construcción del proyecto.

De estos gráficos se puede concluir cuál es la etapa de construcción en la que más dinero se pagó y cómo es la distribución del dinero en las tres categorías de pruebas más comunes, por etapa de construcción.



Figura 20. Reporte de Costo por Etapa de Construcción. Fuente: elaboración propia.

## Costo mensual

En la figura 21 se puede ver el reporte de costos mensual, donde se resumen los costos de pruebas por mes y año. Los gráficos se actualizan cada vez que el usuario ingresa información, siempre que se respete el formato de ingreso de la fecha, por ejemplo: 19/octubre/2019.

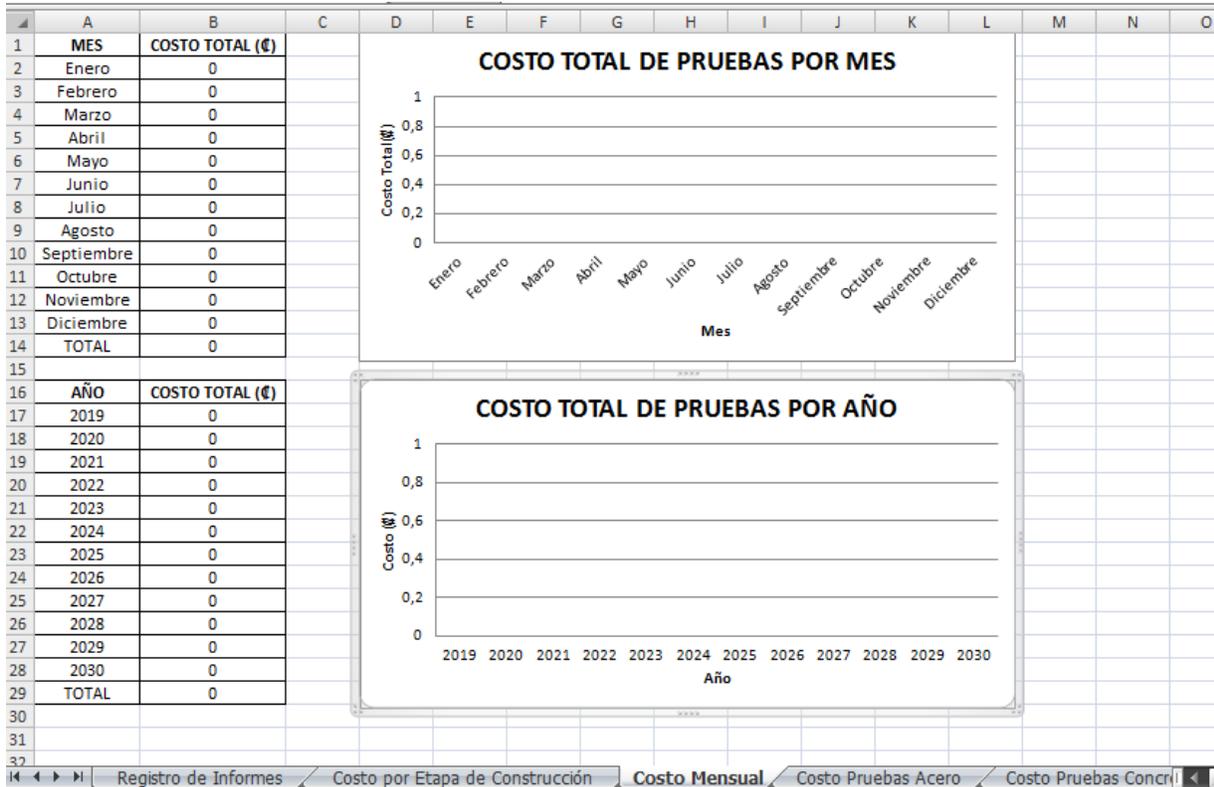


Figura 21. Reporte de Costo Mensual. Fuente: elaboración propia.

## Costo total pruebas de acero

Las figuras 22 y 23 muestran los reportes de costos de las pruebas clasificadas en la categoría de Acero Estructural (AE) y Acero de Refuerzo (AR).

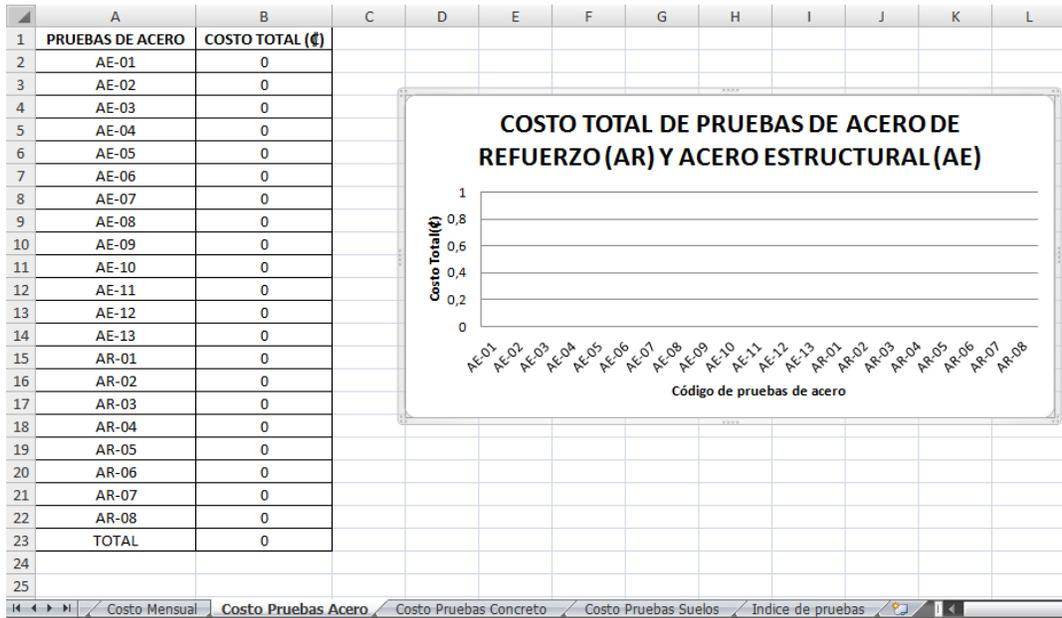


Figura 22. Reporte de costos de pruebas de acero, parte 1. Fuente: elaboración propia.

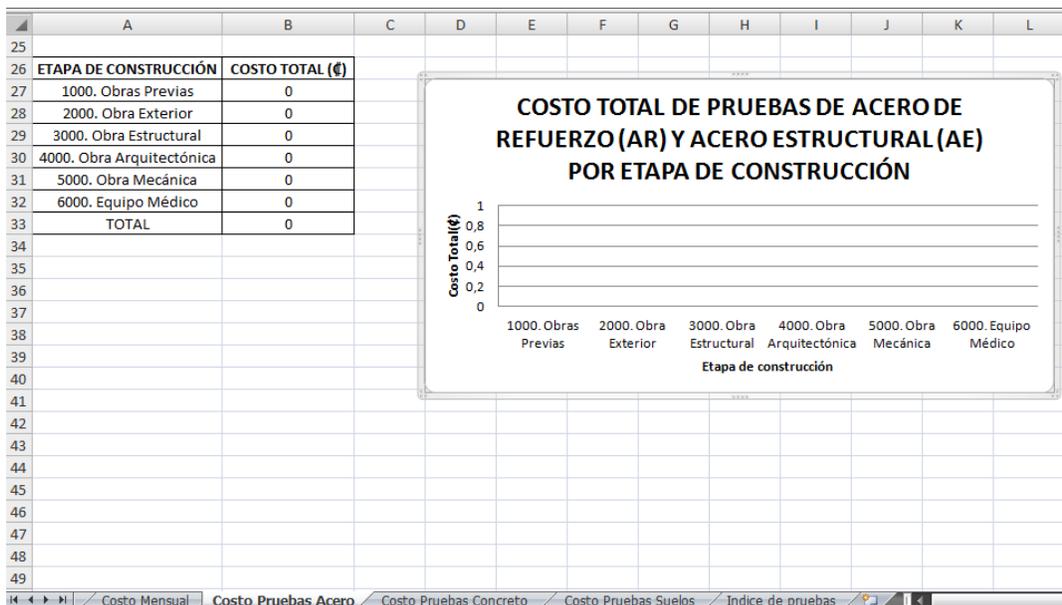


Figura 23 Reporte de costos de pruebas de acero, parte 2. Fuente: elaboración propia.

## Costo total pruebas de concreto

Las figuras 24 y 25 muestran los reportes de costos para las pruebas de la categoría Concreto (C). En la hoja *Índice de pruebas* se puede consultar el nombre de la prueba buscando con el código de prueba.

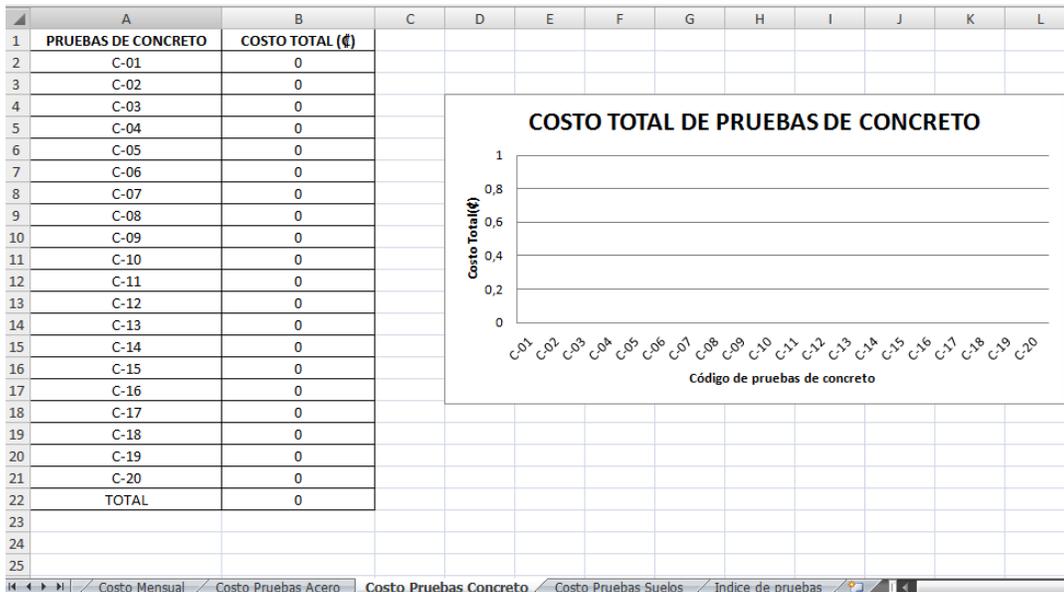


Figura 24. Reporte costos de pruebas de concreto, parte 1. Fuente: elaboración propia.

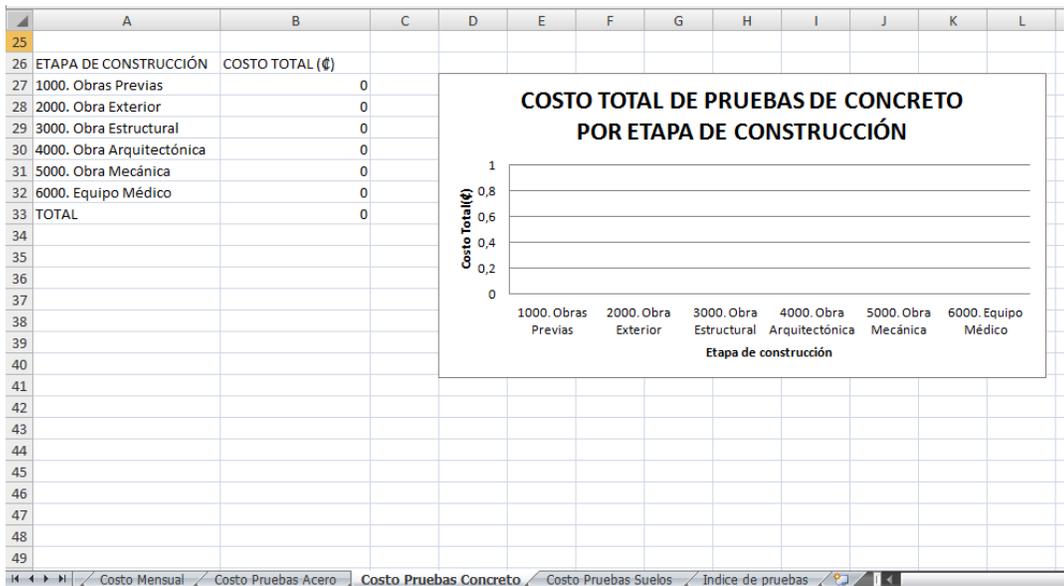


Figura 25. Reporte de pruebas de concreto, parte 2. Fuente: elaboración propia.

## Costo total pruebas de suelos

En las figuras 26 y 27 se muestran los reportes de costos de pruebas de la categoría Suelos (S). En la hoja *Índice de pruebas* se puede consultar el nombre de la prueba buscando con el código de prueba.

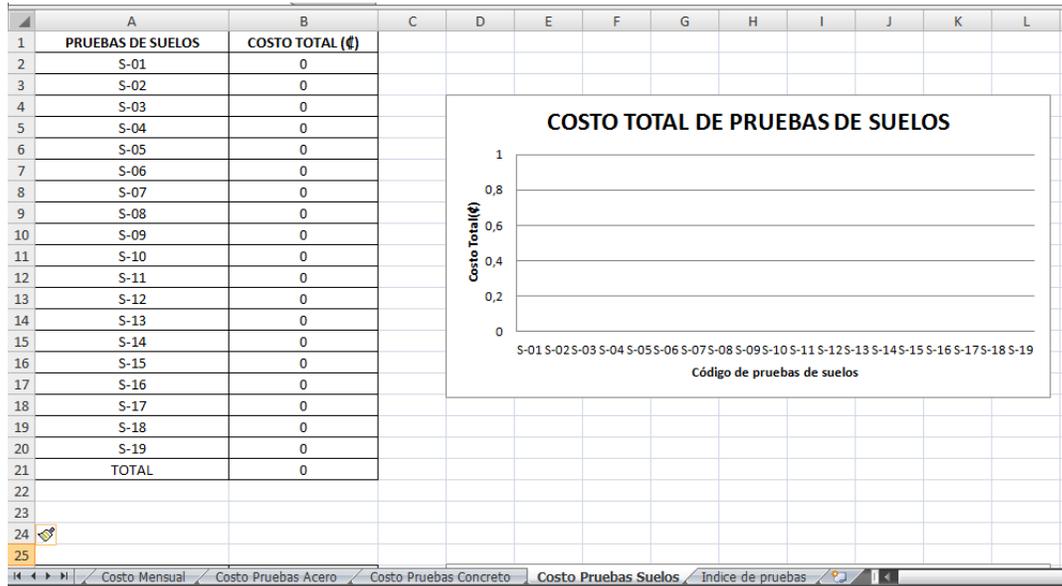


Figura 26. Reporte de costos de pruebas de suelos, parte 1. Fuente: elaboración propia.

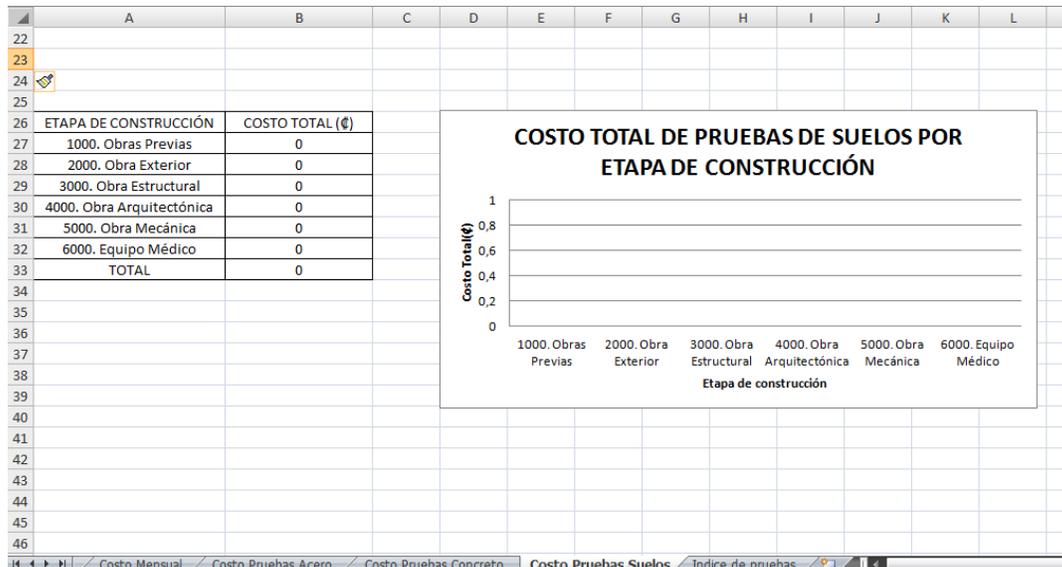
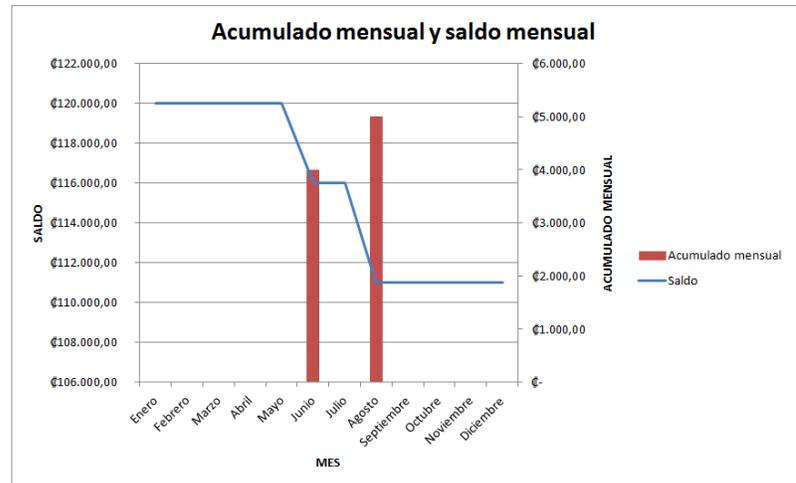


Figura 27. Reporte de pruebas de suelos, parte 2. Fuente: elaboración propia.

## Avance mensual

La figura 28 muestra un ejemplo de reporte de avance mensual de costos. Este reporte se encuentra en la hoja *Costo mensual* y se puede obtener información del saldo restante del monto destinado para cubrir los gastos de las pruebas, el costo mensual total de las pruebas realizadas.

Mes	Monto Acumulado	Saldo	% Monto Global inicial restante
Enero	₡ -	₡ 120.000,00	100,0
Febrero	₡ -	₡ 120.000,00	100,0
Marzo	₡ -	₡ 120.000,00	100,0
Abril	₡ -	₡ 120.000,00	100,0
Mayo	₡ -	₡ 120.000,00	100,0
Junio	₡ 4.000,00	₡ 116.000,00	96,7
Julio	₡ -	₡ 116.000,00	96,7
Agosto	₡ 5.000,00	₡ 111.000,00	92,5
Septiembre	₡ -	₡ 111.000,00	92,5
Octubre	₡ -	₡ 111.000,00	92,5
Noviembre	₡ -	₡ 111.000,00	92,5
Diciembre	₡ -	₡ 111.000,00	92,5
TOTAL	₡ 9.000,00		



**Figura 28.** Ejemplo de reporte de avance mensual de costos. Fuente: elaboración propia datos de los informes de laboratorio No 8325-2019 y No 8244-2019 del laboratorio TecnoControl Laboratorio S.A., pruebas realizadas en el proyecto Torre Este del Hospital Calderón Guardia.

## Índice de pruebas

En esta hoja se pueden consultar los nombres de las pruebas buscando su código de prueba respectivo, además del nombre de la prueba se puede encontrar el nombre de la norma que describe su aplicación o procedimiento. En la figura 29, se muestra la matriz resumen organizada en las 13 categorías en las que se clasificaron las pruebas de laboratorio y pruebas en sitio.

	A	B	C
1	<b>ACERO ESTRUCTURAL (AE)</b>		
2	AE-01	Inspección visual	CSCR 2010 Capítulo 10
3	AE-02	Ultrasonido	CSCR 2010 Capítulo 10
4	AE-03	Tintas penetrantes	CSCR 2010 Capítulo 10
5	AE-04	Rayos X	CSCR 2010 Capítulo 10
6	AE-05	Pernos de alta resistencia (conexiones de vigas)	ASTM F-3125
7	AE-06	Dimensiones de los pernos	ANSI B18.2.1
8	AE-07	Pernos tensados	AISC 360
9	AE-08	Verificación de torque	N.A.
10	AE-09	Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia d	ASTM A-572
11	AE-10	Especificación Normalizada para Acero al Carbono Estructural	ASTM A-36
12	AE-11	Especificación Normalizada para Tubos Estructurales de Acero al Carbon	ASTM A-500
13	AE-12	Especificación estándar para acero al carbono, láminas y tiras, laminado	ASTM A-1011
14	AE-13	Especificación Normalizada para Lámina de Acero, Recubierto de Zinc o	ASTM A-653
15	<b>ACERO DE REFUERZO (AR)</b>		
16	AR-01	Prueba de tracción	ASTM A-370
17	AR-02	Norma Oficial de Barras de Acero para Hormigón Armado (Concreto)	MEIC-12666
18	AR-03	Especificación Normalizada para Refuerzo Electrosoldado de Alambre d	ASTM A-185
19	AR-04	Especificación Normalizada para Refuerzo Electrosoldado de Alambre d	ASTM A-1064
20	AR-05	Especificación Normalizada para Alambre de Acero, deformado, para Cc	ASTM A-1064
21	AR-06	Dovelas	AASHTO M-254
22	AR-07	Barras de amarre	AASHTO M-31M
23	AR-08	Especificación Normalizada para Torón de Acero, de Siete Alambres sin	ASTM A-416
24	<b>ASFALTO (AS)</b>		
25	AS-01	Diseño mezcla SUPERPAVE	CR 2010 Sección 401.03

Figura 29. Índice de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio. Fuente: elaboración propia.

## Búsqueda de Informe de laboratorio

En la ventana de *Reportes de Costos e Informes Registrados* está la opción de buscar informes de laboratorio por nombre, el único requisito para que el informe se pueda abrir desde la herramienta digital es que se el archivo debe estar guardado en la carpeta *Informes Laboratorio Organizados*, esto quiere decir que el informe a buscar debe haber sido registrado en algún proyecto previamente. La figura 30 muestra un ejemplo de Informe de laboratorio abierto desde la herramienta digital.

The image shows two overlapping windows from a software application. The left window, titled "Reportes de Costos, Bitácoras e Informes Registrados", features a search interface for laboratory reports. It includes a text field for "Nombre del Proyecto:", a search button labeled "Buscar", and a list of classification categories. The "Clasificación" list includes: 1000. Obras Previas, 2000. Obra Exterior (highlighted in blue), 3000. Obra Estructural, 4000. Obra Arquitectónica, 5000. Obra Mecánica, and 6000. Equipo Médico. Below this, there are sections for "Reportes de Costos" and "Reportes de Costos" with various cost-related options. The right window, titled "Informe 1.pdf - Adobe Reader", displays a document titled "INFORME DE ENSAYO DE COMPRESION DE CILINDROS". The document includes a logo for "viato", a date of "Diciembre 16, 2008", and detailed technical information such as "Ingeniero: Ing. Carlos Manuel Barrantes", "Clase: ESTRUCTURA", "Dirección del cliente: FRENTE AL LICEO NAPOLEON QUEVEDA GUADALUPE, SAN JOSE", and "Proyecto: Construcción del Nuevo Hospital de Heredia". It also contains a table titled "FALLA DE CILINDROS DE CONCRETO" with columns for cylinder number, diameter, age, type, load, and strength.

CILINDRO NÚMERO	DIÁMETRO (mm)	EDAD (DÍAS)	TIPO FALLA	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO PROYECTADO (MPa)	ESFUERZO PROMEDIO (MPa)
PHH-0518A3	153,6	18,54	2E	449,3	24,3	-	-
PHH-0518A4	152,5	18,27	2E	439,3	24,1	-	24,2

Figura 30. Búsqueda de Informes de Laboratorio.

# Ventana de búsqueda de pruebas

En esta ventana se puede realizar la búsqueda de pruebas de laboratorio y pruebas en sitio para cualquier proyecto. Esta parte fue diseñada para ayudar en la planificación de las pruebas, ya que el informe que genera incluye información como: nombre de la prueba, el parámetro que se debe cumplir, la frecuencia de aplicación y la referencia bibliográfica.

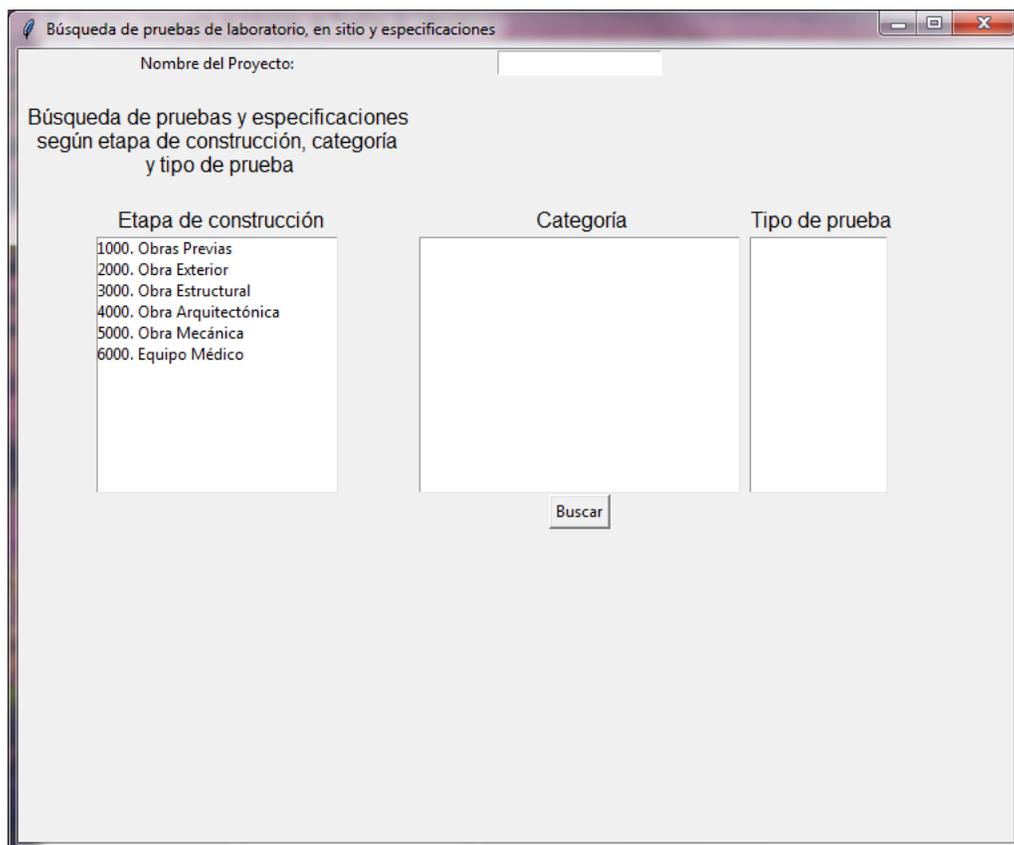


Figura 31. Ventana de búsqueda de pruebas y especificaciones.

## Búsqueda de pruebas y especificaciones.

La búsqueda se realiza ingresando primero un *Nombre de Proyecto* y luego se debe hacer la selección de la *Etapa de construcción*, la *Categoría* y el *Tipo de Prueba*.

El archivo de MS Excel que se genera se guarda en la carpeta donde está guardado el ejecutable de la herramienta digital *Control de Calidad* (figura 32) y el nombre del archivo se asigna de la siguiente forma:

“Nombre del Proyecto” + \_Búsqueda\_pruebas\_y\_especificaciones

Name	Date modified
Informes Laboratorio Correo	18/10/2019 03:27 a.m.
Control de calidad	16/10/2019 01:07 a.m.
Control de calidad de materiales y sistemas ...	16/10/2019 12:54 a.m.
Proyecto 1	18/10/2019 01:41 a.m.
Proyecto 1_Búsqueda_pruebas_y_especifica...	19/10/2019 12:29 a.m.
Proyecto 1_Graficos_Costos	18/10/2019 04:41 a.m.
Proyecto 1_Informes_Registrados	18/10/2019 04:40 a.m.

**Figura 32.** Archivo de MS Excel de búsqueda de pruebas y especificaciones. Fuente: elaboración propia.

Nombre del Proyecto: Proyecto 1

Búsqueda de pruebas y especificaciones según etapa de construcción, categoría y tipo de prueba

Etapa de construcción

- 1000. Obras Previas
- 2000. Obra Exterior
- 3000. Obra Estructural
- 4000. Obra Arquitectónica
- 5000. Obra Mecánica
- 6000. Equipo Médico

Categoría

- Acero Estructural (AE)
- Acero de Refuerzo (AR)
- 
- Concreto (C)
- 
- 
- 
- 
- Suelos (S)
- Pintura (PI)

Tipo de prueba

- Laboratorio
- Sitio
- Especificación

Buscar

**Figura 33.** Ejemplo de búsqueda de pruebas y especificaciones. Fuente: elaboración propia.

La figura 33 muestra un ejemplo de búsqueda de todas las pruebas de laboratorio que se deben realizar al concreto para la etapa Obra Estructural y en la figura 34 se puede ver el resumen de la información.

A	B	C	D	E	F	G	H
CÓDIGO ACTIVIDAD	CÓDIGO PRUEBA	DESCRIPCIÓN	NORMA	PARÁMETRO	FRECUENCIA	REFERENCIA	
1	3001.1.1.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 105 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
2	3001.2.1.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
3	3001.5.1.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 105 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
4	3002.3.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
5	3003.1.2.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
6	3003.2.2.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
7	3005.1.3	C-04	Resistencia a la compresión de prismas de mampostería	ASTM C-1314	De acuerdo a especificaciones ti	No menos de 3 pruebas por cada 100m2	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
8	3005.2.1.1	C-07	Resistencia a la compresión, medida en cubos	ASTM C-270	f <sub>c</sub> =175kg/cm <sup>2</sup>	1 Prueba por cada 6 metros lineales de	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
9	3005.2.1.2	C-09	Análisis Granulométrico	ASTM C-136	De acuerdo a especificaciones ti	Cuando lo solicite el profesional respor	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
10	3005.2.1.4	N.A.	Relación agua/cemento	N.A.	N.A.	Menor o igual a 0,45.	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
11	3005.4.2	C-09	Análisis Granulométrico	ASTM C-136	De acuerdo a especificaciones ti	Cuando lo solicite el profesional respor	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
12	3005.4.5	C-10	Resistencia a la compresión del concreto de relleno	ASTM C-1019	f <sub>c</sub> = 175kg/cm <sup>2</sup>	1 Prueba por cada 6 metros lineales de	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
13	3006		Escaleras de circulación interna edificio				
14	3006.1.1.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
15	3006.1.2.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
16	3006.1.3.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
17	3006.1.4.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
18	3006.1.5.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
19	3007.2.1	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	f <sub>c</sub> = 350 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días	Concreto hecho en obra: 4 cilindros por c	Especificaciones Técnicas Área Civil Torre Est
20	3007.5.1.2	C-01	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	ASTM C-39 / AASTHTO	Diseño de mezcla entregado por	Fallar: 5 bloques a los 28 días.	I-CPM-01 Sección 3.8
21	3008		Estructura metálica de techos				
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							

Figura 34. Ejemplo de búsqueda de pruebas y especificaciones para un proyecto. Fuente: elaboración propia.

### **Apéndice C.** Disco compacto.

El disco compacto se encuentra adjunto a este informe y contiene una carpeta llamada *Apéndices* y dentro están el *Manual para control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud* (Apéndice A), el *Manual de usuario de la herramienta digital* (Apéndice B) además del ejecutable de la herramienta digital *Control de Calidad* y el archivo de MS Excel *Control de calidad de materiales y sistemas en edificios de salud*.

# Referencias

- AASHTO. (Sin fecha). *About AASHTO*. Recuperado de: <https://www.transportation.org/>
- ACI. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary ACI 318R-14*. Estados Unidos.
- AISC. (2019). *About Us*. Recuperado de: <https://www.aisc.org/about-us/>
- ANSI. (2019). *About ANSI*. Recuperado de: [https://www.ansi.org/about\\_ansi/overview/overview](https://www.ansi.org/about_ansi/overview/overview)
- Anderson, D., Sweeney, D. & Williams, T. (2008). *Estadística para administración y economía*. México. Cengage Learning.
- Asociación Costarricense de Geotecnia. (2009). *Código de Cimentaciones de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- ASTM. (2014). *¿Qué es ASTM International?*. Recuperado de: [https://www.astm.org/images/what\\_is\\_astm\\_spanish.pdf](https://www.astm.org/images/what_is_astm_spanish.pdf)
- CCSS. (Sin fecha) *Cultura Organizacional*. Recuperado de: [www.ccss.sa.cr/cultura](http://www.ccss.sa.cr/cultura)
- CCSS. (1943). *Ley Constitutiva de la Caja Costarricense del Seguro Social N°17*.
- CCSS. (2016). *DAI: Gestores de nuestra infraestructura*. Recuperado de: <https://www.ccss.sa.cr/seguro/index.php/11-ccss/572-dai-gestores-de-nuestra-infraestructura>
- CGR. (1998). *Manual Técnico para el Desarrollo de Proyectos de Obra Pública*. Recuperado de: <https://www.cgr.go.cr/03-documentos/normativa/obra-publica.html>
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2017). *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones*. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2011). *Código Sísmico de Costa Rica 2010*. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Colomer, Á. (1997). *Estadística en el control de calidad*. Lleida, España. Edicions de la Universitat de Lleida.
- Cuerpo de Bomberos (2013). *Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios*. Costa Rica.
- ECA. (Sin fecha, a). *Laboratorios con alcances acreditados contra la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005*. Recuperado de: [http://www.eca.or.cr/acr\\_lab.php?t=e](http://www.eca.or.cr/acr_lab.php?t=e).
- ECA. (Sin fecha, b). *Organismos de Inspección Acreditados contra la norma INTE-ISO/IEC 17020*. Recuperado de: [http://www.eca.or.cr/acr\\_oi.php](http://www.eca.or.cr/acr_oi.php).
- ECA. (2011). *Preguntas más frecuentes sobre el ECA*. Recuperado de: [http://www.eca.or.cr/eca\\_preg.php](http://www.eca.or.cr/eca_preg.php)
- Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS. (2016). *Licitación Pública 2015LN-000002-4402*. Costa Rica.

- Gerencia de Infraestructura y Tecnologías CCSS. (2016). *Pruebas de aceptación para los equipos emisores o detectores de radiaciones ionizantes*. Costa Rica.
- GobiernoCR. (2015). *CCSS invertirá más de 400 mil millones en infraestructura hospitalaria y equipo médico*. Recuperado de: [gobierno.cr/ccss-invertira-mas-de-%C2%A2400-mil-millones-en-infraestructura-hospitalaria-y-equipo-medico/](http://gobierno.cr/ccss-invertira-mas-de-%C2%A2400-mil-millones-en-infraestructura-hospitalaria-y-equipo-medico/)
- Grande, I., & Abascal, E. (2011). *Fundamentos y técnicas de investigación comercial*. Madrid, España. ESIC Editorial.
- Gutiérrez, J., & Sánchez, G. (2011). *Propuesta de guía para la administración efectiva de proyectos durante el inicio de operación de nuevas obras de infraestructura hospitalaria de la CCSS en el área mecánica* (Tesis de maestría). Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- INS (2005). *Manual De Disposiciones Técnicas Generales al Reglamento Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios*. Costa Rica.
- INTECO. (Sin fecha.a). *INTE-ISO/IEC 17020:2012*. Recuperado de: <https://www.inteco.org/shop/product/inte-iso-iec-17020-2012-evaluacion-de-la-conformidad-requisitos-para-el-funcionamiento-de-diferentes-tipos-de-organismos-que-realizan-la-inspeccion-1230?search=17020%3A2012>
- INTECO. (Sin fecha.b). *INTE-ISO/IEC 17025:2005*. Recuperado de: <https://www.inteco.org/shop/product/inte-iso-iec-17025-2005-requisitos-generales-para-la-competencia-de-los-laboratorios-de-ensayo-y-de-calibracion-1218?search=17025>
- INTECO. (Sin fecha.c). *Evaluación de la conformidad. Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección*. Recuperado de: [https://www.inteco.org/en\\_US/shop/product/inte-iso-iec-17020-2012-evaluacion-de-la-conformidad-requisitos-para-el-funcionamiento-de-diferentes-tipos-de-organismos-que-realizan-la-inspeccion-1230?category=22](https://www.inteco.org/en_US/shop/product/inte-iso-iec-17020-2012-evaluacion-de-la-conformidad-requisitos-para-el-funcionamiento-de-diferentes-tipos-de-organismos-que-realizan-la-inspeccion-1230?category=22)
- INTECO. (Sin fecha.d). *Sobre INTECO*. Recuperado de: [https://www.inteco.org/page/inteco.about\\_us](https://www.inteco.org/page/inteco.about_us)
- ISO. (2005). *ISO/IEC 17025:2005(es) Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17025:ed-2:v1:es>
- ISO. (2015). *¿Qué son las normas ISO y cuál es su finalidad?*. Recuperado de: <https://www.isotools.org/2015/03/19/que-son-las-normas-iso-y-cual-es-su-finalidad/>
- La Gaceta. (2002). *Ley 8279 Sistema Nacional para la Calidad*.
- MEIC. (2019). *Información General*. Recuperado de: <https://www.meic.go.cr/meic/web/142/reglamentacion-tecnica-y-codex/informacion-general.php>
- MOPT-LanammeUCR. (2009). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR-2010*. Costa Rica.
- Mora, L. (2006). *Criterios para selección y puesta en marcha de equipos hospitalarios: compresores de aire grado médico*. (Tesis de maestría). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Naghi, M. (2005). *Metodología de la investigación*. México. Editorial Limusa.
- NFPA (2019). *¿Quiénes Somos?*. Recuperado de: <https://www.nfpajla.org/nfpa-en-latioamerica/nfpa-en-espanol>

- Portocarrero, A., & Sánchez, R. (2002). *Diseño de una Base de Datos de Información de Costos para Proyectos de Construcción* (Tesis de grado). Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Presidencia Costa Rica. (2016). *CCSS alcanza cobertura de 1041 EBAlS en todo el país*. Recuperado de: [presidencia.go.cr/sin-categoria/2016/06/ccss-alcanza-cobertura-de-1-041-ebais-en-todo-el-pais/](http://presidencia.go.cr/sin-categoria/2016/06/ccss-alcanza-cobertura-de-1-041-ebais-en-todo-el-pais/)
- Project Management Institute. (2013). *Fundamentos para la Dirección de Proyectos: Guía del PMBOK*. Estados Unidos.
- Python. (2019). *General Python FAQ*. Recuperado de: <https://docs.python.org/3/faq/general.html>
- Suñé, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Tecnocontrol Laboratorio S.A. (2019). *Informe de laboratorio No 8244-2019*
- Tecnocontrol Laboratorio S.A. (2019). *Informe de laboratorio No 8325-2019*
- Verdoy, P.J., Mahiques, J.M., & Pellicer S.S. (2006). *Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones*. Castelló de la Plana, España. Publicacions de la Universitat Jaume I
- Walpole, R. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. México. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.