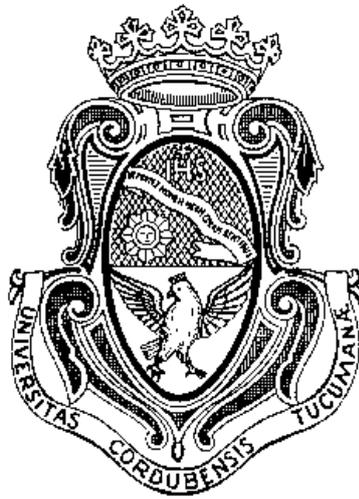


# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y  
NATURALES



PRÁCTICA SUPERVISADA – Ingeniería Civil

“Diseño de un edificio educativo bajo el  
concepto de envolvente térmica eficiente”.

Alumno: Guillermo Arturo Marianacci.

Tutor Docente: Arq. Viviana Rodríguez.

Supervisor Externo: Ing. Ricardo Gabriel Harada.

AÑO 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Guillermo y Mercedes, y a mi hermana Agustina que siempre me apoyaron incondicionalmente y son mis modelos a seguir. Gracias por los valores que siempre me transmitieron.

A mis amigos que estuvieron siempre presentes en las buenas y en las malas.

A mi tutora interna, Arq. Viviana Rodríguez, por su constante ayuda y excelente predisposición desde el primer momento.

A la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y sus profesores por formarme durante todos estos años. Muy agradecido de poder haber estudiado en la Universidad Nacional de Córdoba.

## **RESUMEN**

El presente trabajo refleja las tareas realizadas durante la Práctica Supervisada de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Universidad Nacional de Córdoba). La misma se llevó a cabo bajo la modalidad de Pasante Interno en la Secretaría Técnica de la Facultad y tiene como principal objetivo permitir que el alumno adquiera experiencia laboral y aplique los conocimientos adquiridos durante la carrera.

El objetivo de este trabajo fue refuncionalizar una estructura de hormigón armado preexistente en el predio de la Facultad para que la misma pueda alojar nuevas aulas y laboratorios. La propuesta desarrollada y elegida consta de 3 laboratorios en planta baja, 5 aulas en el primer piso y 4 aulas en el segundo piso. El edificio contará con baños en cada nivel equipados para personas con movilidad reducida y se instalarán escaleras de emergencia en el lado exterior Este del edificio. Sobre la fachada Sur, se considera una estructura metálica separada de la envolvente para ser usada como soporte de enredaderas y sobre la fachada Norte se proyecta una protección horizontal inclinada (tipo aleros) con paneles solares que otorgarán energía para la iluminación de las circulaciones. Sobre las fachadas Este y Oeste se dispondrán protecciones verticales y para la cubierta del edificio se propone una cubierta verde, con la existencia de viveros.

En todo momento se pretendió obtener una propuesta sustentable y con el mayor ahorro de energía posible. Para lograr esto se plantearon tres propuestas de envolvente para el edificio y luego de realizar un importante análisis higrotérmico y económico de cada una de ellas, se eligió la más conveniente.

Una vez realizados los análisis mencionados se procedió a obtener distintas conclusiones y datos que puedan ser de utilidad para estudios posteriores, colaborando con la promoción de construcciones sustentables y verdes.

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA.....	8
1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA.....	8
1.2. OBJETIVOS PERSONALES DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA .....	8
CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN .....	9
2.1. REALIDAD EDUCATIVA DE LA UNC Y NECESIDADES ÁULICAS .....	9
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.....	17
3.1. ENVOLVENTE .....	17
3.2. CERRAMIENTOS.....	17
3.2.1 Clasificación .....	18
3.2.2 Cerramientos Verticales .....	19
3.2.3 Aberturas.....	22
3.3. COMPORTAMIENTO TÉRMICO.....	24
CAPÍTULO 4: NORMATIVA LEGAL Y TÉCNICA.....	34
4.1. LEY DE EDUCACIÓN NACIONAL .....	34
4.2. LEY N° 24.314.....	34
4.3. NORMATIVA DE LA UNC .....	35
4.4. CÓDIGO DE EDIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA.....	37
4.5. NORMAS IRAM.....	42
CAPÍTULO 5: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. PRESENTACIÓN DEL EDIFICIO	44
5.1. CÁLCULO DE NECESIDADES DE ESPACIOS ÁULICOS DE LA FCEFYN.	44
5.2. DIAGNÓSTICO .....	44
5.3. CRITERIOS Y CONDICIONANTES DE DISEÑO .....	46
5.4. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA.....	47
CAPÍTULO 6: ESTUDIO DE LA ENVOLVENTE .....	56
6.1.2 Verificación de la Norma IRAM 11.900: Eficiencia Energética .....	81
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES.....	90

CAPÍTULO 8: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92
CAPÍTULO 9: ANEXOS. PLANOS Y PERSPECTIVAS DE PROPUESTA SELECCIONADA.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Estructura de hormigón armado existente.....	14
Figura 2.2: Estructura de hormigón armado existente.....	14
Figura 2.3: Ubicación estructura de hormigón armado existente.....	15
Figura 2.4: Perspectiva de la fachada Sur .....	16
Figura 3.1: Ladrillo cerámico macizo.....	19
Figura 3.2: Ladrillo cerámico hueco. ....	20
Figura 3.3: Bloque de hormigón.....	20
Figura 3.4: Ventana corrediza de aluminio de dos hojas.....	23
Figura 3.5: Doble vidriado hermético (DVH).....	24
Figura 3.6: Zonas bioambientales de Argentina según Norma IRAM 11.603. ....	29
Figura 5.1: Ubicación estructura de hormigón armado existente.....	45
Figura 5.2: Ubicación estructura de hormigón armado existente.....	45
Figura 5.3: Topografía de la zona. ....	47
Figura 5.4: Planta Baja. ....	49
Figura 5.5: Primer piso.....	50
Figura 5.6: Segundo piso.....	51
Figura 5.7: Fachada Sur. ....	52
Figura 5.8: Fachada Norte. ....	53
Figura 5.9: Perspectiva de la fachada Sur. ....	53
Figura 5.10: Perspectiva de la fachada Norte. ....	54
Figura 5.11: Vista peatonal de la fachada Sur.....	55
Figura 6.1: Estudio asoleamiento.....	57
Figura 6.2: Estudio asoleamiento.....	57
Figura 6.3: Estudio asoleamiento.....	57
Figura 6.4: Estudio asoleamiento.....	57
Figura 6.5: Estudio asoleamiento.....	58
Figura 6.6: Estudio asoleamiento.....	58
Figura 6.7: Estudio asoleamiento.....	58
Figura 6.8: Estudio asoleamiento.....	59
Figura 6.9: Estudio asoleamiento.....	59
Figura 6.10: Estudio asoleamiento.....	59
Figura 6.11: Estudio asoleamiento.....	59
Figura 6.12: Estudio asoleamiento.....	60

Figura 6.13: Estudio asoleamiento.....	60
Figura 6.14: Estudio asoleamiento.....	60
Figura 6.15: Estudio asoleamiento.....	60
Figura 6.16: Estudio asoleamiento.....	61
Figura 6.17: Estudio asoleamiento.....	61
Figura 6.18: Estudio asoleamiento.....	61
Figura 6.19: Estudio asoleamiento.....	62
Figura 6.20: Estudio asoleamiento.....	62
Figura 6.21: Estudio asoleamiento.....	62
Figura 6.22: Eficiencia energética de la envolvente número 3. Datos según Aeropuerto de Córdoba. ....	85
Figura 6.23: Eficiencia energética de la envolvente número 3. Datos según Observatorio.....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Infraestructura edilicia y disponibilidad de superficie .....	11
Tabla 2.2: Superficies para uso académico de grado.....	12
Tabla 2.3: Crecimiento en la cantidad de estudiantes de la FCEfyN.....	13
Tabla 3.1: Valores de f'm en función de los tipos usuales de mampuestos y morteros tipificados, referidos al área bruta.....	21
Tabla 3.2: Peso específico según el tipo de mampuesto. ....	22
Tabla 3.3: Coeficiente de transmitancia térmica según el tipo de mampuesto. ....	22
Tabla 3.4: Valores máximos admisibles de transmitancia térmica para condiciones de invierno (Norma IRAM 11.605).....	27
Tabla 3.5: Valores máximos admisibles de transmitancia térmica para condiciones de verano para muros (Norma IRAM 11.605).....	28
Tabla 3.6: Valores máximos admisibles de transmitancia térmica para condiciones de verano en techos (Norma IRAM 11.605). ....	28
Tabla 3.7: Datos climáticos de invierno para Córdoba Capital. ....	30
Tabla 3.8: Datos climáticos de verano para Córdoba Capital.....	31
Tabla 6.1: Cálculo de la transmitancia térmica.....	64
Tabla 6.2: Cálculo de la transmitancia térmica.....	65
Tabla 6.3: Cálculo de la transmitancia térmica.....	67
Tabla 6.4: Cálculo de la transmitancia térmica.....	68
Tabla 6.5: Cálculo de la transmitancia térmica.....	70
Tabla 6.6: Cálculo de la transmitancia térmica.....	71
Tabla 6.7: Cálculo de la transmitancia térmica.....	73
Tabla 6.8: Cálculo de la transmitancia térmica.....	74
Tabla 6.9: Cálculo de la transmitancia térmica.....	76
Tabla 6.10: Cálculo de la transmitancia térmica.....	77
Tabla 6.11: Cálculo de la transmitancia térmica.....	79
Tabla 6.12: Cálculo de la transmitancia térmica.....	80
Tabla 6.13: Clases de eficiencia energética.....	83
Tabla 6.14: Ingreso de datos. Datos según Aeropuerto de Córdoba.....	84
Tabla 6.15: Ingreso de datos. Datos según Observatorio. ....	86
Tabla 6.16: Precio por metro cuadrado de la Envolvente 1.....	88
Tabla 6.17: Precio por metro cuadrado de la Envolvente 2.....	89
Tabla 6.18: Precio por metro cuadrado de la Envolvente 3.....	89

## **CAPÍTULO 1: OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA**

### **1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA**

- Estudiar la oferta y demanda de superficie cubierta para uso académico de grado de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (FCEFyN).
- Realizar la resolución funcional del edificio, incluyendo aulas, laboratorios y circulaciones a construir sobre la estructura de hormigón armado existente.
- Seleccionar la propuesta de envolvente más conveniente en cuanto a confort y economía.
- Lograr la construcción de un edificio sustentable y con el mayor ahorro de energía posible.
- Obtener conclusiones y datos de utilidad para estudios posteriores, colaborando con la promoción de construcciones sustentables y verdes.

### **1.2. OBJETIVOS PERSONALES DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA**

- Adquirir experiencia práctica aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de los años de estudio de la carrera.
- Desarrollar habilidades para un mejor desenvolvimiento en el ámbito laboral profesional y de trabajo multidisciplinario.
- Realizar un informe de utilidad para la construcción de las nuevas aulas y laboratorios y para estudios posteriores relacionados con la temática expuesta.

## CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN

### 2.1. REALIDAD EDUCATIVA DE LA UNC Y NECESIDADES ÁULICAS

La Universidad Nacional de Córdoba (UNC) es una universidad pública de la República Argentina. Fue fundada en el año 1613 bajo la tutela de los jesuitas y es una de las casas de estudio más antiguas y prestigiosas de Latinoamérica.

Actualmente la UNC tiene una población estudiantil de unos 132 mil estudiantes aproximadamente. Físicamente, ocupa una superficie de 11,5 millones de metros cuadrados, de los cuales 1,37 millones se encuentran en la ciudad de Córdoba y el resto en el interior de la provincia de Córdoba. Su superficie cubierta propia alcanza los 380.053 metros cuadrados (según la Dirección de Catastro a junio de 2017).

En el presente, la UNC cuenta con quince facultades; dos colegios secundarios; 145 centros e institutos de investigación; veinticinco bibliotecas; diecisiete museos; un laboratorio de hemoderivados; dos hospitales; un banco de sangre; dos observatorios astronómicos; una reserva natural, y un multimedio de comunicación compuesto por dos canales de televisión, dos radios (AM y FM) y un portal de noticias.

En el artículo 44º de la Ley 24.521 (Ley de Educación Superior), queda definida la Evaluación Externa de instituciones universitarias en funcionamiento. El artículo señala:

*“Las instituciones universitarias deberán asegurar el funcionamiento de instancias internas de evaluación institucional, que tendrán por objeto analizar los logros y dificultades en el cumplimiento de sus funciones, así como sugerir medidas para su mejoramiento. Las autoevaluaciones se complementarán con evaluaciones externas, que se harán como mínimo cada seis (6) años, en el marco de los objetivos definidos por cada institución. Abarcará las funciones de docencia, investigación y extensión, y en el caso de las instituciones universitarias nacionales, también la gestión institucional. Las evaluaciones externas estarán a cargo de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria o entidades privadas constituidas con ese fin, conforme se prevé en el artículo 45, en ambos casos con la participación de pares*

*académicos de reconocida competencia. Las recomendaciones para el mejoramiento institucional que surjan de las evaluaciones tendrán carácter público.”*

Una de las conclusiones extraídas de la última Evaluación Externa realizada sobre la UNC y llevada a cabo en el año 2015 por la CONEAU, fue que la relativa dispersión geográfica de sus sedes exige una tarea especial para construir y lograr la cohesión institucional. En cuanto a las disponibilidades edilicias, las mismas se declaran deficitarias y resultan además desequilibradas en cuanto a calidad y cantidad de espacio entre distintas Facultades. Por esta razón se fijó como prioritaria la necesidad de una política de optimización y utilización de los recursos para disponer de una amplia gama de oportunidades de uso.

Para cumplir este objetivo se desarrolló un Programa de Gestión Urbanística y Patrimonial (PROGUP), que pretende fortalecer la gestión de la Secretaría de Planeamiento Físico de Rectorado. Este programa debe generar los estudios de base que serán utilizados como instrumentos para la toma de las decisiones necesarias en vista a la optimización antes mencionada, previendo el siguiente ordenamiento:

- Descripción de la oferta general de infraestructura.
- Descripción y análisis de la oferta para las actividades académicas de grado con relación a las necesidades de cada unidad académica.
- Conclusiones referentes a fortalezas, debilidades y propuestas de recomendaciones para resolver los déficits.

En la Tabla 2.1 se observa la superficie construida y los terrenos disponibles de la UNC en distintas localizaciones, para tener una idea de la oferta general de la universidad en cuanto a infraestructura y recursos materiales. Se destaca la importancia de la Ciudad Universitaria en cuanto oferta ya que representa el 58,76% del total de superficie construida que posee la Universidad.

**Tabla 2.1: Infraestructura edilicia y disponibilidad de superficie**

Área	Superficie Construida		Superficie Terrenos	
	m2	%	m2	%
Alberdi	36.540	12,88	66.374	0,83
Centro	58.703	20,69	32.466	0,40
Observatorio	5.136	1,81	41.600	0,52
Ciudad Universitaria	166.706	58,76	1.268.231	15,94
M. Sobremonte	4.988	1,76	80.020	1,00
Provincia - (Rural)	11.649	4,10	6.465.906	81,28
TOTAL	283.722	100,00	7.954.597	100,00

*Fuente: Evaluación Externa de la UNC realizada por la CONEAU (2015)*

La Tabla 2.2 indica las superficies que poseen las distintas facultades para uso académico de grado. Se aprecia que la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEfyN) posee una superficie para uso académico de grado de 37.245 m<sup>2</sup> que representa el 16,55% del total de toda la Universidad.

**Tabla 2.2: Superficies para uso académico de grado**

Unidad de Gestión	Total Sup. p/ uso académico de grado	
	m2	%
Ciencias Agropecuarias	13.130	5,83
Ciencias Económicas	14.934	6,63
Ciencias Químicas	8.892	3,95
FAMAF	11.163	4,96
Arquitectura Urb. Dis.	12.753	5,66
Ciencias Médicas	35.754	15,88
Ciencias Ex. Fís. Y Nat.	37.245	16,55
Derecho y C. Sociales	11.542	5,12
Filosof. Humanidades	15.103	6,71
Lenguas	2.164	0,96
Odontología	5.200	2,31
Psicología	4.580	2,03
Subtotal Uso de Unidades Académic.	172.460	76,62
Adjudicación a Rectorado p/ grado (uso común)	52.623	23,38
Total p/ grado	225.083	100

*Fuente: Evaluación Externa sobre la UNC (2015)*

Para confrontar las necesidades de espacio con su disponibilidad, el informe de autoevaluación de la UNC utilizó el criterio de la determinación del indicador de capacidad INCAP, que indica los requerimientos de superficie cubierta (m<sup>2</sup>) por alumno de las distintas unidades académicas, los que se contrastan con indicadores que se consideran como “normales” o de contraste. Para la determinación de los INCAP de “normalidad” no se han realizado estudios específicos sobre las necesidades de las distintas unidades académicas así como su criterio de gestión del tiempo - espacio. Se han elegido valores sobre la base de reducir los utilizados en los países centrales, en la hipótesis de la imposibilidad de cumplir con los mismos en nuestro contexto. Ponderando las distintas opciones y estimando la demanda efectiva equivalente de acuerdo con la matrícula del año 2001, la Universidad ha concluido en un indicador promedio de 3,30 m<sup>2</sup>/alumno.

Según el anuario estadístico de la UNC del año 2016 (el último disponible), la FCEFyN poseía 9.977 estudiantes de grado y pregrado, siendo una de las que más crecieron con una tasa de crecimiento anual de aproximadamente el 6,5%.

En la Tabla 2.3 se proyecta la cantidad de estudiantes en el año 2016 al año 2018 y 2028 utilizando una tasa de crecimiento anual del 6,5%.

**Tabla 2.3: Crecimiento en la cantidad de estudiantes de la FCEFyN**

Año	Cantidad de Estudiantes
2016	9.977
2018	11.316
2028	21.242

Por otro lado, el número de inscriptos de grado y pregrado también creció (aproximadamente un 19,5%), llegando a los 3.032 ingresantes en 2016. Es evidente entonces que el número de estudiantes y de ingresantes ha aumentado en forma significativa; y esta tendencia se espera que se mantenga en los siguientes años.

Teniendo en cuenta el índice de capacidad promedio estimado para la Universidad (3,30 m<sup>2</sup>/alumno) y la cantidad de estudiantes de la FCEFyN (11.316), obtenemos como requerimiento de superficie cubierta la cifra de 37.343 m<sup>2</sup>. Al contrastar esta demanda de superficie con los 37.245 m<sup>2</sup> existentes (oferta), se puede apreciar cómo la oferta es levemente inferior que la demanda. Teniendo en cuenta el número estimado de estudiantes para el año 2028 (21.242), el requerimiento de superficie cubierta es de 70.099 m<sup>2</sup>. Se observa entonces cómo en un futuro se requerirá seguir ampliando la oferta para poder satisfacer la demanda.

A raíz de este déficit observado (y teniendo en cuenta que se pronostica que la cantidad de estudiantes de la Facultad siga aumentando), se propone el desarrollo de un edificio de aulas y laboratorios para la FCEFyN de manera que se pueda satisfacer la demanda. El mismo se proyectará sobre una estructura de hormigón armado existente en el predio de la Facultad (véase Figuras 2.1 a 2.3), la cual formaba parte de un proyecto para la construcción de bioterios (lugar destinado a la cría y control de

los animales de laboratorio utilizados como reactivos biológicos en protocolos experimentales) que posteriormente fue abandonado. De esta manera se intentará revalorizar dicha estructura otorgándole una función ventajosa para la Facultad.



***Figura 2.1: Estructura de hormigón armado existente.***



***Figura 2.2: Estructura de hormigón armado existente.***





***Figura 2.4: Perspectiva de la fachada Sur.***

## **CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO**

### **3.1. ENVOLVENTE**

En primera instancia, se definirá el concepto de envolvente.

La envolvente térmica es la piel o capa externa del edificio, compuesta de cada cerramiento que delimita los espacios habitables con el exterior. Actúa como membrana de protección y de su correcto diseño dependerá en gran medida el confort térmico y acústico dentro del edificio.

Una envolvente está integrada por cubiertas, muros, aberturas y pisos. Y tiene como funciones principales: servir como soporte a la edificación; controlar las cargas térmicas y acústicas; controlar la iluminación y la ventilación del edificio; cumplir con una adecuada apariencia estética y armónica.

### **3.2. CERRAMIENTOS**

Los cerramientos son superficies que envuelven y delimitan espacios para que puedan cumplir las funciones para las que fueron creados. Además deben acondicionar el lugar tratando de preservarlo de las condiciones del exterior.

No solo ofrecen una simple imagen a un edificio, configurando su diseño exterior, sino que son muy importantes en aspectos como el aislamiento térmico y acústico del mismo. Teniendo en cuenta esto, se puede llegar a obtener importantes ahorros en cuanto a costos (de calefacción y refrigeración por ejemplo) y asegurar el confort de los futuros usuarios.

Uno de los objetivos principales al plantear y desarrollar el edificio educativo sobre la estructura de hormigón existente, es tratar de lograr un diseño sustentable y con ahorro de energía. Esto se puede lograr a través de la selección de los cerramientos adecuados, especialmente de la carpintería exterior. Para conseguir un perfecto aislamiento entre el interior y el exterior es primordial realizar un estudio previo para

determinar los materiales y soluciones constructivas óptimos. Dentro de este estudio, deben analizarse además, aspectos como la ubicación geográfica del edificio, orientación, asoleamiento, condiciones meteorológicas del lugar, normativas vigentes, etc.

Las puertas y las ventanas son puntos críticos en cuanto a estanqueidad, permeabilidad y confort. El grado de aislamiento de un cerramiento dependerá de factores como:

- Materiales con los que esté fabricado.
- Tipo de vidrio que disponga (si posee).
- Sistema de herrajes.
- Proceso constructivo.

### **3.2.1 Clasificación**

Dentro de los cerramientos, podemos encontrar cerramientos verticales (aquellos cuyo ángulo con la horizontal es  $\geq 60^\circ$ , como las fachadas) u horizontales (aquellos cuyo ángulo con la horizontal son  $\leq 60^\circ$ , como por ejemplo las cubiertas). Los mismos pueden ser:

- Opacos: impiden el paso de la luz.
- Translúcidos: dejan pasar la luz, pero no dejan ver nítidamente los objetos que hay detrás.
- Transparentes: permiten ver con nitidez lo que hay detrás.

A su vez, podemos clasificar los cerramientos (principalmente a los verticales) de la siguiente manera:

- Por su grado de movilidad:
  - Fijos
  - Móviles
- Por su ubicación en el espacio
  - Exteriores-exteriores

- Interiores-interiores
- Exteriores-interiores
  
- Por el procedimiento constructivo:
  - Continuo
  - Discontinuo

### **3.2.2 Cerramientos Verticales**

Los mampuestos más utilizados en las construcciones y que se encuentran contemplados en las normas son los siguientes:

- Ladrillos cerámicos macizos (Figura 3.1)
- Ladrillos cerámicos huecos (Figura 3.2)
- Bloques huecos de hormigón (Figura 3.3)



**Figura 3.1: Ladrillo cerámico macizo.**



**Figura 3.2: Ladrillo cerámico hueco.**



**Figura 3.3: Bloque de hormigón.**

Los ladrillos cerámicos son piezas que se logran a partir de una mezcla de arcilla y agua, que también puede contener en algunas ocasiones vapor de agua. Los mismos son moldeados, secados artificialmente (en cámaras con temperaturas entre 80°C y 90°C) y luego cocinados en hornos a 950°C aproximadamente. Podemos encontrar ladrillos cerámicos macizos o huecos obtenidos a partir de un proceso mecánico de extrusión.

Los ladrillos cerámicos huecos son mampuestos más livianos y de mayor rendimiento que son muy utilizados en la actualidad. Esto se debe a sus ventajas en cuanto a economía, rapidez de construcción y buenas condiciones de aislación térmica. Poseen perforaciones verticales u horizontales en su interior, lo que hace que el material sea más liviano y más fácil de manejar.

Por otro lado, los bloques de hormigón son mampuestos prefabricados a partir de una mezcla de cemento, arena y agregados pétreos que se coloca en moldes metálicos, donde luego sufren un proceso de vibrado para compactar el material. En algunas ocasiones se utilizan distintos tipos de aditivos para modificar o agregar alguna propiedad al material como pueden ser la resistencia, textura o color. Dentro de los beneficios más importantes de este tipo de mampuesto podemos destacar la posibilidad de llevar a cabo una construcción modular, racional y rápida. Además, es un buen aislante térmico y es posible eliminar el revoque grueso de los muros construidos con este material (incluso pueden dejarse a la vista).

A continuación, en la Tabla 3.1, se observan los valores normativos de la resistencia especificada a la compresión de la mampostería del reglamento INPRES-CIRSOC 103 (Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes - Parte III Construcciones de Mampostería):

**Tabla 3.1: Valores de  $f'_m$  en función de los tipos usuales de mampuestos y morteros tipificados, referidos al área bruta.**

Tipo de mampuesto	Valores de $f'_m$ en MPa			
	Tipo de mortero			
	Resistencia elevada (E)	Resistencia intermedia (I)	Resistencia normal (N)	Cemento de Albañilería (Na)
Ladrillos cerámicos macizos	2,75	2,25	1,75	1,20
Bloques huecos portantes cerámicos	2,25	1,75	1,40	0,90
Bloques huecos portantes de hormigón	2,25	1,75	1,40	0,90

Por otro lado, los pesos específicos de los distintos mampuestos se indican en la Tabla 3.2. La misma refleja que los ladrillos huecos son los de menor peso específico.

**Tabla 3.2: Peso específico según el tipo de mampuesto.**

Material	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )
Ladrillo Hueco Portante	1300-1500
Bloque Hormigón Portante	1600
Ladrillo Macizo	1600-2000

En la Tabla 3.3 se observan valores promedio del coeficiente de transmitancia térmica (k) de los distintos mampuestos y nos indica el comportamiento térmico de los mismos. El ladrillo hueco posee el menor coeficiente y por lo tanto es el de mejor desempeño como aislante térmico.

**Tabla 3.3: Coeficiente de transmitancia térmica según el tipo de mampuesto.**

Material	Coeficiente de Transmitancia Térmica (k)
Ladrillo Hueco Portante	1,35
Bloque Hormigón Portante	1,37
Ladrillo Macizo	1,65

### 3.2.3 Aberturas

Al seleccionar puertas y ventanas para edificios se deben evaluar todos los aspectos que influyen en el funcionamiento de la abertura, como presión del viento, exposición a la lluvia, dimensiones del vano, asoleamiento, aislación térmica y acústica. Es muy importante además, la ubicación geográfica y la altura del edificio. Al mismo tiempo, es imprescindible cuidar que la carpintería cumpla con las normativas vigentes y con lo que las mismas establecen en cuanto a seguridad y confort.

En los últimos años, la perfilería de aluminio fue una de las opciones más utilizadas para fachadas, puertas y ventanas. Esto se debe principalmente a ciertas ventajas como su bajo peso, amplias posibilidades de diseño, bajo costo de mantenimiento, buena resistencia a la corrosión y fácil armado. Sin embargo, es de vital importancia

asegurar el correcto sellado en estas carpinterías ya que su mala ejecución es muy común y ocasiona problemas como el ingreso de agua y la pérdida de acondicionamiento térmico. Entre los selladores más utilizados encontramos: los poliuretánicos, acrílicos y butíricos y de siliconas, que tienen mayor vida útil.

Hoy en día, una de las carpinterías más modernas que podemos encontrar en el mercado, son las realizadas con PVC que no se oxidan ni se corroen. Las mismas son perfectamente aislantes, por lo que permiten un importante ahorro de energía (aproximadamente entre un 60% y un 70%), de esa manera se reducen los gastos de climatización. Además, si se las combina con el acristalamiento correcto, pueden ser muy buenas como aislantes acústicas.

Actualmente, la aislación térmica y acústica son componentes fundamentales en la elección de carpinterías. Según sea la región en la que se realice la obra, elementos como el doble vidriado hermético (DVH) (Figura 3.5) y la ruptura de puente térmico (característica necesaria en las carpinterías metálicas que se aplica en climas muy fríos) empiezan a tener más importancia. La mayoría de los sistemas de perfiles permiten incorporar DVH y según sus características aportan mayor o menor aislación térmica y acústica.

En la Figura 3.4 y 3.5, se observa una ventana corrediza de dos hojas y el doble vidriado hermético respectivamente.



**Figura 3.4: Ventana corrediza de aluminio de dos hojas.**



**Figura 3.5: Doble vidrioado hermético (DVH).**

Un aspecto importante a tener en cuenta además de elegir la carpintería, es seleccionar los vidrios por cuestiones de seguridad, sobre todo en grandes paños vidriados que pueden ser muy peligrosos para las personas en el caso en que estos se rompan. Los laminados no solo son una opción para evitar accidentes, también pueden reemplazar a las rejillas.

### **3.3. COMPORTAMIENTO TÉRMICO**

Una manera de saber qué material se comporta mejor como aislante térmico es a través de comparar los valores de los coeficientes de transmitancia térmica. El coeficiente “K” de transmitancia térmica puede definirse como “la cantidad de calor que transmite un cerramiento en estado de régimen, por metro cuadrado de superficie, por hora y por gradiente unitario de temperatura entre los ambientes interior y exterior”. Como se pudo observar anteriormente en la Tabla 3.3, el ladrillo cerámico hueco es el material que nos puede llegar a permitir lograr un ahorro significativo en la demanda energética para calefacción y refrigeración de un edificio ya que es el que posee el menor coeficiente de transmitancia térmica.

En este trabajo se proyectarán tres propuestas de envolvente y se calculará la transmitancia térmica de cada una según las Normas IRAM que aseguran el

acondicionamiento térmico en las construcciones. Específicamente se tendrán en cuenta y servirán de guía las Normas IRAM 11.601, 11.603 y 11.605.

Las tres envolventes propuestas mencionadas y de las cuales se seleccionará la que pueda lograr una mejor performance tanto térmicamente como económicamente son:

- Muros de 15 centímetros.
- Muros de 20 centímetros.
- Muros de 30 centímetros con cámara de aire intermedia.

En los tres casos, se utilizarán ladrillos cerámicos huecos al ser estos los más convenientes económicamente, en cuanto a comportamiento térmico y en cuanto a maniobrabilidad en la construcción. Además, en todos los casos la cubierta será verde, accesible y absorbente.

En primera medida y para iniciar la valoración del confort higrotérmico de las envolventes, se obtienen de las tablas del Anexo A de la Norma IRAM 11.601 los valores de conductividad térmica de los materiales de construcción ( $\lambda$ ). En el caso de los ladrillos cerámicos huecos y de la cámara de aire, la Norma nos indica directamente el valor de la resistencia térmica (R). Además, la misma también nos proporciona valores de resistencias térmicas superficiales (Rsi, Rse).

La resistencia térmica de una capa homogénea de material sólido, en metro cuadrado kelvin por watt ( $m^2.K/W$ ), se calcula como:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Siendo:

e: espesor de la capa.

$\lambda$ : conductividad térmica del material (W/m.K).

De esta manera obtenemos la resistencia térmica de cada capa del elemento constructivo para luego obtener la resistencia térmica, de aire a aire, de un

componente plano formado por diversas capas homogéneas perpendiculares al flujo de calor de la siguiente forma:

$$RT = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{c1} + R_{c2} + \dots + R_{cn} + R_{se}$$

Siendo:

$R_{si}$ ,  $R_{se}$ : resistencias térmicas superficiales.

$R_1, R_2, \dots, R_n$ : resistencias térmicas de capas homogéneas.

$R_{c1}, R_{c2}, \dots, R_{cn}$ : resistencias térmicas de cámaras de aire.

Luego, podemos calcular la transmitancia térmica de un elemento constructivo (K) en  $W/m^2.K$ , como la inversa de la resistencia térmica total:

$$K = \frac{1}{RT}$$

Posteriormente, una vez definido el nivel de confort exigido (A, B o C), se compara el valor de la transmitancia térmica del elemento constructivo con la transmitancia térmica máxima admisible mencionadas en la Norma IRAM 11.605, tanto para condiciones de invierno como para condiciones de verano.

Para la condición de invierno, los valores máximos admisibles de transmitancia térmica que deben cumplir los muros y techos para los tres niveles de confort (A: recomendado, B: Medio y C: mínimo), se encuentran en función de la temperatura exterior de diseño de la localidad en la que se encuentra emplazada la construcción (como se puede observar en la Tabla 3.4). Para el caso de Córdoba Capital esta temperatura es la de diseño mínima y tiene los valores de  $-4,3^{\circ}C$  (según mediciones del aeropuerto) y  $-2,9^{\circ}C$  (según mediciones del observatorio).

**Tabla 3.4: Valores máximos admisibles de transmitancia térmica para condiciones de invierno (Norma IRAM 11.605).**

Temperatura exterior de diseño ( $t_{ed}$ ) [°C]	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
- 15	0,23	0,20	0,60	0,52	1,01	1,00
- 14	0,23	0,20	0,61	0,53	1,04	1,00
- 13	0,24	0,21	0,63	0,55	1,08	1,00
- 12	0,25	0,21	0,65	0,56	1,11	1,00
- 11	0,25	0,22	0,67	0,58	1,15	1,00
- 10	0,26	0,23	0,69	0,60	1,19	1,00
- 9	0,27	0,23	0,72	0,61	1,23	1,00
- 8	0,28	0,24	0,74	0,63	1,28	1,00
- 7	0,29	0,25	0,77	0,65	1,33	1,00
- 6	0,30	0,26	0,80	0,67	1,39	1,00
- 5	0,31	0,27	0,83	0,69	1,45	1,00
- 4	0,32	0,28	0,87	0,72	1,52	1,00
- 3	0,33	0,29	0,91	0,74	1,59	1,00
- 2	0,35	0,30	0,95	0,77	1,67	1,00
- 1	0,36	0,31	0,99	0,80	1,75	1,00
$\geq 0$	0,38	0,32	1,00	0,83	1,85	1,00

\* Para valores de  $t_{ed}$  intermedios, los valores de  $K_{MAX ADM}$  se obtienen por interpolación lineal.

En tanto para la condición de verano, los valores máximos admisibles de transmitancia térmica que deben cumplir los muros y techos para los tres niveles de confort, se encuentran en función de la zona bioambiental (definida por la Norma IRAM 11.603) correspondiente a la localidad en la que se encuentra emplazada nuestro edificio (como se observa en las Tablas 3.5 y 3.6).

**Tabla 3.5: Valores máximos admisibles de transmitancia térmica para condiciones de verano para muros (Norma IRAM 11.605).**

en  $W/m^2.K$

Zona Bioambiental	Nivel A	Nivel B	Nivel C
I y II	0,45	1,10	1,80
III y IV	0,50	1,25	2,00

**Tabla 3.6: Valores máximos admisibles de transmitancia térmica para condiciones de verano en techos (Norma IRAM 11.605).**

en  $W/m^2.K$

Zona Bioambiental	Nivel A	Nivel B	Nivel C
I y II	0,18	0,45	0,72
III y IV	0,19	0,48	0,76

La Figura 3.6 muestra las zonas bioambientales definidas en la Norma 11.603:

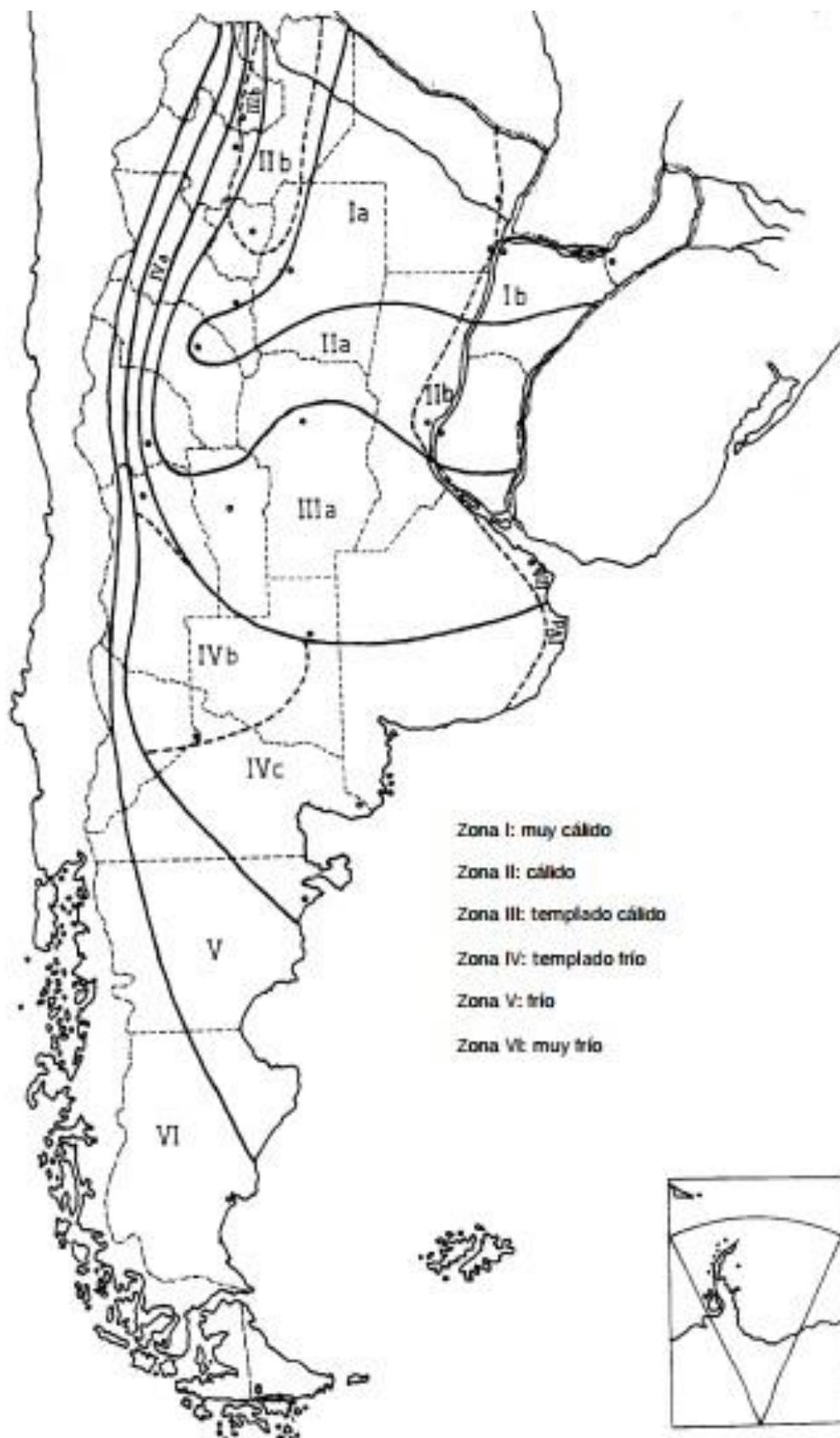


Figura 3.6: Zonas bioambientales de Argentina según Norma IRAM 11.603.

Estas zonas bioambientales fueron clasificadas teniendo en cuenta los índices de confort de la temperatura efectiva corregida (TEC), correlacionada con el voto medio predecible (VMP) y el índice de Beldin y Hetch (IBH), desarrollado para zonas cálidas. La evaluación de las zonas frías no se ha realizado con los índices de confort, sino con los grados días para las necesidades de calefacción.

La ciudad de Córdoba Capital, se encuentra en la zona bioambiental III "a". Esta zona templada cálida se encuentra limitada por las isolíneas de TEC 24,6 °C y 22,9 °C, tiene igual distribución que la zona II, con la faja de extensión Este-Oeste centrada alrededor del paralelo 35° y la de extensión Norte-Sur, ubicada en las primeras estribaciones montañosas al Nordeste del país, sobre la Cordillera de los Andes.

Los veranos son relativamente calurosos y presentan temperaturas medias comprendidas entre 20 °C y 26 °C, con máximas medias mayores que 30°C, sólo en la faja de extensión Este-Oeste.

El invierno no es muy frío y presenta valores medios de temperatura comprendidos entre 8°C y 12°C, y valores mínimos que rara vez son menores que 0 °C.

Las presiones parciales de vapor de agua son bajas durante todo el año, con valores máximos en verano que no superan, en promedio, los 1.870 Pa (14 mm Hg) y las amplitudes térmicas son mayores que 14°C.

En general, en esta zona se tienen inviernos relativamente benignos, con veranos no muy calurosos.

En las tablas 3.7 y 3.8, figuran los datos climáticos de invierno y verano para Córdoba Capital obtenidos por el Aeropuerto y el Observatorio.

**Tabla 3.7: Datos climáticos de invierno para Córdoba Capital.**

Estación	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMN	PREC	HR	VM	GD18	GD20
Cba (Aero.)	-31,32	-64,22	474	12,47	19,1	5,8	-7,7	-4,3	50	67	11,5	924	1321
Cba (Obs.)	-31,4	-64,18	425	13,46	19,9	7,1	-5,2	-2,9	45	66	4,2	738	1088

**Tabla 3.8: Datos climáticos de verano para Córdoba Capital.**

Estación	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMX	PREC	HR	VM
Cba (Aero.)	-31,3	-64,2	474,0	22,4	28,3	16,5	40,0	36,6	541,7	71,3	11,5
Cba (Obs.)	-31,4	-64,2	425,0	23,7	29,8	17,6	41,0	38,2	493,0	68,0	5,0

Los datos de invierno incluyen los siguientes indicadores:

LAT: Latitud

LONG: Longitud

ASNM: Altura sobre el nivel del mar, en metros

TMED, TMÁX y TMÍN: Temperaturas media, máxima y mínima medias promedio de los meses de invierno, en grados Celsius

TDMN: Temperatura de diseño mínima, en grados Celsius

TMA: Temperatura mínima absoluta, en grados Celsius

PREC: Precipitación media de los meses de invierno, en milímetros

HR: Humedad relativa media mensual de los meses de invierno, en por ciento

VM: Velocidad media del viento, en kilómetros por hora.

GDnn: Grados día de calefacción en función de diversas temperaturas base de confort, en grados Celsius

Los datos de verano incluyen los siguientes indicadores:

LAT: Latitud

LONG: Longitud

ASNM: Altura sobre el nivel del mar, en metros

TMED, TMÁX y TMÍN: Temperaturas media, máxima y mínima medias promedio de los meses de verano, en grados Celsius (°C)

TDMX: Temperatura de diseño máxima, en grados Celsius

TMA: Temperatura mínima absoluta, en grados Celsius

PREC: Precipitación media de los meses de verano, en milímetros

HR: Humedad relativa media mensual de los meses de verano, en por ciento

VM: Velocidad media del viento, en kilómetros por hora.

La subzona III “a” se caracteriza por tener grandes amplitudes térmicas, por lo que es conveniente el uso de viviendas agrupadas y de todos los elementos y/o recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia térmica. Tanto en la faz de la orientación como en las necesidades de ventilación, por tratarse de una zona templada, las exigencias pueden ser menores.

- En las edificaciones orientadas al oeste es aconsejable prever protecciones solares adecuadas.
- Se recomienda que las aberturas estén provistas de sistemas de protección a la radiación solar. Los colores claros exteriores son altamente recomendables.

En cuanto a la orientación, la óptima es la NO-N-NE-E.

La Norma 11.603 además indica que el asoleamiento directo que penetra a través de ventanas en invierno proporciona beneficios psicosigüénicos, mejora la calidad de la iluminación natural y disminuye la demanda de energía convencional para calefacción. Las recomendaciones mínimas de asoleamiento invernal de esta norma facilitan la verificación y aseguran niveles mínimos de aporte de energía solar, tomando en cuenta la variación de radiación directa según la altura del sol, la transmisión de la radiación a través de vidrios según el ángulo de incidencia y la relación entre el costo del proyecto y los beneficios del asoleamiento.

En localidades ubicadas al norte de la latitud 47° Sur (como en nuestro caso) se recomienda que en cada edificio a construir se contemplen los siguientes requisitos:

- un mínimo de dos horas de sol directo en el solsticio de invierno (23 de junio) a través de las ventanas como mínimo la mitad de los locales habitables.
- se acepta el período de asoleamiento sólo cuando la altura del sol es mayor que 10°.
- no se considera el asoleamiento cuando el ángulo de incidencia es mayor que 67°30'.

Por otro lado, se aconseja para las zonas bioambientales I a IV y para las orientaciones SO-O-NO-N-NE-E-SE el uso de sistemas de protección solar, como por ejemplo parasoles horizontales y verticales, cortinas de enrollar de color claro. Se recomienda el uso de los parasoles para cuyo cálculo se aconseja el empleo de la carta solar en la definición de las medidas adecuadas. En nuestro caso dispondremos de una estructura metálica separada de la envolvente para ser usada como soporte de enredaderas sobre la fachada Sur y sobre la fachada Norte se colocará una protección horizontal inclinada (tipo aleros) con paneles solares. Sobre las fachadas Este y Oeste se dispondrán protecciones verticales.

## **CAPÍTULO 4: NORMATIVA LEGAL Y TÉCNICA**

Al comenzar a llevar a cabo el proyecto, en primera instancia se debió estudiar las diferentes leyes, normas y resoluciones que podían condicionar el mismo. Garantizando así su correcta ejecución, cumpliendo con todo lo especificado y evitando problemas en un futuro. A continuación se revisarán y sintetizarán las diferentes normativas que se han tenido en cuenta.

### **4.1. LEY DE EDUCACIÓN NACIONAL**

La Ley N° 26.206 fue sancionada en el año 2006 y tiene por objeto regular el ejercicio del derecho de enseñar y aprender consagrado por la Constitución Nacional. Expone que la educación y el conocimiento son un bien público y un derecho personal y social que deben ser garantizados por el Estado. Además establece la estructura del Sistema Educativo, haciendo alusión a todos los niveles y modalidades del Sistema Educativo Nacional. También, determina la extensión de la obligatoriedad escolar y plantea las responsabilidades y obligaciones del Estado Nacional, las Provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en relación a la Educación.

Es de mayor importancia para este trabajo y es necesario destacar el capítulo V de esta Ley, dedicado a la Educación Superior que comprende:

- Universidades e Institutos Universitarios, estatales o privados autorizados, en concordancia con la denominación establecida en la Ley N° 24.521.
- Institutos de Educación Superior de jurisdicción nacional, provincial o de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, de gestión estatal o privada.

### **4.2. LEY N° 24.314**

La ley nacional N° 24.314 trata sobre la accesibilidad de las personas con movilidad reducida al medio físico (no videntes y con discapacidades motoras, entre otras). Dentro de esta norma existen tres artículos que se refieren específicamente a la eliminación de estas barreras (artículos 20, 21 y 22). Es de mucha importancia en

este trabajo el artículo 21, el cual se refiere a la eliminación de barreras arquitectónicas para garantizar la accesibilidad, el uso y desplazamiento de personas con movilidad reducida.

#### **4.3. NORMATIVA DE LA UNC**

En adición a las Leyes Nacionales mencionadas anteriormente, también fueron tomadas en cuenta algunas resoluciones del Honorable Consejo Superior de la Universidad (HCS) y del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (HCD).

Es importante destacar la resolución 149/2009, que implementa un esquema de organización y pautas para la Gestión en Higiene, Seguridad y Medioambiente Laboral y de Residuos Peligrosos y Patógenos.

Además, las resoluciones 1389/2014 del HCS de la UNC y 418/2014 del HCD de la FCEFYN, se pliegan a la Ley sobre la accesibilidad de las personas con movilidad reducida, aprobando protocolos para garantizar la misma. De esta manera se garantiza el derecho a la educación para todas las personas y se desalienta la discriminación y desigualdad en el la Universidad.

Por otro lado, es importante enfatizar en este trabajo la Resolución N° 1277/2010 el Honorable Consejo Superior de la Universidad Nacional de Córdoba, que aprueba el programa “Políticas de Gestión Ambiental Sustentable en la UNC”, ya que es uno de los objetivos principales de este trabajo poder lograr un diseño sustentable y con ahorro de energía.

El programa de Políticas de Gestión Ambiental Sustentable tiene como principal objetivo asegurar prácticas de gestión ambientalmente adecuadas, sugiriendo instrumentos preventivos y correctivos en las diferentes acciones, obras y actividades de la Universidad. Además se capacitó al personal de la Subsecretaría de Planeamiento Físico brindando un curso de “Introducción al Manejo de Normas IRAM referidas al Confort Higrotérmico en la Arquitectura” de manera que se adopten

medidas para lograr un adecuado aislamiento térmico que brinde confort a los usuarios y a su vez se ahorre energía.

En el Anexo 1 de la resolución se encuentran expresados los “Lineamientos para Proyectos y/o Ejecución de Obras”. Las principales directivas del Anexo son:

- Desarrollar esquemas estructurales que admitan plantas libres para posibles refuncionalizaciones futuras.
- Planificar las orientaciones de aventanamientos y protecciones de manera que se ahorre energía y se logre el confort necesario.
- Incorporar aislaciones térmicas e hidrófugas adecuadas y evaluar la calidad térmica y estanqueidad de aberturas.
- Optimizar la iluminación natural.
- Usar ventilación natural siempre que sea posible (ahorro de energía).
- Evaluar la posibilidad de captar aguas pluviales para aprovecharlas para riego y la reutilización de aguas limpias.
- Disponer depósitos temporarios de residuos peligrosos, clasificados previamente (cumplir resoluciones HCS 149/09 y 1042/09).
- Realizar tratamientos de efluentes cumpliendo parámetros de normativas vigentes.
- Reutilización de suelo retirado en obras y evitar la emisión de polvos.
- En etapa de elaboración de proyecto se deberá:
  - Identificar principales impactos ambientales, durante la construcción y el funcionamiento de la obra.
  - Describir en detalle el tipo de residuos convencionales y peligrosos generados, indicando tratamientos de los mismos.
  - Mencionar cómo se realizará el ingreso/egreso de insumos y medidas o dispositivos que se adoptarán para la eficientización de dichos consumos.
- Se deberán instalar elementos de medición de los servicios de agua potable, gas natural y energía eléctrica para poder leer, controlar y registrar los datos obtenidos de manera centralizada y a distancia.
- Destinar espacios para estacionamientos.

- Evaluar la factibilidad de solados permeables.
- Disminuir al máximo la afectación del arbolado existente.

#### **4.4. CÓDIGO DE EDIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA**

Para el desarrollo del presente trabajo se debió además cumplir las disposiciones pertinentes presentes en este código que se transcribirán a continuación:

### **Capítulo Tercero**

#### **Normas Funcionales y de Habitabilidad (Ord.9387/95)**

##### **Disposiciones generales (Dec. 463/96)**

Se regirán por las siguientes disposiciones los locales de recreación y diversiones públicas en general destinados a espectáculos, proyecciones, juegos, reuniones, etc. con asientos fijos o móviles, ya sea para reunión bajo techo o para reunión al aire libre, salvo las edificaciones para actividades deportivas. Los parques de diversiones y locales de juego de cualquier tipo sólo podrán habilitarse al uso público una vez inspeccionada y autorizadas todas sus instalaciones por técnicos de la municipalidad. La incorporación de nuevos aparatos de diversión en parques o locales ya autorizados quedará sujeta a las mismas exigencias. Su estructura y muros divisorios deberán ejecutarse con materiales incombustibles y atenerse a las prescripciones de precauciones contra incendios que correspondan, según lo regulado por la Dirección General de Bomberos. En los establecimientos para diversiones públicas, cuyas instalaciones tengan carácter permanente, se deberán tomar medidas necesarias para que los ruidos no excedan los niveles establecidos según la Ord. Nº 8167/85 de ruidos y vibraciones.

## **Disposición y Espacios Mínimos para las Butacas (Dec. 463/96)**

### **Separación Mínima (Dec. 463/96)**

La separación entre dos filas de butacas no será inferior de 0,40 m. medidos horizontalmente entre el plano vertical tangente a la butaca por el punto más saliente de la misma hacia atrás, y el plano vertical paralelo al anterior y trazado por el punto más saliente de la butaca hacia delante en la fila anterior.

### **Espacios de uso exclusivo para discapacitados (Dec. 463/96)**

Será obligatorio destinar el 2% de la capacidad de butacas para el uso exclusivo de discapacitados no ambulatorios o semiambulatorios. Los lugares designados para ubicar a las personas con sillas de rueda serán los extremos de las filas, en zonas dispersas por todos los niveles de la sala o partes del sitio de reunión, perfectamente accesibles, horizontales o inclinadas. Las dimensiones mínimas para ubicar una silla de ruedas serán de 0,90 m. de ancho por 1,25m. de longitud.

### **Acondicionamiento de salas (Dec. 463/96)**

#### **Tipo de ventilación (Dec. 463/96)**

Para las salas, se deberá disponer un sistema de ventilación que asegure una renovación del aire de acuerdo a lo regulado en Capítulo 3 apartado 3.3 de la Ord. 9387/95.

#### **Acondicionamiento térmico (Dec. 463/96)**

Será obligatorio el acondicionamiento térmico de cualquier tipo de sala de espectáculos y diversiones públicas, debiendo asegurarse en su interior una temperatura constante que varíe entre los 18° C y los 20° C durante el desarrollo de las funciones.

### **Dotación sanitaria (Dec. 463/96)**

Las instalaciones sanitarias serán de fácil acceso debidamente separadas por sexo. La dotación sanitaria se calculará según lo regulado en el Art. 3.4. (Ord. N° 9387/95). Los locales destinados a baños no deberán estar en contacto directo con la sala. El acceso a ellos se hará a través de la antesala o foyer. Deberá evitarse la visión al interior de los mismos desde la antesala.

### **Capacidad de los Edificios (Ord.9387/95)**

La capacidad de un edificio se determinará dividiendo la superficie construida por la relación de superficie por persona que corresponda según los diferentes tipos de edificios. A los fines del cálculo de la capacidad se tomará en cuenta la sumatoria de las superficies de los distintos pisos de un edificio, limitadas por sus respectivos perímetros y excluyendo:

- La parte de muros medianeros asentados sobre predios vecinos.
- Las circulaciones horizontales y verticales, de uso común, exigidas como medios de egreso en los distintos pisos.
- Los locales técnicos de las instalaciones del edificio y de los depósitos familiares, ubicados en distintos niveles del de las viviendas (en casos de viviendas colectivas)
- Balcones y terrazas, cubiertas o no, privadas de cada unidad de uso.
- Los garajes, guardacoches, estacionamiento cubierto (individuales o colectivos), y sus accesos y circulaciones.

En el cálculo de las superficies indicadas en los puntos, a, b, c, d y e, se tomará la mitad del ancho de los muros que separen estas superficies del resto de las actividades propias del edificio. El número de ocupantes de un edificio que contenga locales de distinta relación de superficie por persona, se determinará en forma acumulativa, aplicando el valor correspondiente; a cada uno de ellos.

### **Relaciones de superficie (Ord.9387/95)**

Las diferentes relaciones de superficie para el cálculo de la capacidad de los edificios según sus tipos serán las que se detallan en los puntos 3.1.2.1.1. a 3.1.2.1.6.- En caso de actividades no especificadas, el número de ocupantes será declarado por el propietario según memoria técnica y sujeto a evaluación por el Organismo de aplicación.

### **Para edificios para reunión bajo techo (m2 /persona)**

- Auditorios, cines, iglesias, estadios, teatros, salas de convenciones, salas y pistas de baile: 1
- Salones de reunión en edificios con fines educacionales o religiosos: 2
- Aulas y academias: 1,5
- Bibliotecas: 8
- Salones de Actos: 1

### **Disposiciones para Aulas**

- Grupo III
- Altura mínima 3 metros
- Iluminación lateral o cenital
- Ventilación directa

### **Alturas mínimas de los locales (Ord.9387/95)**

Serán las alturas que expresa la "Tabla de Grupos de locales según destino", establecidas por la presente Ordenanza. Ningún local podrá tener una altura menor a 1/10 de su largo mayor. En edificios industriales podrá variar esta relación en función de los requerimientos técnicos de que se trate. En tal caso la relación mínima altura / lado mayor será aprobado por Dirección Control de Obras Privadas y Uso del Suelo en función de memoria técnica a presentar por el recurrente.

### Forma de medir la altura libre (Ord.9387/95)

La altura libre de los locales se medirá entre piso y techo o cielorraso. La altura mínima de los aleros, inclinados o no, será mayor o igual a 2,00 (dos) metros libres. Gráfico 3.2.4. con respecto a nivel del piso.

### Dotación sanitaria mínima en Edificios Educativos (Ord.10453/01)

- En los edificios educativos se colocará 1 (uno) inodoro y 1 (uno) lavabo por aula, pudiendo sustituirse el 75% (setenta y cinco por ciento) de inodoros por mingitorios en los locales sanitarios destinados solamente a hombres.
- En los edificios educativos, cuando a juicio del órgano de aplicación de la presente ordenanza se presuponga una asistencia y/o permanencia reducida de personas (Ej.: Academias de Enseñanza, Institutos Privados etc.) el número de alumnos que asisten podrá ser declarado por el administrado en el correspondiente plano de obra, debiendo contar con una dotación sanitaria mínima según la siguiente proporción:

Personas	Artefactos	
	Inodoros	Lavabos
1 a 10	1	1
11 a 25	2	2
26 a 50	3	3
51 a 75	4	4
76 a 100	5	5
101 a 125	6	6
126 a 150	7	7
151 a 175	8	8

Se agregará 1 (uno) inodoro y 1 (uno) lavabo por cada 50 (cincuenta) alumnos o fracción a partir de 175 (ciento setenta y cinco) alumnos.

#### **4.5. NORMAS IRAM**

El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) ha estudiado la manera de asegurar la calidad térmica en las construcciones. Como producto de estos estudios, se elaboraron un conjunto de normas que se encuentran a disposición de los calculistas. Podemos mencionar las siguientes:

- Norma IRAM 11.549: Acondicionamiento térmico de edificios. Vocabulario.
- Norma IRAM 11.601: Acondicionamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de la construcción en régimen estacionario.
- Norma IRAM 11.603: Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Norma IRAM 11.604: Acondicionamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficientes volumétricos G de pérdida de calor. Cálculo y valores límites.
- Norma IRAM 11.605: Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- Norma IRAM 11.625: Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- Norma IRAM 11.630: Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- Norma IRAM 11.659-1 Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración.
- Norma IRAM 11.659-2: Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas.

En forma resumida, podemos decir que para asegurar el confort higrotérmico de los ambientes, se deberá satisfacer la Norma IRAM 11.605. Estos valores son función de la orientación, la masa y la protección solar del muro y de la zona geográfica en la que se encuentre la construcción. La verificación debe llevarse a cabo tanto para las condiciones de invierno como para las de verano.

Por otra parte, para realizar un análisis más exhaustivo es importante también la determinación del coeficiente volumétrico G de pérdida de calor que es definido por la Norma IRAM 11.604 como: “La energía térmica que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen, unidad de tiempo y unidad de diferencia de temperatura, en régimen estacionario, que deberá suplir el sistema de calefacción para mantener constante la temperatura interna del local.” Este coeficiente permite verificar en términos cuantitativos el ahorro de energía en los edificios y depende de factores como las condiciones de diseño, la zona bioambiental, la renovación de aire por infiltración y ventilación y la aislación térmica de los cerramientos. Al igual que con el coeficiente de transmitancia térmica, el valor obtenido debe compararse con el valor máximo admisible establecido por la norma.

Por último, la verificación del riesgo de condensación de vapor de agua, tanto superficial como intersticial, es muy importante para caracterizar el comportamiento térmico de los cerramientos.

## **CAPÍTULO 5: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. PRESENTACIÓN DEL EDIFICIO**

### **5.1. CÁLCULO DE NECESIDADES DE ESPACIOS ÁULICOS DE LA FCEFYN**

Como se estudió en el apartado 1.2, utilizando el índice de capacidad promedio estimado para la Universidad (3,30 m<sup>2</sup>/alumno) y la cantidad de estudiantes de la FCEFYN (11.316), obtenemos como requerimiento de superficie cubierta la cifra de 37.343 m<sup>2</sup>.

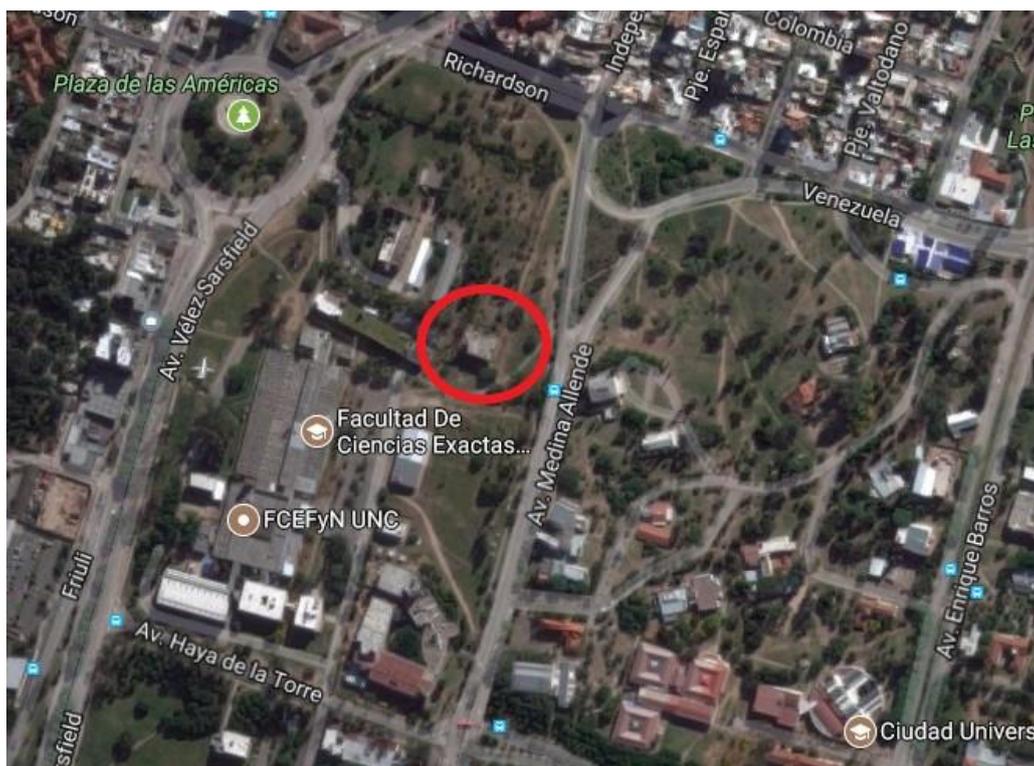
### **5.2. DIAGNÓSTICO**

Se puede observar que esta facultad no cumple con los requerimientos de superficie cubierta, teniendo en cuenta que la superficie para uso académico de grado es de 37.245 m<sup>2</sup> y la demanda de superficie cubierta es de 37.343 m<sup>2</sup>.

Cabe destacar además, la necesidad de nuevos laboratorios ya que la cantidad de los mismos es deficiente y de nuevas aulas de mayor tamaño, en especial para el cursado de materias con un alto número de alumnos. Estas necesidades se potencian si se tiene en cuenta la tendencia de crecimiento en la cantidad de estudiantes (aproximadamente con una tasa de crecimiento del 6,5% anual) y de ingresantes de la FCEFYN.

Debido a las necesidades anteriormente mencionadas y como ya se expresó en el apartado 1.2, se decidió proyectar laboratorios y aulas sobre la estructura de hormigón armado construida y abandonada en el predio de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFYN). Este nuevo edificio adicionará 1.254 m<sup>2</sup> a los 37.245 m<sup>2</sup> de superficie para uso académico que ya posee la FCEFYN, logrando así un total de 38.499 m<sup>2</sup> que logran satisfacer la demanda calculada (37.343 m<sup>2</sup>).

Se observa la ubicación de la estructura mencionada en las Figuras 5.1 y 5.2, que se encuentra emplazada específicamente entre calles: Av. Haya de la Torre, Av. Medina Allende, Richardson y Av. Vélez Sarsfield. Está localizada cercana a bioterios, laboratorios, aulas y estacionamiento de la Facultad; pero a su vez está rodeada de un importante espacio verde perteneciente a la UNC.



**Figura 5.1: Ubicación estructura de hormigón armado existente.**



**Figura 5.2: Ubicación estructura de hormigón armado existente.**

### **5.3. CRITERIOS Y CONDICIONANTES DE DISEÑO**

Es importante destacar que en la proyección de las aulas y laboratorios, las limitaciones que impone la estructura existente son significativas. Si bien nuestra Facultad necesita aulas grandes de más de cien alumnos (sobre todo para poder dictar materias de los primeros años a las que concurren una gran cantidad de alumnos), estas son dificultosas de construir debido a la existencia de columnas que pueden quedar situadas en medio imposibilitando que los alumnos puedan ver el pizarrón y así seguir la clase de manera correcta. Este problema se intentará solucionar en parte mediante el diseño de aulas taller en las cuales se dispondrán mesas grandes (y no individuales como las aulas comunes) y en las cuales el profesor dará la clase desde el centro del aula, teniendo pizarrones a ambos lados.

En cuanto a la topografía, la ciudad de Córdoba se encuentra en lo que se denomina llanura pampeana con una altura promedio de 500 metros sobre el nivel del mar. Concentrándonos únicamente en el sitio que estamos analizando, cabe mencionar que está ubicado sobre una considerable pendiente en la dirección de la Av. Medina Allende y en una depresión del terreno, como se puede observar en la Figura 5.3. En la misma se puede apreciar la ubicación de árboles existentes y puntos altimétricos.



**Figura 5.3: Topografía de la zona.**

Respecto al diseño de las aulas y laboratorios, la concreción y construcción de las mismas es muy importante teniendo en cuenta la tendencia de crecimiento de la cantidad de ingresantes y alumnos en la FCEFYN.

#### **5.4. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA**

En esta sección se procederá a describir la propuesta completa del edificio educativo sustentable que se pretende construir sobre la estructura de hormigón armado existente y abandonada en el predio de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y

Naturales. De esta manera se revalorizará dicha estructura otorgándole una función de importancia para la Facultad.

La propuesta desarrollada y elegida consta de 3 laboratorios en planta baja, 5 aulas en el primer piso (1 de ellas del tipo aula taller) y 4 aulas en el segundo piso (2 de ellas del tipo aula taller). Además, el edificio contará con baños en cada nivel, equipados para personas con movilidad reducida.

En las Figuras 5.4, 5.5 y 5.6 se puede observar las plantas arquitectónicas de la propuesta.

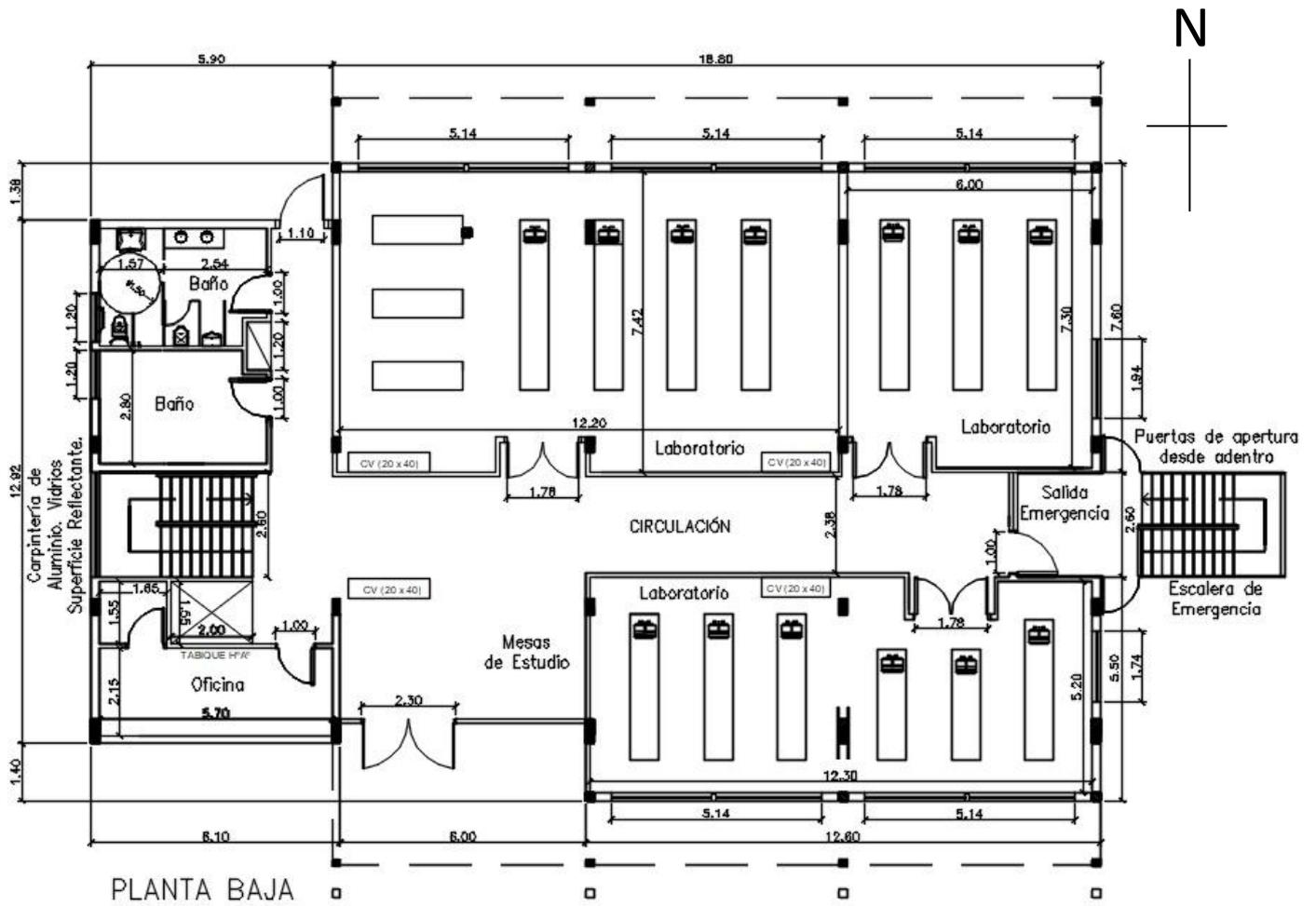


Figura 5.4: Planta Baja.

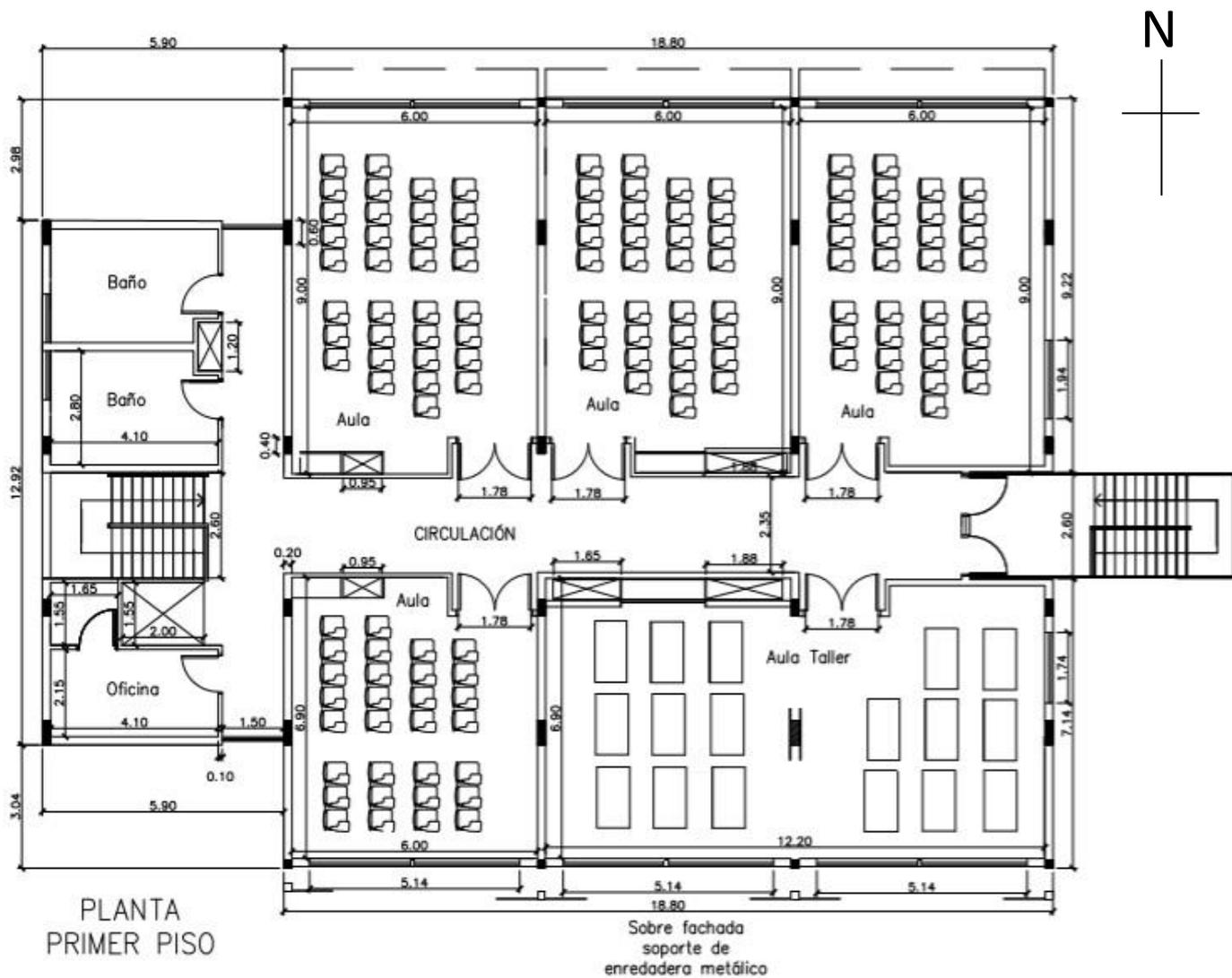
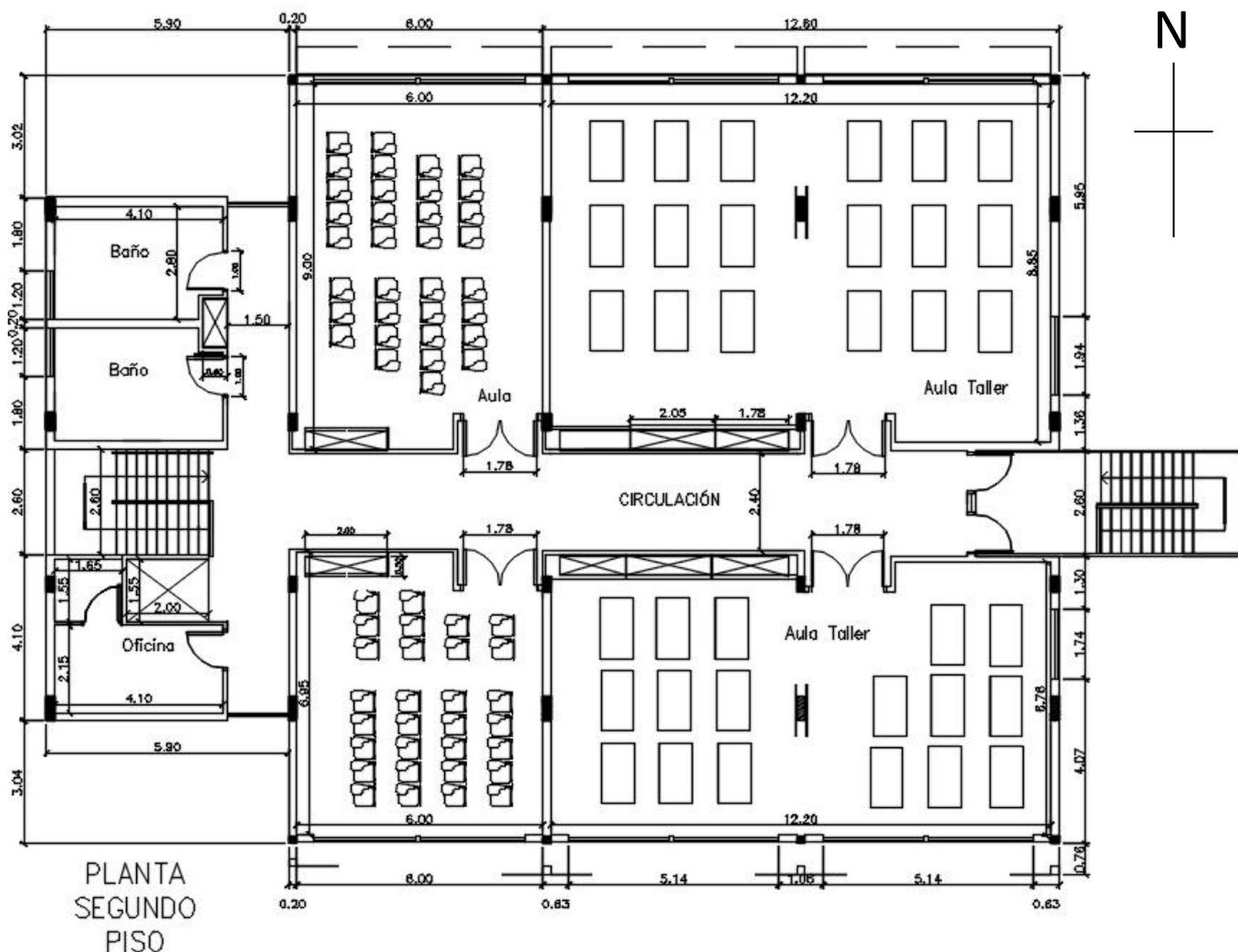


Figura 5.5: Primer piso.



**[Figura 5.6: Segundo piso.**

Se instalarán escaleras de emergencia en el lado exterior Este del edificio para garantizar la rápida y correcta evacuación en situaciones de peligro.

Sobre la fachada Sur, se considera una estructura metálica separada de la envolvente para ser usada como soporte de enredaderas y sobre la fachada Norte se proyecta una protección horizontal inclinada (tipo aleros) con paneles solares que otorgarán energía para la iluminación de las circulaciones. Sobre las fachadas Este y Oeste se dispondrán protecciones verticales.

Para la cubierta del edificio se propone una cubierta verde, con la existencia de viveros.

En las Figuras 5.7 a 5.11 se observarán distintas vistas y perspectivas del modelo 3D de la propuesta arquitectónica para visualizar la misma de una mejor manera.



**Figura 5.7: Fachada Sur.**



**Figura 5.8: Fachada Norte.**



**Figura 5.9: Perspectiva de la fachada Sur.**



***Figura 5.10: Perspectiva de la fachada Norte.***



***Figura 5.11: Vista peatonal de la fachada Sur.***

## **CAPÍTULO 6: ESTUDIO DE LA ENVOLVENTE**

En este capítulo, se estudiará el asoleamiento del nuevo edificio proyectado durante los solsticios de verano e invierno y los equinoccios de otoño y primavera. Además se calculará la transmitancia térmica de cada una de las envolventes propuestas según las Normas IRAM que aseguran el acondicionamiento térmico en las construcciones. Específicamente se tendrán en cuenta las Normas IRAM 11.601, 11.603 y 11.605.

Las tres envolventes propuestas mencionadas anteriormente son:

- Muros de 15 centímetros.
- Muros de 20 centímetros.
- Muros de 30 centímetros con cámara de aire intermedia.

En los tres casos, se utilizarán ladrillos cerámicos huecos y la cubierta será verde, accesible y absorbente.

De esta manera se pretende dilucidar cuál es la envolvente más conveniente para el edificio en estudio en cuanto a comportamiento térmico y eficiencia, comparando los valores de transmitancia térmica con los valores máximos admisibles que se encuentran en la Norma IRAM 11.605.

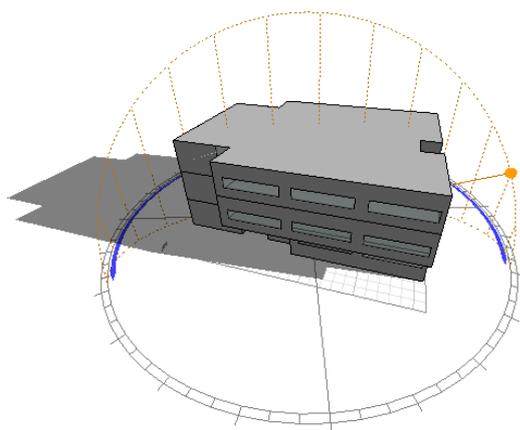
En primera medida entonces, mediante el software Ecotect Analysis 2011 de Autodesk, se construyó un modelo aproximado del edificio y se estudió con mayor detalle el asoleamiento del mismo durante los solsticios de verano e invierno y los equinoccios de otoño y primavera.

Autodesk Ecotect Analysis es un software de análisis de diseño sustentable que ofrece una amplia gama de simulaciones y análisis de funcionamiento energético que permite mejorar el rendimiento de los edificios existentes o en el diseño de otros nuevos, siendo una útil herramienta al momento de diseñar, ya que va desde modelos generales del edificio hasta el detalle. Permite realizar un análisis energético del edificio, estudiar su comportamiento térmico, evaluar el uso de agua, evaluar costos y visualizar luces y sombras. Entonces, es una importante herramienta para un diseño eficiente y sustentable.

A continuación, se adjuntan los resultados arrojados por el software Ecotect en las Figuras 6.1 a 6.21 para estudiar el asoleamiento del edificio propuesto.

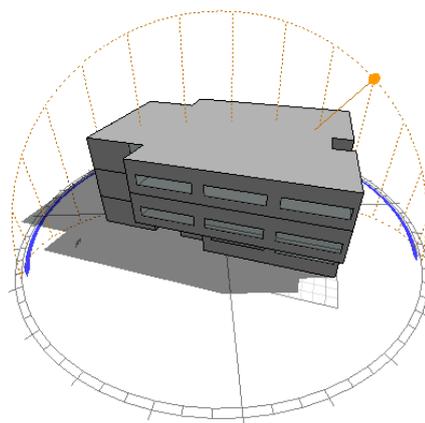
**Solsticio de Verano (21 de diciembre)**

**08:00 hs (Porcentaje de sombra: 80%)**



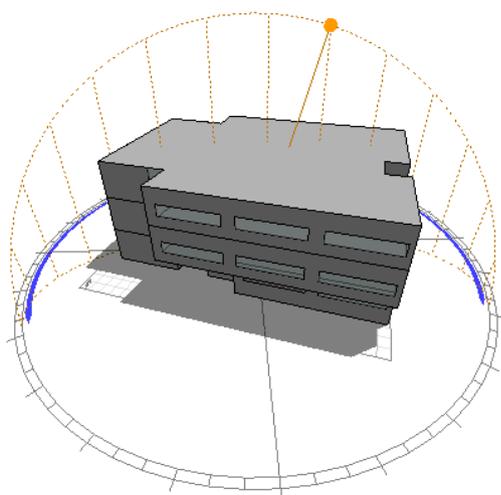
**Figura 6.1**

**10:00 hs (Porcentaje de sombra: 60%)**



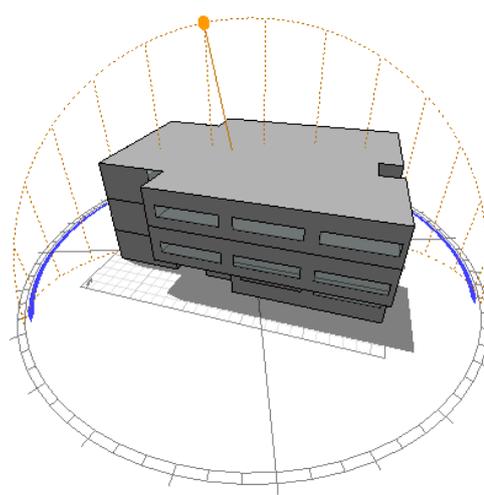
**Figura 6.2**

**12:00 hs (Porcentaje de sombra: 58%)**



**Figura 6.3**

**14:00 hs (Porcentaje de sombra: 60%)**



**Figura 6.4**

16:00 hs (Porcentaje de sombra: 62%)

18:00 hs (Porcentaje de sombra: 60%)

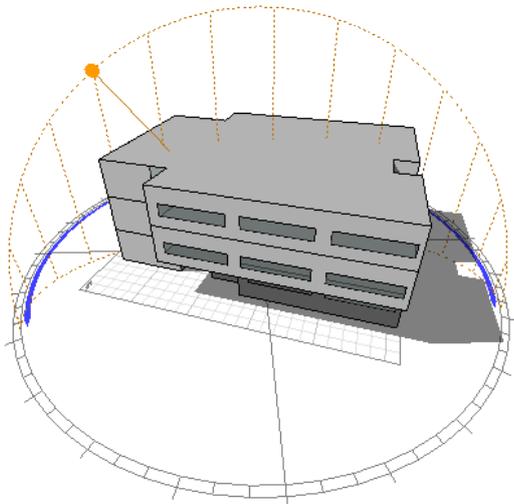


Figura 6.5

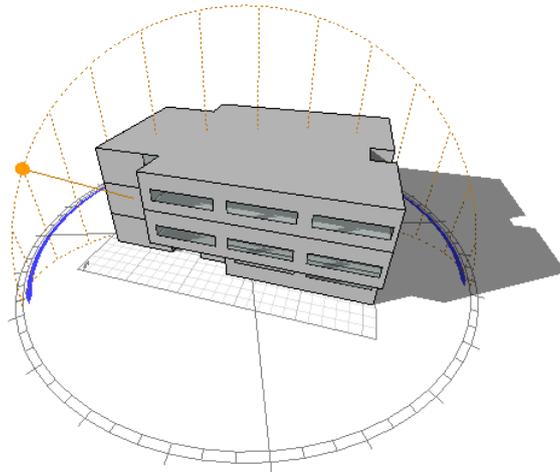


Figura 6.6

20:00 hs (Porcentaje de sombra: 95%)

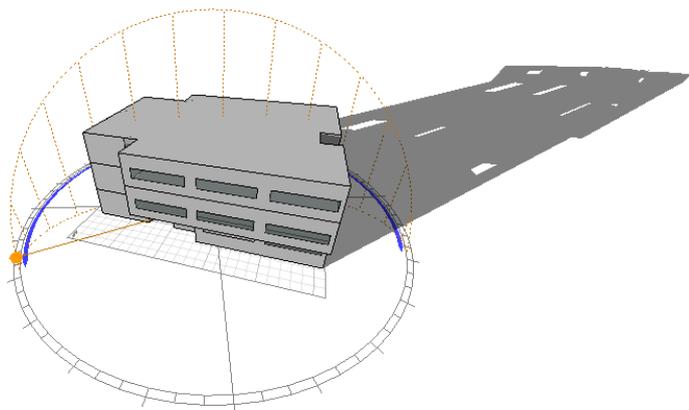
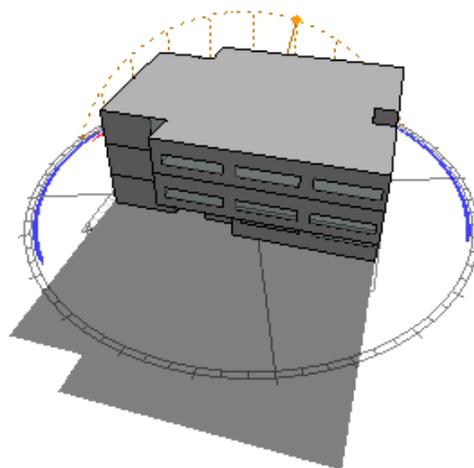
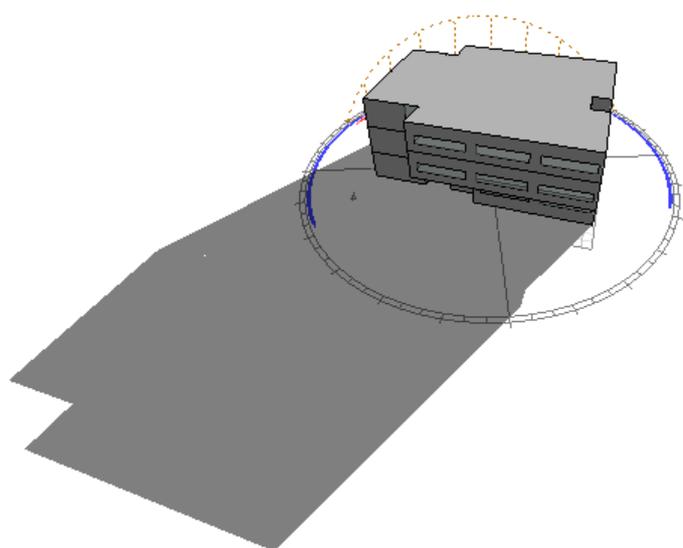


Figura 6.7

**Solsticio de Invierno (21 de junio)**

**10:00 hs (Porcentaje de sombra: 55%)**

**12:00 hs (Porcentaje de sombra: 57%)**

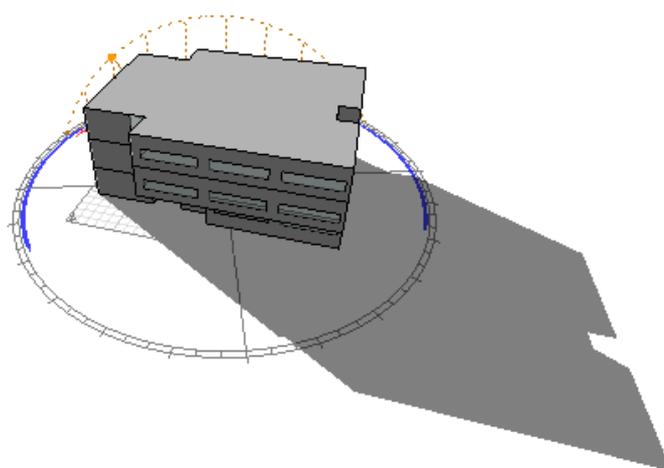
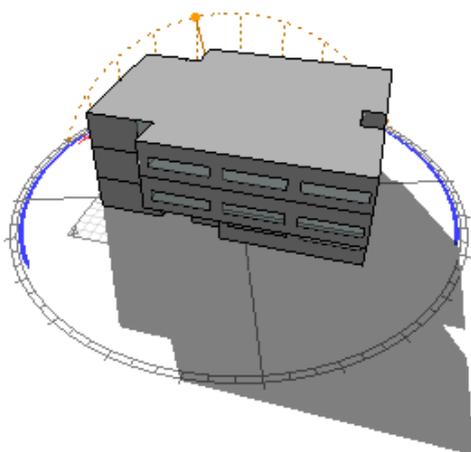


**Figura 6.9**

**Figura 6.8**

**14:00 hs (Porcentaje de sombra: 63%)**

**16:00 hs (Porcentaje de sombra: 74%)**

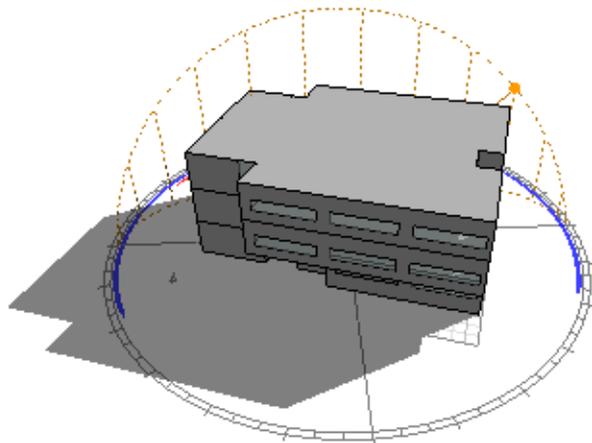


**Figura 6.10**

**Figura 6.11**

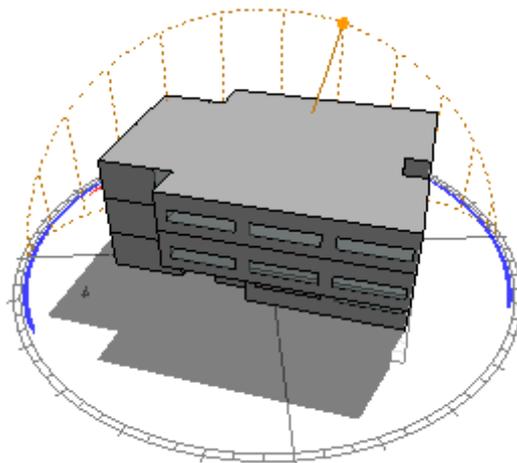
**Equinoccio de Otoño (21 de marzo)**

**10:00 hs (Porcentaje de sombra: 58%)**



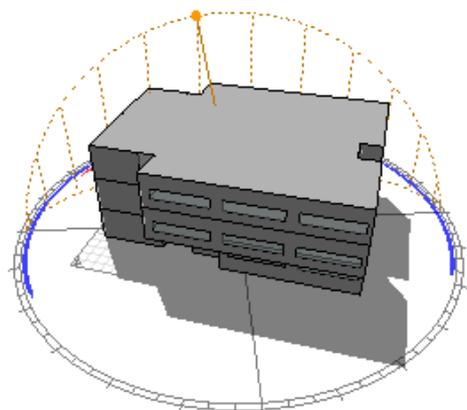
**Figura 6.12**

**12:00 hs (Porcentaje de sombra: 56%)**



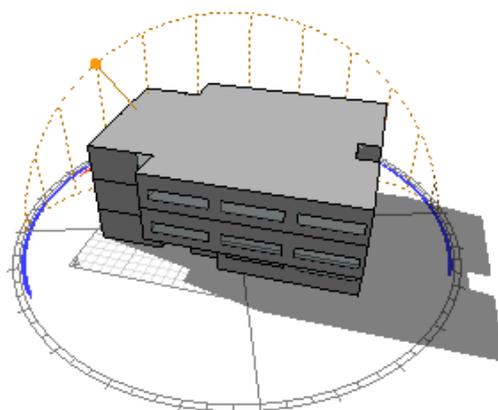
**Figura 6.13**

**14:00 hs (Porcentaje de sombra: 60%)**



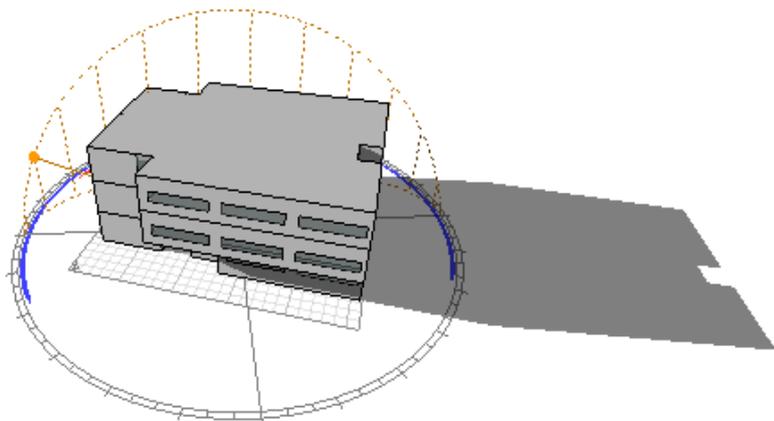
**Figura 6.14**

**16:00 hs (Porcentaje de sombra: 63%)**



**Figura 6.15**

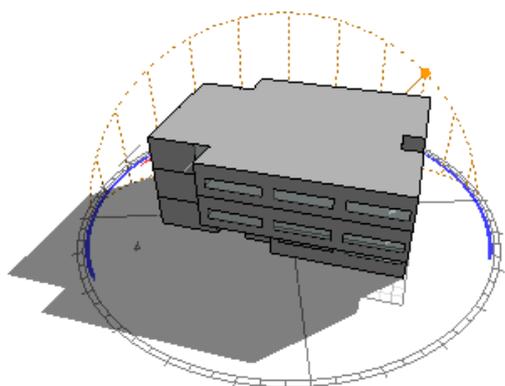
**18:00 hs (Porcentaje de sombra: 64%)**



**Figura 6.16**

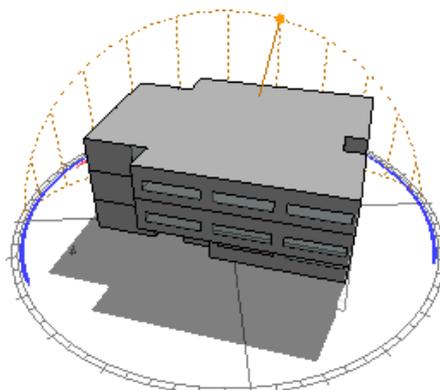
**Equinoccio de Primavera (21 de septiembre)**

**10:00 hs (Porcentaje de sombra: 58%)**



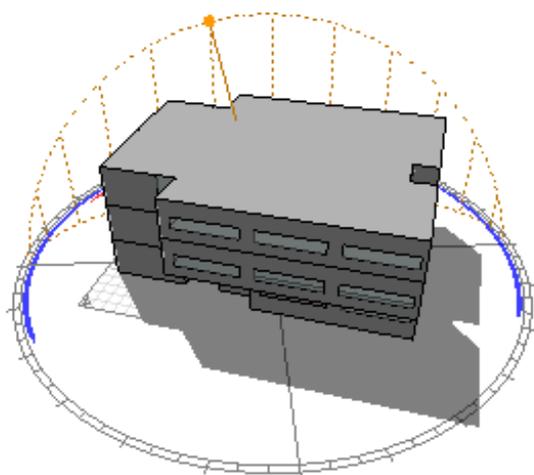
**Figura 6.17**

**12:00 hs (Porcentaje de sombra: 56%)**



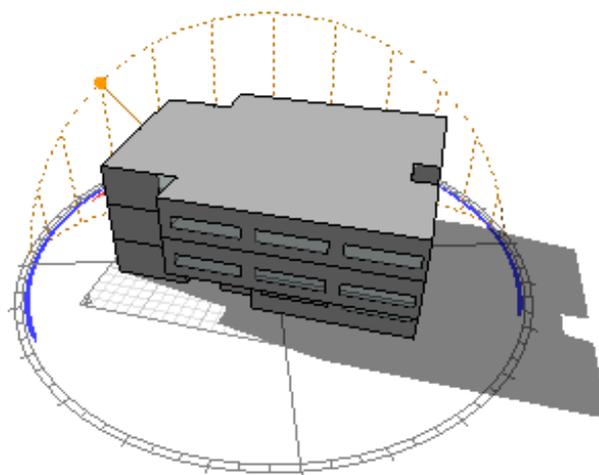
**Figura 6.18**

14:00 hs (Porcentaje de sombra: 60%)



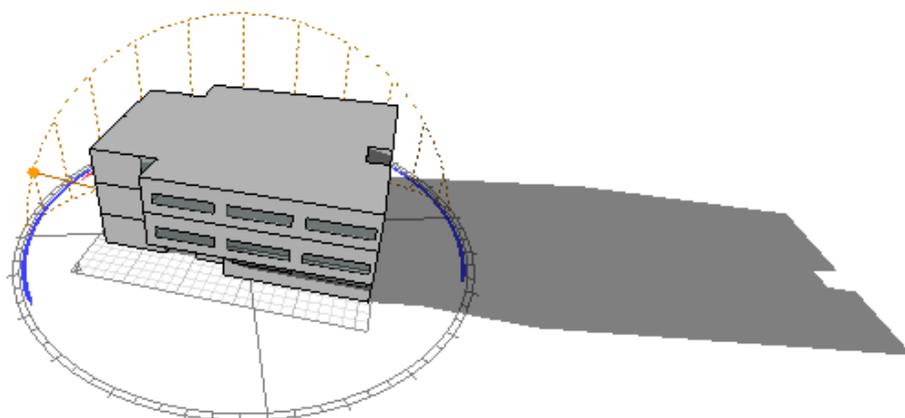
**Figura 6.19**

16:00 hs (Porcentaje de sombra: 63%)



**Figura 6.20**

18:00 hs (Porcentaje de sombra: 63%)



**Figura 6.21**

A continuación, para continuar con el estudio de la envolvente, se calculará la transmitancia térmica de cada una de las envolventes propuestas.

En primera medida y para iniciar la valoración del confort higrotérmico de las envolventes, se obtendrá de la Norma IRAM 11.601 los valores de conductividad térmica de los materiales de construcción ( $\lambda$ ). En el caso de los ladrillos cerámicos

huecos y de la cámara de aire, la Norma nos indica directamente el valor de la resistencia térmica ( $R$ ). Además, la misma también nos proporciona valores de resistencias térmicas superficiales ( $R_{si}$ ,  $R_{se}$ ).

Luego se calculará la resistencia térmica total, de aire a aire, de cada envolvente para poder finalmente obtener la transmitancia térmica de las mismas.

Una vez definido el nivel de confort exigido (A, B o C), se comparará el valor de la transmitancia térmica del elemento constructivo con la transmitancia térmica máxima admisible mencionadas en la Norma IRAM 11.605, tanto para condiciones de invierno como para condiciones de verano.

Las Tablas 6.1 a 6.12 son planillas como la que se encuentra en la Norma IRAM 11.601 para calcular la transmitancia térmica de cada envolvente propuesta, tanto para los datos obtenidos por el Aeropuerto de Córdoba como para los obtenidos por el Observatorio. Esto nos permitirá comparar las distintas propuestas y determinar cuál es la que mejor comportamiento térmico aporta. En las mismas se detalla el tipo de envolvente, época del año, zona bioambiental y valores de cada capa del elemento constructivo. Al final se destaca el valor de la transmitancia térmica de la envolvente y la transmitancia térmica máxima admisible según la Norma para compararlas y expresar si la envolvente verifica la Norma IRAM 11.605 o no. Para que la envolvente verifique, la transmitancia térmica de la envolvente no debe superar los máximos admisibles para condiciones de invierno y para condiciones de verano.

**Datos del Aeropuerto de Córdoba**

**Envolvente 1: Muro de 15 cm**

**Condiciones de Invierno**

**Tabla 6.1: Cálculo de la transmitancia térmica**

NORMA IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA		
PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 15 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño -4,3
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	10	1,1	0,009
3 (Azotado impermeable 1:3)	5	1,13	0,004
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (Revoque Grueso 1:4)	5	1,1	0,005
6 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	150		0,56

Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)	1,77
--	------

Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)	1,50
--	------

Cumple con la IRAM 11605	No
--------------------------	----

Como se puede observar en la Tabla 6.1, la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 1,77 W/m<sup>2</sup>.K y es mayor a la transmitancia térmica máxima admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 en condiciones de invierno (1,50 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto no verifica.

### Condiciones de Verano

**Tabla 6.2: Cálculo de la transmitancia térmica**

NORMA IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA		
PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 15 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Verano	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño 36,6
Capa del elemento constructivo	e mm	$\lambda$ W/m.K	R m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	10	1,1	0,009
3 (Azotado impermeable 1:3)	5	1,13	0,004
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (Revoque Grueso 1:4)	5	1,1	0,005
6 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	150		0,56

Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)	1,77
--	------

Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)	2,00
--	------

Cumple con la IRAM 11605	Sí
--------------------------	----

La Tabla 6.2 muestra que la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 1,77 W/m<sup>2</sup>.K y es menor a la transmitancia térmica máxima admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 (2,00 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto verifica.

Se puede concluir entonces que los muros de la envolvente propuesta número 1 no verifican la Norma IRAM 11.605 ya que en condiciones de invierno la transmitancia térmica del muro es mayor que la máxima admisible aportada por la Norma para un nivel de confort C (mínimo).

**Envolverte 2: Muro de 20 cm**

**Condiciones de Invierno**

**Tabla 6.3: Cálculo de la transmitancia térmica**

NORMA IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA		
PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 20 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño -4,3
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	10	1,1	0,009
3 (Azotado impermeable 1:3)	5	1,13	0,004
4 (Ladrillo Hueco 18x18x33)	180		0,410
5 (Revoque Grueso 1:4)	5	1,1	0,005
6 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
Resist. Sup. Interior			0,130
<b>TOTAL</b>	<b>210</b>		<b>0,61</b>

Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)	1,63
--	------

Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)	1,50
--	------

Cumple con la IRAM 11605	No
--------------------------	----

Como se puede observar en la Tabla 6.3, la transmitancia térmica obtenida para esta envolverte es de 1,63 W/m<sup>2</sup>.K y es mayor a la transmitancia térmica máxima

admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 en condiciones de invierno (1,50 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto no verifica.

### Condiciones de Invierno

**Tabla 6.4: Cálculo de la transmitancia térmica**

NORMA IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA		
PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 20 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Verano	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño 36,6
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	10	1,1	0,009
3 (Azotado impermeable 1:3)	5	1,13	0,004
4 (Ladrillo Hueco 18x18x33)	180		0,410
5 (Revoque Grueso 1:4)	5	1,1	0,005
6 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	210		0,61
Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)			1,63
Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)			2,00
Cumple con la IRAM 11605	Sí		

La Tabla 6.4 muestra que la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 1,63 W/m<sup>2</sup>.K y es menor a la transmitancia térmica máxima admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 (2,00 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto verifica.

Se puede concluir entonces que los muros exteriores de la envolvente propuesta número 2 (muro de 20 cm) no verifica la Norma IRAM 11.605 ya que en condiciones de invierno la transmitancia térmica del muro es mayor que la máxima admisible aportada por la Norma para un nivel de confort C (mínimo).

**Envolvente 3: Muro de 30 cm con cámara de aire intermedia**

**Condiciones de Invierno**

**Tabla 6.5: Cálculo de la transmitancia térmica**

PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 30 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño -4,3
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	15	1,1	0,014
3 (Azotado impermeable 1:3)	10	1,13	0,009
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (cámara de aire)	5		0,140
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (Revoque Grueso 1:4)	15	1,1	0,014
6 (Mortero yeso y arena)	10	0,65	0,015
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	300		1,09

Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)	0,92
--	------

Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)	1,50
--	------

Cumple con la IRAM 11605	Sí
--------------------------	----

Como se puede observar en la Tabla 6.5, la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 0,92 W/m<sup>2</sup>.K y es menor a la transmitancia térmica máxima admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 en condiciones de invierno (1,50 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto verifica.

### Condiciones de Verano

**Tabla 6.6: Cálculo de la transmitancia térmica**

ELEMENTO	Muro Exterior 30 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Verano	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño 36,6
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	15	1,1	0,014
3 (Azotado impermeable 1:3)	10	1,13	0,009
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (cámara de aire)	5		0,140
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (Revoque Grueso 1:4)	15	1,1	0,014
6 (Mortero yeso y arena)	10	0,65	0,015
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	300		1,09

Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)	0,92
--	------

Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)	2,00
--	------

Cumple con la IRAM 11605	Sí
--------------------------	----

La Tabla 6.6 muestra que la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 0,92 W/m<sup>2</sup>.K y es menor a la transmitancia térmica máxima admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 (2,00 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto verifica.

Se puede concluir entonces que los muros de la envolvente número 3 verifican la Norma IRAM 11.605 ya que en condiciones de invierno y de verano la transmitancia térmica del muro es menor que la máxima admisible aportada por la Norma para un nivel de confort C (mínimo). De esta manera, estos muros con cámara de aire serían los únicos que verifican la Norma de las tres alternativas propuestas.

A continuación se realizará el mismo análisis pero para los datos climáticos relevados por el observatorio.

**Datos del Observatorio**

**Envolvente 1: Muro de 15 cm**

**Condiciones de Invierno**

**Tabla 6.7: Cálculo de la transmitancia térmica**

NORMA IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA		
PROYECTO	Edificio Aulas FCEfyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 15 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño -2,9
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	10	1,1	0,009
3 (Azotado impermeable 1:3)	5	1,13	0,004
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (Revoque Grueso 1:4)	5	1,1	0,005
6 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	150		0,56

Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)	1,77
--	------

Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)	1,60
--	------

Cumple con la IRAM 11605	No
--------------------------	----

Como se puede observar en la Tabla 6.7, la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 1,77 W/m<sup>2</sup>.K y es mayor a la transmitancia térmica máxima admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 en condiciones de invierno (1,60 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto no verifica.

### Condiciones de Verano

**Tabla 6.8: Cálculo de la transmitancia térmica**

NORMA IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA		
PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 15 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Verano	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño 38,2
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	10	1,1	0,009
3 (Azotado impermeable 1:3)	5	1,13	0,004
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (Revoque Grueso 1:4)	5	1,1	0,005
6 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	150		0,56
Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)			1,77
Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)			2,00
Cumple con la IRAM 11605	Sí		

La Tabla 6.8 muestra que la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 1,77 W/m<sup>2</sup>.K y es menor a la transmitancia térmica máxima admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 (2,00 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto verifica.

Se puede concluir entonces que los muros de la envolvente propuesta número 1 no verifica la Norma IRAM 11.605 para los datos obtenidos por el Observatorio, ya que en condiciones de invierno la transmitancia térmica del muro es mayor que la máxima admisible aportada por la Norma para un nivel de confort C (mínimo).

**Envolvente 2: Muro de 20 cm**

**Condiciones de Invierno**

**Tabla 6.9: Cálculo de la transmitancia térmica**

NORMA IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA		
PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 20 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño -2,9
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m2.K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	10	1,1	0,009
3 (Azotado impermeable 1:3)	5	1,13	0,004
4 (Ladrillo Hueco 18x18x33)	180		0,410
5 (Revoque Grueso 1:4)	5	1,1	0,005
6 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
Resist. Sup. Interior			0,130
<b>TOTAL</b>	<b>210</b>		<b>0,61</b>

Transmitancia térmica del componente (W/m2.K)	1,63
---	------

Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m2.K)	1,60
---	------

Cumple con la IRAM 11605	No
--------------------------	----

Como se puede observar en la Tabla 6.9, la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 1,63 W/m2.K y es mayor a la transmitancia térmica máxima

admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 en condiciones de invierno (1,60 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto no verifica.

### Condiciones de Verano

**Tabla 6.10: Cálculo de la transmitancia térmica**

NORMA IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA		
PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 20 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Verano	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño 38,2
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	10	1,1	0,009
3 (Azotado impermeable 1:3)	5	1,13	0,004
4 (Ladrillo Hueco 18x18x33)	180		0,410
5 (Revoque Grueso 1:4)	5	1,1	0,005
6 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	210		0,61
Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)			1,63
Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)			2,00
Cumple con la IRAM 11605	Sí		

La Tabla 6.10 muestra que la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 1,63 W/m<sup>2</sup>.K y es menor a la transmitancia térmica máxima admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 (2,00 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto verifica.

Se puede concluir entonces que los muros de la envolvente propuesta número 2 (muro de 20 cm) no verifica la Norma IRAM 11.605 para los datos obtenidos por el Observatorio, ya que en condiciones de invierno la transmitancia térmica del muro es mayor que la máxima admisible aportada por la Norma para un nivel de confort C (mínimo).

**Envolvente 3: Muro de 30 cm con cámara de aire intermedia**

**Condiciones de Invierno**

**Tabla 6.11: Cálculo de la transmitancia térmica**

PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 30 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño -2,9
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	15	1,1	0,014
3 (Azotado impermeable 1:3)	10	1,13	0,009
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (cámara de aire)	5		0,140
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (Revoque Grueso 1:4)	15	1,1	0,014
6 (Mortero yeso y arena)	10	0,65	0,015
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	300		1,09

Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)	0,92
--	------

Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)	1,60
--	------

Cumple con la IRAM 11605	Sí
--------------------------	----

Como se puede observar en la Tabla 6.11, la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de 0,92 W/m<sup>2</sup>.K y es menor a la transmitancia térmica máxima

admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 en condiciones de invierno (1,60 W/m<sup>2</sup>.K). Por lo tanto verifica.

### Condiciones de Verano

**Tabla 6.12: Cálculo de la transmitancia térmica**

PROYECTO	Edificio Aulas FCEFyN		
ELEMENTO	Muro Exterior 30 cm		
ÉPOCA DEL AÑO	Verano	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	III a		
Nivel de confort según IRAM 11605	C (mínimo)		Temp. Ext. De diseño 38,2
Capa del elemento constructivo	e	$\lambda$	R
	mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resist. Sup. Exterior			0,040
1 (Mortero yeso y arena)	5	0,65	0,008
2 (Revoque Grueso 1:4)	15	1,1	0,014
3 (Azotado impermeable 1:3)	10	1,13	0,009
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (cámara de aire)	5		0,140
4 (Ladrillo Hueco 12x18x33)	120		0,360
5 (Revoque Grueso 1:4)	15	1,1	0,014
6 (Mortero yeso y arena)	10	0,65	0,015
Resist. Sup. Interior			0,130
TOTAL	300		1,09
Transmitancia térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)			0,92
Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K)			2,00
Cumple con la IRAM 11605	Sí		

La Tabla 6.12 muestra que la transmitancia térmica obtenida para esta envolvente es de  $0,92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  y es menor a la transmitancia térmica máxima admisible de acuerdo con la Norma IRAM 11.605 ( $2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ). Por lo tanto verifica.

Se puede concluir entonces los muros de la envolvente número 3 también verifican la Norma IRAM 11.605 para los datos obtenidos por el Observatorio ya que en condiciones de invierno y de verano la transmitancia térmica del muro es menor que la máxima admisible aportada por la Norma para un nivel de confort C (mínimo). De esta manera, estos muros con cámara de aire serían los únicos que verifican la Norma de las tres alternativas propuestas.

Teniendo en cuenta que nuestra cubierta verde tendrá una transmitancia térmica de aproximadamente  $0,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , se observa que la misma verifica ya que la máxima admisible es de  $1,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  para invierno y  $0,76 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  para verano.

Entonces, se puede destacar que la envolvente número 3 verifica la Norma IRAM 11.605 y desde un punto de vista únicamente higrotérmico sería la alternativa seleccionada para nuestro proyecto.

### **6.1.2 Verificación de la Norma IRAM 11.900: Eficiencia Energética**

Mediante los cálculos anteriores, sabemos que la envolvente que posee muros con cámara de aire es la de mejor comportamiento higrotérmico. Por lo tanto procederemos a calcular la eficiencia energética del edificio si suponemos que utilizamos dicha envolvente. Se seguirá y utilizará de guía la Norma IRAM 11.900 ("Etiqueta de Eficiencia Energética de calefacción para edificios").

Esta Norma presenta un sistema comparativo de ocho clases de eficiencia energética para todo tipo de edificios, identificadas por letras (de la A a la H), como el que rige para los equipos de aire acondicionado, lavarropas, estufas y heladeras. Esta clasificación dará una idea del nivel de aislación térmica de muros y techos a partir de un índice que depende de la transmitancia térmica de los componentes de la envolvente, al mismo tiempo que su eficiencia respecto de la cantidad de energía que se necesita para calefaccionarlo.

$$\tau_m = \frac{\sum(\tau_i \times S_i)}{\sum S_i}$$

Siendo:

$\tau_m$ : Variación media ponderada de la temperatura (°C).

$\tau_i = R_{si} \times K_i \times \Delta t$ .

$R_{si}$ : Resistencia térmica superficial interior (0,13 m<sup>2</sup>.K/W).

$K_i$ : Transmitancia térmica (W/m<sup>2</sup>.K).

$\Delta t$ : Diferencia de temperatura de diseño interior y exterior (°C). La temperatura interior se establece en 20°C y la temperatura exterior (TMND) se obtiene de la IRAM 11.603, para condiciones de invierno.

$S_i$ : Superficie de cada una de las componentes de la envolvente (m<sup>2</sup>).

A continuación, la Tabla 6.13 extraída de la Norma IRAM 11.900, muestra las clases de eficiencia energética a partir del valor de la variación media ponderada de la temperatura, siendo A la más eficiente y H la menos eficiente:

**Tabla 6.13: Clases de eficiencia energética.**

<b>Clases de eficiencia energética</b>	<b>Condición<sup>1)</sup></b>
A	$\tau_m \leq 1 \text{ }^\circ\text{C}$
B	$1 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$
C	$1,5 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 2 \text{ }^\circ\text{C}$
D	$2 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$
E	$2,5 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$
F	$3 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 3,5 \text{ }^\circ\text{C}$
G	$3,5 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 4 \text{ }^\circ\text{C}$
H	$\tau_m > 4 \text{ }^\circ\text{C}$

<sup>1)</sup>  $\tau_m$  es la variación media ponderada de la temperatura, entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño, en grados Celsius.

La transmitancia térmica ponderada en watt por metro cuadrado kelvin, se determina con la siguiente expresión:

$$K'_m = \frac{\sum(K_i \times S_i)}{\sum S_i}$$

Se realizará ahora el cálculo de la eficiencia energética de la envolvente número 3 (muro de 30 cm con cámara de aire) tanto para los datos relevados por el Aeropuerto como para los datos obtenidos por el Observatorio. Se utilizará un programa realizado en Microsoft Excel, desarrollado por el Arquitecto Gabriel Germán Salas.

### Datos del Aeropuerto de Córdoba

Se utilizará el valor de la transmitancia térmica calculada según la Norma IRAM 11.601 para el muro de 30 cm con cámara de aire (0,92 W/m<sup>2</sup>.K), la transmitancia térmica de una cubierta verde (aproximadamente 0,40 W/m<sup>2</sup>.K) y la transmitancia de una ventana con DVH con cámara de aire obtenida de la Norma IRAM 11.601 (2,6 W/m<sup>2</sup>.K).

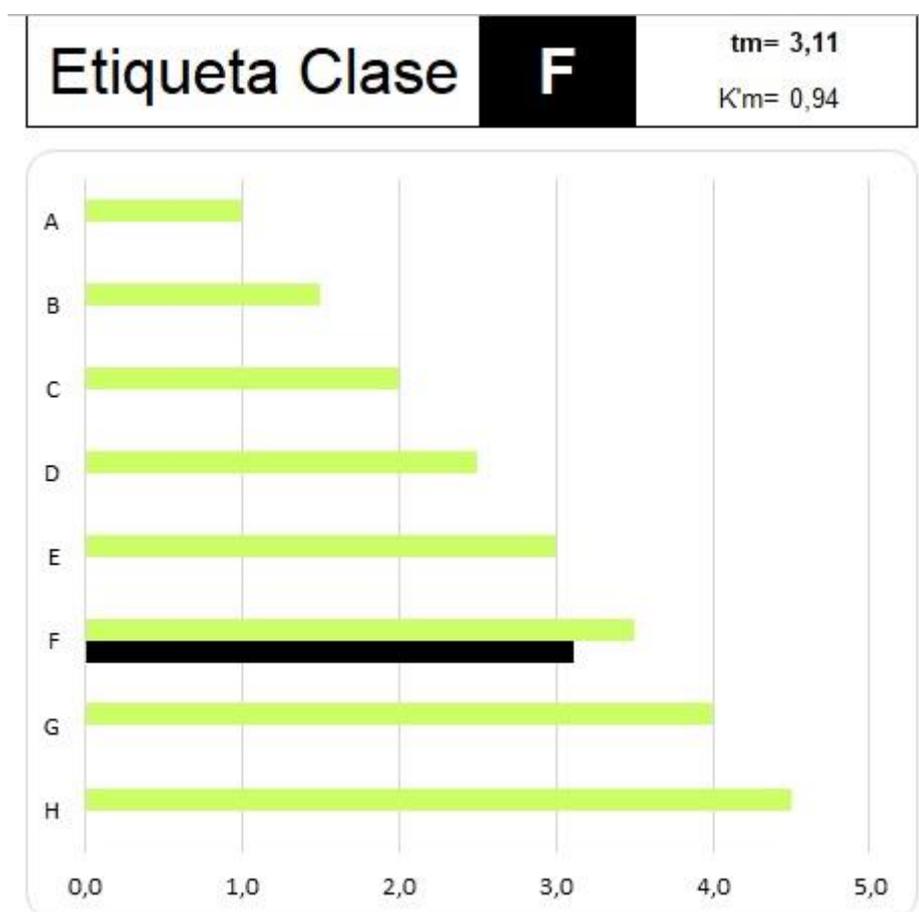
La temperatura exterior es la mínima de diseño para Córdoba Capital según el Aeropuerto de Córdoba (-4,3°C).

En la Tabla 6.14 se observan los datos de entrada necesarios para el cálculo de la eficiencia energética de la envolvente número 3.

**Tabla 6.14: Ingreso de datos. Datos según Aeropuerto de Córdoba.**

Datos	
Sup. Muros	750 m <sup>2</sup>
Sup. Cubiertas	425 m <sup>2</sup>
Sup. Ventanas	150 m <sup>2</sup>
K Muros	0,92 Watt/m <sup>2</sup> *K
K Cubiertas	0,4 Watt/m <sup>2</sup> *K
K Ventanas	2,6 Watt/m <sup>2</sup> *K
Temp. Interior	20 °C
Temp. Exterior	-4,3 °C

En la Figura 6.22 se observa gráficamente el valor de la variación media ponderada de la temperatura  $\tau_m$  para la envolvente número 3 (3,11 °C) y en qué clase de eficiencia energética se encuentra la misma (Clase F). Siendo A la clase más eficiente y H la menos eficiente, se puede mencionar que una clase F nos indica que la envolvente no es muy eficiente y que el nivel de aislación térmica (de muros y techos) no es óptimo. De esta manera, también se puede agregar que la eficiencia respecto de la cantidad de energía que se necesita para calefaccionar el edificio en estudio es bastante limitada.



**Figura 6.22: Eficiencia energética de la envolvente número 3. Datos según Aeropuerto de Córdoba.**

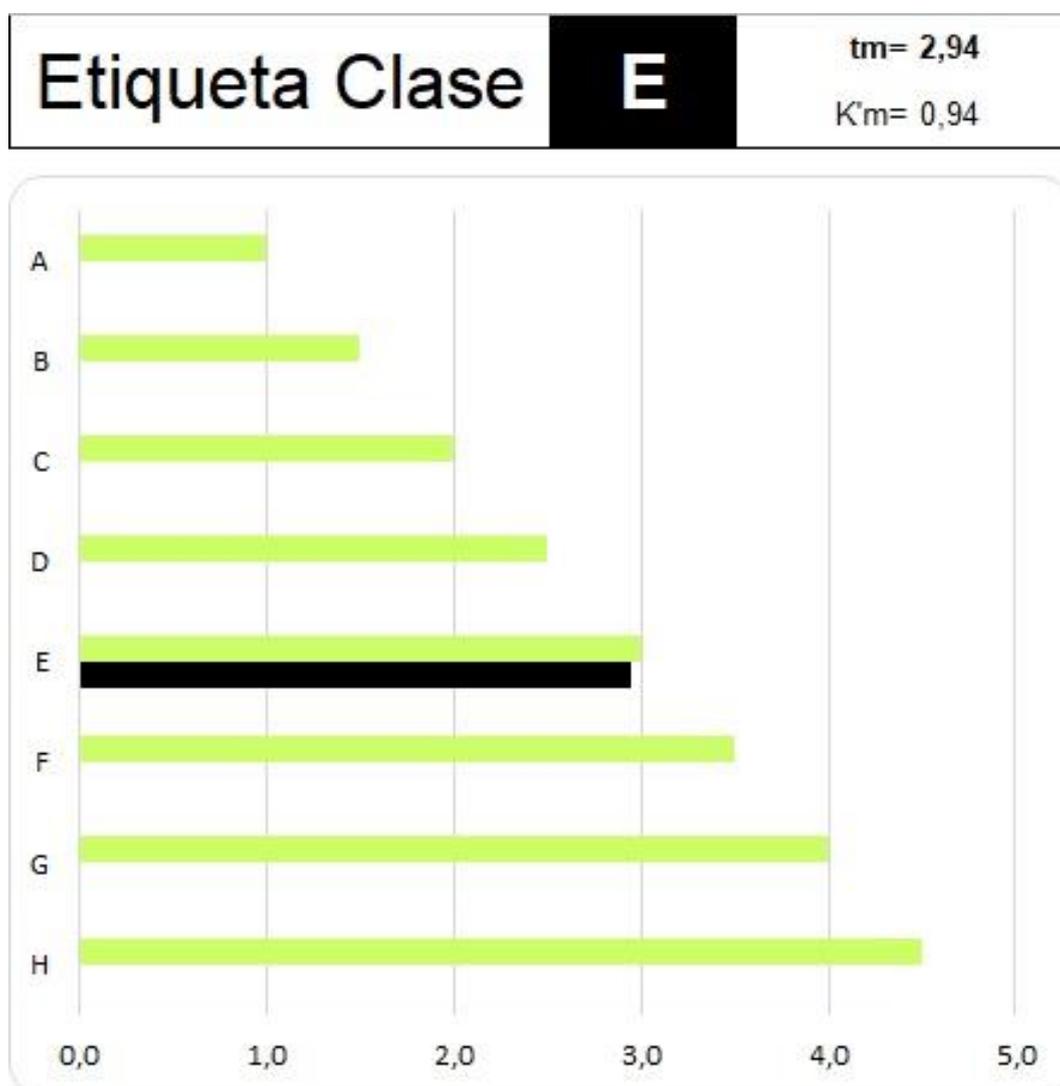
**Datos del Observatorio**

En la Tabla 6.15 se observan los datos de entrada necesarios para el cálculo de la eficiencia energética de la envolvente número 3. En esta oportunidad, se utilizan los mismos valores de transmitancia térmica que en el caso anterior pero reemplazando la temperatura exterior por la mínima de diseño para Córdoba Capital según el Observatorio (-2,9°C).

**Tabla 6.15: Ingreso de datos. Datos según Observatorio.**

Datos	
Sup. Muros	750 m <sup>2</sup>
Sup. Cubiertas	425 m <sup>2</sup>
Sup. Ventanas	150 m <sup>2</sup>
K Muros	0,92 Watt/m <sup>2</sup> °K
K Cubiertas	0,4 Watt/m <sup>2</sup> °K
K Ventanas	2,6 Watt/m <sup>2</sup> °K
Temp. Interior	20 °C
Temp. Exterior	-2,9 °C

En la Figura 6.23 se observa gráficamente el valor de la variación media ponderada de la temperatura  $\tau_m$  para la envoltente número 3 (2,94 °C) y en qué clase de eficiencia energética se encuentra la misma (Clase E). Siendo A la clase más eficiente y H la menos eficiente, se puede mencionar que una clase E nos indica que la envoltente posee una eficiencia intermedia y que el nivel de aislación térmica (de muros y techos) es regular. Se observa cómo la eficiencia mejora cuando la temperatura exterior es mayor y entonces  $\Delta t$  es menor.



**Figura 6.23: Eficiencia energética de la envoltente número 3. Datos según Observatorio.**

## 6.2. VALORACIÓN ECONÓMICA

Luego de haber realizado una valoración higrotérmica de las posibles envolventes y de haber estudiado el comportamiento de cada una de ellas, haremos una comparación económica simple y estimativa de las mismas.

Como las tres propuestas de envolvente poseen el mismo tipo de cubierta, la comparación se realizará a través del precio por metro cuadrado de los muros.

Se utilizarán los costos de rubros en obras de arquitectura de Febrero de 2018 proporcionados por el Instituto de Estadística y Censo del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba. El listado de precios de materiales incluye el 21% del IVA, el valor de la mano de obra no incluye presentismo ni cargas sociales y el precio del ítem incluye gastos generales y beneficio. Los resultados obtenidos se reflejan en las Tablas 6.16 a 6.18. Como se puede observar en dichas Tablas, el muro de 30 cm con cámara de aire resulta ser el más costoso, lo que resulta lógico ya que se utiliza una mayor cantidad de material y la mano de obra necesitaría ser más especializada.

**Tabla 6.16: Precio por metro cuadrado de la Envolvente 1.**

Muro 15 cm	UD.	MAT.	M.O.	PRECIO ÍTEM (\$/m2)
Revoque Grueso y Fino Impermeable Exterior	m2	76,34	320	501,37
Ladrillo Hueco 12x18x33	m2	356,34	200	703,77
Revoque Grueso y Fino Interior	m2	71,46	295	463,58
Total	m2	504,14	815	1668,72

**Tabla 6.17: Precio por metro cuadrado de la Envolvente 2.**

Muro 20 cm	UD.	MAT.	M.O.	PRECIO ÍTEM (\$/m2)
Revoque Grueso y Fino Impermeable Exterior	m2	76,34	320	501,37
Ladrillo Hueco 18x18x33	m2	400,84	210	772,71
Revoque Grueso y Fino Interior	m2	71,46	295	463,58
Total	m2	548,64	825	1737,66

**Tabla 6.18: Precio por metro cuadrado de la Envolvente 3.**

Muro 30 cm (c/ cámara)	UD.	MAT.	M.O.	PRECIO ÍTEM (\$/m2)
Revoque Grueso y Fino Impermeable Exterior	m2	76,34	320	501,37
Ladrillo Hueco 12x18x33	m2	356,34	200	703,77
Ladrillo Hueco 12x18x33	m2	356,34	200	703,77
Revoque Grueso y Fino Interior	m2	71,46	295	463,58
Total	m2	860,48	1015	2372,49

## **CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES**

Teniendo en cuenta la valoración higrotérmica y económica realizada, se seleccionará la Envolvente número 3 debido a que es la única alternativa que verifica y cumple con la Norma IRAM 11.605 de acondicionamiento térmico de edificios y condiciones de habitabilidad. La transmitancia térmica del muro elegido es de  $0,92 \text{ W/m}^2\text{K}$ , siendo bastante menor a las máximas admisibles de invierno y verano que fija la Norma para un nivel de confort mínimo C. La transmitancia térmica de la cubierta verde también verifica ya que posee un valor de  $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  y es menor a las máximas admisibles para condiciones de invierno y verano.

Además, si bien de acuerdo a nuestra comparación económica la alternativa número 3 es la más costosa, la decisión se basa en el hecho de que es la única alternativa que cumple con las Normas IRAM y al ser la mejor alternativa en cuanto a aislamiento térmico, los costos de climatización serán menores que para el resto de las envolventes propuestas en caso de disponer sistemas de calefacción y refrigeración.

La Envolvente número 3 consta de muros exteriores dobles de 30 centímetros de ladrillo hueco con una cámara de aire de 5 centímetros y una cubierta verde. Las ventanas serán de PVC con doble vidriado hermético (DVH) que no se oxidan ni se corroen y permiten un importante ahorro de energía, reduciendo así los gastos de climatización. Los paneles fotovoltaicos ubicados en los aleros que funcionarán como protección horizontal, también colaborarán en el ahorro de energía y servirán principalmente para la iluminación del edificio. En tanto las enredaderas que se dispondrán en las fachadas, cumplirán una función principalmente estética y no tendrán un aporte significativo para la aislación térmica. Se recomienda además que la pintura exterior del edificio sea de colores claros y que las terminaciones de piso sean mates y no brillantes para mejorar las condiciones de habitabilidad y confort.

La eficiencia energética alcanzada por la envolvente elegida es de Clase E según la norma IRAM 11.900, siendo esta una eficiencia de nivel medio y aceptable para el proyecto. La eficiencia energética puede ser mejorada obteniendo unos valores de transmitancia térmica menores, ya sea de muros, cubierta o ventanas. Esto se puede lograr utilizando aislantes térmicos (como la lana de vidrio). Disminuyendo la superficie de las ventanas en el edificio, no se pudo obtener una mejoría de la eficiencia

energética como se podía esperar. Se atribuye este resultado a la incidencia que posee las superficies en la fórmula para calcular la variación media ponderada de la temperatura.

Otro aspecto que se pudo observar dentro del análisis higrotérmico fue cómo a medida que la temperatura es mayor, las exigencias son menores y la transmitancia térmica máxima admisible es mayor. De esta manera se observa que la ubicación del edificio es muy importante para el diseño de una envolvente. También, cómo a medida que tenemos un muro de mayor espesor, la transmitancia térmica es menor y el aislamiento térmico mejora.

En cuanto al asoleamiento y la orientación del edificio se observó que era óptima para la ubicación del mismo, es decir para su latitud y longitud. La orientación del edificio es hacia el Noreste, unos 20° con respecto al Norte.

Por último, resulta necesario destacar la importancia de conocer las diferentes normativas existentes en el lugar de emplazamiento de la obra y sus distintas disposiciones ya que las mismas pueden ser factores limitantes en el diseño.

De esta manera, considerando y repasando los motivos mencionados, se afirma que la Envolvente número 3 es la más conveniente de acuerdo a los objetivos planteados en el comienzo del presente trabajo. Se encontró la evidencia suficiente para concluir que seleccionando la misma, se puede obtener un diseño que brinde un adecuado comportamiento higrotérmico en busca de un edificio sustentable y con el mayor ahorro de energía posible.

## CAPÍTULO 8: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen E, (1982), *Cómo funciona un edificio. Principios elementales*, Gustavo Gilli.

Ardón García, Eva Patricia; Dardón Orellana, Mirna Elizabeth; Torres Turcios, Álvaro Armando, (2007), *Guía para el control de calidad del diseño estructural y de la construcción de viviendas de una y dos plantas de mampostería de bloque de concreto*.

Asociación Argentina del Bloque de Hormigón, (2017), [www.aabh.org.ar/](http://www.aabh.org.ar/), 27 de octubre de 2017.

Código de Edificación de la Ciudad de Córdoba. 18 de febrero de 2009. Córdoba. Argentina.

Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba, (2015), <http://colegio-arquitectos.com.ar/inicioabn.php>, 27 de febrero de 2018.

Evaluación Externa de la Universidad Nacional de Córdoba, (2015), CONEAU.

Gabriel Germán Salas, (2017), <https://ggsalas.com/>, 19 de noviembre de 2017.

Jurado, Miguel, (2014), Qué hay que tener en cuenta para elegir aberturas. Clarín.

Ley Nacional N° 26206. *Ley de Educación Nacional*. 14 de diciembre de 2006. Argentina.

Ley Nacional N° 24314. *Sistema de Protección Integral de los Discapacitados*. 15 de marzo de 1994. Argentina.

Luna Corento, Javier (2013), <http://certificacio-energetica.com/que-es-la-envolvente-termica/>, 12 de diciembre de 2013.

Magnone, Héctor, (2014), Ladrillo cerámicos: aislantes y de buen rendimiento, La Voz del Interior.

Magnone, Héctor, (2017), *Cuáles son las virtudes del ladrillo cerámico*, La Voz del Interior.

Norma IRAM 11549 (2002), *Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario*.

Norma IRAM 11601 (2004), *Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*.

Norma IRAM 11603 (2012), *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*.

Norma IRAM 11605 (1996), *Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*.

Norma IRAM 11900 (2017), *Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo*.

Paredes, Carlos J., (2015), *Comparativa distintos tipos de muros: nuevos y tradicionales*, <http://www.paredestudio.com.ar/ventajas-desventajas-constructivos/#.Wp2DyKxFxYd>. 11 de noviembre de 2017.

Resolución 418/2014. Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Resolución 149/2009. Honorable Consejo Superior de la Universidad Nacional de Córdoba.

Resolución 1389/2014. Honorable Consejo Superior de la Universidad Nacional de Córdoba.

Resolución N° 1277/2010. Honorable Consejo Superior de la Universidad Nacional de Córdoba. *Políticas de Gestión Ambiental Sustentable en la UNC*.

Universidad Nacional de Córdoba, (2017), <https://www.unc.edu.ar/>, 22 de noviembre de 2017.

## **CAPÍTULO 9: ANEXOS. PLANOS Y PERSPECTIVAS DE PROPUESTA SELECCIONADA.**

A continuación se adjuntarán los planos y perspectivas del diseño final elegido con su correspondiente envolvente para el edificio en estudio.