

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**DIMENSIONAMIENTO DEL CONTRAPESO PARA CIMENTACION DE  
UNA COBERTURA DE 25 METROS DE LUZ, CASO: NAVE METALICA  
VENTANILLA - CALLAO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. GOMEZ SALDARRIAGA CARLOS  
ALBERTO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

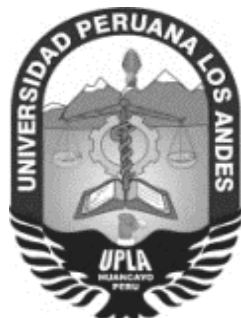
**LIMA – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**DIMENSIONAMIENTO DEL CONTRAPESO PARA CIMENTACION DE  
UNA COBERTURA DE 25 METROS DE LUZ, CASO: NAVE METALICA  
VENTANILLA - CALLAO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. GOMEZ SALDARRIAGA CARLOS  
ALBERTO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**Dr. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ  
PRESIDENTE**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES  
SECRETARIO DOCENTE**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación la dedico a mi esposa y mi hija por su compañía y comprensión en estos años de estudio, gracias a ellas me dieron la fuerza para culminar este objetivo de vida.

Carlos Gómez

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme vida y salud y permitirme continuar con mis metas. A mi familia por su apoyo y aliento constante para seguir con mis estudios. De forma especial al Ingeniero César Rivera por su orientación y apoyo en recabar la información pertinente para el estudio. A todos los docentes y compañeros de estudio que me acompañaron estos años.

Carlos Gómez.

## CONTENIDO

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación	3
1.4.1. Práctica o Social	3
1.4.2. Metodológica	3
1.5. Delimitación	4
1.5.1. Espacial	4
1.5.2. Temporal	5

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Nacionales	6
2.1.2. Internacionales	7
2.2. Marco conceptual	9
2.2.1. Cimentación	9
2.2.2. Propósito de la cimentación	9
2.2.3. Tipos de cimentación	9
2.2.4. Nave industrial metálica	14
2.2.5. Tipología arquitectonica de la nave metálica	15
2.2.6. Proceso para el dimensionamiento del contrapeso	19
CAPITULO III. METODOLOGÍA	20
3.1. Tipo de estudio	20
3.2. Nivel de estudio	20
3.3. Diseño de estudio	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.4.1. Técnicas	20
3.4.2. Instrumentos	20
3.4.2. Población	20
CAPITULO IV. DESARROLLO DEL INFORME	21
4.1 Aspectos preliminares para el desarrollo de los cálculos	21
4.1.1. Bases del diseño y referencias	21
4.1.2. Ficha técnica de los materiales	21
4.1.3. Sistema estructural	22

4.1.4. Software	22
4.1.5 Presión en el terreno	23
4.2. Definición de las cargas	25
4.2.1. Carga Muerta	25
4.2.2. Carga Viva	25
4.2.3. Carga de Sismo	26
4.2.4. Carga de Viento	26
4.3. Cálculo de las cargas	26
4.3.1. Carga de viento	26
4.3.2. Carga de sismo	28
4.3.3. Carga muerta	33
4.3.4 Carga viva	34
4.3.5. Combinaciones de carga	34
4.4. Resultados	35
4.5. Discusión de resultados	38
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS	44
Anexo 1: Peso unitario de los materiales	45
Anexo 2: Mapa de zonificación del Perú	46
Anexo 3: Plano de Ubicación	47
Anexo 4: Plano de cimentaciones	48
Anexo 5: Estudio de mecanica de suelos	49



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la obra	5
Figura 2. Zapatas aisladas	10
Figura 3 Zapata Excéntrica	11
Figura 4. Zapatas combinadas o corridas	12
Figura 5. Losa de cimentación	12
Figura 6. Pilotes	13
Figura 7. Pilas chicago y Gow	14
Figura 8. Techo parabólico en proceso constructivo.	16
Figura 9. Techo a dos aguas para uso de almacén	16
Figura 10. Techo a un agua con pendiente moderada.	17
Figura 11. Techo tipo sierra con cubierta de paneles solares.	17
Figura 12. Techo tipo domo o cascarón en proceso constructivo.	18
Figura 13. Techo tipo arco	18
Figura 14 Resultados de la resistencia del terreno	23
Figura 15. Excentricidad dentro del nucleo central	24
Figura 16. Excentricidad fuera del nucleo central	24
Figura 17. Excentricidad de la zapata existente	25
Figura 18. Velocidad promedio anual del viento	27
Figura 19. Tabla 5.4 factor de forma	28
Figura 20. Factor de forma, periodo y factor de amplificacion sismica	29
Figura 21. Categoria de las edificaciones	29
Figura 22. Coeficiente para estimar el periodo de la edificacion	30
Figura 23. Coeficiente basico de reducción	31
Figura 24 Factores de Irregularidad $I_a$ , $I_p$	31
Figura 25. Area Tributaria	33
Figura 26. Metrado de carga muerta	33
Figura 27 Valor de la carga viva del techo	34

Figura 28	Modelo idealizado para el cálculo de las reacciones	35
Figura 29.	Resultado de las reacciones	36
Figura 30.	Dimensiones del bloque de concreto	37
Figura 31	Peso de los bloques de concreto según sus dimensiones	37

## RESUMEN

El presente informe técnico tuvo como problema general ¿Cómo dimensionar el contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz, caso: Nave Metálica Ventanilla Callao? Y el objetivo general fue, evaluar el contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros entre sus apoyos,

El tipo de estudio fue aplicado de nivel descriptivo y diseño no experimental, la población estuvo conformada por 20 elementos de contrapeso del proyecto “Nave Metálica Ventanilla Callao”; el tipo de muestreo fue no aleatorio o intencional, la muestra para este informe fue seleccionada en forma dirigida o intencional por tratarse de un contrapeso crítico para el estudio.

La conclusión principal de este estudio fue que, después de la evaluación del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros luz, caso nave metálica Ventanilla Callao, se encontró la dimensión óptima para contrarrestar los “esfuerzos” por cargas excéntricas en la cimentación, que fue de 1.00m x 1.00m x 1.00m, siendo el volumen del contrapeso de 1m<sup>3</sup>.

**Palabras clave:** Dimensionamiento de contrapeso, cimentación, cobertura.

## ABSTRACT

The present technical report had as a general problem How to size the counterweight for the foundation of coverage of 25 meters of light, case: Metallic ship Ventanilla Callao? And the general objective was, evaluate the counterweight for the foundation of 25 meter coverage between your supports.

The type of study was applied of descriptive level and non-experimental design, the population was made up of 20 counterweight elements of the “Ventanilla Callao Metal Ship” project; The type of sampling was non-random or intentional, the sample for this report was selected in a directed or intentional way because it is a critical counterweight for the study.

The main conclusion of this study was that, after the evaluation of the counterweight for the foundation of a coverage of 25 light meters, case Ventanilla Callao metal ship, the optimal dimension was found to counteract the efforts by eccentric loads in the foundation, which was 1.00m x 1.00m x 1.00m, the volume of the counterweight being 1m<sup>3</sup>.

**Keywords:** Counterweight sizing, foundations, coverage.

## INTRODUCCION

La cimentación es uno de los elementos estructurales más importantes al momento de realizar una edificación de la magnitud que sea, pues es la base que va transmitir el peso de toda la estructura y que absorberá los esfuerzos que se pueda generar en cualquier situación, pero en ocasiones las condiciones geométricas y separación entre apoyos hacen necesario construir un elemento de apoyo a las zapatas. No en todos los procesos constructivos se cuenta con óptimas áreas para las cimentaciones y en estas ocasiones debido a la poca disponibilidad de espacios la zapata no podrá recibir y transmitir de manera adecuada los esfuerzos, tanto por cargas verticales y excentricidades, debido a no tener otra zapata cercana para conectarla y equilibrar los esfuerzos, en esos casos lo ideal es aplicar un contrapeso para que el conjunto zapata - contrapeso pueda resistir, transmitir y pueda cumplir con los factores de seguridad requeridos.

El desarrollo de este informe técnico pretende mostrar que las dimensiones del contrapeso empleado en este proyecto aportan estabilidad a la zapata medianera, si aporta a contrarrestar esfuerzos, si se cumplen con los factores de seguridad.

El presente informe técnico está estructurado en cuatro capítulos, que son los siguientes:

Capítulo I, Planteamiento de problema, formulación del problema y objetivos, justificación y delimitación.

Capítulo II, Marco teórico, presenta los antecedentes y el marco conceptual.

Capítulo III, Metodología, contiene la metodología de la investigación, tipo, nivel y diseño de estudio y técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

Capítulo IV, Desarrollo del informe, comprende la presentación y desarrollo de los resultados y la discusión de resultados.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach.: Carlos Alberto Gomez Saldarriaga

## **CAPITULO I.**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

En la actualidad las técnicas de construcción son fundamentales para la construcción de una edificación, sobre todo cuando se lleva a cabo la construcción de naves industriales que abarcan una luz libre considerable, ya que en estos casos si no se realiza un adecuado estudio estructural la infraestructura podría sufrir esfuerzos que la lleven a presentar fallas y posterior colapso durante su vida útil, debido a esto, los ingenieros evalúan diversos elementos estructurales para determinar los de mayor respaldo técnico, constructivo y económico. En el caso de las naves industriales que limitan con otras propiedades se tienen las zapatas medianeras, que por condiciones de uso de la edificación se maximiza la ocupación de los espacios, teniendo como resultado cargas excéntricas aplicadas sobre las cimentaciones. Es por ello que se considera el aporte del elemento estructural “Contrapeso” para equilibrar los esfuerzos y excentricidades actuantes sobre las cimentaciones.

Los proyectos de hoy en día, responden a necesidades de grandes escalas, estas implican llevar a cabo construcciones que cuenten con una cimentación adecuada que permita soportar las cargas que una edificación va a transmitir al suelo, esto a su vez obliga buscar estratos de suelo que sean más resistentes para que se puedan cumplir estas necesidades; en países de Latinoamérica, como Venezuela, Colombia y Ecuador también se emplea este tipo de proceso constructivo que resulta ser efectivo a largo plazo, y brinda un grado de confiabilidad.

Perú también es un país, con gran demanda de este tipo de edificaciones, es por ello que el diseño estructural contempla el complemento estructural del contrapeso, ya que al diseñar y definir las cimentaciones se deben tomar en cuenta las normas

vigentes (cargas muertas, cargas vivas, cargas de sismo, cargas de viento, cargas por lluvia , etc.).

En la ciudad de Lima, en el Callao específicamente en el distrito Ventanilla se llevó a cabo la construcción de una nave metálica, donde la cimentación incluye el contrapeso, que consiste en una viga de cimentación (enlace) y en un bloque de concreto, con la finalidad de absorber las cargas, estas pueden ser momentos flectores, que producen esfuerzos y cargas que la zapata en esta ocasión no puede soportar sola.

Debido a lo antes mencionado nace la necesidad de realizar las evaluaciones y consideraciones técnicas, estructurales, geotécnicas pertinentes para la recolección de información y datos necesarios que posibiliten un mejor entendimiento que tiene el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación, y de esta manera poder brindarle a la sociedad una información práctica, veraz y actualizada a través de este Informe técnico.

## **1.2. Problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuáles son las dimensiones del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz, caso: Nave Metálica Ventanilla Callao?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuáles son las cargas relevantes que intervienen en el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz?
- b. ¿Cuál es la reacción del terreno que determina el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz?
- c. ¿Cómo influye la carga excéntrica en el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz?



### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar las dimensiones del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz, caso: Nave Metálica Ventanilla Callao.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a. Identificar las cargas relevantes que intervienen en el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz.
- b. Calcular la reacción del terreno que determina el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz
- c. Describir cómo influye la carga excéntrica en el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz.

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Práctica o Social**

A nivel práctico del informe técnico resulta ser confiable y sobre todo aplicable en situaciones similares, la búsqueda de soluciones óptimas en la cimentación de este tipo de estructuras con luces considerables y cubiertas ligeras las mismas que transmiten esfuerzos en la zapata medianera que por sí sola no absorbe, en este caso se dimensiona un contrapeso ligado a la zapata, a través de una viga de enlace, que contrarreste los esfuerzos calculados, elaborando un modelo matemático que sustente el equilibrio de cargas y momentos actuantes, tomando como derrotero el RNE, considerando las características del terreno mediante el EMS y la practicidad de ejecución del contrapeso

#### **1.4.2. Metodológica**

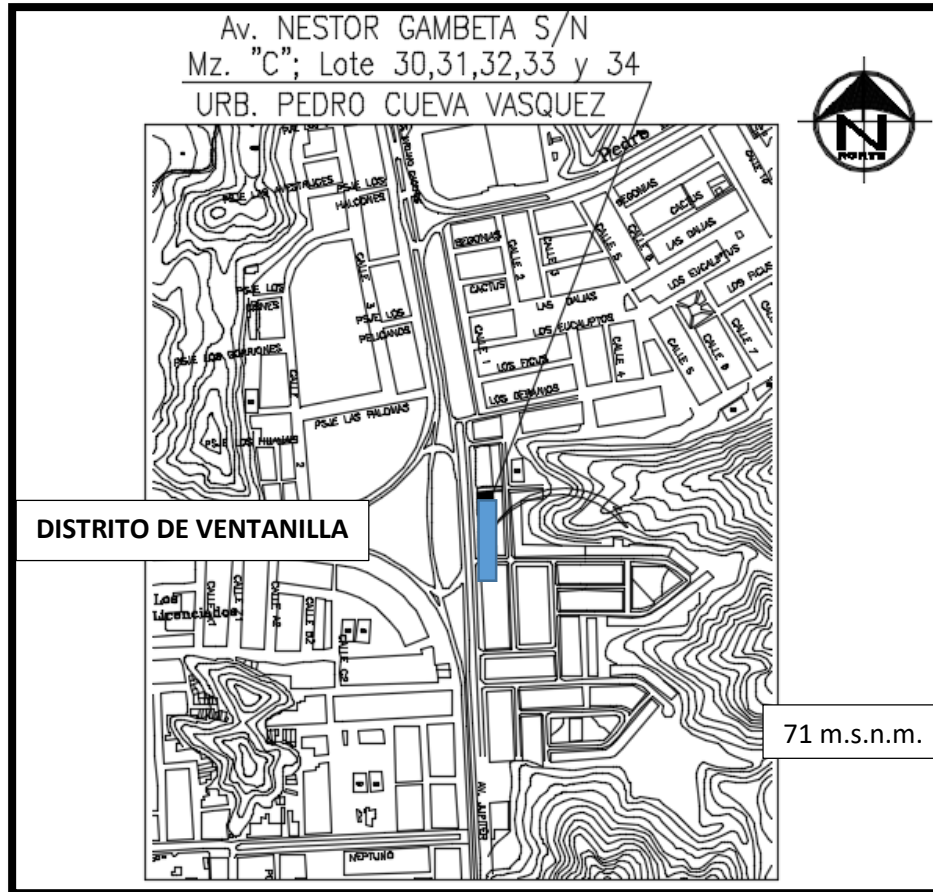
Desde el punto de vista metodológico se justifica porque se busca generar un conocimiento mediante las diferentes técnicas e instrumentos que nos van a permitir recolectar la información adecuada y de esta manera poder brindar

resultados eficientes al problema que se busca resolver en este informe técnico. Los instrumentos serán elaborados en concordancia a las necesidades y características que representarán la muestra, se busca también que este informe técnico sirva como un punto de referencia en otras investigaciones. Además la metodología utilizada en el presente informe pueda contribuir para otros estudios similares y en proyectos de la misma naturaleza.

## **1.5. Delimitación**

### **1.5.1. Espacial**

El informe se delimitó al dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz, que fue empleado para la construcción de una nave metálica ubicado en la Av. Néstor Gambeta s/n Mz "C" lote 30, 31, 32, 33 y 34 Urb. Pedro Cueva Vásquez en el distrito Ventanilla, provincia del Callao y departamento de Lima.



*Figura 1. Localización de la Obra*

Fuente: Plano de Ubicación del Proyecto.

### 1.5.2. Temporal

El informe técnico se elaboró en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2016 el cual contempla la etapa de elaboración del expediente técnico y la ejecución de la obra.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Nacionales

Valderrama (2014), presentó el estudio: *Influencia de la interacción suelo - estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporticada con zapatas aisladas en la ciudad de Huancayo*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniería Civil, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (Lima). El objetivo de esta investigación es analizar sísmicamente la interacción suelo - estructura y demostrar la obtención de menores esfuerzos mediante diferentes modelos de interacción. También usaron como herramienta estadística el Chi cuadrado para la validación de esta hipótesis. Se tomaron en cuenta los esfuerzos aplicados en doce (12) modelos de una edificación incluyendo los cambios de zonas sísmicas. Como conclusión se tuvo que parte de la energía generada por el sismo sobre la estructura es absorbida por el suelo ya que este trabaja como un resorte en las bases.

Bernedo (2018), realizó el estudio: *Análisis de los efectos de las cargas excéntricas en la cimentación de edificios con sótano*. Tesis de grado para optar al grado de Ingeniero Civil, Pontificada Universidad Católica Del Perú (Lima). el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos que se producen debido a cargas excéntricas en las cimentaciones de muros de sótano. La metodología empleada fue descriptiva, de tipo aplicada, con un diseño no experimental. La población la conformo el edificio, mientras que la muestra estuvo constituida por la cimentación del mismo y el instrumento para la recolección de datos fue la ficha de observación. Se llegó a la conclusión que, para considerar el aporte del empuje lateral del suelo en la reducción de los esfuerzos en la cimentación, se debe analizar el estado de las edificaciones contiguas, así como también se puede prescindir de viga de cimentación si se

coloca el refuerzo necesario para resistir el momento en el muro y las dimensiones de la cimentación del muro son las necesarias para que los esfuerzos que transmite la estructura al suelo no superen los esfuerzos admisibles del suelo.

Farina y Huapaya (2018), dieron a conocer el estudio: Formulación de cimentación superficial para un centro comercial de 03 pisos en una zona con suelos licuables en la encantada – Chorrillos. Tesis de grado para optar al grado de Ingeniero Civil, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (Lima). El objetivo de este estudio fue proponer una cimentación superficial para este tipo de suelos que son susceptibles a sufrir este fenómeno llamado licuación. Después de los cálculos y evaluaciones realizadas tomando en consideración los criterios de Meyerhof, Vesic y Terzaghi, se demostró la factibilidad de utilizar cimentaciones superficiales en suelos licuables.

### **2.1.2. Internacionales**

Pérez (2009), presentó el estudio: *Diseño y cálculo de la estructura metálica y de la cimentación de una nave industrial, ubicado en la parcela 108 del polígono industrial de carriches - Toledo*. Proyecto del departamento de mecánica de medios continuos y teoría de estructuras, Universidad Carlos III de Madrid (España) – Escuela Politécnica Superior. El objetivo de esta investigación se enfocó en establecer una metodología de cálculo para estructuras metálicas y su respectiva cimentación en concordancia con las normas técnicas vigentes. También desarrolla la documentación necesaria para la correcta puesta en marcha del proyecto, tales como: memoria constructiva, condiciones del proyecto, consideración de estudios previos, presupuestos y planos. La metodología empleada fue descriptiva, de diseño experimental, se recoge la información, se presentan los conocimientos teóricos, se referencia la normatividad aplicada y el programa de cálculo para su resolución. se llegó a la conclusión que el diseño final elegido satisface los

requerimientos técnicos y las especificaciones respecto a las normas vigentes, el cálculo de zapatas para cimentación viene determinado por las situaciones de hundimiento y vuelco siendo esta última originada por las cargas de viento.

Auzmendis (2014), Realizó el estudio: *Calculo de la estructura de un pabellón con cubierta en arco en la ciudad de Valencia*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Politécnica de Valencia (España). El objetivo de esta investigación fue resolver la estructura de un pabellón deportivo con características específicas. El desarrollo del cálculo inicia con el análisis de diferentes tipologías de estructuras porticadas, se realizan las comparaciones y definición de cargas actuantes con los respectivos diagramas, haciendo uso del programa de cálculo para la obtención de las dimensiones de los elementos estructurales, como conclusión se tiene el diseño estructural tanto para los elementos metálicos como para la cimentación del pabellón.

Romero (2004), dio a conocer la investigación: *La Influencia de la forma en las zapatas de medianera y de esquina en la ciudad de Sevilla*. Tesis de grado para optar al título de Doctor, en la Universidad de Sevilla de España. El objetivo de esta tesis fue estudiar la influencia de la forma en las cimentaciones superficiales por medio de zapatas aisladas realizando análisis comparativos entre los esfuerzos y las tensiones que transmite la zapata al suelo. En su conclusión se expone que la forma de las cimentaciones, en el caso de las zapatas tiene una gran influencia en el comportamiento de las mismas y condiciona los esfuerzos a los que va a ser sometida la cimentación.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Cimentación**

Son todos aquellos elementos estructurales que cumplen con la función de transmitir las cargas de la estructura o los diferentes elementos que se encuentran apoyadas a esta al suelo, para ser distribuidas de manera que no puedan superar su propia presión admisible, ni que se generen cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo en la mayoría de los casos es menor que la de los pilares o muros que va a soportar. La importancia de una cimentación radica en que es el elemento que va a soportar y transmitir las cargas de la superestructura (Das, 2012, p. 56).

### **2.2.2. Propósitos de una cimentación**

Según Das (2012), menciona los siguientes propósitos:

- Tienen que ser lo suficientemente resistentes para no romper por cortante.
- Estas deben soportar los esfuerzos de flexión que lleguen a producirse en el terreno, por lo que se deben disponer armaduras en su cara inferior.
- Estas deben de tener la facilidad de acomodarse a cualquier posible movimiento que se origine en el terreno.
- Tienen que estar diseñadas para que puedan ser capaces de soportar las posibles agresiones del terreno, del agua y su presión (Das, 2012, p. 56).

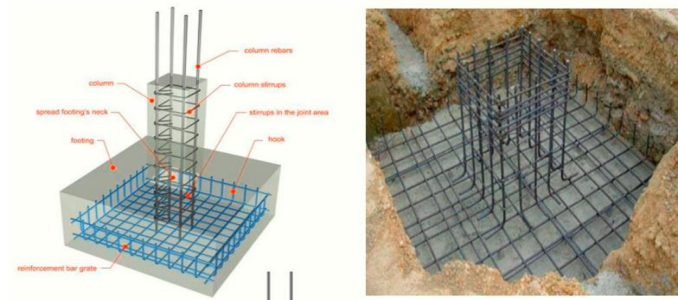
### **2.2.3. Tipos de cimentación**

El tipo de cimentación que vaya a ser elegido para llevar a cabo la construcción de una determinada edificación va a depender de manera significativa de las características mecánicas del suelo, su posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas que puedan existir, existen dos tipos de cimentaciones que son fundamentales en el mundo de la construcción, las cuales se mencionan a continuación:

**Cimentaciones directas:** son las que tienen su apoyo en las capas superficiales o no tan profundas del suelo, esto se debe a que el suelo posee la capacidad portante adecuada o porque se trata de construcciones que son relativamente livianas. Para este tipo de cimentación la carga se va a repartir en un plano de apoyo horizontal. Normalmente este es el tipo de cimentación que más se utiliza ya que su costo es menor en comparación con otras (López, 2007, p. 127).

Dentro de las cimentaciones directas se encuentran las siguientes:

- **Zapatas aisladas:** son un tipo de cimentación superficial que normalmente son usadas como base de elementos estructurales puntuales, tales como los pilares, de manera que esta zapata hace más grande la superficie de apoyo, hasta conseguir que el terreno pueda soportar sin problema alguno la carga que se le transmita. El nombre de zapata aislada es porque solamente se usa para el asentamiento de un único pilar, es el tipo de zapata más simple, aunque cuando el momento flector en la base del pilar se excede no son indicadas y deben ser sustituidas por zapatas combinadas o corridas en las que se puede asentar más de un pilar (López, 2007, p. 127).



*Figura 2. Zapatas aisladas*

Fuente: López (2017).



- **Zapatas Medianeras:** Cuando se disponen soportes en los lindes de una edificación con su medianero, surge la necesidad de emplear zapatas excéntricas, que se denominan zapatas medianeras. La zapata medianera es, un caso especial de zapata aislada con carga excéntrica. (Cabrera, 2012, p. 002).

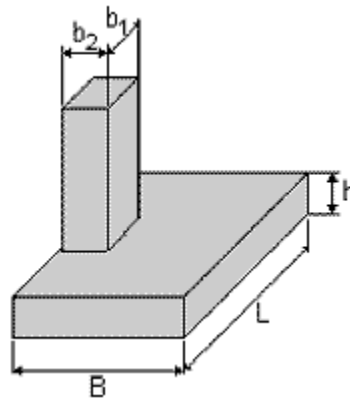
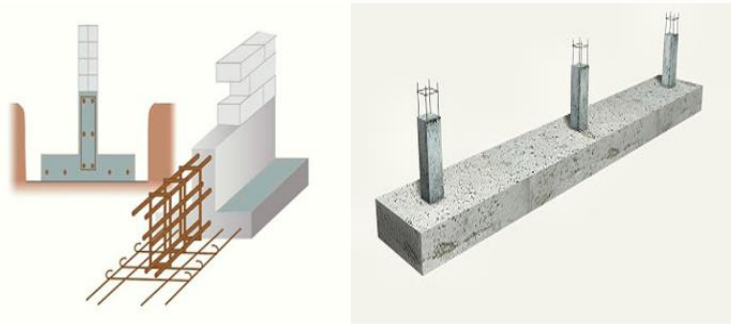


Figura 3. Zapatas Excéntricas

Fuente: Blog del Ingeniero Civil (2015).

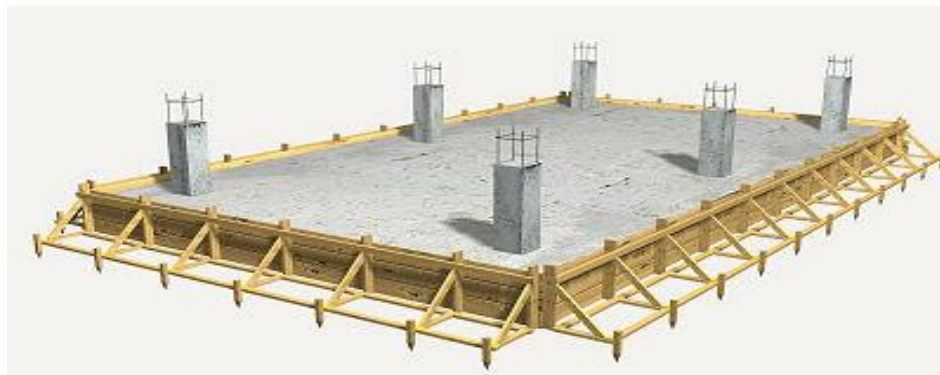
- **Zapatas combinadas o corridas:** es un tipo de cimentación que se utiliza cuando las zapatas aisladas se encuentran muy cercanas entre sí o se solapan, esto se origina por diferentes causas, ya sea porque existe una cercanía entre los pilares, pueden llegar a existir cargas concentradas que son muy fuertes que puedan originar elevados asentamientos diferenciales o por la poca capacidad de resistencia que posee el terreno. Si el número de pilares que soporta es menor de tres se denominan combinadas y corridas en caso contrario, también pueden ser usadas para apoyar muros con capacidad portante (López, 2007, p. 128).



*Figura 4. Zapatas combinadas o corridas*

Fuente: López (2017).

- **Losas de cimentación:** es un elemento o placa flotante que se apoya directamente sobre el suelo, este tipo de cimentación se utiliza en casos extremo, como cuando la superficie ocupada por las zapatas o por el emparrillado representa un porcentaje elevado de la superficie, esta puede ser maciza, aligerado contar con refuerzos especiales para mejorar la resistencia a punzonamiento bajo los soportes de manera individual (López, 2007, p. 128).



*Figura 5. Losa de cimentación*

Fuente: López (2017).

**Cimentaciones profundas:** son aquellas que se enfocan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas o para ser más exactos en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno,

debido a esto tienen que construirse a más profundidad que las superficiales, Así de esta manera poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga (López, 2007, p. 129).

Dentro de las cimentaciones profundas se encuentran las siguientes:

- **Pilotes:** son elementos estructurales los cuales en su mayoría son prefabricados, estos cuentan con un área de sección transversal chica si se le compara con su longitud, estos son hincados por lo general con una piloteadora que posee martinete o un vibrador. Los pilotes tienen tres partes: punta, fuste y encepado o apoyo, su modo de trabajo va a depender de la naturaleza del terreno y de la profundidad a la que se encuentre un estrato resistente (López, 2007, p. 129).

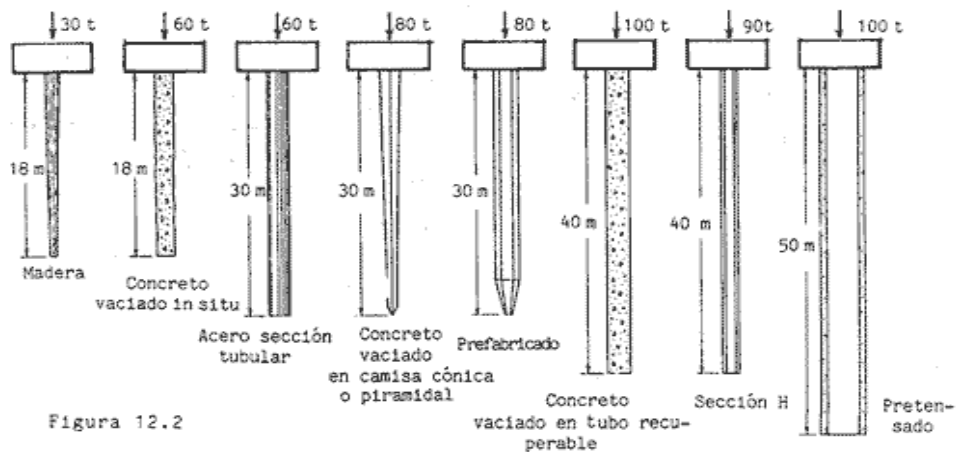


Figura 6. Pilotes

Fuente: López (2017).

- **Muros:** Los muros de contención son estructuras que proporcionan soporte lateral a una masa de suelo y deben su estabilidad principalmente a su propio peso y al peso del suelo que esté situado directamente arriba de su base. Los muros de contención constituyen partes propias de muchas cimentaciones. Los tipos más comunes en uso

son: el de gravedad, semi gravedad, voladizo, de contrafuertes y muros criba (López, 2007, p. 130).

- **Pilas:** Las pilas son fundaciones profundas de gran capacidad de carga, que se diferencian de los pilotes en sus dimensiones. Las pilas tienen usualmente sección transversal circular y por lo general llevan armadura longitudinal y transversal. Su diámetro varía entre 0,8 y 2,2 m. estas pueden resistir cargas axiales superiores a las 500 t e incluso alcanzan las 1.000 t, de igual manera que su altura promedio es de 35 m, pudiendo construirse bajo el nivel freático, también Soportan cargas horizontales e inclinadas, con buena resistencia a flexión y su proceso de construcción no afecta los edificios circundantes, pues no se producen vibraciones por lo cual se pueden ubicar próximas a lindero (López, 2007, p. 130).

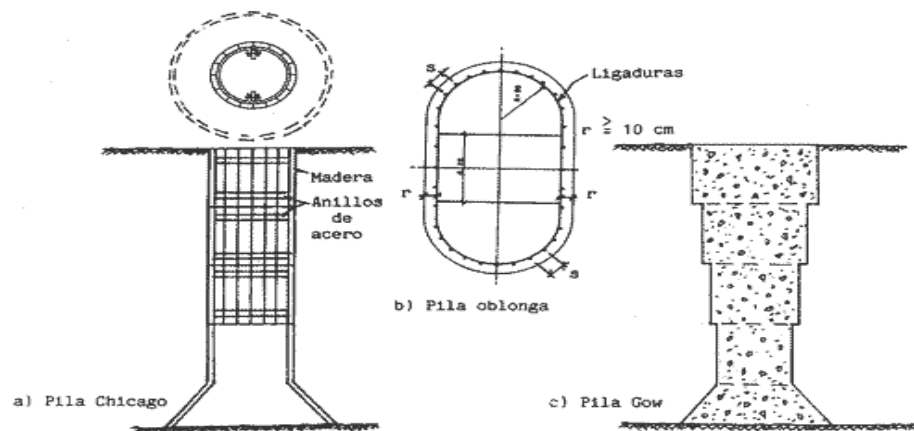


Figura 7. Pilas Chicago y Gow

Fuente: López (2017).

#### 2.2.4. Nave Industrial metálica

Son construcciones que frecuentemente se usan para solucionar inconvenientes relacionados con el alojamiento y operación de una industria. De igual manera puede definirse como las instalaciones físicas o edificaciones

diseñadas y construidas para realizar actividades industriales de producción, transformación, manufactura, procesos industriales (Rodríguez, 2011, p.8).

### **Uso de la nave industrial metálica**

Regido por La Normativa aplicada E030 Diseño Sismo resistente, Capítulo E020 Cargas y Capítulo E090 Estructuras metálicas; se clasifican de acuerdo al uso que se le dará:

- Almacén
- Taller
- Hangar
- Edificio logístico

### **2.2.5. Tipología Arquitectónica de la nave metálica**

#### **Techo parabólico**

Una estructura compuesta en conjunto por un tijeral parabólico de perfiles en celosía, arriostres secundarios en x, tensores de tracción, correas, vigas laterales y viguetas fabricadas con planchas y perfiles de acero estructural ASTM- A36. De instalación rápida, forma aerodinámica, actúa como aislante térmico, además de ser estético (Rodríguez, 2011, p.8).



*Figura 8.* Techo parabólico en proceso constructivo.

Fuente: Construtec, (2010).

### **Techo a dos aguas**

Las pendientes de las cubiertas están en función del material a utilizar. También son factores importantes la ubicación de la estructura, el clima. Se toma como criterio general para el diseño que mayor pendiente cuando mayor sea el número de juntas, más áspera la superficie y más permeable el material de las juntas. Por su forma se pueden agregar luminarias, así como ventiladores (Rodríguez, 2011, p.9).



*Figura 9.* Techo a dos aguas para uso de almacén

Fuente: Construtec, (2010).

### **Techo a un agua**

Posee una de las cubiertas más sencillas, ya que está estructurado por una pendiente que se recuesta a lo largo de los muros o entramados paralelos, con la finalidad de verter el agua de la lluvia en un solo sentido (Rodríguez, 2011, p.9).



*Figura 10.* Techo a un agua con pendiente moderada.

Fuente: Construtec, (2010).

### **Techo tipo sierra**

Estructurado por faldones de distinta pendiente; la luz natural entra en la sección más vertical, y el otro con material de cubrimiento. Es limitante para vapores, pero tiene una alta iluminación natural. Además, no lleva columnas interiores y posee cargas considerables (Rodríguez, 2011, p.9).



*Figura 11.* Techo tipo sierra con cubierta de paneles solares.

Fuente: Construtec, (2010).

### **Techo tipo domo o cascarón**

Es una estructura con forma de superficie esférica que posee una planta circular y recubierta de material en bloque compacto apilada, este es de tipo rígido continuo. Posee similitud con un arco a excepción que se desarrollan



fuerzas circunferenciales que son de compresión cerca de la corona y de tensión en la parte inferior (Rodríguez, 2011, p.10).



*Figura 12.* Techo tipo domo o cascarón en proceso constructivo.

Fuente: Construtec, (2010).

### **Techo tipo arco**

La principal característica de los arcos auto soportantes es la posibilidad de alcanzar hasta los 30 metros de luz entre apoyos. Y son una gran opción para espacios deportivos, piscinas o incluso en naves industriales. Este tipo de techo consiste en un perfil metálico grecado que es curvado mediante embuticiones y se fija a las vigas mediante tornillos. El sistema está basado en el desarrollo de la teoría de un arco isostático con sus extremos unidos mediante un tirante (Rodríguez, 2011, p.10).



*Figura 13.* Techo tipo arco

Fuente: Construtec, (2010).



### 2.2.6. Proceso para el dimensionamiento del contrapeso

- Recopilación de información definida en los planos de estructuras, estudios de mecánica de suelos, especificaciones técnicas y reglamento nacional de construcciones (RNE).
- Se toma el plano de la cobertura para definir el área tributaria (m<sup>2</sup>) que incide sobre la cimentación, definida por un largo y ancho en metros.
- Con base en la normativa vigente y el E060 se toma la combinación de cargas de 1.4CM + 1.7CV la cual se aplica para obtener la carga ultima.
- La carga muerta (CM) es el resultado de la sumatoria del peso de los elementos estructurales tales como: cobertura liviana, estructura metálica, columna de concreto y el terreno.
- La carga Viva (CV) es la sobrecarga determinada por la norma E020 para coberturas livianas, la cual considera 30 kg/m<sup>2</sup> para este caso.
- Obtención de los parámetros sísmicos definidos en los planos de estructuras y respaldados en la norma E 030 son:  $Z= 0.45$ ,  $U=1.3$ ,  $S= 1.0$ ,  $T_p = 0.40$ ,  $TL = 2.5$ .  $R_x = 3.50$ ,  $R_y = 3.50$ .
- Calculo de cargas de viento según la norma E020, mapa eólico, plano de ubicación y las estadísticas anuales teniendo un porcentaje mínimo no incidentes en este caso.
- Planteamiento del modelo matemático con el respaldo del programa SAP2000, considerando la carga ultima en toneladas, reacción del terreno (R1) en toneladas y teniendo como resultado la reacción (R2) en toneladas, que corresponde al contrapeso, para el equilibrio de los esfuerzos verticales y de los momentos actuantes en la cimentación.
- Se dimensiona el contrapeso y se calcula su peso, el cual debe cumplir satisfactoriamente las verificaciones.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de estudio**

Fue del tipo aplicado, porque se hizo uso de la teoría para la solución de problemas reales.

#### **3.2. Nivel de estudio**

Descriptivo, porque se describe la situación o circunstancia que se está presentando, se describen las dimensiones de la situación a estudiar. Se centra en recolectar datos para dar a conocer una realidad.

#### **3.3. Diseño de estudio**

Fue el no experimental. No se realizó ensayos ni pruebas en laboratorio, simplemente la evaluación fue mediante cálculos y contrastando con las normas vigentes.

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **3.4.1. Técnicas**

Se utilizó para este estudio el análisis documental.

##### **3.4.2. Instrumentos**

Se utilizó la ficha de registro de datos.

##### **3.4.3. Población**

Estuvo conformada por Veinte (20) unidades de contrapeso en el proyecto. Se analizó la muestra de mayor área tributaria.

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO DEL INFORME**

#### **4.1. Aspectos preliminares para el desarrollo de los cálculos.**

##### **4.1.1. Bases del diseño y referencias**

Todo proceso constructivo se debe regir por reglamentos y normas, en esta ocasión se utilizaron las siguientes:

Reglamento Nacional de Edificaciones:

- Norma E020 – Cargas
- Norma E030 – Diseño Sismorresistente
- Norma E050 – Suelos y Cimentaciones
- Norma E060 – Concreto Armado
- Norma E090 – Estructuras Metálicas.

Planos y estudios del proyecto

- Planos de estructuras E-01, E-05,
- Plano de Ubicación.
- Estudio de mecánica de suelos

##### **4.1.2. Ficha técnica de los materiales**

- **ACERO ESTRUCTURAL (A-36):**  
Limite de fluencia ( $f_y$ ): 2,530 Kg/cm<sup>2</sup> ( A-36)  
Módulo de Elasticidad (E): 2'000,000 Kg/cm<sup>2</sup>  
Módulo de Poisson ( $\mu$ ): 0.30
- **ACERO LISO (ASTM A-615):**  
Limite de fluencia ( $f_y$ ): 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> (Grado 60)  
Módulo de Elasticidad (E): 2'100,000 Kg/cm<sup>2</sup>
- **CONCRETO ARMADO:**

Cimentación:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Contrapeso  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Columnas y vigas de cimentación:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Acero corrugado:  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **4.1.3. Sistema estructural**

El Proyecto ubicado en la Av. Néstor Gambeta S/N Urbanización Pedro Cueva – Ventanilla – Callao, conformado por la construcción del Centro Comercial en 3 zonas, la zona de colaboradores, la zona de venta y la zona de trastienda o almacén.

El sistema estructural vertical estuvo conformado por columnas de concreto armado con un  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , un cabezal en la parte superior para recibir la estructura de arco metálico. Para el caso de los muros de cerramiento perimetral se utilizará el sistema de unidades King Block (bloques con orificios para ser llenados con concreto simple).

La estructura de techo ha sido resuelta mediante arcos metálicos con viguetas entre arcos, correas metálicas para frisos laterales y cobertura liviana de tipo termo acústico de 100 mm de espesor.

La cimentación ha sido resuelta mediante zapatas aisladas, zapatas medianeras (1.80m x 1.10m x 0.60m) más viga de cimentación y **contrapeso** de concreto simple, según se requiera; diseñadas de acuerdo con el estudio geotécnico (EMS), y en la zona de ingreso, la nueva estructura se apoya en la estructura existente.

#### **4.1.4. Software:**

El programa de elementos finitos, con gráficos en 3d orientado a objetos, preparado para realizar la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras. Sus siglas en inglés (Structural Analysis Program).

#### 4.1.5. Presión en el Terreno:

- RESISTENCIA DEL TERRENO (EMS)

Los parámetros de resistencia que se determinaron en laboratorio son:

- Angulo de Fricción interna  $\phi$  : 29.8°
- Cohesión, C (kg/cm<sup>2</sup>) : 0.00
- Densidad seca (kg/cm<sup>3</sup>) : 1.58
- Contenido de humedad (%) : 2.83

Como se puede apreciar en el estudio de mecánica de suelos (EMS), el valor de resistencia del terreno es: **qa = 1.75 Kg/cm<sup>2</sup>**

Alternativa	Tipo	B (m.)	Df (m.)	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	S (cm.)
1°	Zapata	1.00	1.40	1.58	0.36
2°	aislada ó	1.20	1.40	1.74	0.45
3°	conectada	1.50	1.60	1.91	0.66
4°		1.50	2.00	2.28	0.79
1°	Cimiento	1.00	0.50	1.28	0.38
2°	Corrido	1.00	0.60	1.32	0.47

Figura 14. Resultados de la resistencia del terreno.

Fuente: Estudio de mecánica de suelos del proyecto

En función a la excentricidad se distinguen 02 distribuciones de presiones en el terreno:

- EXCENTRICIDAD RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL  $e \leq b/6$  (trapezoidal)

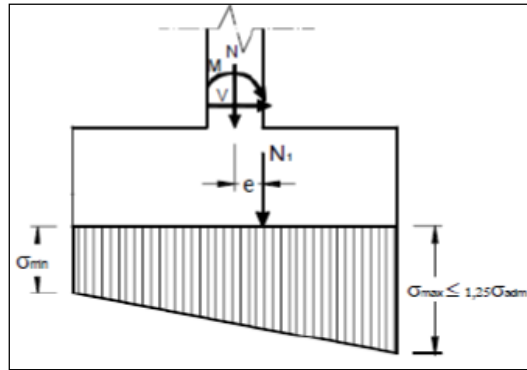


Figura 15. Excentricidad dentro del núcleo central de la zapata.

Fuente: Diseño y cálculo de estructuras de cimentación (2008).

- EXCENTRICIDAD RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL  $e \geq b/6$  (triangular).

$$\sigma_{max} \leq 1.25 \sigma_{adm} \rightarrow 32.02 \text{ ton/m}^2 > 21.88 \text{ ton/m}^2 \text{ Ko!!!}$$

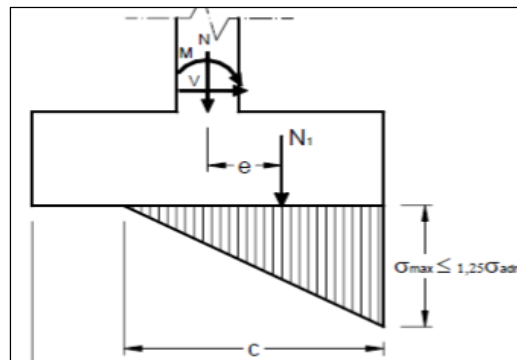


Figura 16. Excentricidad fuera del núcleo central de la zapata.

Fuente: Diseño y cálculo de estructuras de cimentación (2008).

La excentricidad de la zapata existente es de 0.35m (se tiene distribución triangular). Se requiere equilibrar la transmisión de esfuerzos al terreno, en este caso mediante el contrapeso.

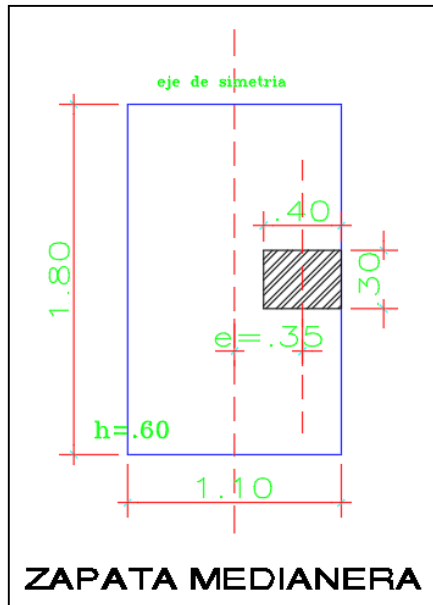


Figura 17. Excentricidad de la zapata existente.

Fuente: Elaboración propia.

La zapata excéntricamente cargada transmite una distribución de esfuerzos no uniforme al terreno originando, por un lado, sobre esfuerzo y por otro despegue o momento de giro (volcamiento) que puede ocasionar daños, asentamientos o el colapso de la estructura.

## 4.2. Definición de las cargas

Se aplicó las cargas estipuladas en la Norma E.020 de Cargas.

**4.2.1. Carga Muerta:** El valor de las cargas muertas empleadas comprende el peso propio de los elementos estructurales (vigas, arriostres, columnas, planchas, etc.) según las características geométricas de la estructura. Además del peso propio del concreto de la cimentación.

**4.2.2. Carga Viva:** El valor de carga viva empleada es el peso de la carga en movimiento como las personas, muebles y cargas no permanentes, según los tipos de ocupación y uso especificaciones NTP E020. Artículo 6.1.

**4.2.3. Carga de Sismo:** Es una magnitud que define las acciones que un sismo provoca sobre la estructura y que deben ser soportadas por esta.

**4.2.4. Cargas de Viento:** La estructura, los elementos de cierre y los componentes exteriores de todas las edificaciones expuestas a la acción del viento, serán diseñados para resistir las cargas (presiones y succiones) exteriores e interiores debido al viento (E020).

### 4.3. Cálculo de las cargas

#### 4.3.1. Carga de viento.

**Velocidad de diseño:** La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación (Norma E020) **pero no menos de 75 Km/h**. La velocidad de diseño del viento en cada altura de la edificación se obtendrá de la siguiente expresión:

$$V_h = V \left( \frac{h}{10} \right)^{0.22}$$

**Dónde:**

$V_h$  : Es la velocidad de diseño en la altura h en Km/h

V: Es la velocidad de diseño hasta 10m de altura en Km/h

h : Altura de la edificación en metros

**Resolviendo:**

(a) 
$$V_h = 75 \left( \frac{9}{10} \right)^{0.22}$$

$$V_h = 73 \text{ km/h}$$



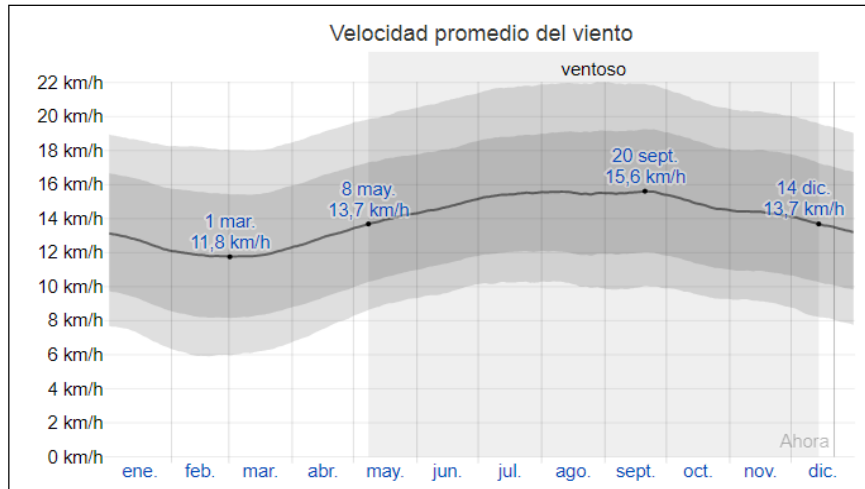


Figura 18. Velocidad promedio anual del viento

Fuente: National aeronautics and space administration

**Carga exterior del viento:** La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual se actúa. Se calculará mediante la expresión (Norma E020). En este caso aplica para los esfuerzos en la estructura metálica, no en la cimentación

$$P_h = 0.005C V_h^{0.22}$$

**Dónde:**

$P_h$  : Presión o Succión del viento a una altura h en Kg/cm<sup>2</sup>

C : Factor de Forma adimensional indicado en la tabla 1

$V_h$  : Velocidad de diseño a la altura h.

**Resolviendo:**

(a) Barlovento

$$P_h = 0.005(0.8)(73)^{0.22}$$

$$P_h = 22.50 \text{ kg/m}^2$$

$$Vi = 2.56 \text{ ton}$$

(b) Sotavento

$$P_h = 0.005(-0.5)(73)^{0.22}$$

$$P_h = 14.06 \text{ kg/m}^2$$

$$V_i = 1.60 \text{ ton}$$

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3	-0.6

Figura 19. Tabla 5.4 Factor de forma

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones - E020

#### 4.3.2. Carga de sismo

Para el cálculo de la carga de sismo se consideran los procedimientos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones en su norma E030, los resultados del estudio de mecánica de suelos que aportan información determinante para definir los parámetros sísmicos.

##### Parámetros sísmicos:

- **Z = 0.40** Coeficiente sísmico para la Zona 3.
- **S = 1.20** Factor de tipo de suelo (S2 suelo intermedio – tomado del (EMS).
- **Tp = 0.60 seg TL = 2.0** se obtiene del estudio de mecánica de suelos del proyecto. Tp: Periodo que define la plataforma del factor C.  
TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C

- Factor de zona,  $Z = 0.4g$
- Periodo de vibración,  $T_p = 0.6 \text{ seg.}$
- Factor de ampliación de ondas sísmicas,  $S = 1.20$

Figura 20. Factor de zona, periodo y factor de ampliación sísmica.

Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

- **U:** Categoría de las edificaciones y factor de uso, estructuras Importantes, categoría B (tabla de categoría de las edificaciones y factor en la Norma E030).

B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.  También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
--------------------------------	--	-----

Figura 21. Categoría de las edificaciones.

Fuente: Tabla N°5 - Norma E030.

- **C:** Factor de ampliación Sísmica

De la ecuación :

$$T = \left( \frac{hn}{CT} \right)$$

*T:* Periodo fundamental de la estructura.

*hn:* Altura de la edificación.

*CT:* Coeficiente para estimar el periodo fundamental de un edificio.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

Figura 22. Coeficiente para estimar el periodo de la edificación.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E030.

Resolviendo:

$$T = \left(\frac{9}{45}\right)$$

$$T = 0.20$$

Luego, si:

$$T < T_p \longrightarrow c = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \longrightarrow C = 2.5x T_p/T$$

$$T > T_L \longrightarrow C = 2.5x \left(\frac{T_p T_L}{T^2}\right)$$

Entonces:

$$T < T_p$$

$$0.20 < 0.60$$

Se tiene que:

$$C = 2.5$$

➤ **R** : Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (norma E030).

Se tiene la ecuación:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

**R<sub>o</sub> = 6** en la tabla N° 7 “Sistemas Estructurales” se selecciona: Acero, el pórtico ordinario concéntricamente arriostrado (OCBF) estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R <sub>o</sub> (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Figura 23. Coeficiente básico de reducción R<sub>o</sub>.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E030.

**I<sub>a</sub> · I<sub>p</sub> = 1** en la norma E030 indica: Estructuras regulares, son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades en las tablas N°8 y N°9, en estos casos el factor I<sub>a</sub> o I<sub>p</sub> será igual a 1.0.

**Estructuras Regulares** son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

En estos casos, el factor I<sub>a</sub> o I<sub>p</sub> será igual a 1,0.

Figura 24. Factores de Irregularidad I<sub>a</sub> - I<sub>p</sub>.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E030.

**Entonces:**

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R = (6) \cdot (1) \cdot (1)$$

$$R = 6$$

**\*Nota:** Para el cálculo del diseño estructural de la nave industrial se recomienda tomar en consideración la norma internacional de ASCE/SEI 7-16 que contempla el cálculo del factor de reducción R según la estructura que se plantea proyectar.

- **Estimación del Peso (P):** Se calculó adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva

$$P = CM + 50\% CV$$

$$P = 13.89 \text{ ton} + 0.5 (3.42) \text{ ton}$$

$$P = 15.59 \text{ ton}$$

**Fuerza cortante en la base (V):**

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} P$$

$$V = \frac{(0.40) \cdot (1.3) \cdot (2.5) \cdot (1.20)}{6} 15.59 \text{ ton}$$

$$V = 4.05 \text{ ton}$$

### 4.3.3. Carga Muerta

El valor de las cargas muertas empleadas comprende el peso propio de los elementos estructurales (vigas, arriostres, columnas, planchas, etc.) según las características geométricas de la estructura. Además del peso propio de los elementos de concreto. El área tributaria es de: 113.76m<sup>2</sup>.

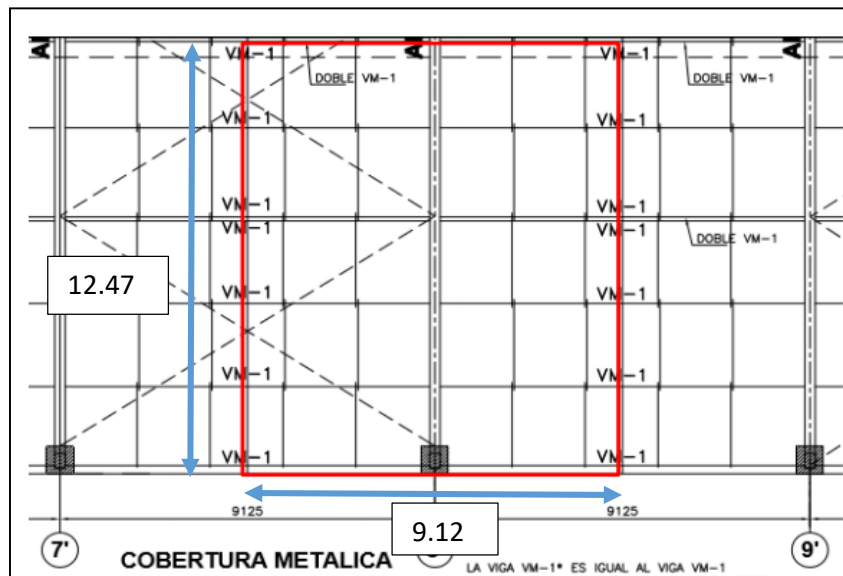


Figura 25. Área tributaria

Fuente: Plano de estructuras

METRADO DE ESTRUCTURAS								
ITEM	ELEMENTO	CANTIDAD	LONG	ANCHO	h	M3	$\gamma$	PE SO
1	COLUMNA	1.00	0.30	0.40	3.70	0.44	2.40	1.07
2	CABEZAL	1.00	0.65	0.70	0.65	0.39	2.40	0.83
3	reducción	2.00	0.30	0.18	0.65	0.07	2.40	-0.17
4	reducción	1.00	0.30	0.18	0.35	0.02	2.40	-0.05
								1.68 TN
5	ESTRUCTURA	1.00	9.12	12.47			32.00	3,639.24
6	COBERTURA	1.00	9.12	12.47	0.08		8.40	955.30
								4,594.55
								4.59 TN
7	ZAPATA	1	1.8	1.1	0.6	1.188	2.4	2.85
8	TERRENO COM	1	1.85	0.1	0.6	0.111	2.4	0.27
9	MUROS	1	9.12	3.2		29.184	12.3	4.54
								7.65 TN
TOTAL CARGA MUERTA								13.93 TN

Figura 26. Metrado de carga muerta

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4. Carga Viva

El valor de Carga Viva empleada es de 30 kg/m<sup>2</sup>, según especificaciones RNE en su norma E020. Artículo 6.1.

$$\text{Carga viva: } 113.76 \text{ m}^2 \times 30 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{3.41 \text{ ton}}$$

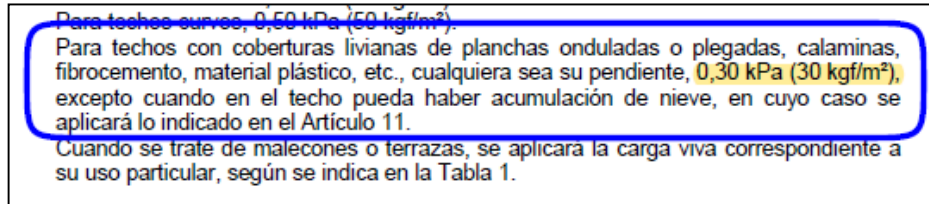


Figura 27. Valor de la carga viva del techo.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E020

#### 4.3.5. Combinaciones de carga:

Las estructuras de concreto armado y los elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño por lo menos iguales a las resistencias requeridas, calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en esta Norma (E 060). En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse Las combinaciones de carga a ser evaluados son los siguientes:

- a)  $1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} = 1.4 (13.89) + 1.7 (3.41) = \mathbf{25.26 \text{ ton}}$
- b)  $1,25 ( \text{CM} + \text{CV} \pm \text{CVi} ) = 1.25 ( 13.89 + 3.41 + 2.56 ) = \mathbf{24.82 \text{ ton}}$
- c)  $0,9 \text{ CM} \pm 1,25 \text{ CVi} = 0.9 ( 13.89 ) + 1.25 ( 2.56 ) = \mathbf{15.70 \text{ ton}}$
- d)  $1,25 ( \text{CM} + \text{CV} ) - \text{CS} = 1.25 ( 13.89 + 3.41 ) - 4.05 = \mathbf{17.57 \text{ ton}}$
- e)  $0,9 \text{ CM} \pm \text{CS} = 0.90 ( 13.89 ) + 4.05 = \mathbf{16.55 \text{ ton}}$



Dónde:

CM = Carga Muerta

CV = Carga Viva

CVi = Carga de Viento

CS = Carga de sismo

#### 4.4. Resultados

Para obtener los esfuerzos resultantes se toma en cuenta la carga excéntrica aplicada en el modelo idealizado el cual es de **25.26 ton** con una reacción en del terreno R1 y la reacción R2 en la ubicación del bloque del concreto (contrapeso) conectada con una viga de cimentación.

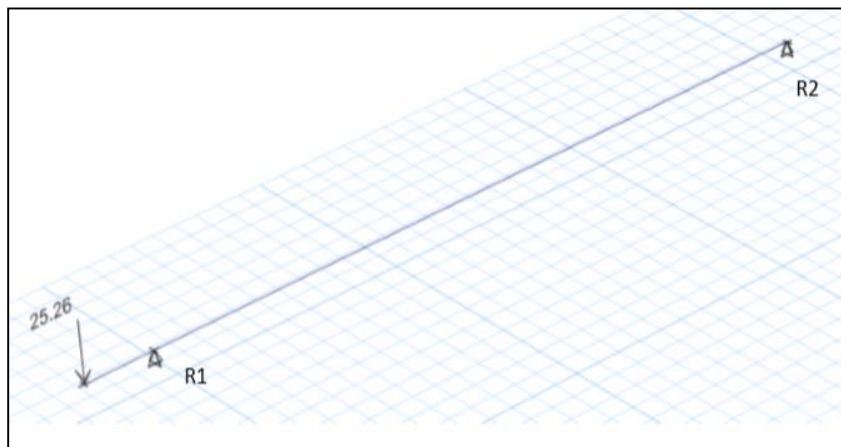


Figura 28 . Modelo idealizado para el cálculo de las cargas

Fuente: Elaboración Propia.

Para mantener el equilibrio ( $\Sigma Fy = 0$ ) del modelo se considera la reacción R2 tanto para cargas axiales como para los momentos producidos por la excentricidad de las cargas aplicadas de la estructura de 25 metros de luz libre.

Uno de los factores geotécnicos es la reacción del terreno (R1) se obtiene de los datos del estudio de mecánica de suelos (EMS)  $Rt = 17.5 \text{ ton/m}^2$ , el

desplante de - 1.80m, tipo de suelo, etc. Y las dimensiones de la zapata medianera 1.80m x 1.10m. Entonces R1 seria  $25.26 \times 3.95 / (3.95-0.35)$  teniendo como resultado **R1 = 27.75 ton**.

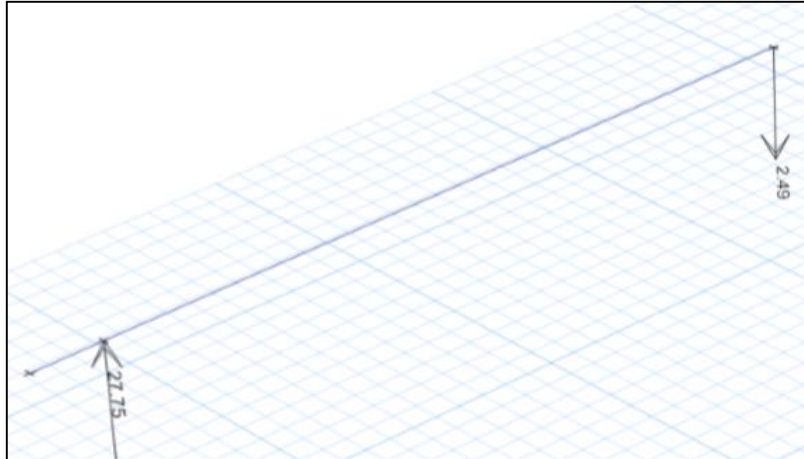


Figura 29 . Resultado en las reacciones (R1 y R2)

Fuente: Elaboración Propia.

Al tener las reacciones, mediante los principios de equilibrio  $\Sigma M=0$ , se calcula que para la reacción (R2) se tiene **2.49 ton** debe ser contrarrestado mediante el peso propio del bloque de concreto (contrapeso). El cual comparamos de la siguiente manera:

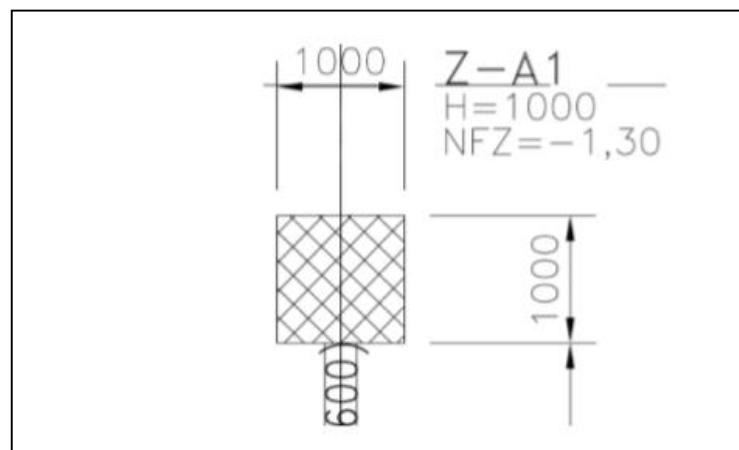


Figura 30 . Dimensiones del bloque de concreto

Fuente: Plano de estructuras E-01.

**Para realizar la Verificación:**

Bloque de concreto de 1m x 1m x 1m

$R2 < 1.3 \times (\text{PESO PROPIO DE CONTRAPESO})$

$R2 < 1.3 \times 2.3\text{ton/m}^3 \times 1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$  (medidas redondeada)

2.49 ton < 2.99 ton (83.28 %) OK!

Material	Dimensiones			Volumen (m3)	Peso (ton)
	L (m)	A (m)	h (m)		
Concreto simple	0.50	0.50	0.50	0.13	0.29
Concreto simple	0.80	0.80	0.80	0.51	1.18
Concreto simple	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Concreto simple	1.20	1.20	1.20	1.73	3.97

*Nota: Se toman dimensiones enteras.*

Figura 31 . Pesos de los bloques según sus dimensiones.

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de momentos en equilibrio ( $\Sigma Mo = 0$ )

$Mo (a) \text{ en } R1 = 25.26 \times 0.35\text{m} = 8.84 \text{ ton} \times \text{m}$

$Mo (b) \text{ en } R1 = 2.99 \times 3.55\text{m} = 10.61 \text{ ton} \times \text{m}$  OK!

Para  $R1 = 27.75$  la tensión del terreno sería:  $\delta = R1/ a \times b$

$\delta = 13.99 \text{ ton/m}^2 < 17.5 \text{ ton /m}^2$  OK

#### 4.5. Discusión de resultados

Considerando el primer objetivo específico: Identificar las cargas relevantes que intervienen en el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz, se tienen los resultados de la carga muerta, la carga viva, la carga de viento y la carga de sismo.

Se confirma que **la carga muerta y la carga viva** son las magnitudes predominantes para el cálculo de los esfuerzos en este tipo de estructuras con coberturas livianas, teniendo como resultado un valor de 13.89ton y 3.41ton respectivamente.

Mediante las combinaciones establecidas se tuvo como resultado una carga de 25.26 ton para realizar el análisis y posterior dimensionamiento del contrapeso.

Respecto al segundo objetivo específico: calcular la reacción del terreno que determina el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz; se idealizó un modelo matemático que basado en el **principio de equilibrio** ( $\Sigma F = 0$ ) que permite despejar el valor de la reacción del terreno (R1) con un valor de 27.75ton y la reacción (R2) con un valor de 2.49 ton que determina el peso del bloque de concreto.

Sobre el tercer objetivo específico: Describir cómo influye la carga excéntrica en el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz; se muestra como la carga excéntrica desestabiliza la cimentación provocando una transmisión de presiones de forma triangular por un lado sobre esfuerzo en el terreno y por otro lado un despegue, teniendo un efecto contraproducente en la cimentación.

El informe técnico tuvo como objetivo general: Determinar las dimensiones del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz, caso: Nave Metálica Ventanilla Callao; luego de obtener el peso del bloque de concreto de 2.49 ton, se evalúan diferentes dimensiones para el contrapeso el cual debe satisfacer de manera óptima las solicitaciones, se evalúan algunas dimensiones tales como: a) 0.50m x 0.50m x 0.50m; b) 0.80m x 0.80m x 0.80m c) 1.00m x 1.00m x 1.00m.; d) 1.20m x 1.20m x 1.20m finalmente se determina la dimensión óptima de 1.00m x 1.00m x 1.00m.

## CONCLUSIONES

1. Después de determinar las dimensiones del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz, caso nave metálica Ventanilla Callao, se tiene como resultado un bloque de concreto de 1.00m x 1.00m x 1.00m. que cumple satisfactoriamente el peso requerido para equilibrar los esfuerzos actuantes en la cimentación.
2. Habiendo identificado las cargas que intervienen en el dimensionamiento del contrapeso de una cobertura de 25 metros de luz, caso nave metálica Ventanilla Callao, se indican a la carga muerta y a la carga viva como las más relevantes con un valor de 13.89 ton y 3.41 ton respectivamente.
3. Luego de haber calculado la reacción del terreno que determina el dimensionamiento del contrapeso para la cobertura de 25 metros de luz, se obtiene la reacción R1 de 27.75 ton (en la zapata) y la reacción R2 de 2.49 ton (para el contrapeso).
4. Después de describir cómo influye la carga excéntrica en el dimensionamiento del contrapeso para la cimentación de una cobertura de 25 metros de luz, se infiere que a mayor carga excéntrica se transmite mayor sobre esfuerzo al terreno originando el desequilibrio de la cimentación y una dependencia directamente proporcional. Se concluye que la carga excéntrica influye negativamente en la transmisión de esfuerzos en el terreno.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación del contrapeso como elemento complementario a la cimentación para absorber cargas ligeras, como es el caso de la nave metálica, y equilibrar momentos flectores en la base de la cimentación con valores cercanos a las 10 ton- m. En caso de valores mayores sería conveniente evaluar otras soluciones.
2. Debe tomarse en cuenta las características y limitaciones del proyecto a realizar para construcción del contrapeso en la cimentación: Luz libre entre apoyos, tipo de cobertura, sobrecargas entre 30 y 50 kg/cm<sup>2</sup>, ubicación geográfica y disponibilidad del área de fundación.
3. Para el dimensionamiento del contrapeso se debe considerar información determinante para la obtención de resultados, verificaciones y rapidez de los cálculos, tales como:
  - Estudio de mecánica de suelos.
  - Especificaciones técnicas de los materiales.
  - Plano de Ubicación.
  - Modelo idealizado de la cimentación.
  - Reglamento Nacional de Edificaciones.
  - Software especializado (rapidez de los cálculos).
4. El presente informe técnico pretende servir como base y contribuir a futuros trabajos de investigación, aportando información técnica para que los ingenieros profundicen investigaciones futuras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bernedo, D. (2018). *Análisis de los efectos de las cargas excéntricas en la cimentación de edificios con sótano*. (Tesis de grado en Ingeniería Civil, Pontificada Universidad Católica Del Perú). Recuperada de: <https://bit.ly/2Eze0ee>
2. Carrasco, D. (2007). *Metodología de la investigación científica*. (2da. ed.). Lima: EDITORIAL SAN MARCOS.
3. Corbetta, P. (2007). *Metodología y técnicas de investigación social*. España: MCGRAW-HILL
4. Das, B. M. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones* (7 ed.). México: CENGAGE LEARNING.
5. Pérez. (2009). Diseño y cálculo de estructura metálica y de la cimentación de una nave industrial "Toledo". (Estudio en Ingeniería Civil, Universidad Carlos III de Madrid).
6. Auzmendi. (2014). *Calculo de la estructura de un pabellón con cubierta en arco en la ciudad de Valencia*. (Estudio en Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Valencia).
7. Romero. (2004). *La influencia de la forma en las zapatas de medianera y de esquina en la ciudad de Sevilla*. (Tesis de grado en Ingeniería Civil, Universidad de Sevilla - España).
8. Valderrama (2014). Estudio de Influencia de la interacción suelo – estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporticada con zapatas aisladas en la ciudad de Huancayo. (Tesis de grado en Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas).
9. Hernández, R., Fernández, C y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. (5ª. ed.) Distrito Federal, México. MCGRAW-HILL.
10. López, M. J. (2007). *Comportamiento y Diseño de Cimentaciones Profundas en la Ciudad de México*. México: ACADEMIA DE INGENIERÍA, A.C.



11. López, L. et al. (2014). *Diseños de cimentaciones en el mundo y América Latina. Revista de construcción*. Recuperado de: <https://bit.ly/2H6kuV>
12. Rodríguez, D. (2011). *Diseño práctico de estructuras de acero*. (3ra ed.). México, D.F.: EDITORIAL TRILLAS.
13. Fariña y Huapaya. (2018). Estudio de *Formulación de cimentación superficial para un centro comercial de 03 niveles con suelos licuables* .(Tesis de grado en Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas).
14. Reglamento Nacional de Edificaciones (actualizado 2017).
15. Estudio de mecánica de suelos (Proyecto Metro – Ventanilla 2012)

## **ANEXOS**

## Pesos unitarios de los materiales

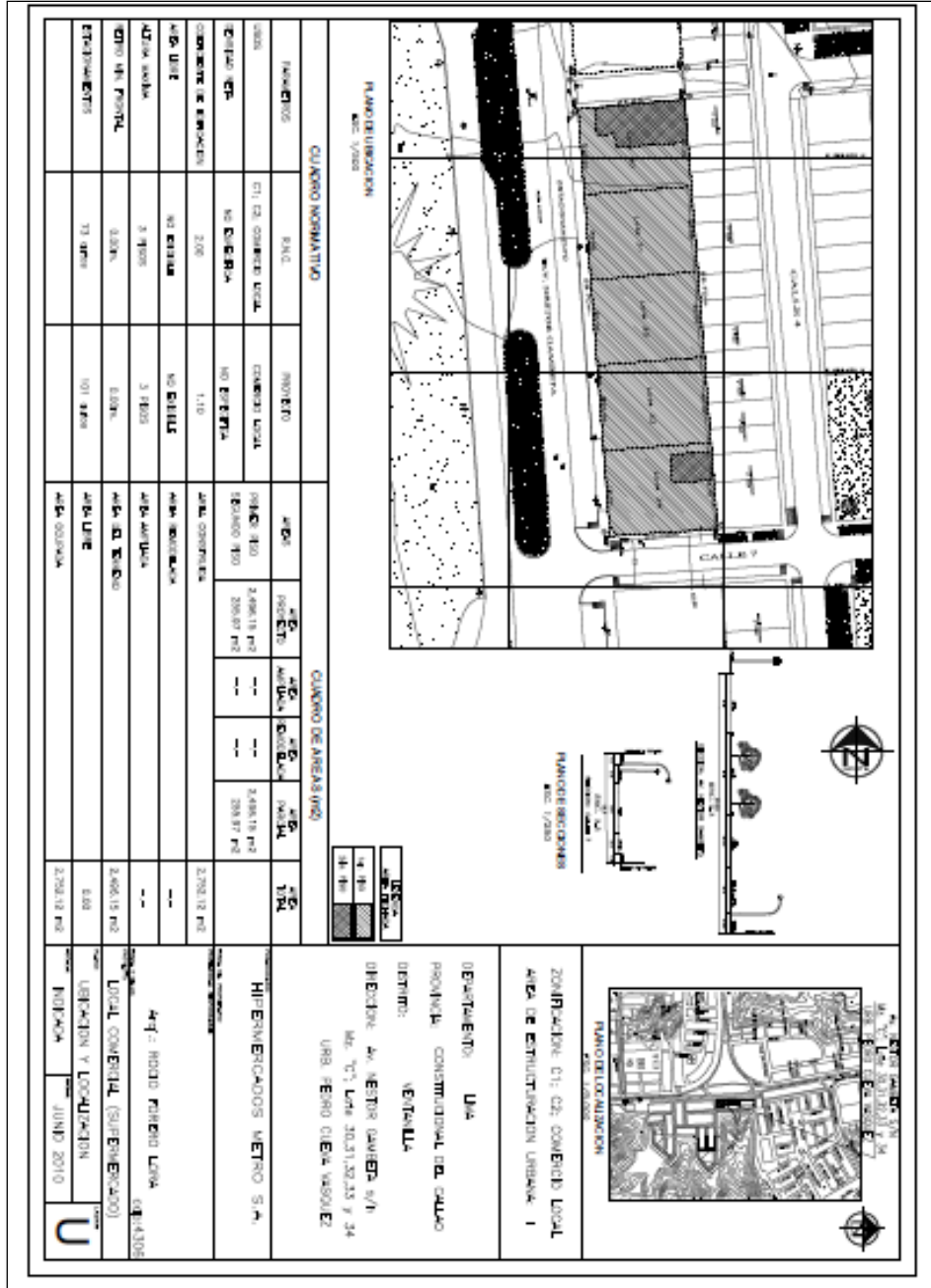
<b>Materiales</b>	<b>Peso ( kg / m3)</b>
Concreto Armado	2400
Concreto Simple	2300
Acero	7850
Afirmado Compactado	2400
Arena humeda	1800
Adobe	1600
Grava	2300
Mortero de cal y cemento	1850
Agua dulce	1000
Gasolina	670
Cemento	1450
Pasto seco	400
Tierra seca	1600
Ladrillo pastelero	1600

Fuente: Norma E 020

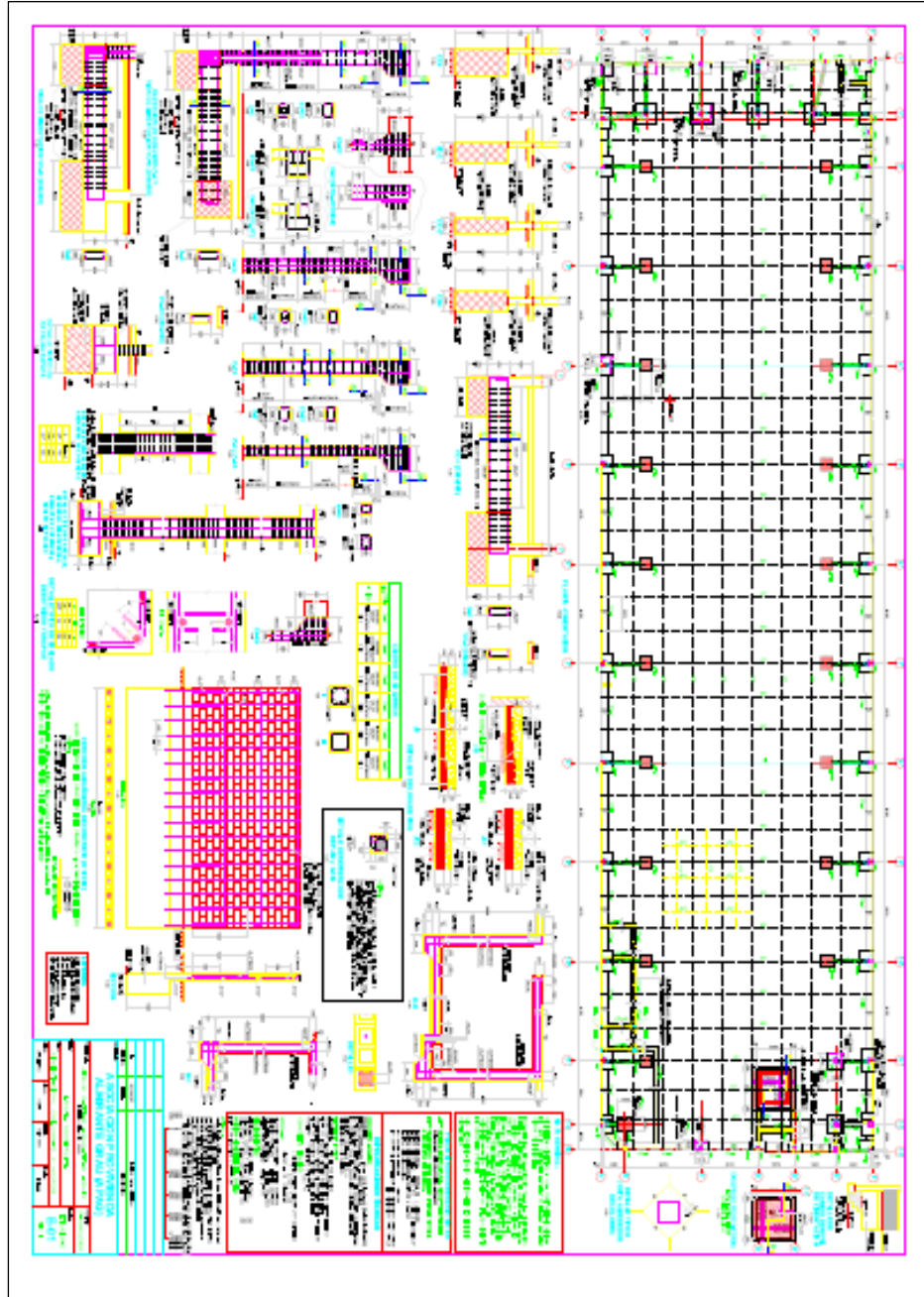
## ZONAS SÍSMICAS



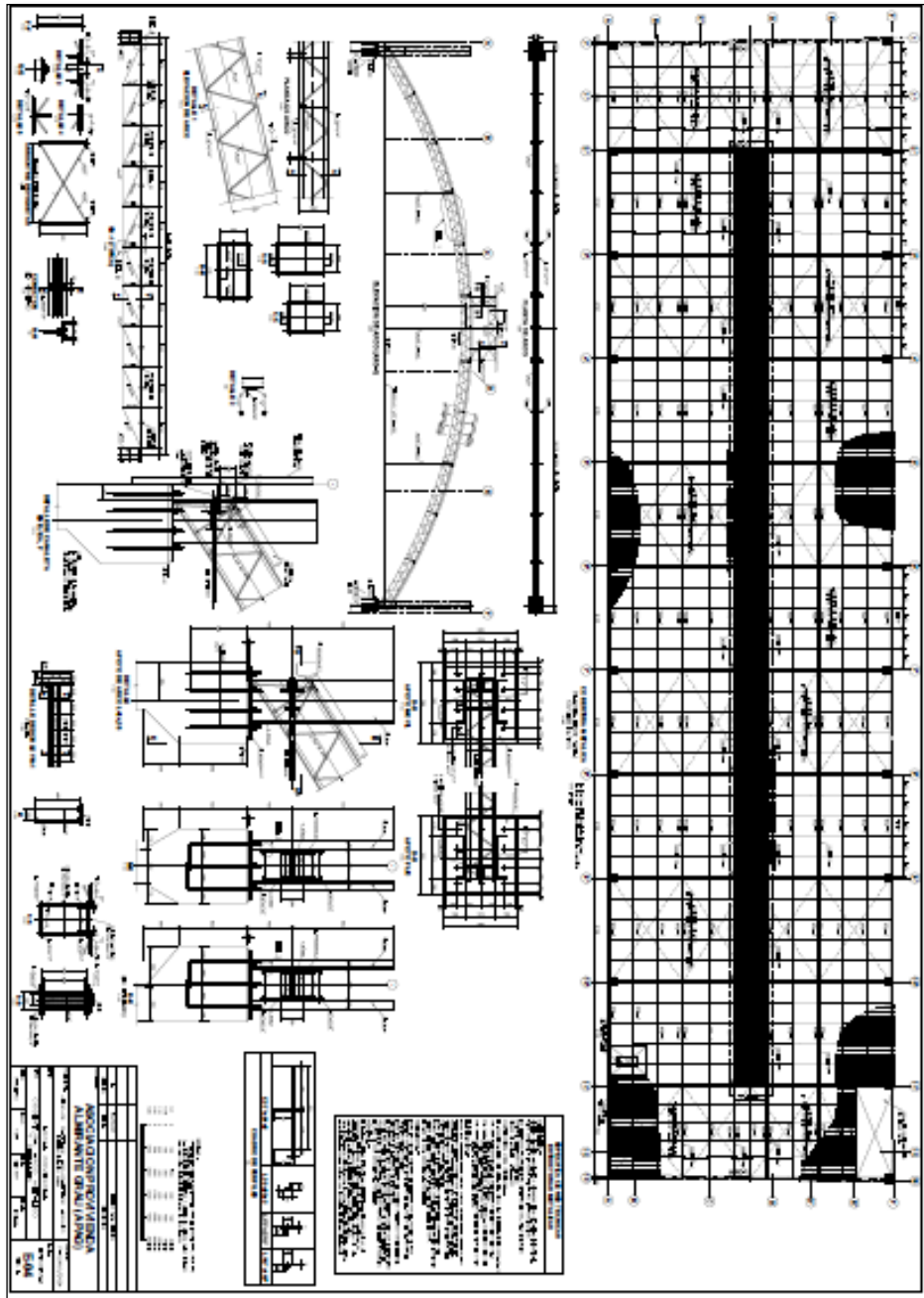
### Plano de Ubicación



## Plano de Cimentaciones



# Plano de Cobertura de techo metálico



**Estudio de mecánica de suelos (EMS)**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS  
PROYECTO**



**“CENTRO COMERCIAL METRO -  
VENTANILLA”**

UBICACIÓN:

URBANIZACION: PEDRO CUEVA

DISTRITO: VENTANILLA

PROVINCIA: CALLAO

**CALLAO - JULIO DEL 2012**



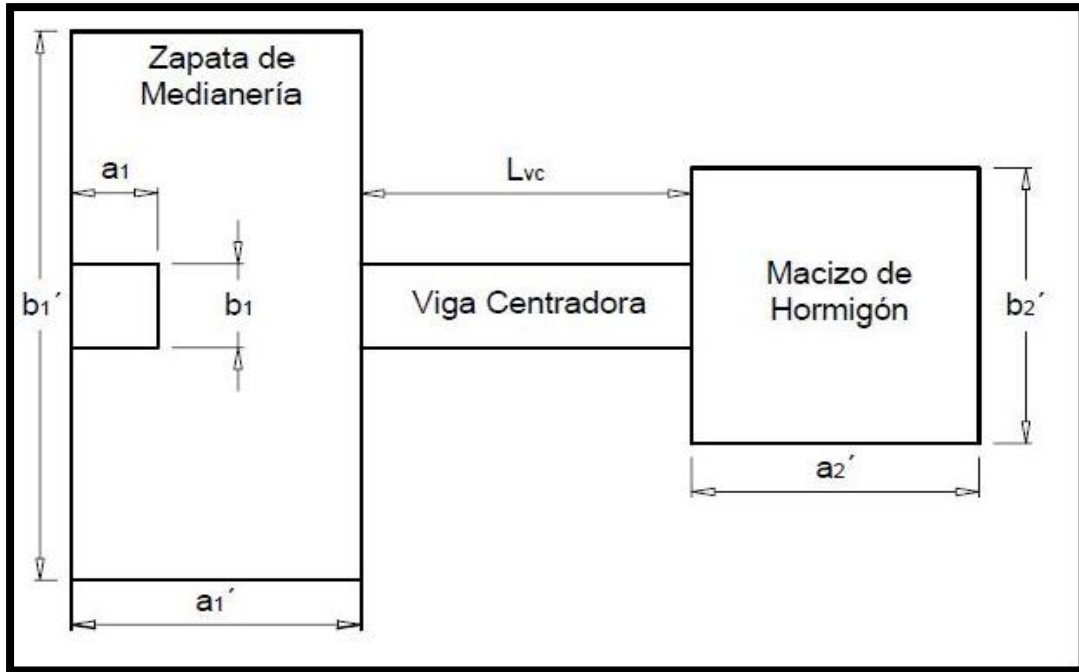
## Memoria fotográfica del proceso constructivo de la cimentación



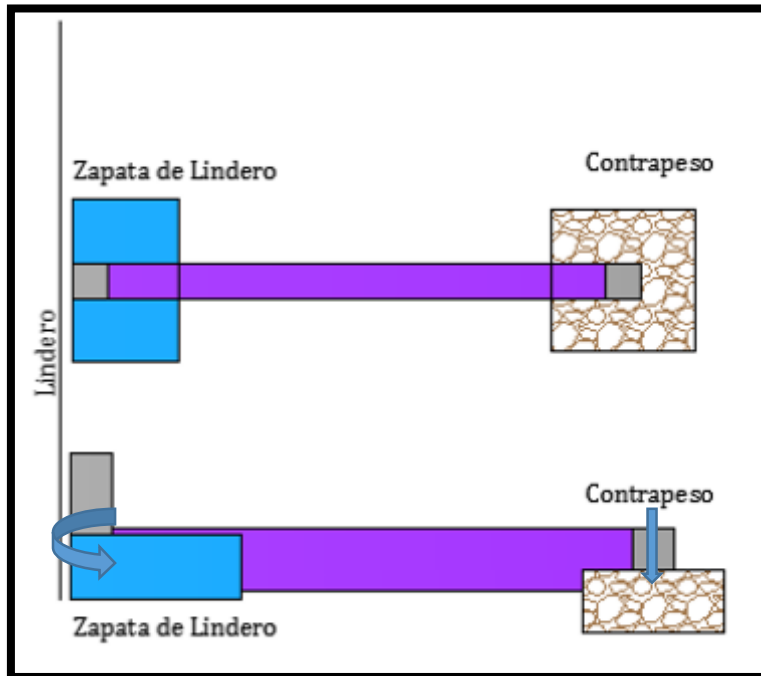
*Fotografía 1. Nivelación y compactación de terreno con material de préstamo*



*Fotografía 2. Zapata excéntrica y viga conectora.*



Fotografía 3. Vista en planta de los elementos de concreto.



Fotografía 4. Vista en planta y corte de la zapata y contrapeso.



*Fotografía 5. Cimientos corridos para muros perimetrales.*



*Fotografía 6. Encofrado de columnas con paneles metálicos.*





*Fotografía 7.* Encofrado de sobrecimiento para muros perimetrales.



*Fotografía 8.* Planchas de anclaje en los cabezales de las columnas.



*Fotografía 9.* Columnas de concreto con cabezales para recibir arco metálico.



*Fotografía 10.* Arcos metálicos para conformación de cobertura.



*Fotografía 11. Montaje de arcos metálicos y vegetas de amarre.*



*Fotografía 12. Vista de estructura metálica concluida.*





*Fotografía 13.* Vista exterior de la nave metálica.



*Fotografía 14.* Instalación de la cobertura liviana con aislante térmico.



*Fotografía 15. Colocación de concreto premezclado para piso.*



*Fotografía 16. Terminado de la cobertura e instalación de luminarias.*





*Fotografía 17. Vista exterior de la nave metálica.*