



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

La respuesta técnica a la demanda energética en la obra  
del arquitecto Fernando Moreno Barberá. Caso de estudio:  
Escuela de Ingenieros Agrónomos,  
Córdoba, 1964-1968

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Iza Fernandez, Jaime

Tutor/a: Higón Calvet, José Luís

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Trabajo Final de Grado en Fundamentos de la Arquitectura  
Curso académico 2022/2023

# LA RESPUESTA TÉCNICA A LA DEMANDA ENERGÉTICA EN LA OBRA DEL ARQUITECTO FERNANDO MORENO BARBERÁ.

**CASO DE ESTUDIO:**

**ESCUELA DE INGENIEROS AGRÓNOMOS, CÓRDOBA, 1964-1970**

Autor

JAIME IZA FERNÁNDEZ

Tutor

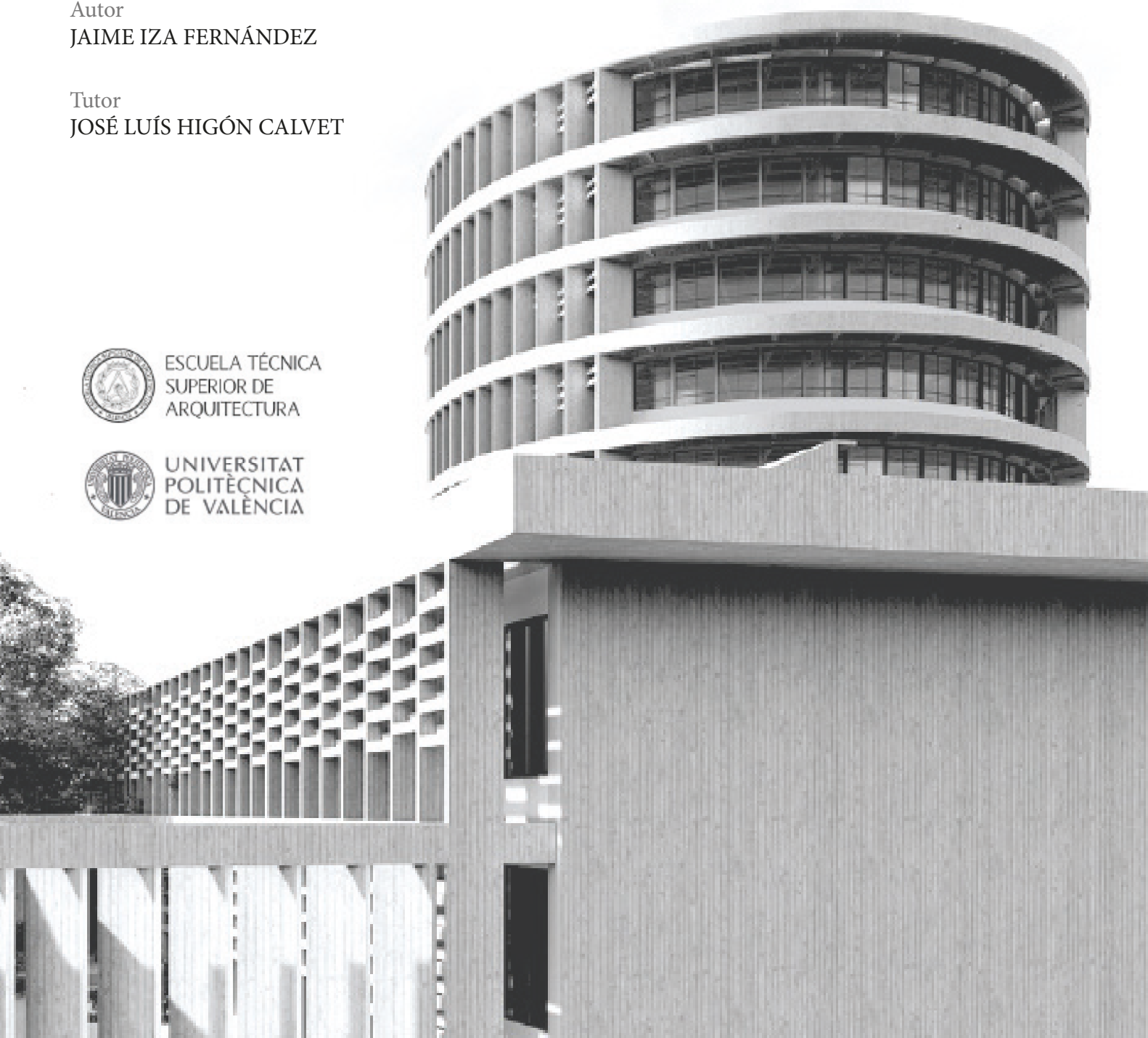
JOSÉ LUÍS HIGÓN CALVET



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA





## *CASTELLANO*

**TITULO** Estudio Gráfico y validación del desempeño energético de las arquitecturas del Movimiento Moderno en España.

**RESUMEN** En este trabajo se analiza y estudia el comportamiento térmico y energético de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de Córdoba, proyectado en 1964 por el arquitecto Fernando Moreno Barberá. Durante el Movimiento Moderno en España los utensilios disponibles a la hora de proyectar una arquitectura con cierta capacidad de respuesta a la demanda energética y un nivel de acondicionamiento admisible eran escasos. Por aquel entonces las principales herramientas eran las cartas solares, su elaboración y uso junto con el conocimiento geométrico permiten el cálculo y diseño de protecciones pasivas solares para el acondicionamiento y respuesta ante el sol del edificio teniendo en cuenta la época del año en la que se encontrasen. Forma, orientación y la geometría serán los puntos claves de todo edificio del Movimiento Moderno Español frente a soleamiento. Tras un modelado 3D del edificio en cuestión, estudiare puntos clave de este a través de panorámicas, evaluando la incidencia del sol y la disposición de las protecciones solares, para así deducir e interpretar los datos obtenidos en un programa de calificación energética y saber cómo afectan estas protecciones en el gasto energético y económico relacionado con la climatización del edificio.

## *ENGLISH*

**TITLE** Graphic study and validation of the energy performance of the architectures of the Modern Movement in Spain.

**SUMMARY** This work analyzes and studies the thermal and energetic behavior of the School of Agricultural Engineers of Córdoba, designed in 1964 by the architect Fernando Moreno Barberá.

During the Modern Movement in Spain, the tools available when designing an architecture with a certain capacity to respond to energetic demand and an admissible level of comfort were scarce. At that time, the main tools were solar charts, their preparation and use together with geometric knowledge allowed the calculation and design of passive solar protections for the conditioning and response to the sun of the building, taking into account the time of the year in which the building is. Shape, orientation and geometry will be the key points of every building of the Spanish Modern Movement against sunlight.

After a 3D modeling of the building in question, I will study strategic points of it through panoramic views, evaluating the incidence of the sun and the disposition of solar protections, in order to deduce and interpret the data obtained in an energy rating program and to know how they affect these protections in the energy and economic cost related to the air conditioning of the building.

## ÍNDICE

### **APARTADO 1 - INTRODUCCIÓN : ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA/OBJETIVOS.**

- 1.1.** Introducción.
- 1.2.** Motivaciones personales.
- 1.3.** Objetivos.
- 1.4.** Circunstancias históricas.
- 1.5.** El arquitecto.
- 1.6.** Caso de estudio: Escuela de Ingenieros Agrónomos, Córdoba, (1964-1970).  
Fernando Moreno Barberá.

### **APARTADO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS.**

- 2.1.** Conceptos básicos.
- 2.2.** Geometría Solar.
  - 2.2.1.** Coordenadas geográficas y coordenadas astronómicas.
  - 2.2.2.** Movimiento aparente del Sol.
- 2.3.** Bóveda celeste.
- 2.4.** Representación del movimiento solar.
  - 2.4.1.** Carta solar de Fisher.
  - 2.4.2.** Carta solar estereográfica.
  - 2.4.3.** Carta solar cilíndrica.
  - 2.4.4.** Cálculo de obstrucciones solares.
  - 2.4.5.** El método de los planos límite.
- 2.5.** Diseño de protecciones solares.
  - 2.5.1.** Carta bioclimática de Givoni.
  - 2.5.2.** Objetivos y funciones de las protecciones solares.
  - 2.5.3.** Acceso al Sol.
  - 2.5.4.** Cálculo de acceso al Sol mediante el procedimiento propuesto en DB HE.
  - 2.5.5.** Máscaras de sombras.
  - 2.5.6.** Protección solar en función de la orientación.

### **APARTADO 3 - PLAN DE TRABAJO.**

- 3.1.** Etapas del trabajo.

### **APARTADO 4 - DESARROLLO DEL TRABAJO.**

- 4.1.** Recopilación de datos y planimetría.
- 4.2.** Volumetría.
- 4.3.** Extracción de panorámicas.
- 4.4.** Trazado de patrones de sombras.
- 4.5.** Introducción de datos en CE3X.
  - 4.5.1.** Datos administrativos.
  - 4.5.2.** Datos generales.

**4.5.3.** Envoltente térmica. Edificio objeto.

**4.5.4.** Envoltente térmica. Muros.

**4.5.5.** Envoltente térmica. Suelo.

**4.5.6.** Envoltente térmica. Cubierta.

**4.6.** Instalaciones.

**4.7.** Generación de certificados de eficiencia energética.

**4.7.1.** Informe con las protecciones solares.

**4.7.2.** Informe sin las protecciones solares.

#### **APARTADO 5 - COMPARATIVA DE RESULTADOS.**

**5.1.** Calificación energética del edificio en emisiones.

**5.2.** Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable.

**5.3.** Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración.

**5.4.** Discusión de los resultados.

#### **APARTADO 6 - CONCLUSIONES.**

#### **APARTADO 7 - ANEXO ODS.**

#### **APARTADO 8 - BIBLIOGRAFÍA.**

**8.1.** Libros, tesis, artículos y revistas.

**8.2.** Referencias electrónicas.

**8.3.** Índice de figuras.

## **1. INTRODUCCIÓN: ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA. OBJETIVOS.**

### **1.1. INTRODUCCIÓN.**

Este trabajo pretende estudiar el comportamiento térmico de un edificio del arquitecto valenciano Fernando Moreno Barberá, cuya obra se desarrolla a lo largo del periodo del Movimiento Moderno en España a mitad del s.XX.

Para ello se deberá analizar el contenido teórico de la eficiencia energética, así como los métodos y técnicas con las cuales se abordaba la misión de protección y captación solar durante la época del Movimiento Moderno en España. Para ello utilizaremos tecnologías contemporáneas a nuestros días, tanto de modelización como de certificación energética, esto ayudará a saber si las medidas tomadas por el arquitecto en el proyecto a estudiar fueron las correctas o no. En caso de que no sea así habría que abordar una propuesta de mejora.

### **1.2. MOTIVACIONES PERSONALES.**

Desde mi punto de vista he llegado a la conclusión de que antes en la época del Movimiento Moderno existía una gran conciencia a la hora de proyectar, con una mentalidad enfocada en resolver los temas de confort y autosuficiencia de los edificios, tanto a niveles energéticos como económicos, pero sin embargo no existía la tecnología actual de la que disponemos hoy en día. Gente como los Smithson ya pensaban en la ventilación cruzada, en las instalaciones accesibles...

Hemos podido ver esto en la arquitectura española con Josep LLuis Sert, cuya arquitectura siempre ha tenido en cuenta el sol, la ventilación o el uso de instalaciones accesibles, todo esto conlleva una teoría enfocada a facilitar el confort dentro de la vivienda así como disminuir el gasto económico enfocado en conseguir ese confort. Sin embargo a pesar de que hoy en día la evolución tecnológica y la mejora en el estudio y aplicación de materiales nos permiten tener carpinterías cuya inercia térmica es similar a un muro de hormigón por ejemplo, creo que hemos perdido esa mentalidad que existía antes a la hora de proyectar, ya que hemos llegado a una época donde la mayoría de la gente de clase media y media baja vive en edificios donde las nuevas tecnologías y conocimientos se han enfocado en construirlos lo mas rapido rapido posible, sin tener en cuenta la gente que los habita, así como su economía y confort.

A día de hoy, para mi ha habido tres puntos claves que me han hecho abrir los ojos aun mas, ya que lo he sufrido en primera persona; la pandemia COVID-19 y su procedente cuarentena, la subida de los precios en general de los productos de uso básico y la subida del precio del gas y la electricidad, acrecentado por la guerra entre Ucrania y Rusia. Durante la cuarentena me he dado cuenta de que los espacios y su distribución, la orientación y el uso del sol o de la ventilación cruzada son puntos claves a la hora de estar encerrado en un piso todo el día durante un gran periodo de tiempo, y más en edificios no aislados correctamente o con carpinterías no estancas. Al estar todos los días en un piso en el que entra frío en invierno y no está aislado debidamente y tampoco tiene una orientación adecuada el uso de calefactores o radiadores es indispensable, lo mismo pasa en verano donde en zonas como Valencia alguien que esté en un edificio con esas pésimas condiciones proyectuales y materiales es imposible que pueda habitar debidamente ese piso sin el uso de ventilación mecánica o el uso de ventiladores

eléctricos. Aquí es donde la subida de precios de uso básico y la subida de precios de la luz y el gas intervienen, si ya notamos un aumento en la factura de la compra, esta conjunto a la subida de la factura de luz y gas, en el momento en el que más se requieren para el confort estos recursos, se hacen casi insostenibles en una familia de clase media o media baja.

La guerra entre Ucrania y Rusia coincide con los precios récord de los MWh del gas y luz, siendo en marzo de 2022 diez veces más altos que un año atrás. Rusia se encarga de proveer de gas a casi un 40% de la Unión Europea, la cual le ha impuesto una serie de sanciones debido a su invasión a Ucrania, por lo que ha bajado la importación de gas a Europa, lo que produce un incremento del precio del gas tanto a nivel europeo como internacional. Las centrales de ciclo combinado utilizan gas para producir electricidad, por eso cuando llega el invierno y aumenta la demanda energética los precios son controlados por estas centrales, debido a esto el precio de la electricidad también se ve afectado directamente por este conflicto.

Por esta serie de factores creo que el papel de los arquitectos debería ser más sensible en cuanto estos asuntos, tanto a la hora de rehabilitar como de construir nueva planta, este trabajo me motiva a poder ser capaz de comprender mejor esa teoría arquitectónica para poder aplicarla como es debido y con las ventajas de hoy en día a nuestro presente y en consecuencia nuestro futuro.

### **1.3. OBJETIVOS.**

En el presente documento de estudio propongo los siguientes objetivos:

- Comprender y utilizar adecuadamente los programas informáticos de modelado 3D para obtener el estudio de las geometrías e incidencia del sol sobre nuestro edificio.
- Recopilar, analizar y escoger correctamente los resultados obtenidos por las herramientas gráficas para su posterior utilización a la hora de diseñar la arquitectura.
- Poner en valor el programa de tecnología BIM Revit y su expresividad gráfica.
- Analizar los sistemas de protección solar pasivos y su correcto posicionamiento.
- Demostrar el uso de la protección solar pasiva en el Movimiento Moderno en España.
- Medir, analizar y cuantificar el gasto y ahorro energético durante la vida útil de nuestro edificio, así como la bajada de cantidad de dióxido de carbono emitida a la atmósfera terrestre desde que comienza su construcción hasta hoy en día y también el ahorro económico obtenido gracias a las protecciones solares.

### **1.4. CIRCUNSTANCIAS HISTÓRICAS.**

Durante el siglo XX en Europa se vivió una gran expansión de la industria, esto permite nuevos materiales, técnicas, medios de transporte, etc. La arquitectura se vio beneficiada y avanzó su producción industrial en gran medida, a su vez un germen de nuevas ideas energéticas cambiando la línea de pensamiento arquitectónica, con un idea común en mente, la revolución tipológica y la renovación del diseño.

Hubo un desarrollo tanto práctico como teórico sobre cómo redefinir los esquemas y teoría usados hasta ese día para establecer los conceptos básicos de la arquitectura, así como de su materialización.



Las nuevas tecnologías constructivas así como los nuevos materiales de construcción ofrecieron una gran oportunidad, los arquitectos querían sacar un máximo aprovechamiento de los materiales a la vez que se planteaba una racionalización de la construcción y se podía construir de una manera más rápida y eficaz.

En términos constructivos lo más reivindicativo es la implantación del sistema estructural de pilotes, con este sistema se permite liberar de carga estructural la fachada, esto junto con el acero y el vidrio permite sistemas cortinas no estructurales en fachada, todos estos avances ya proponen por sí mismos un nuevo lenguaje y manera de comprender la interacción del usuario con el exterior cuando se encuentra en el interior, esto junto a la estandarización de los electrodomésticos apoyaban una mejora y globalización del confort en el interior de la vivienda.

Podemos diferenciar tres etapas diferenciadas a lo largo de este movimiento y del siglo XX en concreto.

En los comienzos del siglo XX, se aprecia una visión minimalista con la mentalidad funcional de la Bauhaus produciendo una arquitectura libre de ornamentación proyectada bajo formas plásticas y abstractas y a su vez, con la proyección arquitectónica del De Stijl a través de formas simples y colores elementales en los Países Bajos. El Constructivismo soviético de los años 30 influyó en gran medida gracias a su innovación constructiva. También se puede apreciar un estilo más orgánico en el Expresionismo, dicha vertiente se aleja de la visión de este trabajo.

Más tarde, a mitad de siglo en Centroeuropa se acaba instaurando el Funcionalismo, bajo el convencimiento de que la función condiciona la forma, entendiéndola como el producto final de la función del edificio. Al mismo tiempo surge el Minimalismo a través de las vertientes de la Bauhaus y de De Stijl, proponiendo la repetición como un modelo de producción, diseño y ordenación.

El estilo arquitectónico de origen europeo que tiene como característica el resultado de una arquitectura de geometría simple, gran funcionalidad, sin gran ornamentación y con un sistema estructural de pilotes con las ventajas proyectuales y línea de diseño que conlleva, se le define en 1932 como Estilo Internacional, con dos grandes figuras como representantes del movimiento, Mies van der Rohe y Le Corbusier.

Esta etapa es la más significativa para el trabajo, ya que la última parte del siglo trajeron estilos y pensamientos como el Posmodernismo, Expresionismo estructural y el Deconstructivismo, más distantes de nuestra línea de trabajo.

Mies expresa la arquitectura de un modo depurado, con el muro cortina como protagonista y sin ornamento alguno, ese templo griego moderno que se impone en su entorno y lo utiliza para su beneficio estéticamente desde mi punto de vista, sin adaptarse a él. Por otra parte Le Corbusier transmite a partir de los años 30 una imagen mucho más vernacular de la arquitectura, adaptándola a su entorno y conviviendo con este de una manera mucho más respetuosa.

Esta nueva visión arquitectónica influye considerablemente en las nuevas generaciones de arquitectos españoles, aunque el movimiento moderno en España empezó a aflorar a finales de la década de 1920, se estanca debido a la Guerra Civil y la dictadura militar que la sigue, todo esto provocó un retraso tecnológico y cultural en el país, así que no llegaron innovaciones teóricas, técnicas o científicas por lo que no se produjo una revolución industrial como en Europa, esto ocurre en el contexto histórico de un país dividido y en crisis, en el que hay que reconstruir casi todo de cero y que

se encuentra con una alta demanda pero una baja oferta de recursos, tanto económicos como materiales, es en este contexto de posguerra y de carencia de medios, cuando la generación de arquitectos pioneros de la modernidad asume el liderazgo ético, estético y social, a través de escritos, entrevistas y conferencias. Proponen una arquitectura que usara los recursos y materiales del entorno, ofreciendo soluciones constructivas simples pero efectivas, usando siempre el sentido común teniendo la economía en mente, dando lugar a una gran racionalidad constructiva.

Una vez escogidos los materiales más adecuados para dar solución a su función, la arquitectura y su forma se conformaban a través de la lógica de la técnica constructiva o sistema constructivo empleado, manifestaban una gran honestidad constructiva.

Una de las grandes figuras representativas de este pensamiento fue Fernando Moreno Barberá, arquitecto cuya obra es estudiada en este trabajo.

### 1.5. EL ARQUITECTO.

Fernando Moreno Barberá nació en 1913 en Ceuta. Licenciado con el título de arquitecto en 1940 a sus 27 años en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid. Entre 1941 y 1943 trabajó en la embajada de España en Alemania, allí fue pupilo de Paul Bonatz. Vuelve a España y trabaja para el Ministerio de Educación como arquitecto de construcciones civiles.

Entre 1947 y 1949 fue profesor de Escenografía en el Instituto de Experiencias e Investigaciones Cinematográficas, también entre 1947 y 1965 fue consejero de la Empresa Nacional de Turismo del Instituto Nacional de Industria, más tarde en 1959 fue pensionado en Estados Unidos por la International Corporation Administration.

En 1966 obtiene el Doctorado en Arquitectura y entre 1971 y 1972 forma parte del profesorado encargándose de la Cátedra de Proyectos III en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid.



*Fig. 1. Imagen retrato de Fernando Moreno Barberá.*

Tiene una obra extensa con una gran cantidad de premios a lo largo de su carrera profesional como arquitecto, siendo parte de la tercera generación de arquitectos del Movimiento Moderno contemporáneo de Oscar Niemeyer, Alejandro de la Sota y otros, su obra se distingue de cualquier lenguaje tradicional, dando importancia a los aspectos técnicos y constructivos de la obra así como a la geografía y el clima, la ubicación y el entorno eran puntos clave en el proyecto, y en su arquitectura la forma era el producto de esta función climática.

Como ya habíamos comentado antes hubo dos grandes maestros europeos del Movimiento Moderno, Mies van der Rohe y Le Corbusier, y prestando atención a las palabras de Carlos Meri Cucart ve la arquitectura de Fernando Moreno Barbera como una perfecta síntesis de los conceptos principales de la teoría de estas figuras, obviamente a través de un proceso en el que los traduce, filtra y adapta en su obra arquitectónica. Huye de esa plasticidad de Le Corbusier, sistematizando al estilo Mies, pero sin llegar a alcanzar su austeridad y rigidez.

Su capacidad proyectual era completa, situándose entre lo contemporáneo de la época y lo tradicional, le heredó. Su estilo es moderno, es internacional, sin embargo a su vez es vernáculo y abre los brazos a lo local, sus materiales y recursos, su clima, su geografía tanto del emplazamiento como del entorno y su cultura.

La composición formal y volumétrica del proyecto, que forjaba ese estilo propio se caracterizaba por una sectorización y desfragmentación de los cuerpos según la función de estos, pero dando una gran contundencia a esos volúmenes, esta desfragmentación a su vez permite una mayor versatilidad a la hora de orientar los volúmenes, pudiendo hacer frente al soleamiento de la manera más adecuada y conveniente, como comentamos antes hereda la sistematización y repetición de elementos estructurales o de diseño, las fachadas son complementadas con grandes superficies de vidrio bajo la protección de un sistema de diseño pasivo situado en fachada con particular diseño de brise-soleils para, al estilo corbusierano, proteger las fachadas climáticamente, su composición formal en sus proyectos también interactuara con la vegetación autóctona y la topografía en gran medida.

Cuando trabajó para el Ministerio de Educación a partir del principio de la década de los cuarenta, proyectó y construyó una gran cantidad de obras de gran envergadura e importancia, diferentes pero con un estilo propio en común. Algunas de estas obras y entre las que se encuentra nuestro caso de estudio son la Facultad de Veterinaria en 1943 (Universidad de Madrid), la Facultad de Biología entre 1968 y 1969 (Universidad de Madrid), la Facultad de Derecho entre 1956 y 1960 (Universidad de Valencia), la Facultad de Filosofía y Letras entre 1960 y 1969 (Universidad de Valencia), la Facultad de Ingenieros Agrónomos entre 1958 y 1967 (Universidad de Valencia), el Complejo Educativo de Cheste inaugurado en 1969 y nuestro caso que es la Escuela de Ingenieros Agrónomos de Córdoba entre 1964 y 1970.



*Fig.2. Fachada de la Facultad de Derecho de Valencia.*

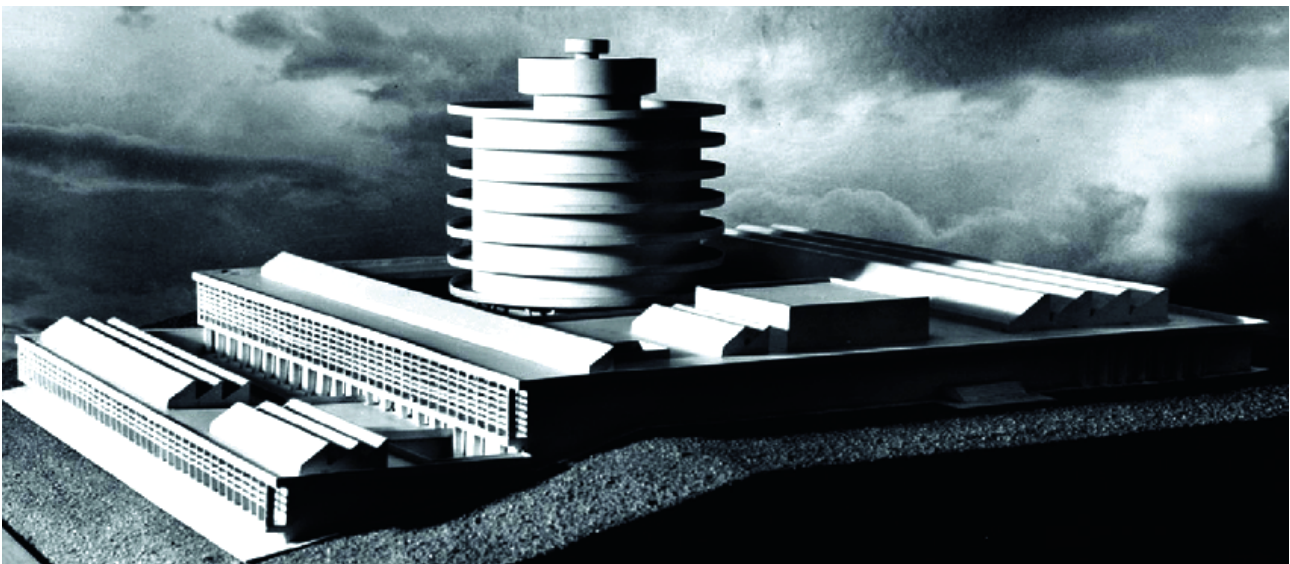


*Fig.3. Fachada de la Escuela de Ingenieros Agrónomos, Córdoba.*

## 1.6. CASO DE ESTUDIO: ESCUELA DE INGENIEROS AGRÓNOMOS, CÓRDOBA, (1964-1970). FERNANDO MORENO BARBERÁ.

Moreno Barbera reflexiona en este proyecto sobre una nueva monumentalidad perteneciente a la arquitectura moderna ya comentada anteriormente por críticos como Giedion. En este proyecto se observa un fuerte contraste entre verticalidad y horizontalidad, se diseña un elemento central emergente de planta circular como foco vertical, frente a las plataformas horizontales que se van adaptando a la topografía, cayendo en cascada.

En el cuerpo central están ubicados los laboratorios, su agrupación en altura se justificó mediante argumentos económicos, puesto que permitía centralizar las muchas instalaciones necesarias reduciendo al mínimo sus trazados de distribución. el arranque de la torre cilíndrica no tiene lugar en el basamento que alberga el resto de funciones, sino que comienza en el centro de un patio a modo de claustro, el cual se desplaza en planta respecto al conjunto. El resto del programa se alberga en los cuerpos horizontales, y una vez son estudiado veremos como la función y orientación los diferencia entre sí aunque formen un conjunto debido a la potencia formal de los sistemas de protección solar incorporados a las fachadas.



*Fig.4. Vista general de la maqueta. Imagen: © Archivo Personal del Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia (AP-CTAV).*

La vegetación autoctona y la luz se introducen en el proyecto a través del patio central y su diseño claustral, gracias también a otro patio que cruza transversalmente la parte sur del edificio y por último por un patio de pequeña escala que genera un área microclimática en esta parte de la edificación. El planteamiento topográfico y la relación del edificio con el terreno se resuelve de una forma hábil y sutil si tenemos en cuenta la enorme dimensión en planta de los volúmenes, el acceso se encuentra en la cota más alta, llevando al usuario ladera abajo junto con el edificio hasta llegar a los talleres situados en la parte posterior.

El proyecto conlleva un gran análisis funcional, a través del cual se filtran y reformulan los programas de necesidades, determinando las superficies necesarias para cada uno de los diferentes usos específicos presentes ya sea de tipo constructivo, métrico, de preferencia de orientación, de equipamientos, servicios, instalaciones, etc. A través de unidades funcionales se agrupan los espacios, para poder establecer un orden y jerarquías, así como sus conexiones, vínculos o estimación de las zonas incompatibles.

Más tarde el emplazamiento, entorno, y aprovechamiento de las condiciones climatológicas y topográficas, la orientación, ventilación o vistas suponen un segundo análisis funcional. Estas dos fuentes de análisis, unidades funcionales y análisis del lugar, serán clave para obtener el esquema tipológico y la ordenación de volúmenes, se busca un plan director que organice el resto de decisiones, los esquemas serán definidos por los accesos y circulaciones, y por la jerarquía funcional, la cual debe de evitar interferencia de uso. Todo esto se somete a un módulo ordenador, un patrón, algo predominante en la arquitectura de Mies, cuya repetición regulará dimensiones de estructura y cerramientos, y creará pautas para mobiliario, anchura de paso, carpinterías, etc.

En este proyecto existe también una postura compositiva de origen tradicional, se podría definir como algo atemporal o canónica, adaptándose a una serie de premisas locales y temporales siendo estas contemporáneas. El edificio se resuelve con una tipología claustral reinterpretada en lenguaje moderno, recurre a un tipo arquitectónico de origen religioso como es el claustro y lo somete a una relectura constructiva y compositiva desde un punto de vista moderno, adecuándolo a la época y a unos requerimientos específicos del lugar de emplazamiento.

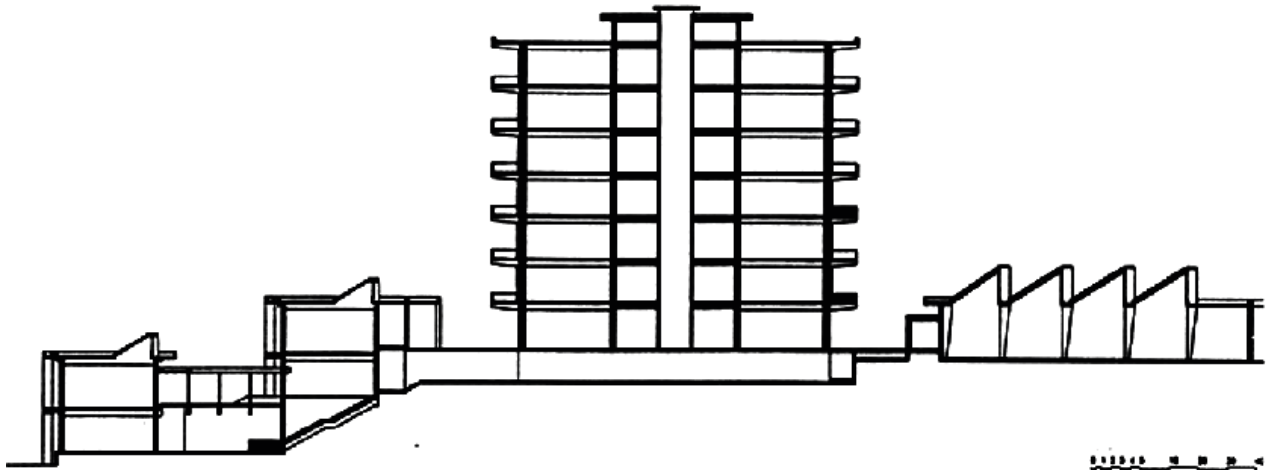


Fig.5. Plano de sección longitudinal. Imagen: © Archivo Personal del Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia (AP-CTAV).

En cuanto al programa del edificio aparte de los servicios generales de administración, dirección y profesorado, aula magna y biblioteca, cafetería y servicios de alumnado, se precisaban tres tipos de dependencias estrictamente docentes: aulas de enseñanza teórica, laboratorios para enseñanza práctica, y naves para industrias agropecuarias experimentales.

Bajo este programa el edificio se fracciona en dos bandas ante la topografía, una flanquea el patio longitudinal y alberga las aulas teóricas, las agrupa en altura, desplegándose en dos plantas ladera abajo adaptándose al terreno, permitiendo que no se aumentase la altura de esa zona para no interferir con la torre y permitiendo también la orientación sur de estos cuerpos, las más adecuada para su cálculo ya casi predeterminado el las protecciones y además estas aulas se beneficiaban de una vista plena sobre el valle del Río Guadalquivir y sus lindes agrícolas.

En todo momento existe una gran preocupación sobre cómo aproximarse y recorrer este programa, comenzando por una aproximación desde su entorno siguiendo las curvas de niveles, para proseguir con el promenade a través de sus espacios interiores, provocando sensaciones que sorprenden y estimulan al usuario a lo largo del recorrido arquitectónico, esto se expresa de manera explícita en la memoria de este proyecto, según el arquitecto: «para producir sensaciones sucesivas y distintas a la persona que recorre el edificio, el zaguán principal que se recorre a lo largo tiene luz al fondo velada

por una celosía. Al pasar del zaguán se encuentra el vestíbulo transversalmente y con una intensa luz procedente del patio central y con vistas sobre el jardín del mismo» «Las galerías de acceso a las aulas tienen también vistas al patio central. Desde este hall no se tienen vistas sobre el paisaje del Guadalquivir, de forma que los estudiantes, al descender, caminan hacia la luz.» Esto permite crear sensaciones espaciales antónimas: ancho-estrecho, abierto-cerrado, alto-bajo, horizontal-vertical, sombra-luz, rugoso-liso.

Todos los espacios considerados como estancias están protegidos en fachada ante soleamiento, este tratamiento en fachada define el estilo del arquitecto con sus característicos perfiles, proyectados bajo unas condiciones climáticas críticas. El uso de estos parasoles como un recurso plástico proviene de la herencia de la obra de posguerra de Le Corbusier.

En el interior existen abundantes zonas de transición, se conciben como prolongación de los usos interiores, separándose de estos solamente por una pantalla de vidrio, en las zonas de estancia antes comentadas, se introduce luz solar indirecta continua a través de lucernarios orientados a norte. El diseño se realiza minuciosamente a todas las escalas, cada espacio satisface hasta la más mínima necesidad. En las aulas se procura conseguir unas condiciones acústicas, visuales y de iluminación óptimas, los laboratorios buscan efectividad en el trazado de instalaciones y excelencia en los materiales, en los talleres se materializa una flexibilidad de la compartimentación, permitiendo una distribución flexible y que permita adaptarse a futuros cambios o tecnologías, y en la biblioteca y salas de estudio la calma y el silencio predominan, y se hace máxima la capacidad espacial de albergar y depositar libros.

Se emplean voladizos para arrojar sombra sobre las fachada, tanto en el cuerpo vertical como en los horizontales, en el cuerpo central estos se separan de la fachada para así crear corrientes verticales de aire que para que la superficie de los cerramientos regule superficialmente su temperatura en temporadas de calor.



*Fig.6. Interior de las aulas, estado de abandono.*



*Fig.7. Pasillo exterior en patio longitudinal, estado de abandono.*

## **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.**

### **2.1. CONCEPTOS BÁSICOS.**

Se procede a definir los conceptos básicos en relación a la disciplina de la Geometría Solar y que son indispensables en este trabajo y en el proyecto arquitectónico.

Llamamos sistema de protección solar al conjunto de elementos o piezas arquitectónicas que se encargan de intervenir la incidencia de la luz solar en el interior del edificio, según el estudio previo, estas podrán controlar que luz entra en el interior, dependiendo de si interesa o no, en términos térmicos y de aprovechamiento. Este estudio previo sólo es posible gracias al conocimiento de la posición solar, y los recursos geométricos, con estas dos variables se debe poder proyectar geometrías que sirvan como instrumentos a la hora de protegerse de la radiación solar o para beneficiarse de ella obteniendo una optimización y mejor eficiencia del consumo energético del edificio.

Denominamos eficiencia energética al producto de una optimización de la cantidad de energía que se requiere para el acondicionamiento de un edificio. Esto se puede obtener mediante el diseño de protecciones, la elección de materiales teniendo en cuenta sus cualidades técnicas, físicas y mecánicas y, la utilización de tecnologías modernas inteligentes. Mediante estos instrumentos se consigue minimizar la cantidad de energía usada en la construcción, uso y mantenimiento del edificio sin afectar a la calidad del proyecto ni a sus servicios. Podemos decir que la eficiencia energética pasa a ser parte del proyecto y de su programa.

Un edificio eficiente energéticamente es aquel que se sustenta en su mayor parte con energía renovable, reduciendo al máximo el consumo de energía no renovable, minimizando su impacto medioambiental en relación al gasto energético. Térmicamente el propósito es dejar pasar los rayos solares en las épocas frías, mientras que en épocas calurosas se pueda bloquear esa luz solar para evitar sobrecalentamiento, el propósito es alcanzar equilibrio térmico durante todo el año.

Con energía solar nos referimos a aquella producida por la radiación electromagnética del sol, esta es una energía renovable ya que su fuente es natural, limpia e inagotable. Esta energía es independiente de la localización del usuario, ya que incide en todos los puntos terrestres, podemos decir que es global y una inversión a largo plazo en cualquiera de sus usos.

La arquitectura solar pasiva o arquitectura solar natural es aquella que comprende la modelización, discriminación, acumulación, distribución y uso de la energía del sol, sin ser tratada por mecanismos artificiales para su posterior transformación en otra energía, manteniendo un equilibrio térmico en su interior durante todo el periodo anual.

### **2.2. GEOMETRÍA SOLAR.**

La Geometría Solar es la teoría que ayudará a elaborar este estudio, se detallarán las condiciones geométricas requeridas para calcular la dirección de la incidencia solar dentro de un punto geográfico concreto a través de los principios de la geometría solar.

La geometría solar registra el movimiento de la Tierra, su posición respecto del Sol y el movimiento solar aparte sobre la bóveda celeste del lugar. Gracias a esto se podrá analizar si la solución de Fernando Moreno Barbera en la Escuela de Ingenieros Agrónomos de Córdoba cumple con su función y en qué porcentaje.

La siguiente teoría expuesta esta desarrollada a partir de los textos del estudio titulado Cálculo

de Diseño de Protecciones Solares, obra de Jose Luis Higon Calvet, tutor del trabajo.

### 2.2.1. COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y COORDENADAS ASTRONÓMICAS.

Las coordenadas geográficas indican la posición geográfica de un punto concreto dentro de la superficie terrestre. Las coordenadas geográficas son resultado de la intersección de dos líneas ortogonales e imaginarias, dentro de un tramado que envuelve la superficie terrestre. Estas líneas están organizadas a partir del movimiento rotacional terrestre, y se llaman paralelos y meridianos.

Los paralelos tienen su origen en el círculo máximo en el ecuador terrestre y se organizan en planos perpendiculares al eje de rotación terrestre. Su unidad de medida son los grados sexagesimales, de signo positivo si se encuentran al norte del origen, y de signo negativo en caso de que estén al sur del origen, al igual que en un sistema cartesiano. La latitud geográfica ( $f$ ) de un punto se obtiene a través del valor del ángulo entre meridianos, la medición se realiza desde el origen.

Los meridianos tienen su origen en su círculo máximo que pasa por Greenwich, pero estos se organizan en planos que atraviesan el eje de rotación de la Tierra, y la intersección de estos definen el norte y sur geográficos. Su unidad de medida también son los grados sexagesimales, de signo positivo situados al este del origen y los negativos al oeste del origen, también al igual que en un sistema cartesiano. La longitud geográfica ( $l$ ) de un punto se obtiene a través del valor del ángulo entre meridianos, la medición se realiza desde el origen.

La posición de un punto aleatorio situado en la superficie terrestre se define por los valores de latitud y longitud ( $f, l$ ). En nuestro caso las coordenadas geográficas son: ( $37^{\circ}51'43''$  N,  $4^{\circ}47'56''$  W).

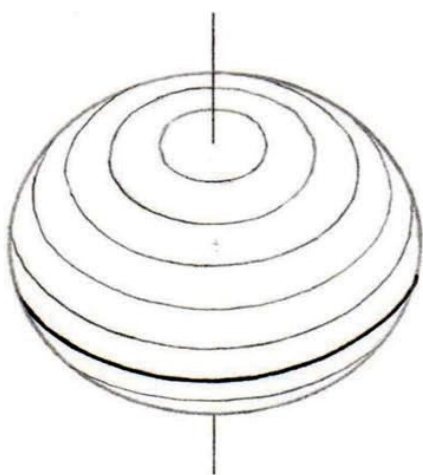


Fig.8. Red de paralelos.



Fig.9. Red de meridianos.

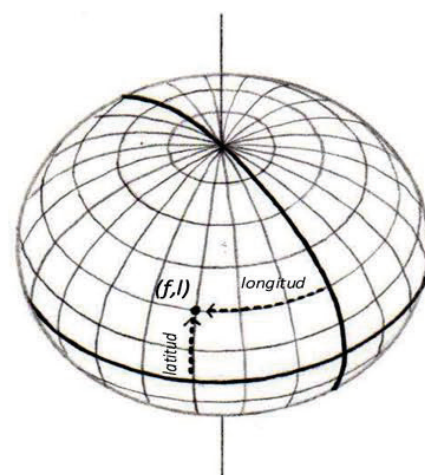


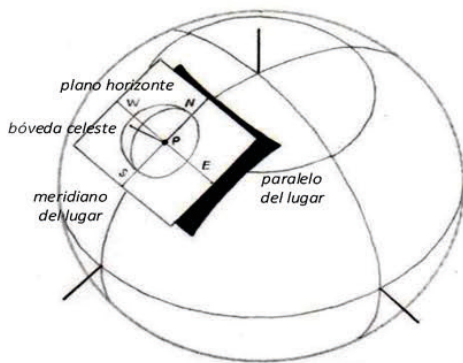
Fig.10. Coordenadas geográficas.

Las coordenadas astronómicas se pueden obtener estudiando la proyección del cielo sobre una esfera de radio  $r$ , y con un centro en un punto de coordenadas geográficas específicas. Desde este punto se traza un plano tangente para obtener el plano horizonte, el cual divide de manera simétrica la esfera terrestre. A la semiesfera superior se le conoce como esfera celeste o bóveda celeste, y corresponde a la parte visible del cielo donde se representará el movimiento aparente del sol a través de su proyección desde el centro de la bóveda.

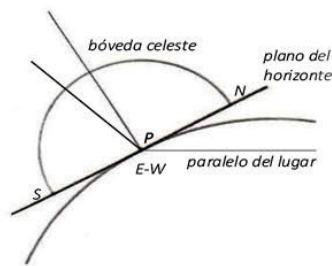
Para la localización de puntos precisos sobre la bóveda celeste, se recurre a las coordenadas horizontales del sistema de coordenadas astronómicas. Teniendo la recta que une el punto del observador con el cuerpo celeste del que se quieren saber las coordenadas horizontales, observamos dos valores angulares. La altura sobre el horizonte ( $h$ ) y el acimut ( $\alpha$ ).

La altura sobre el horizonte es el ángulo producto del vector de dicha recta con su proyección sobre plano horizonte. El acimut es el ángulo producto de la proyección del vector de dicha recta sobre el plano horizonte respecto de la dirección del Norte geográfico del lugar. Los valores de ambas magnitudes angulares nos proporcionan un punto exacto cualquiera de la bóveda celeste.

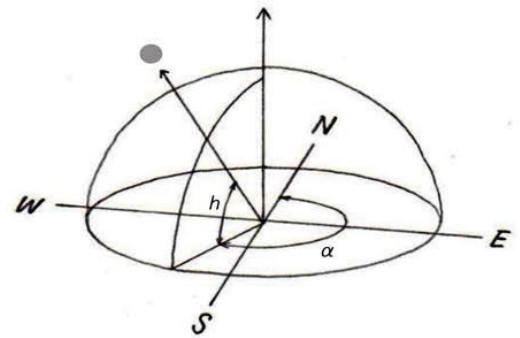




**Fig.11.** Bóveda celeste sobre un punto P de observación sobre la Tierra.



**Fig.12.** Detalle de la bóveda celeste.



**Fig.13.** Coordenadas astronómicas: azimut( $\alpha$ ) y altura sobre el horizonte( $h$ ).

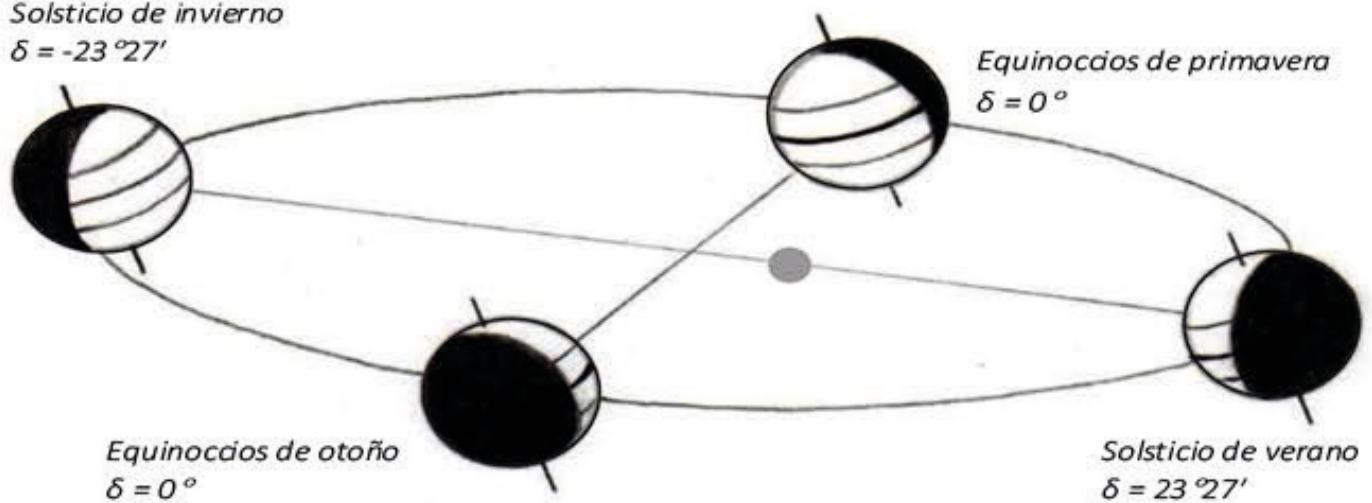
### 2.2.1. MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL.

El movimiento de traslación, junto con el movimiento de rotación conforman los dos movimientos relativos del sistema Sol y Tierra, estos producen dos movimientos aparentes del Sol sobre la bóveda celeste, sufrirán variaciones a lo largo del día y del año, estos movimientos aparentes son el movimiento diurno y el movimiento ánuo.

El movimiento diurno es el movimiento aparente del Sol provocado por el movimiento de la Tierra en torno a su eje de rotación durante todo un día.

El movimiento ánuo es el movimiento aparente del Sol provocado por el recorrido de la Tierra alrededor del Sol a lo largo de la órbita elíptica de este, durante un año astronómico.

*Solsticio de invierno*  
 $\delta = -23^{\circ}27'$



**Fig.14.** Movimiento de traslación del sistema Sol-Tierra.

El plano que contiene el ecuador de la Tierra es ortogonal a su eje de rotación, mientras que este no es ortogonal al plano que contiene la órbita elíptica, debido a esto se crea un ángulo entre el ecuador celeste y la radiación solar al que se denomina como declinación ( $\delta$ ), el cual es positivo en el solsticio de verano ( $\delta = +23^{\circ}27'$ ) pero sin embargo su valor torna negativo durante el solsticio de invierno ( $\delta = -23^{\circ}27'$ ), es decir aumenta el ángulo según se acerca el solsticio de verano momento en el que alcanza su valor máximo, y va disminuyendo según se acerca el solsticio de invierno hasta alcanzar su valor mínimo.

En los equinoccios este valor es igual a  $0^{\circ}$ , debido a que en este momento la dirección del vector Tierra-Sol es paralela al plano del ecuador celeste, la declinación la consideramos constante a lo largo de un día, es decir la variación del valor de la declinación a lo largo de un día es despreciable, esto permite que la trayectoria del Sol durante un día coincida siempre con un paralelo celeste específico para cada día del año.

Según varía la latitud del punto de observación, irá variando a su vez la duración del día, esto hace posible la existencia de distintas bóvedas celestes.

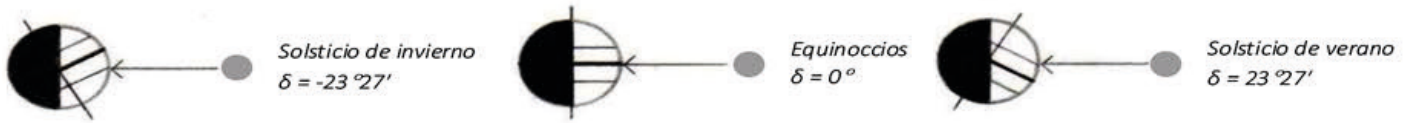


Fig.15. Dirección de incidencia de los rayos solares en los equinoccios y solsticios.

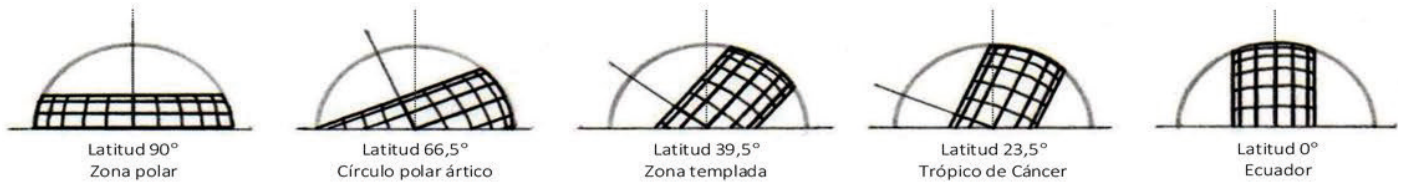


Fig.16. Duración del día en la bóveda celeste en función de la latitud del punto de observación.

### 2.3. BÓVEDA CELESTE.

Las trayectorias solares anuales para un punto de observación concreto se pueden proyectar sobre la bóveda celeste, formando una banda de 47° aproximadamente ( $\pm\delta; +23^{\circ}27', -23^{\circ}27'$ ) que se divide en dos partes iguales.

Solamente en los equinoccios la incidencia solar forma sobre la bóveda celeste un círculo máximo y ortogonal al eje de rotación terrestre y además coincide con el ecuador celeste, el resto del año, la trayectoria del sol producirá sobre la bóveda celeste una serie de círculos contenidos en planos paralelos al ecuador celeste. Es por esto que las trayectorias solares se definen como líneas circulares con origen en una recta paralela al eje de rotación terrestre y que pasa por el punto de observación. El ángulo entre la línea y la vertical del punto en concreto varía según la latitud y por tanto modifica la longitud de los arcos de las trayectorias solares, e influye así en la duración de los días.

Aparte hay que tener en cuenta que según en el hemisferio en el que se encuentre el observador percibirá la trayectoria solar de manera diferente. Si se encuentra en el hemisferio norte, se deberá mirar al Sur para ver el Sol, por lo que el movimiento diurno se produce en sentido horario, hacia la derecha, mientras que en el hemisferio sur es totalmente al revés, y el movimiento diurno se producirá en el sentido antihorario.

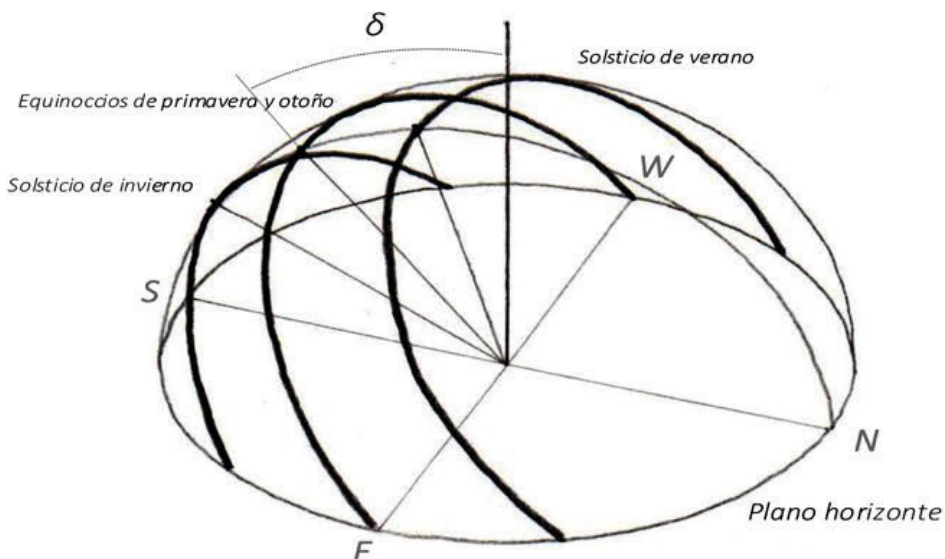


Fig.17. Trayectorias solares sobre la bóveda celeste en un punto de la zona templada.

## 2.4. REPRESENTACIÓN DEL MOVIMIENTO SOLAR.

Las trayectorias solares sobre la bóveda celeste están representadas gráficamente a través de cartas solares usando los valores angulares calculados, siendo una herramienta muy útil para definir la dirección de los rayos del Sol sobre un punto concreto terrestre. Hay varios tipos pero todas se basan en una lista de simplificaciones acerca de la mecánica del movimiento del Sol, estas bases afirman lo siguiente:

- Representación de la Tierra como una esfera perfecta de radio  $R$ .
- El Sol se concibe como una masa puntual y su posición es definida por la posición de su centro geométrico, y siendo la distancia entre la Tierra y el Sol tan grande, que la incidencia de la radiación solar se concibe como un haz de rayos paralelos sobre el planeta.
- El centro del globo terráqueo coincide con el centro de gravedad del sistema Sol-Tierra.
- La trayectoria solar sobre la bóveda celeste se representa como una circunferencia perfecta y la velocidad de desplazamiento del Sol sobre ella es constante.
- El valor de declinación se considera constante a lo largo del día.
- El efecto de adelanto y retraso sobre la hora en el momento en el que el Sol pasa sobre el meridiano del lugar se considera despreciable.
- Los efectos que pueda ocasionar la refracción atmosférica sobre la dirección de la radiación solar incidente se considera también despreciable.

La carta solar se elabora a partir de la proyección de las trayectorias sobre la bóveda celeste, se suelen utilizar las trayectorias correspondientes a los equinoccios (22 de marzo y 22 de septiembre) y a los solsticios (22 de junio y 22 de diciembre), e interpola para el resto de fechas. Se toma de valor las 12:00h en el punto de la trayectoria que esta en el meridiano del lugar y se mide desde ese punto distancias angulares de  $15^\circ$ .

En arquitectura suelen emplearse tres tipos de cartas solares, la de Fischer, la estereográfica y la cilíndrica.

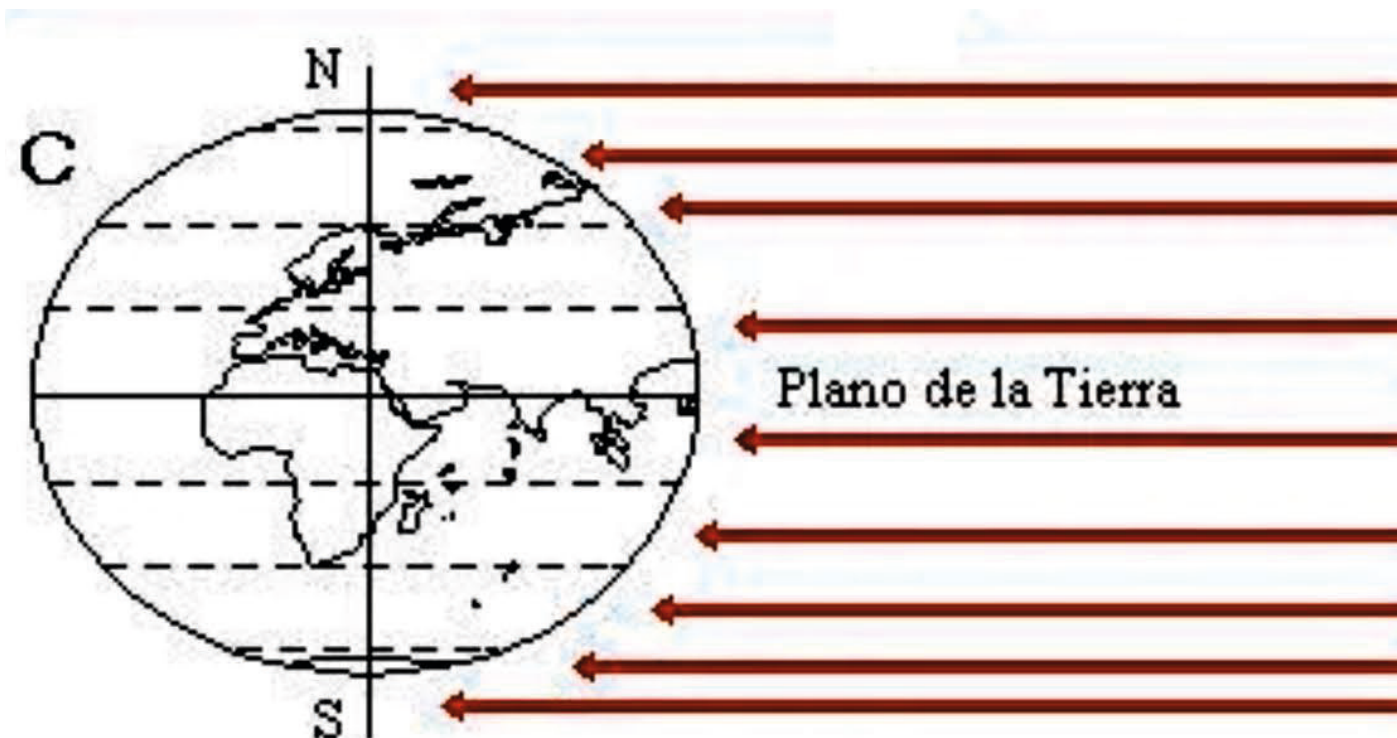


Fig.18. Esquema de la Tierra y las trayectorias solares atendiendo a las simplificaciones.

### 2.4.1. CARTA SOLAR DE FISCHER.

Representación de las trayectorias del Sol de la bóveda celeste correspondiente a un punto específico de observación en sistema diédrico, a través de una proyección ortogonal sobre dos planos

ortogonales entre sí y que además se intersecan. Primero se trazan los recorridos de los solsticios y equinoccios como si fueran círculos contenidos en planos paralelos que se proyectan en planta como elipses, los demás meridianos son obtenidos por abatimiento.

Una vez trazada en planta y alzado la bóveda celeste, se deducen los datos del vector solar en una hora y día específicos. Estas proyecciones del vector solar se trasladan al dibujo del que se necesite saber el resultado de la acción del Sol, se ha de saber la dirección del Norte respecto de la dirección de donde se mide el azimut del vector.

La carta solar de Fischer para nuestro proyecto con latitud  $f=37^\circ$ , correspondiente a Córdoba, se representa gráficamente en planta y alzado a continuación.

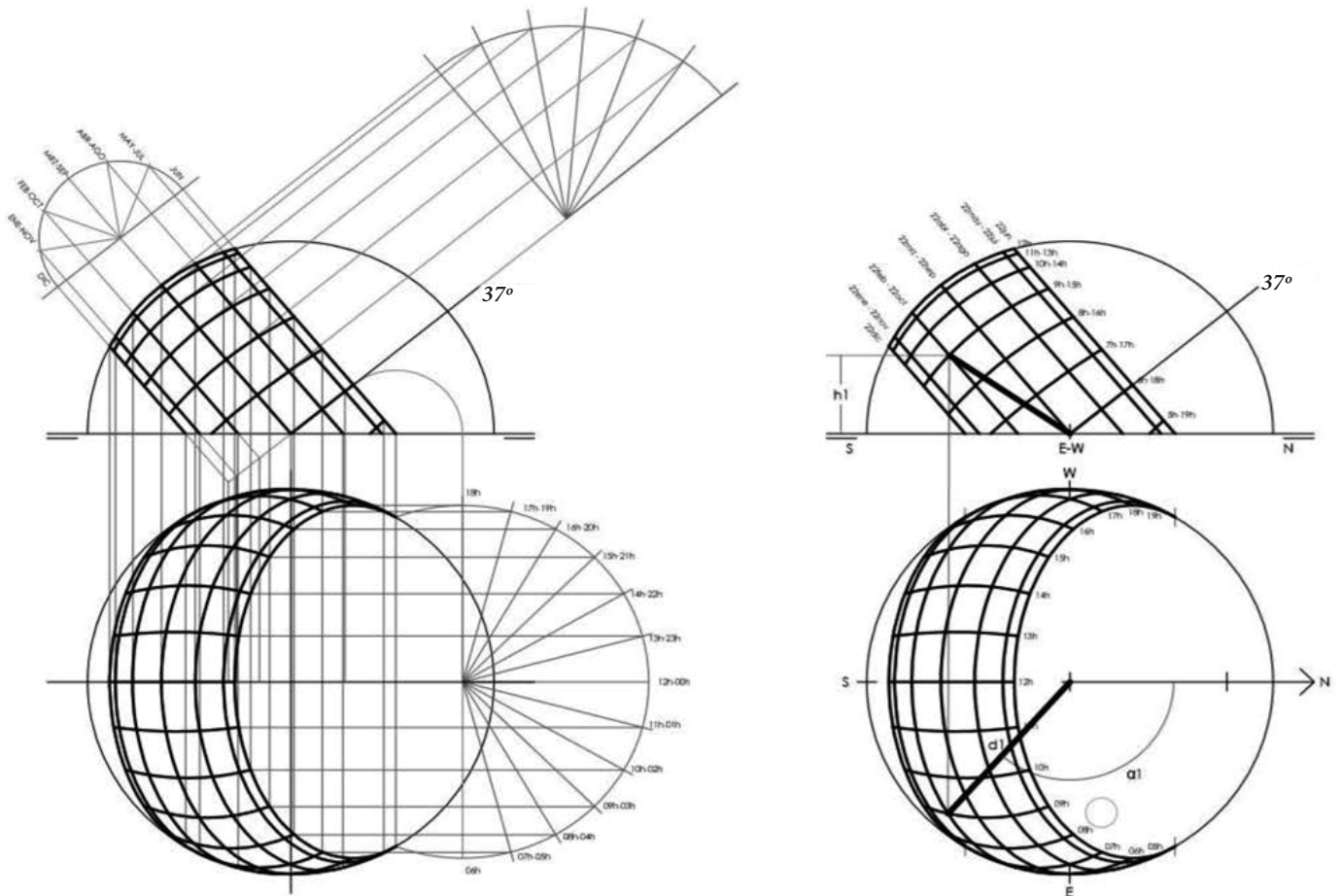


Fig.19. Elaboración de carta solar de Fischer para Córdoba, latitud  $f=37^\circ$ .

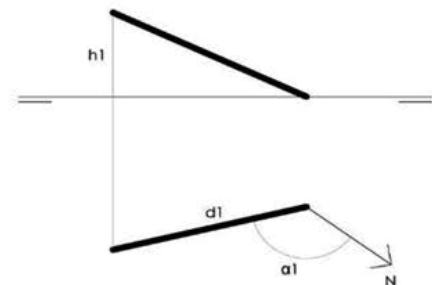
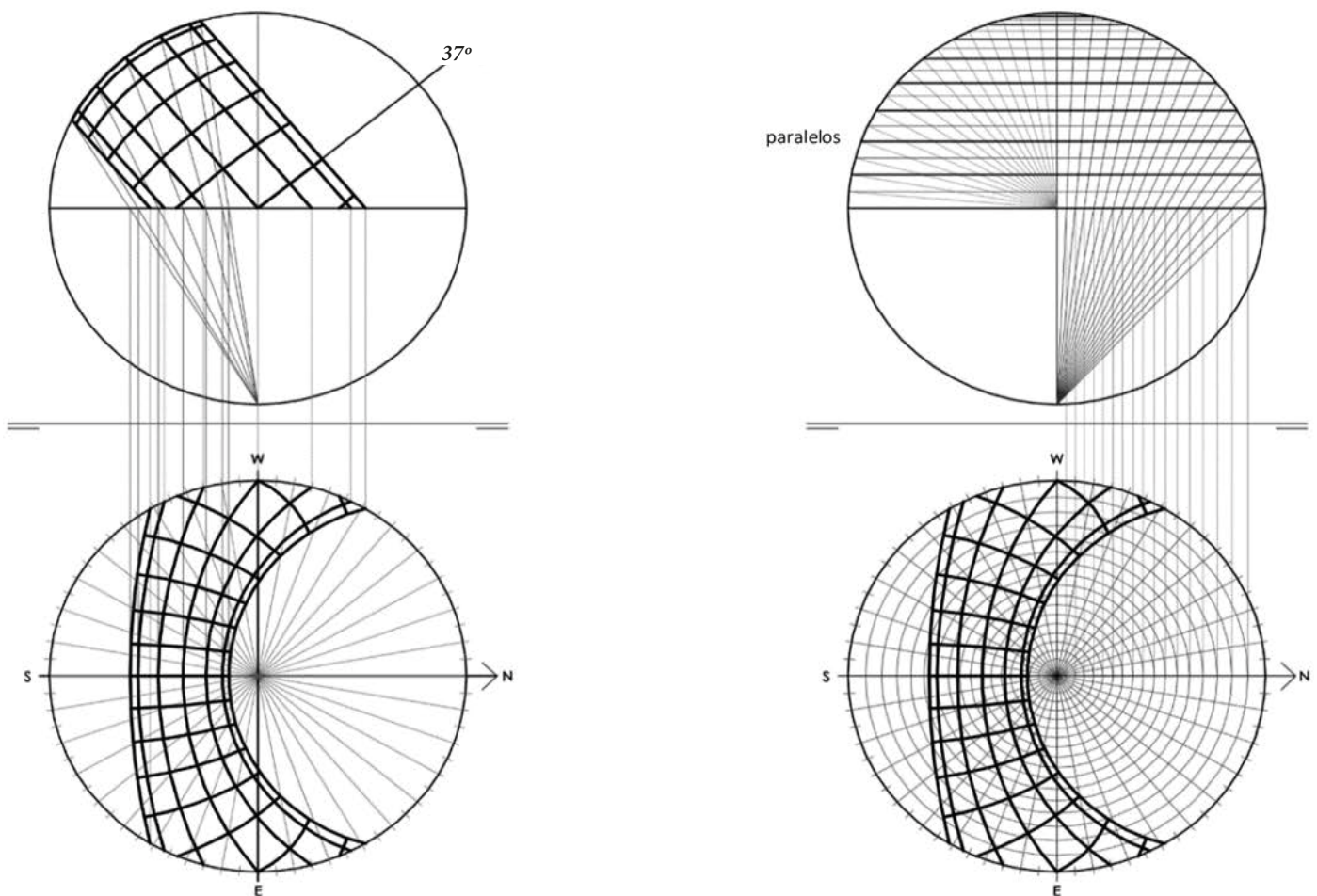


Fig.20. Cálculo del vector solar para las 09:00 horas del día 22 de Octubre, latitud  $f=37^\circ$ .

### 2.4.2. CARTA SOLAR ESTEREOGRÁFICA.

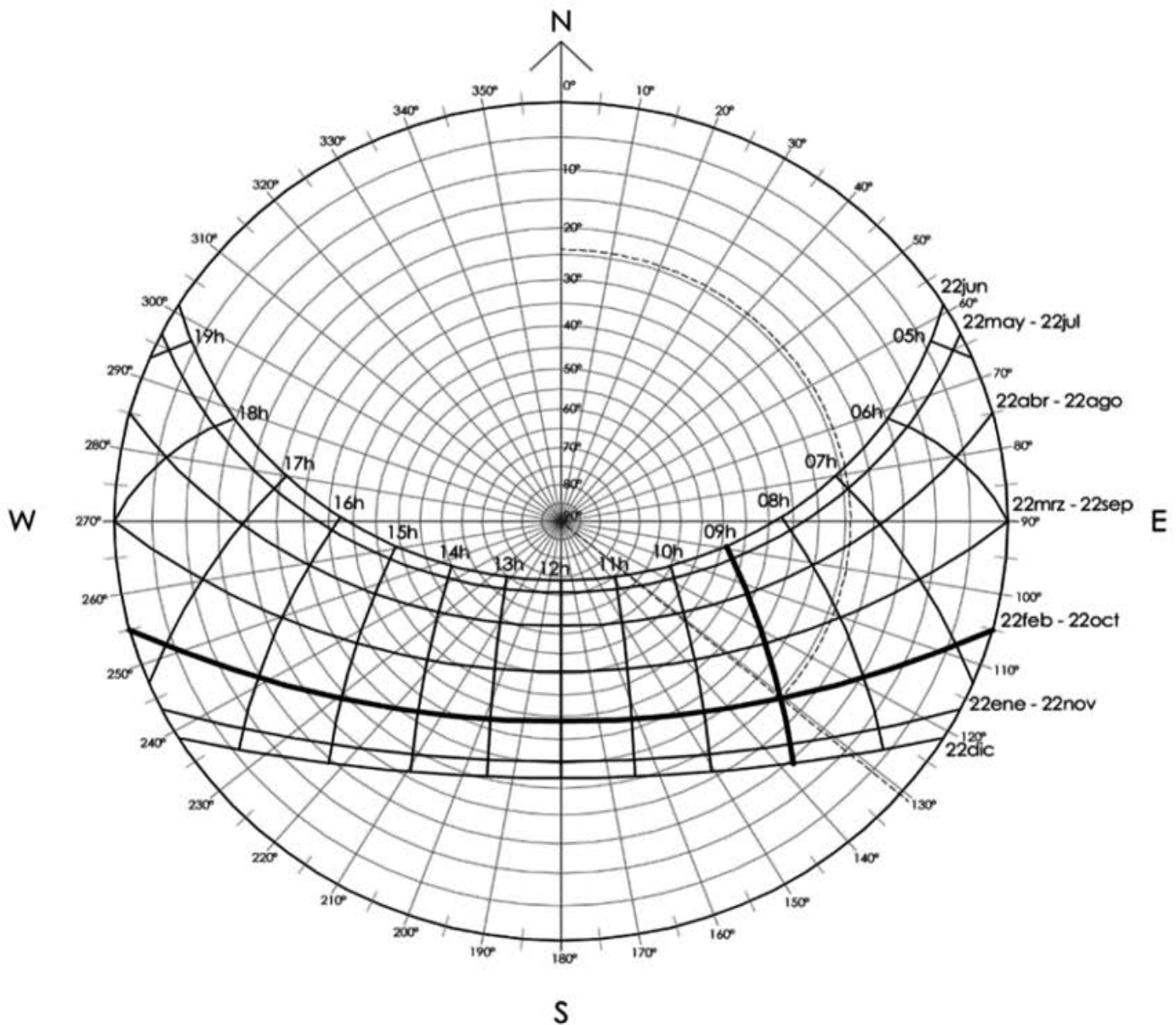
Representación de los puntos posicionados en la superficie de la bóveda celeste sobre el plano horizontal a través de su proyección cónica desde un punto de la propia esfera. El alzado se produce de la misma manera que en la carta de Fischer, fugando los puntos los cuales definen las trayectorias solares y proyectándose sobre el plano. Cuando se obtienen estas trayectorias horarias y mensuales por abatimiento y proyección cónica, los paralelos son proyectados de forma estereográfica. Esta carta se trata de un diagrama lineal, entre estas líneas se debe encontrar las que pertenecen al día y la hora a estudiar y así se puede obtener el punto donde interseccionan y así unirlo con el punto central de la carta. Si esta nueva línea se prolonga, cruzara a la circunferencia exterior donde se encuentra el valor angular azimut, este punto de corte representa el valor de la altura sobre el horizonte cuando se traslada al eje Norte.

Hay que acordarse que la hora solar sobre el meridiano de la zona y la hora civil no son las mismas, y esta diferencia varía entre invierno y verano, sabiendo esto, se procede a crear la carta estereográfica para una latitud  $f=37^\circ$ , correspondiente a Córdoba, se obtendrá las coordenadas angulares del azimut y la altura sobre el horizonte para así definir la dirección de un vector solar concreto.



*Fig.21. Elaboración de carta solar estereográfica para Córdoba, latitud  $f=37^\circ$ .*

Una vez obtenida la carta solar estereográfica se procede a calcular el vector solar para una hora y fecha particulares, sabiendo la latitud, el azimut y la altura sobre el horizonte.



*Fig.22. Cálculo del vector solar para las 09:00 horas del día 22 de octubre, latitud  $f=37^\circ$ , azimut  $\alpha=131^\circ$  y altura sobre el horizonte  $h=24^\circ$ .*

### 2.4.3. CARTA SOLAR CILÍNDRICA.

Representación de las trayectorias del Sol de la bóveda celeste, trazadas sobre un cilindro de revolución donde el eje del cilindro y la altura del lugar son coincidentes, siendo también tangente a la bóveda celeste en el círculo del horizonte. A través de un sistema de proyección cónica, teniendo el centro de proyección y el centro geométrico de la bóveda celeste en la misma posición, se puede proyectar en la superficie interior del cilindro cualquier punto situado en la bóveda celeste. Después se debe desarrollar el cilindro y ya se obtienen las coordenadas angulares que definen el posicionamiento del Sol en un instante determinado, se representarán en el eje de abscisas el valor del azimut( $\alpha$ ) y en el eje de ordenadas el valor correspondiente a la altura sobre el horizonte( $h$ ).

Se ejecuta la carta solar cilíndrica, la escala del eje de abscisas se obtiene gracias al desarrollo de la circunferencia del cilindro tangente a la bóveda. En el eje de ordenadas, la escala lineal esta deformada por el valor de la tangente del ángulo que esta representando, debido a esto sería imposible

representar el punto sobre la vertical del lugar y los puntos cuya altura sobre el horizonte esté cercana al cenit.

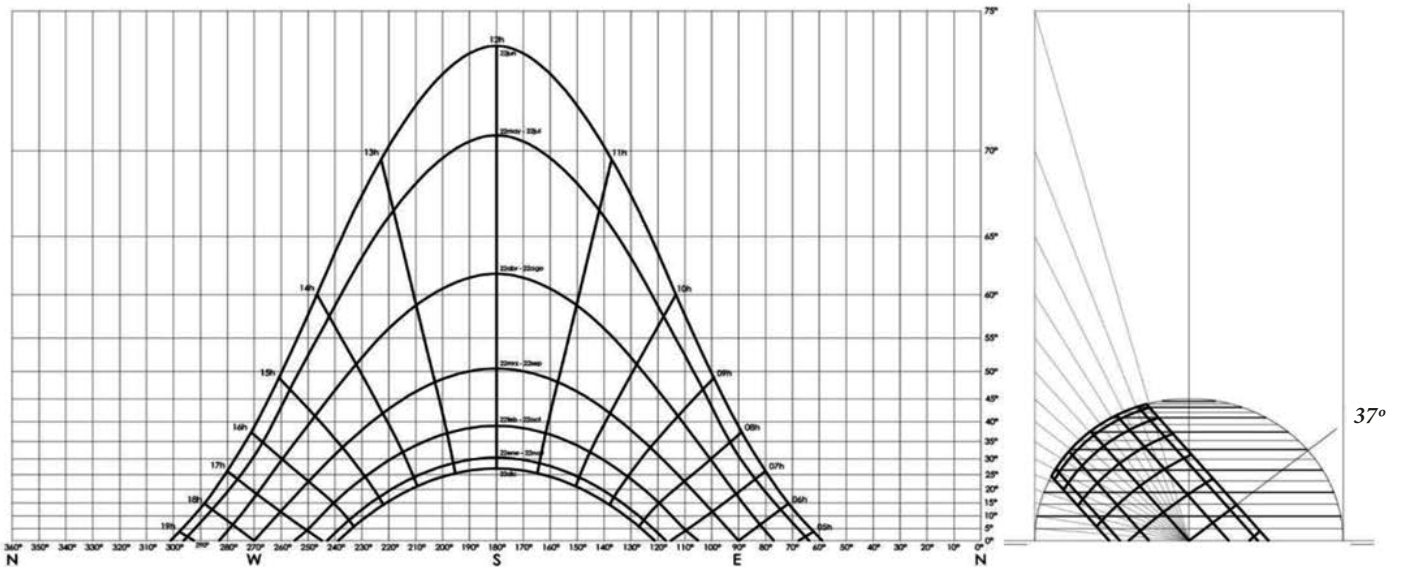


Fig.23. Elaboración de carta solar cilíndrica para una latitud  $f=37^\circ$ .

Debido a esto, se corrige la gráfica para que los valores de la altura sobre el horizonte no estén deformados por la tangente del ángulo de elevación, haciendo una distribución de manera uniforme en el rango comprendido entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , se pierde así la relación de proyección directa con la bóveda celeste pero se gana legibilidad y se facilita el proceso.

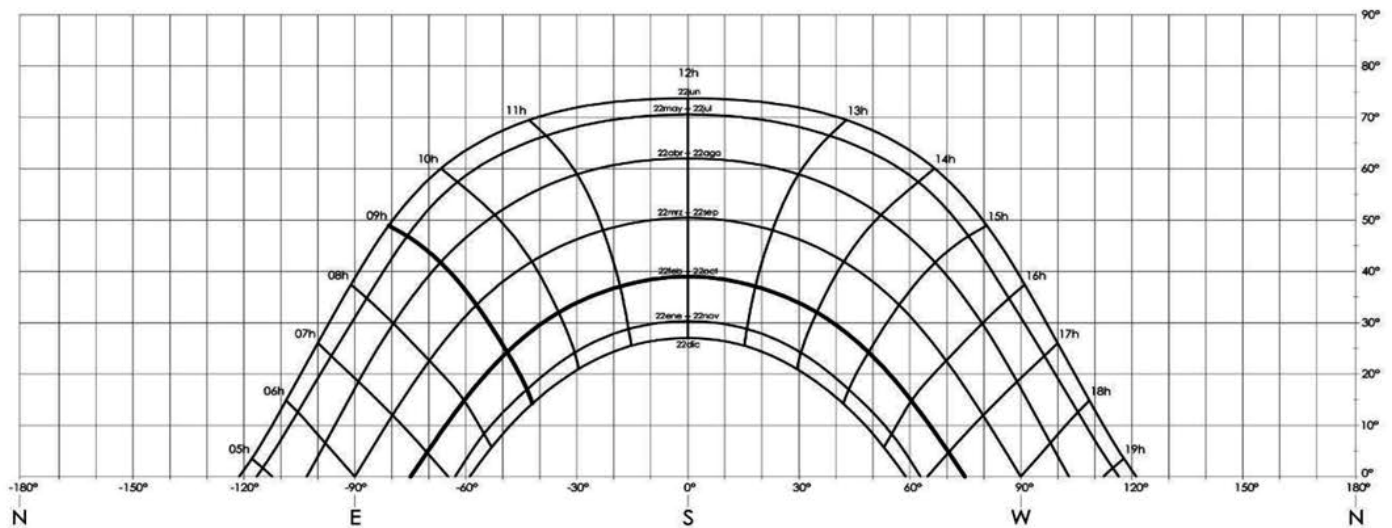


Fig.24. Elaboración de carta solar cilíndrica con distribución lineal de las alturas, para una latitud  $f=37^\circ$ .

#### 2.4.4. CÁLCULO DE OBSTRUCCIONES SOLARES.

El fin principal es analizar en qué momento en concreto se recibe o no incidencia de la radiación solar directa en un punto en concreto. Para esto se obtiene el diagrama de cálculo de obstrucciones solares de ese punto para la geometría establecida, se deberá producir una carta solar para dicha ubicación y se deberá generar también la imagen del entorno, ambas tendrán el mismo punto de observación y el mismo sistema de proyección cónica.

Se superpone la porción de cielo visible con la proyección de la geometría, así podremos ver y representar las obstrucciones solares producidas por la geometría del entorno sobre el punto. El resto de puntos del diagrama que no quedan superpuestos representan los intervalos de tiempo dentro de

un año en el que la incidencia directa de la radiación solar nos afecta sin interferencia del entorno.

Para llevar a cabo este procedimiento, la carta solar estereográfica es la que mejor se ajusta a las necesidades del cálculo de obstrucciones solares ya que aunque la carta solar sea la misma para cualquier punto en el entorno, la imagen proyectada por los objetos varía según el punto de observación.

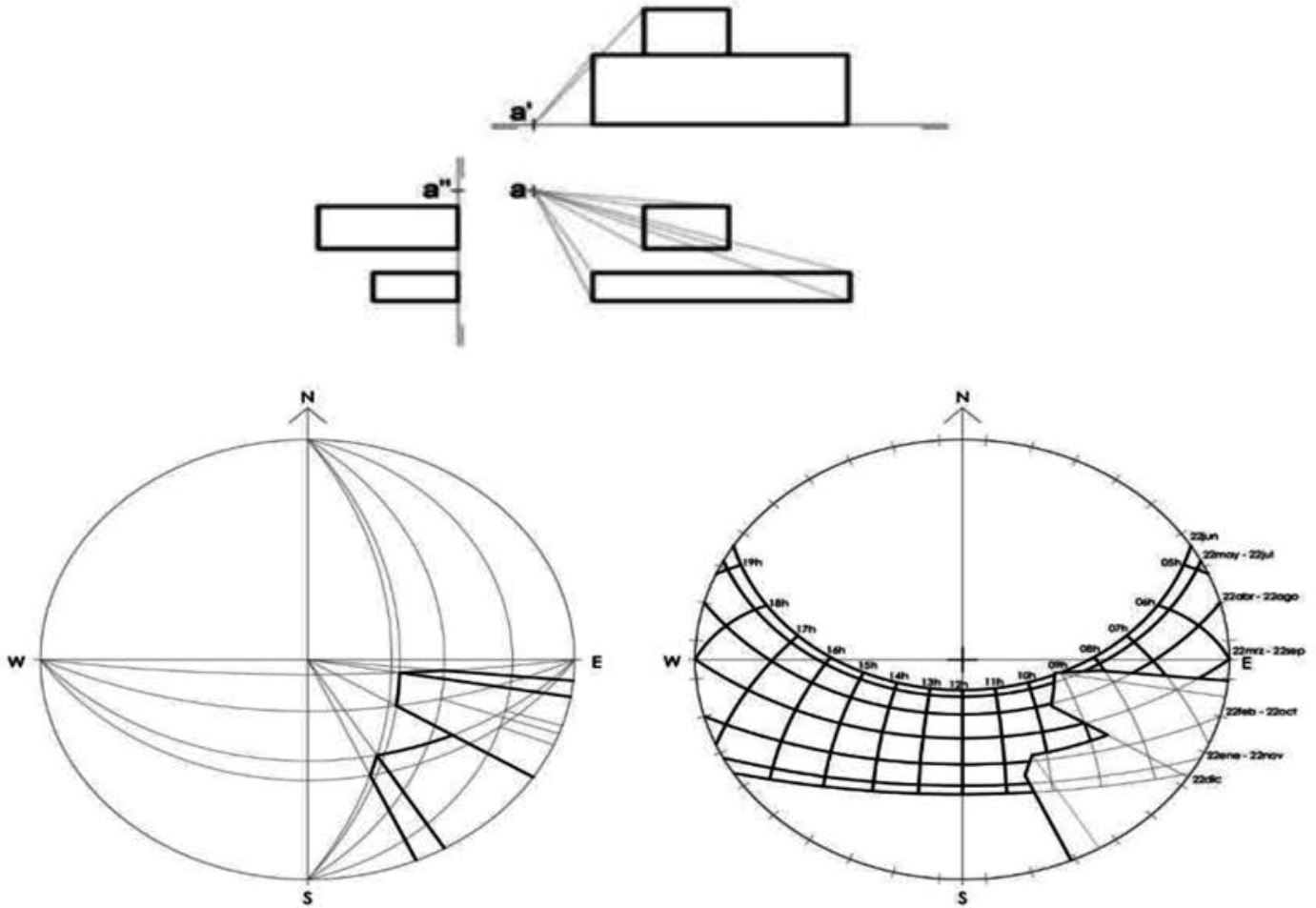


Fig.25. Superposición de imágenes y diagrama estereográfico de obstrucciones solares del punto a, objeto de estudio, para una latitud  $f=37^\circ$ .

#### 2.4.5. EL MÉTODO DE LOS PLANOS LÍMITE.

Este método permite analizar la geometría del objeto estudiado y cómo esta afecta la entrada de la radiación solar por el hueco. Se analiza el comportamiento de los planos que limitan el objeto respecto del Sol, siendo proyectados a través del mismo sistema de representación que las cartas solares, acotando en ellas los periodos anuales en los que la radiación solar incide sobre la superficie a estudiar.

Primero se define la geometría del objeto, para después representar los planos que impiden la recepción de radiación solar en proyecciones estereográficas para así superponerlas en una misma carta. Si el área no está sombreada entonces se trata de los periodos anuales en los que la radiación solar entra a través del hueco, siendo acotadas las direcciones de la radiación procedente.

A la hora de definir y representar estos planos límites, se debe tener en cuenta el plano vertical de la geometría del hueco es representado en proyección estereográfica como una recta diametral con azimut coincidente con el azimut del plano.

También se debe saber que un plano horizontal en la geometría del hueco es igual a un plano inclinado sobre la horizontal con azimut coincidente con el de la pared contenedor del hueco y es representado en proyección estereográfica como un arco de circunferencia.

Este método resulta un utensilio muy útil para el diseño de protecciones solares ya que se sabe de antemano los periodos en los que la radiación solar incidirá sobre los vidrios que están resguar-



dados bajo las protecciones.

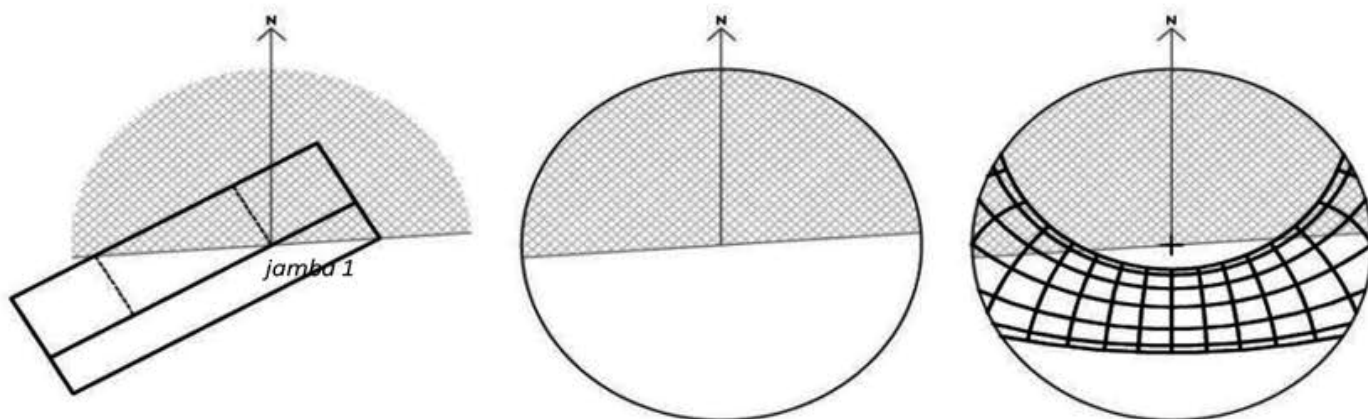


Fig.26. Definición, representación en proyeccion estereográfica y superposicion sobre la carta estereográfica del plano límite 1.

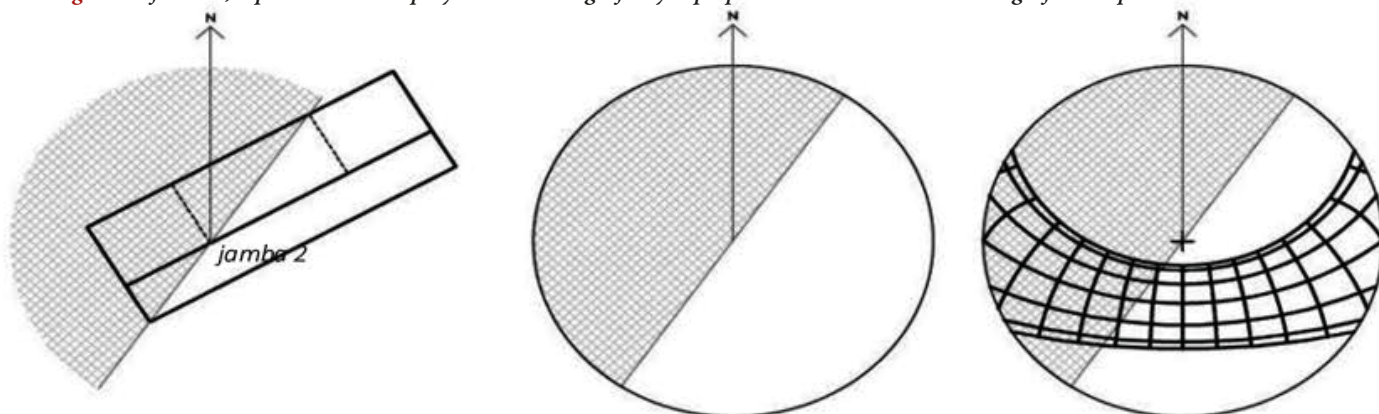


Fig.27. Definición, representación en proyeccion estereográfica y superposicion sobre la carta estereográfica del plano límite 2.

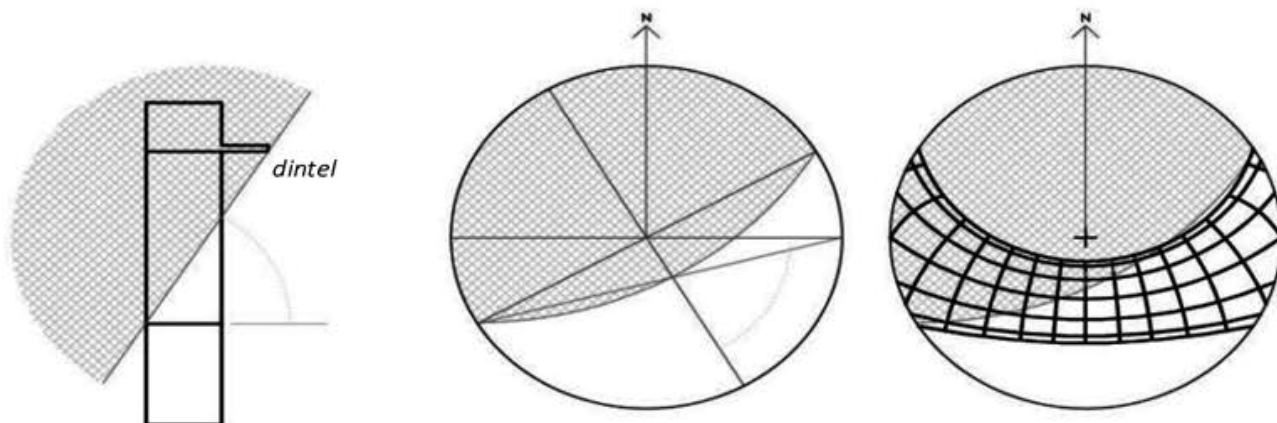


Fig.28. Definición, representación en proyeccion estereográfica y superposicion sobre la carta estereográfica del plano límite 3.

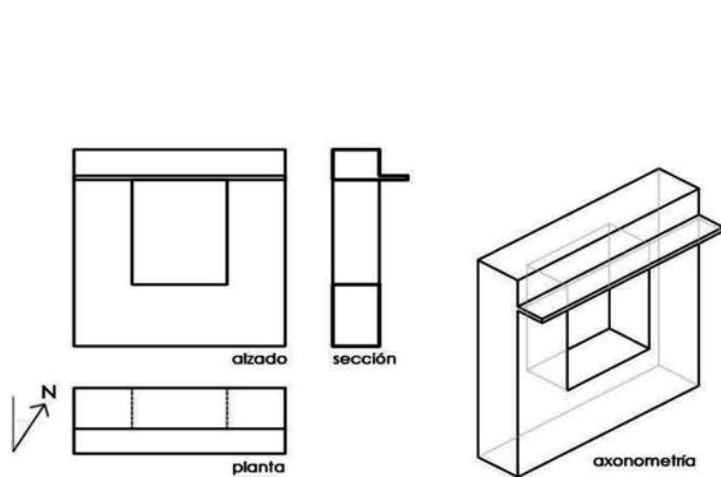


Fig.29. Definición geométrica del objeto de estudio.

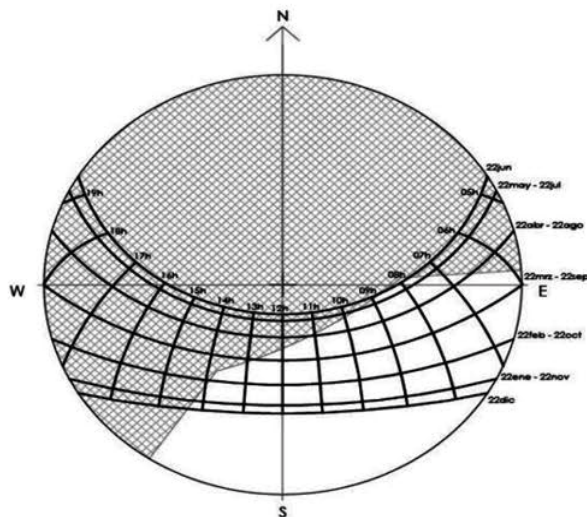


Fig.30. Delimitación de los periodos de insolación.

## 2.5. DISEÑO DE PROTECCIONES SOLARES.

Cuando hablamos de protecciones solares hablamos de un sistema localizado en las fachadas de los edificios con el propósito de poder gestionar la incidencia de la radiación solar. Esta gestión se centra sobre todo en controlar la iluminación en el interior de las estancias, y en controlar el aporte de calor que se produce en cada época del año.

Si se consigue la entrada de incidencia solar favorable a la vez que se bloquea la entrada de la desfavorable se consigue evitar sobrecalentamiento, reduciendo el consumo de energía sin que esto afecte al confort en el interior.

Se puede conocer la relación entre las variables térmicas del lugar y los parámetros de confort humanos gráficamente gracias a los climogramas o diagramas bioclimáticos.

Se utilizan áreas de bienestar y estrategias correctivas sobre diagramas psicrométricos para reflejar la interacción anterior, se debe especificar un rango de valores de temperatura y humedad relativa dentro de los límites normales de confort térmico.

### 2.5.1. EL MÉTODO DE LOS PLANOS LÍMITE.

El ábaco psicrométrico de Givoni está fundamentado en el Índice de Tensión Térmica (ITS) para obtener la zona de bienestar. A través del ITS se puede analizar las condiciones térmicas de un sitio con los parámetros ambientales de humedad relativa (HR), tensión de vapor (Pv) y temperaturas de bulbo seco (T) y bulbo húmedo (Tbh), siendo la propia edificación un parámetro variable.

El siguiente paso es delimitar zonas sobre la carta de Givoni, existe un polígono denominado zona de confort, que se trata de un área donde el bienestar es admisible siempre que no haya radiación directa en su interior. El resto de áreas que la rodean indican sistemas correctores a implementar para poder corregirlas y poder asemejarse más a la zona de confort.

Normalmente existe un rango de temperatura de confort comprendido entre 20° y 26°, para la humedad relativa este rango de confort está entre 20% y 80% (para las temperaturas anteriores), si los datos se desvían de esos valores se deben plantear medidas correctoras para alcanzar la zona de confort.

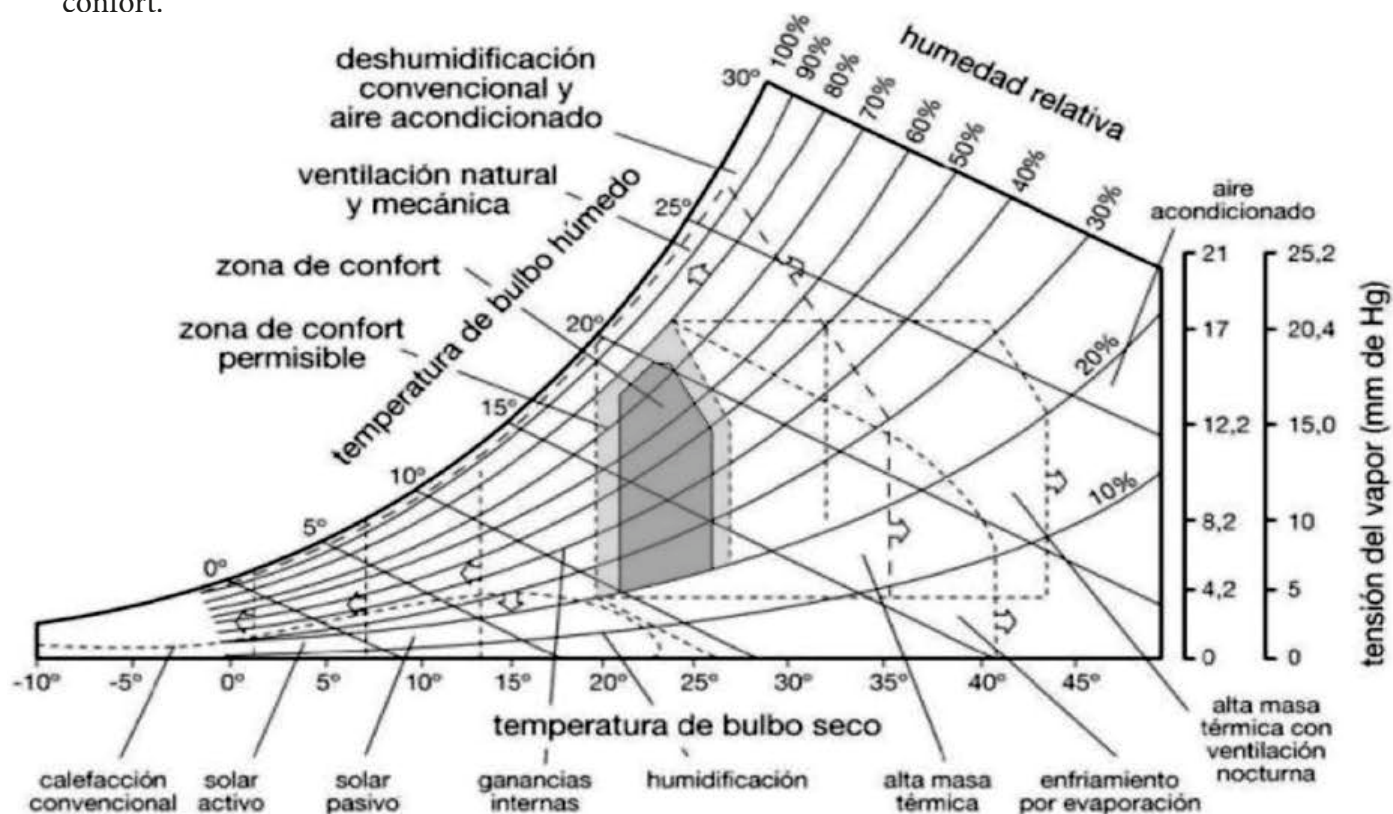


Fig.31. Carta bioclimática de Givoni.

Si incorporamos las condiciones climáticas del entorno sobre la carta de Givoni, esta sirve de utensilio para saber qué estrategias bioclimáticas a establecer según las condiciones higrotérmicas del edificio en una época determinada del año y saber establecer las zonas de posible corrección por radiación, efecto del viento, refrigeración evaporativa o inercia térmica.

### 2.5.2. OBJETIVOS Y FUNCIONES DE LAS PROTECCIONES SOLARES.

La función principal de las protecciones solares es responder adecuadamente a las condiciones de iluminación natural evitando deslumbramientos debidos al sol rasante directo, en el amanecer y atardecer, y la segunda es saber hacer frente a la insolación, facilitando la ganancia térmica por insolación cuando sea necesaria, y del mismo modo bloquearla cuando no sea necesaria.

Se puede saber si esta radiación solar directa sobre la fachada es favorable o desfavorable trazando isopletas de temperatura, que son líneas que encierran puntos de igual temperatura sobre la carta estereográfica del sitio. La isopleta de 20° discrimina la incidencia de radiación directa, porque para temperaturas iguales o superiores a 20° esta incidencia puede producir ganancia térmica no deseada, y así producir sobrecalentamiento. Para temperaturas inferiores a 20° la incidencia se considera como favorable.

Debido a esto la isopleta de 20° se grafía sobre la carta solar estereográfica que se utiliza para el diseño de protecciones solares, separando las trayectorias de la bóveda celeste en dos áreas, la zona de captación solar que es favorable y la zona de protección solar que es desfavorable y es la que debe ser bloqueada por las protecciones solares.

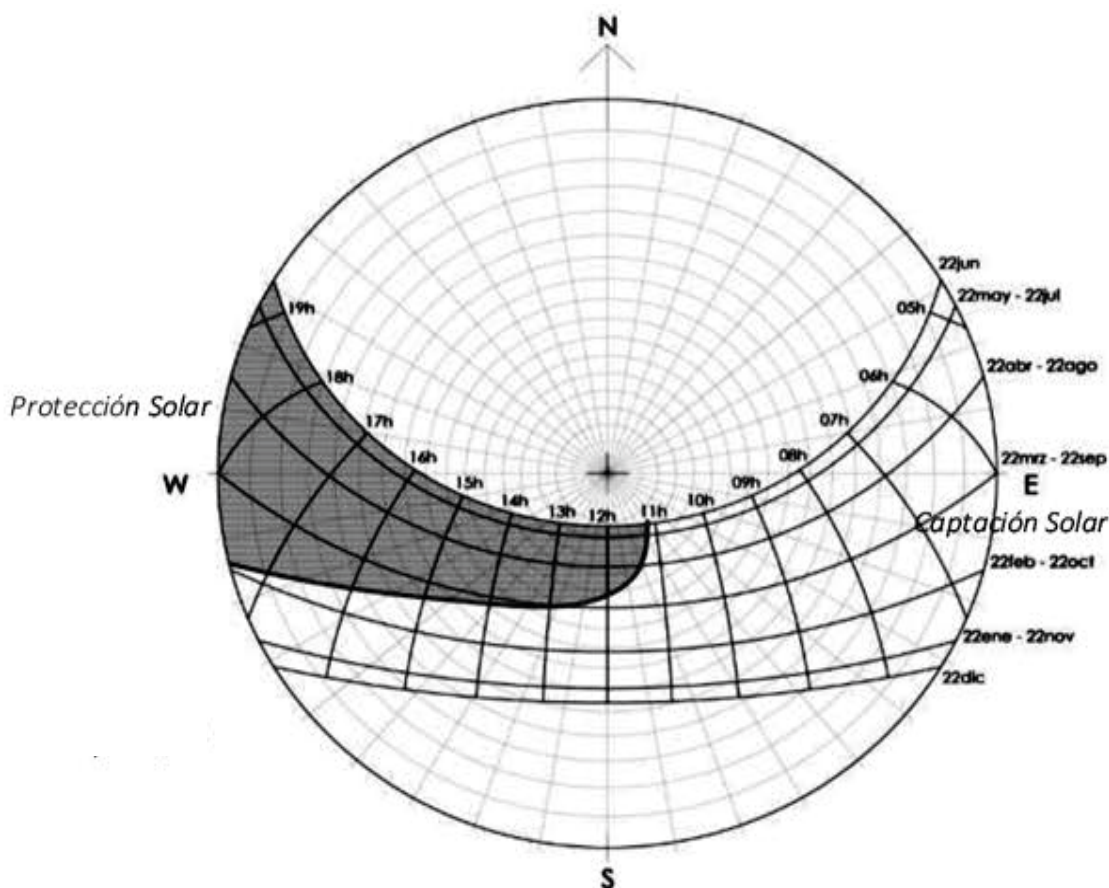


Fig.32. Isopleta de 20° sobre la carta estereográfica para latitud  $f=37^\circ$ .

### 2.5.3. ACCESO AL SOL.

La energía solar producida por la incidencia de radiación solar sobre la envolvente de nuestra arquitectura puede ayudar a conseguir las condiciones de temperatura interior de confort, dependiendo de la isopleta 20° y del periodo anual en el que nos encontramos.

En invierno la entrada de la luz solar a través de la envolvente condiciona directamente a la aplicación de las estrategias de captación solar sin aporte energético adicional. Mientras tanto el nivel de exposición a la trayectoria de la radiación solar de cada parte que forma parte de esta envolvente es lo que condiciona la estrategia de protección solar.

Antes de aplicar cualquier estrategia de captación o protección se debe estudiar la orientación de la parcela, la ubicación, la orientación de cada fachada y su entorno inmediato. Una vez calculados estos datos se podrá estudiar el aprovechamiento de la energía solar y deducir necesidades de protección.

### 2.5.4. CÁLCULO DE ACCESO AL SOL MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO PROPUESTO EN DB HE.

Dentro del CTE encontramos un apartado denominado Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras, en los puntos 3.6 del HE4 y 3.4 del HE5, con esto podremos calcular las pérdidas de radiación solar experimentadas por una superficie por causa de las sombras circundantes, estas se expresarán como un porcentaje dentro de la radiación solar global que es un supuesto donde no hay ninguna sombra proyectada sobre la superficie.

Se basa en el cálculo de obstrucciones solares, básicamente lo que se hace es una comparación entre el perfil de obstáculos y el diagrama de trayectorias solares a través de una superposición de ambas imágenes proyectándose cónicamente, el resultado obtenido es solamente válido en el punto considerado.

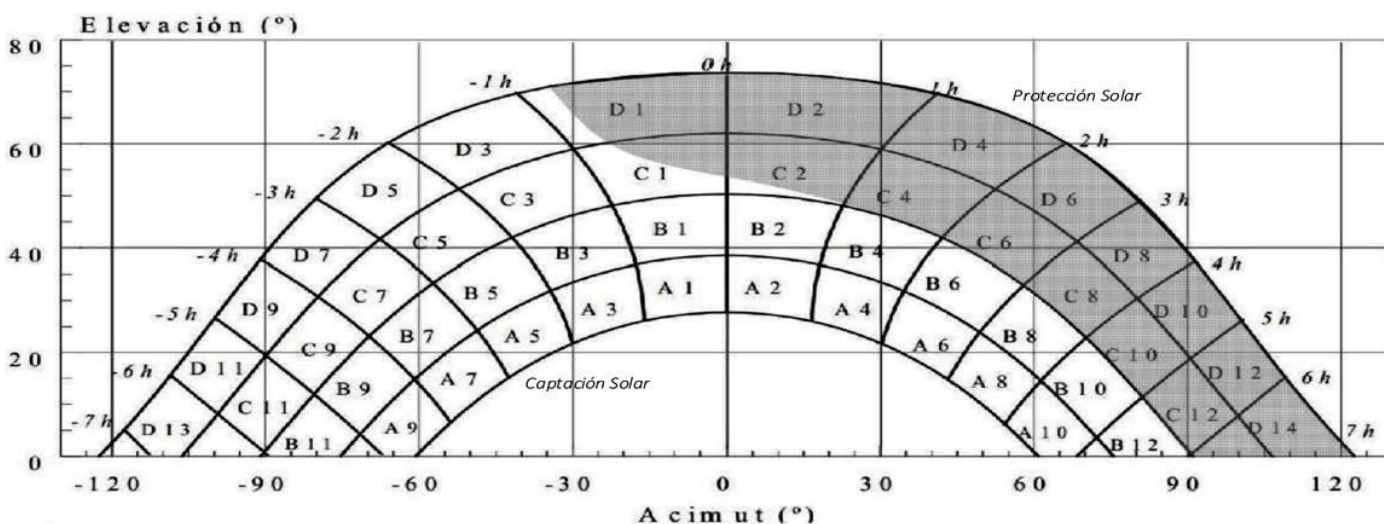


Fig.33. Carta Solar cilíndrica válida para localidades de la Península Ibérica y Baleares, figura 3.4 CTE HE5 (reinterpretada) (p.HE5-10).

Dentro del diagrama de la figura 3.4 CTE HE5 se puede observar grafiada sobre una carta estereográfica cilíndrica con distribución lineal de alturas una banda de trayectorias solares dentro de la península durante todo el periodo anual. La banda se subdivide en porciones que responden a diferentes horas solares (de signo negativo antes del mediodía y de signo positivo después del mediodía), su nomenclatura viene dada por una letra y un número, y se puede apreciar la distinción entre la zona

de captación solar y la zona de protección solar que esta sombreada.

Una vez superpuestos el perfil de obstáculos sobre las trayectorias solares, se puede saber que existirá una pérdida de irradiación cada vez que una de las porciones quede interceptada por el perfil de obstáculos. Dicha superposición produce una imagen mostrando la porción de bóveda celeste visible desde el punto de estudio, esto da la posibilidad de anticiparse sabiendo si se tiene delante una situación favorable o desfavorable.

Cuando se requiere hacer el análisis de acceso al sol, se dirigen las necesidades de cuantificación a decidir si los superficies proyectadas reciben radiación solar cuando esta es necesaria para poder aplicar las estrategias de Captación Solar en caso de que sea carga térmica favorable, o para aplicar las estrategias de Protección Solar si se trata de carga térmica desfavorable.

Reinterpretando la figura 3.4 CTE HE4 se puede estudiar el soleamiento de las fachadas para cada una de las orientaciones, se analiza la orientación de cada una de las fachadas y se obtiene las siguiente conclusiones para una latitud  $f=37^\circ$ .

En la fachada Norte no es posible el aprovechamiento mediante la estrategia de Captación Solar, aun así esta orientación es recomendable para la introducción de luz natural indirecta en el edificio, ya que permite la entrada de luz indirecta constante, en nuestro edificio esta orientación se aprovecha mediante el diseño de lucernarios.

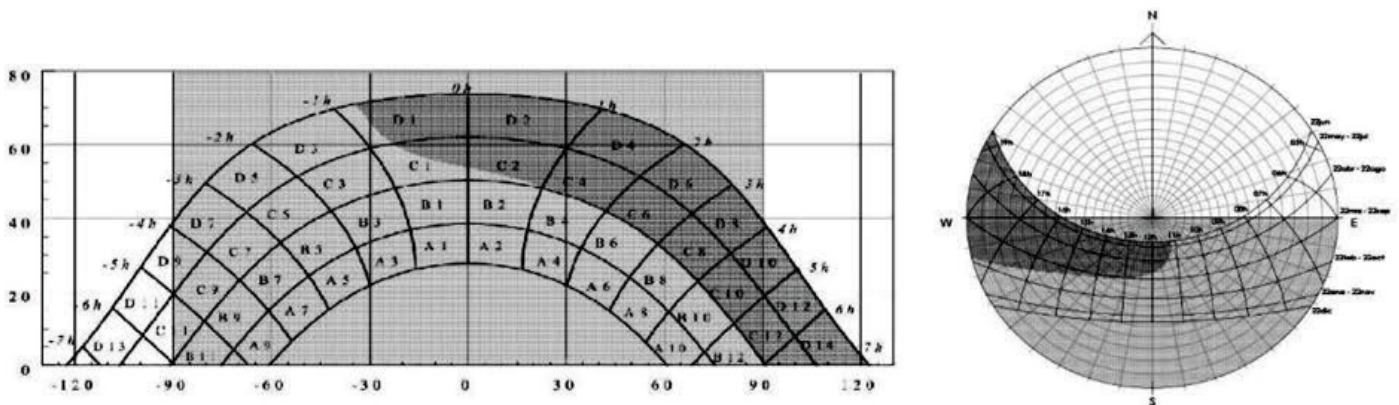


Fig.34. Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Norte.

En la fachada Este nos encontramos con una cantidad suficiente de radiación para aplicar las técnicas de Captación Solar al mismo tiempo que no son casi necesarias las medidas de Protección Solar.

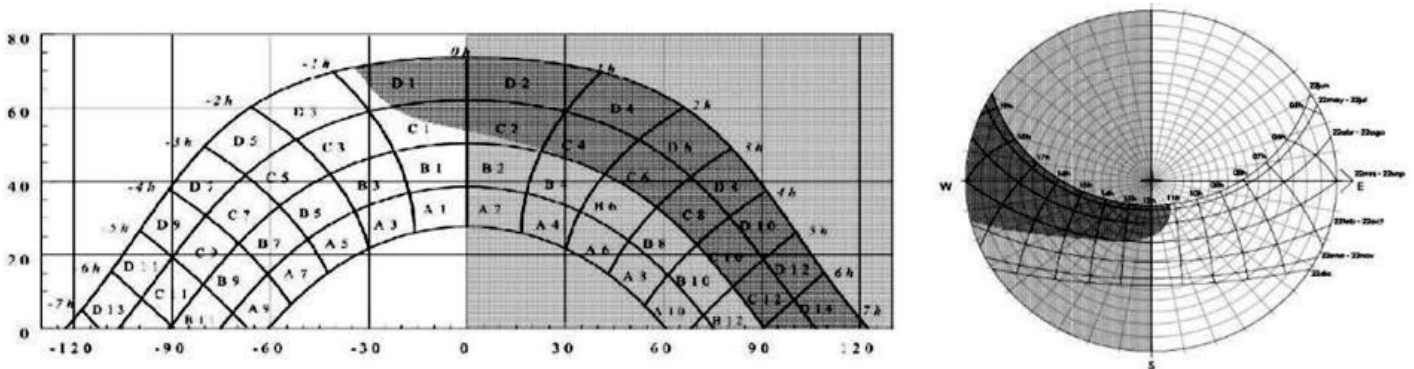


Fig.35. Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Este.

En la fachada Sureste se recibe casi tanta cantidad de radiación como en la fachada Sur, por lo que es muy adecuada para las estrategias de Captación Solar. Esta orientación solventa la radiación del

poniente de manera más efectiva por lo que las estrategias de Protección Solar no son tan necesarias.

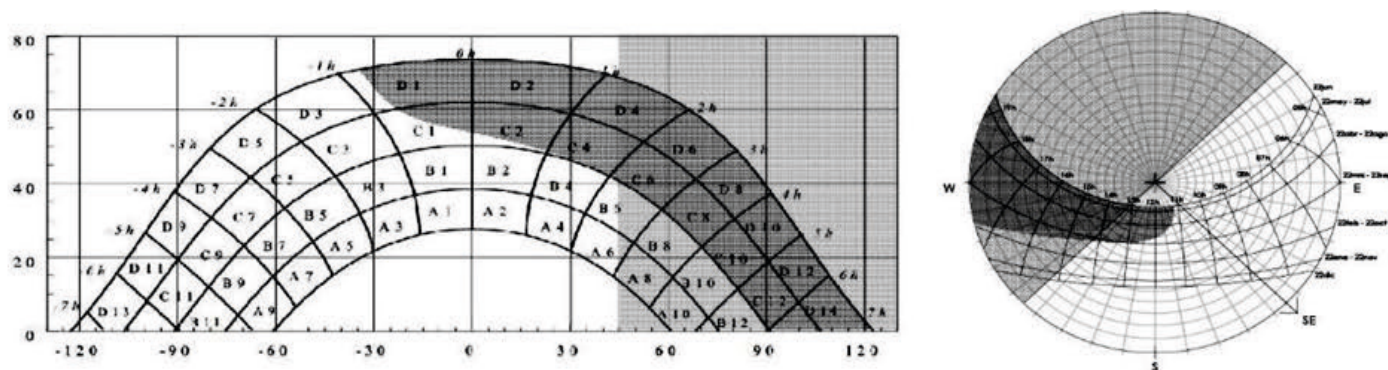


Fig.36. Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Sureste.

En la fachada Sur se recibe casi toda la radiación disponible, por lo que es la más adecuada para aplicar las técnicas de Captación Solar, pero hay que tener en mente las de Protección Solar también para no tener sobrecalentamientos.

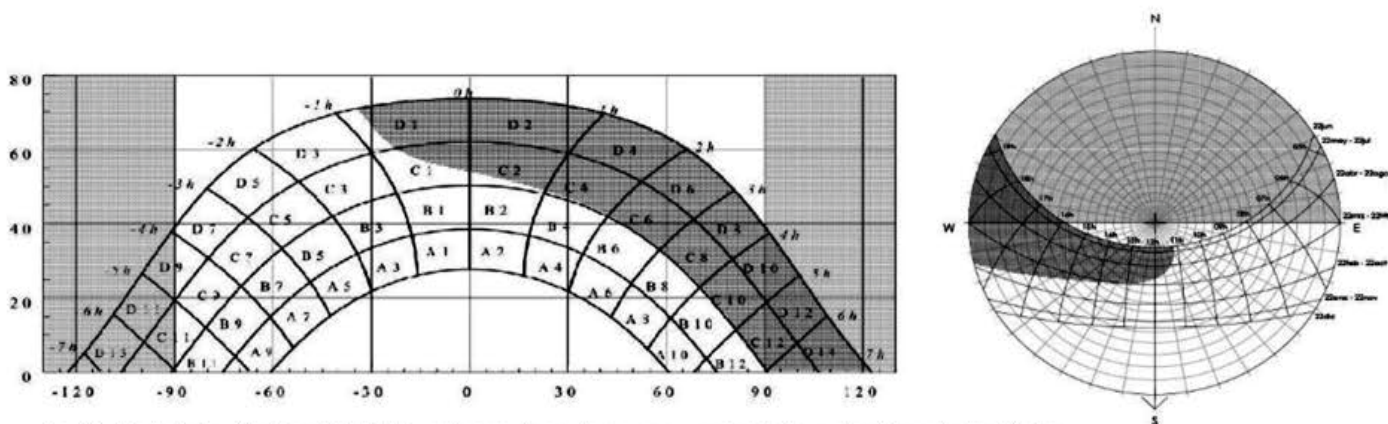


Fig.37. Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Sur.

En la fachada Suroeste se concentra toda la radiación desfavorable y es necesaria aplicar las estrategias de Protección Solar y así hacer frente al sobrecalentamiento. Aun así también recibe gran cantidad de radiación favorable por lo que las técnicas de Captación Solar también serán beneficiosas.

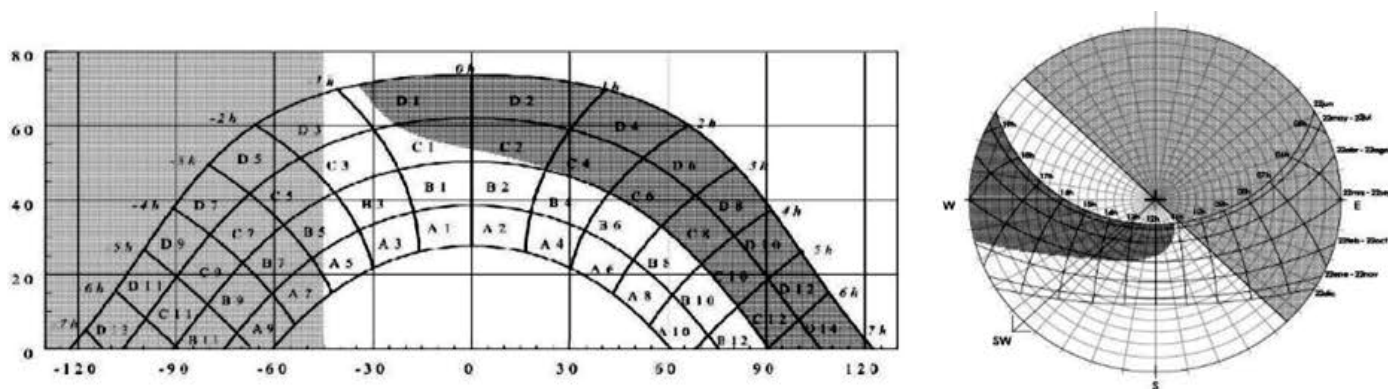


Fig.38. Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Suroeste.

En la fachada Oeste es muy poco aconsejable el uso de técnicas de Captación Solar, ya que los sectores favorables apenas existen y la radiación desfavorable es muy abundante, por lo que se requerirá de estrategias de Protección Solar para hacer frente a sobrecalentamientos.

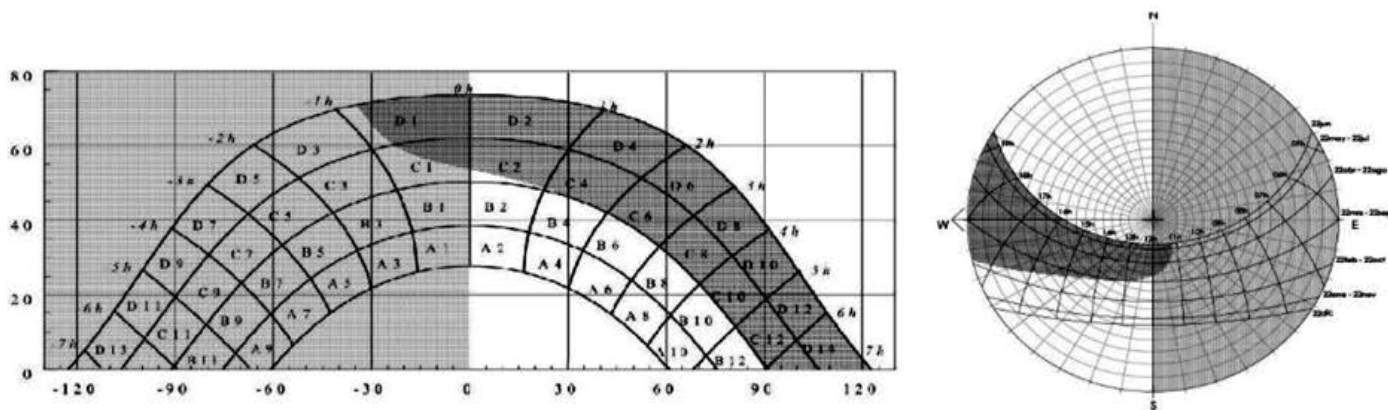


Fig.39. Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Oeste.

Este método es también usado para el diseño de tramado urbano, ya que la trama urbana condiciona la existencia de puntos concretos donde la radiación solar es más abundante. La geometría de la edificación es muy importante, las áreas con edificación abierta son más permeables al sol, a cota cero reciben más radiación que por ejemplo una trama urbana perteneciente al centro histórico de la ciudad.

### 2.5.5. MÁSCARAS DE SOMBRAS.

El cálculo de estas resulta muy útil a la hora de diseñar protecciones solares, ya que así se conoce previamente los periodos con más incidencia de radiación solar sobre la fachada del edificio.

Se basa en el método de planos límite y con ello se podrá estudiar la geometría de un hueco y cómo éste condiciona la entrada de la radiación solar al interior.

Se comienza proyectando la geometría del hueco y de las protecciones solares en caso de que existan, luego se representa estereográficamente superponiéndolas con las zonas de Captación y Protección Solar de la isopleta de 20°, registrándose así la permeabilidad del hueco en función de la posición de la esfera solar dentro de la bóveda celeste visible.

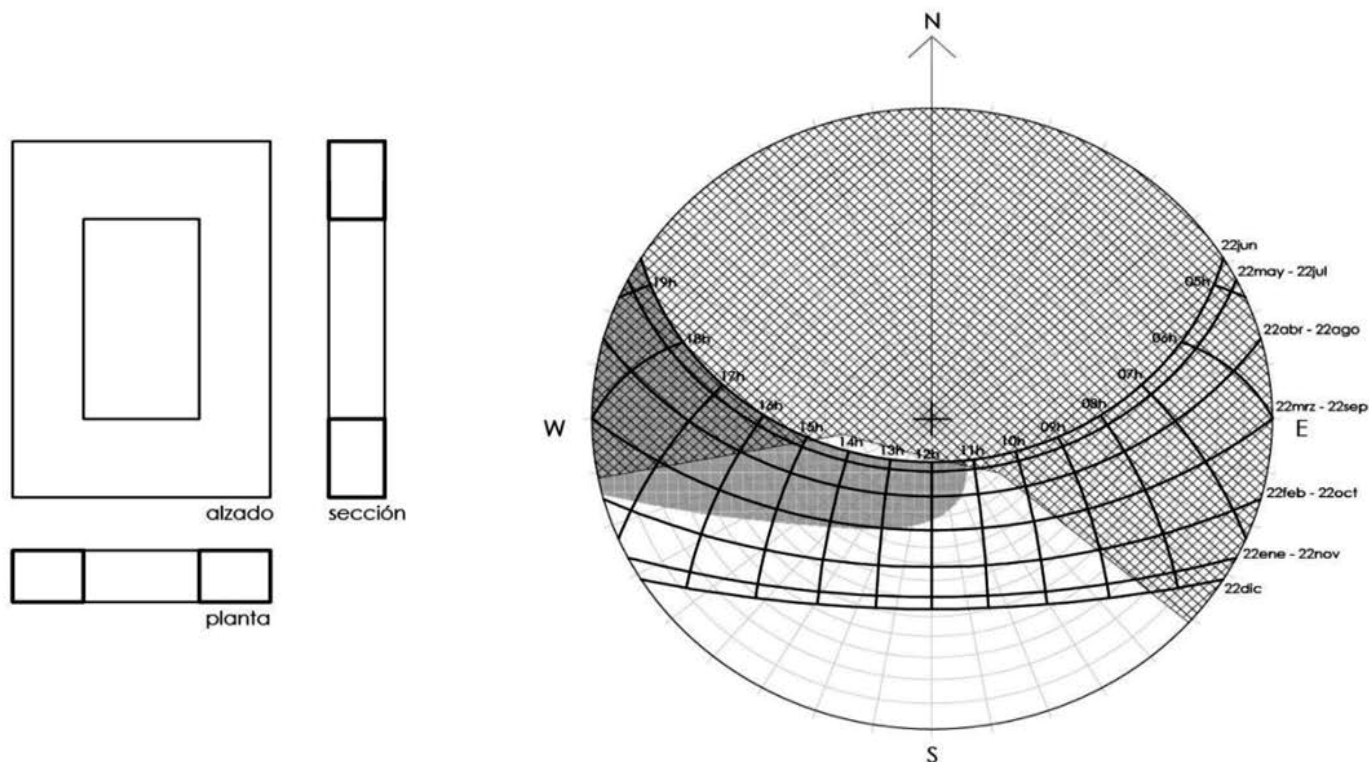
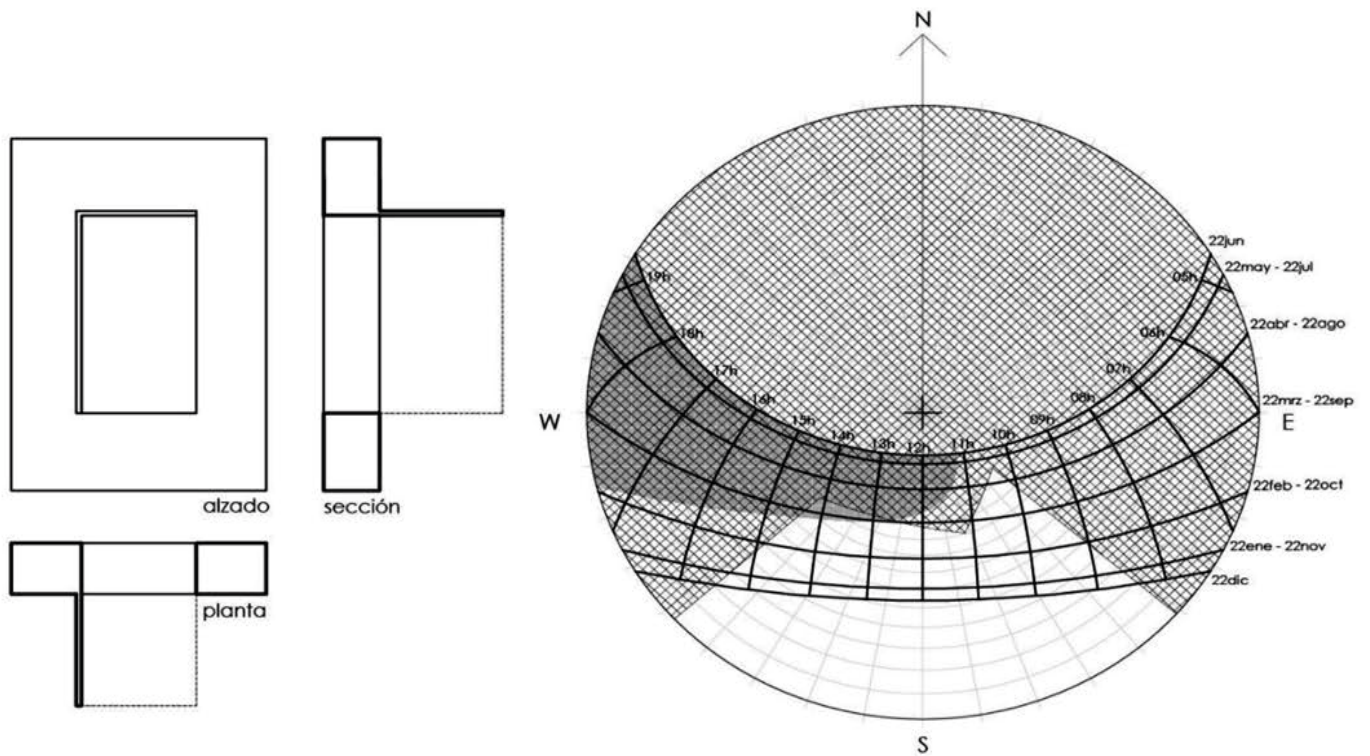


Fig.40. Máscara de sombras para una ventana sin protección.

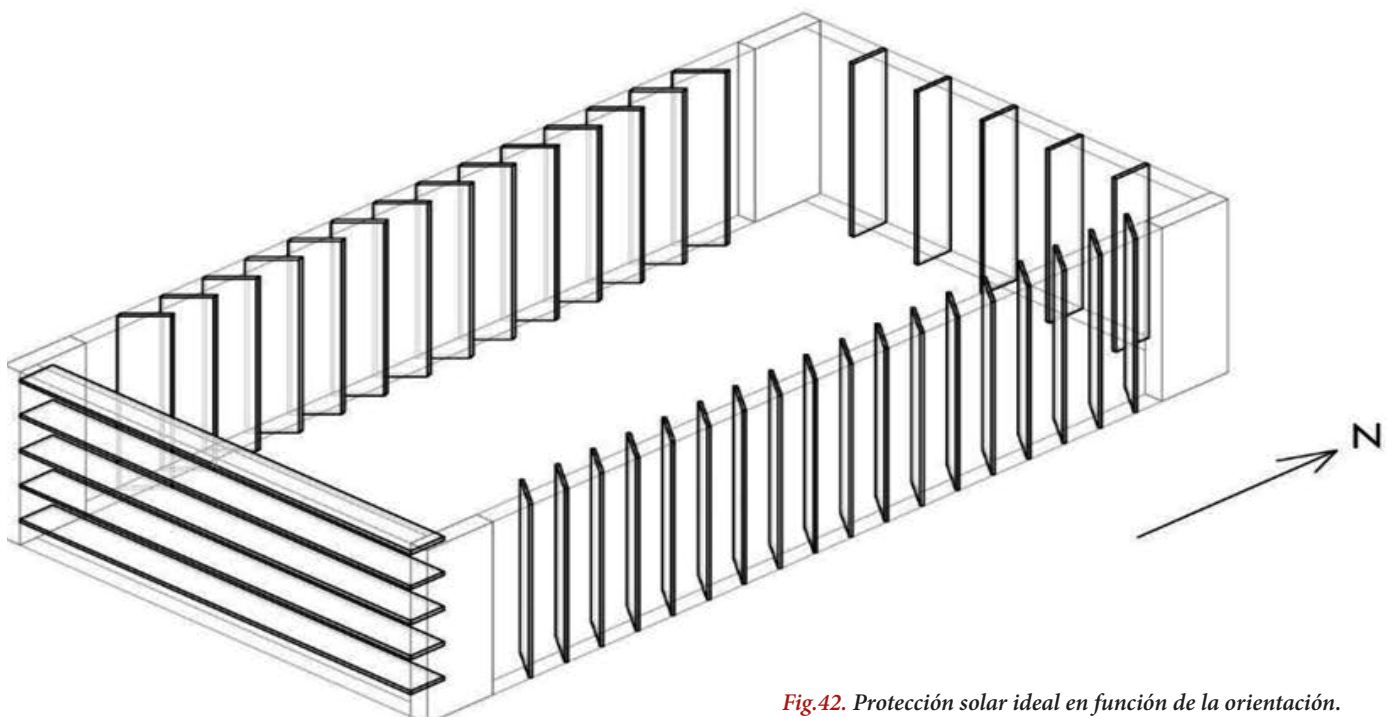


*Fig.41. Máscara de sombras para una ventana con protección.*

### 2.5.6. PROTECCIÓN SOLAR EN FUNCIÓN DE LA ORIENTACIÓN.

Una vez hecho el cálculo de sombras producidos por los planos límite de un hueco se analiza la cantidad de radiación solar que se filtra a través de él y el periodo en el que esto ocurre, para así analizar y decidir el diseño de protección solar es necesario para el hueco o no, o para analizar el rendimiento en caso de que la protección ya esté diseñada.

Tanto la geometría como la disposición de estas protecciones solares dependen casi en su totalidad de la orientación que se quiera proteger y de la geometría de los huecos. Para cada orientación y área de sombreado existe un diseño predeterminado considerado más adecuado para cumplir la función, este es el siguiente:



*Fig.42. Protección solar ideal en función de la orientación.*



En la fachada Norte, lamas verticales para impedir deslumbramientos durante el amanecer y atardecer del solsticio de verano, podemos calificarlas de filtros.

En la fachada Este, lamas verticales con orientación igual a la dirección de los rayos solares durante el amanecer del solsticio de invierno, para ayudar la entrada de la radiación solar durante este periodo. Al mismo tiempo reducirá la entrada durante el solsticio de verano. Durante todo el año se recibe radiación favorable sobre esta fachada.

En la fachada Sur, lamas horizontales o voladizos de dimensión suficiente para permitir entrada de luz durante el otoño e invierno para ganancia térmica, mientras que impide la entrada durante verano, evitando sobrecalentamientos.

En la fachada Oeste, lamas verticales para permitir la entrada de los rayos solares en invierno, siendo estas complementadas por lamas horizontales cuya misión es controlar la incidencia de radiación Solar en verano. Se intenta reducir la radiación incidente en esta fachada, ya que supone una gran ganancia de carga térmica a partir del equinoccio de primavera.

Hasta aquí se ha redactado la teoría y los fundamentos necesarios para comprender las etapas del trabajo y su desarrollo, así como el procedimiento escogido para ello.

### **3. PLAN DE TRABAJO.**

#### **3.1. ETAPAS DEL TRABAJO.**

Con la redacción de este trabajo se pretende valorar cuantitativamente las estrategias de diseño de las protecciones solares en un edificio en concreto de la obra de Fernando Moreno Barbera, el cual ya existe, para comprobar si de verdad funcionan correctamente o no, incluso observar si pueden existir zonas cuyas protecciones solares están cumpliendo con su función mientras que otras zonas poseen un mal diseño de protecciones. Se analizará si el comportamiento energético del edificio mejora o empeora dependiendo de si se estudia el soleamiento con protecciones solares o sin ellas.

La Geometría Solar junto con todos los apartados teóricos redactados en el apartado anterior van a ser de gran importancia y serán el pilar fundamental a la hora de desarrollar los procedimientos para el análisis y solucionar las exigencias necesarias para alcanzar la zona de confort en el interior de nuestro edificio.

El edificio en cuestión se trata de la Escuela de Ingenieros Agrónomos en Córdoba, obra de Fernando Moreno Barberá, este edificio fue construido entre el 1964 y 1970, época de madurez del arquitecto, por lo que es un edificio que recoge todas sus estrategias para intentar proyectar una arquitectura autosuficiente, que se autogestione energéticamente y de una manera eficiente, perteneciente al estilo del Movimiento Moderno pero aun así con un estilo propio y de carácter singular acorde a su vez con la obra en general del arquitecto.

A la hora de elaborar el documento ha sido necesario diseñar una estrategia de trabajo, saber qué puntos son necesarios para poder llevar a cabo la investigación con todos los datos necesarios.

A continuación se muestra el esquema que se ha seguido a la hora de desarrollar el trabajo. En términos generales se distingue una primera fase de recopilación de datos y levantamiento 3D del proyecto, y una segunda fase en la que se supondrá siempre dos situaciones, una con protección y otra sin protección, y en la que se llevará a cabo el trabajo de análisis sobre el modelaje 3D.

En la primera etapa se incluyen los siguientes puntos:

- Recopilación de textos y de información sobre el arquitecto y su obra.
- Búsqueda y recopilación de imágenes sobre el proyecto en cuestión.
- Contrastación de archivos de imagen con la situación actual a través de google maps/earth.
- Definición de dimensiones en planta, alzado y sección a mano.
- Levantamiento volumétrico en 3D con la herramienta Revit Autodesk del edificio.
- Uso de Revit para generar todo tipo de planos arquitectónicos y vistas necesarias.
- Exportación de Revit a AutoCad para ordenación de capas y posterior exportación en 3Ds Max.

En la segunda etapa se trabajará siempre para dos situaciones distintas, con protección solar y sin protección solar, esta segunda etapa incluye las siguientes etapas:

- Importación del modelo 3D al programa 3Ds Max desde AutoCad.
- Generación de vistas panorámicas y exportación en modo esfera en JPEG.
- Calco de las vistas JPG en AutoCad generando un mapa de puntos.
- Generación de patrones de sombra en el programa CE3X a partir de las coordenadas de los puntos.

-Introducción de datos generales sobre el edificio en el programa CE3X.

-Elaboración del certificado de eficiencia energética con el programa CE3X usando los datos y patrones de sombra generados.

-Producción del informe certificado de eficiencia energética.

-Resumen de resultados: calificación de la construcción, demanda energética en calefacción y refrigeración, gasto de energía no renovable y emisión de dióxido de carbono.

Una vez se tienen los dos certificados se realizará una comparativa de los resultados energéticos, en función de si se han calculado con o sin protecciones, además se analizará y justificará si la forma, orientación y cálculo de soleamiento dentro del diseño de un proyecto son utensilios importantes en términos de cómo resolver un proyecto energéticamente autosuficiente.. Se valorará en qué medida el comportamiento energético del edificio ha mejorado con la solución original del proyecto, en caso de que no sea satisfactorio se propondrá una solución de mejora.

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO.

### 4.1. RECOPIACIÓN DE DATOS Y PLANIMETRÍA.

Debido a que la visita presencial al proyecto no fue posible, toda la toma de información ha sido a través de documentales, imágenes y escritos sobre el autor y el edificio. Uno de estos escritos es el libro titulado Fernando Moreno Barberá: Enseñanzas prácticas cuyo autor es Juan Bravo Bravo, de donde se ha obtenido la planimetría en planta y sección del edificio así como una gran cantidad de información e imágenes.

La siguiente planimetría y documentaciones provienen de dicha fuente.

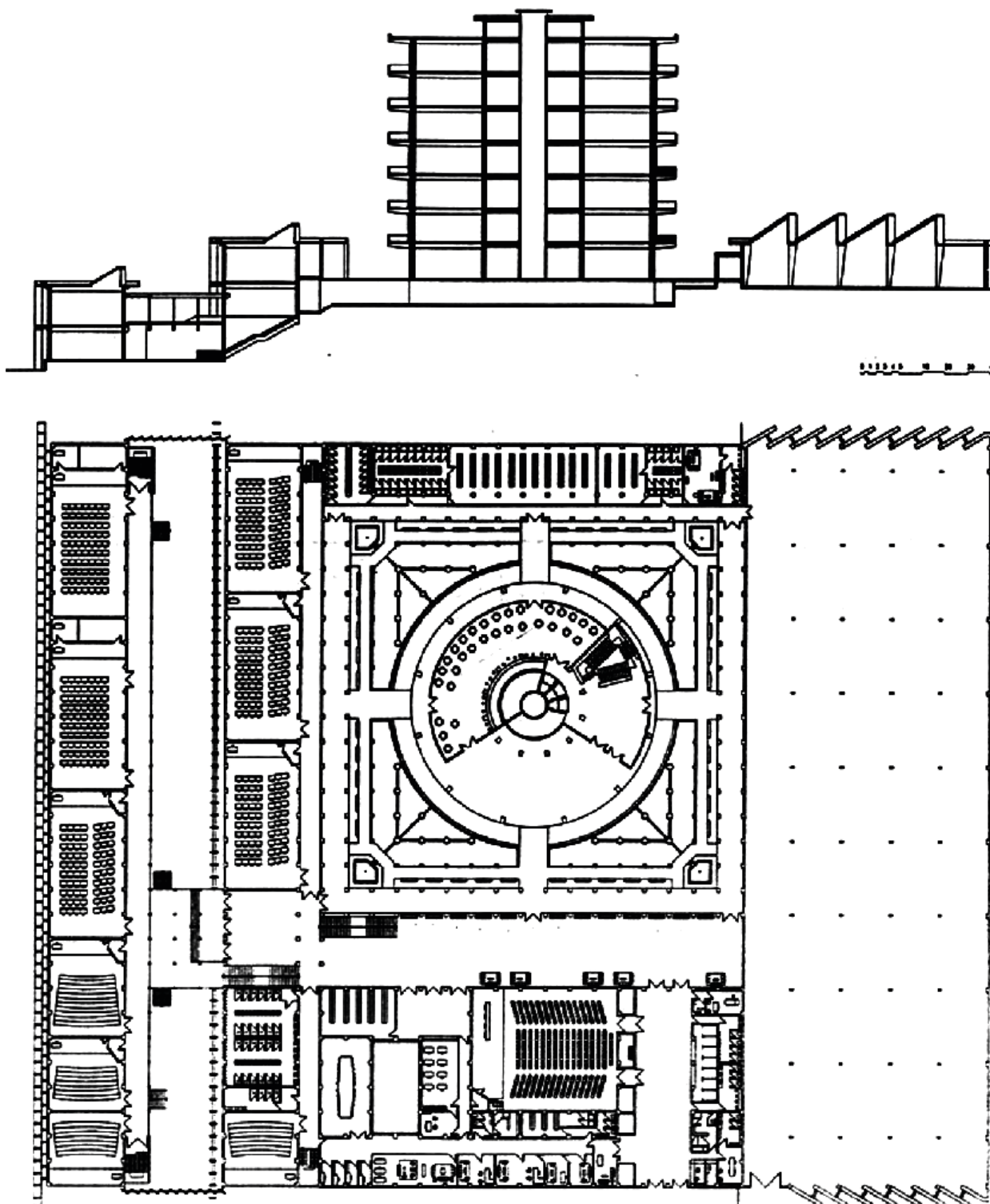


Fig.43. Planta y sección general, planimetría general.

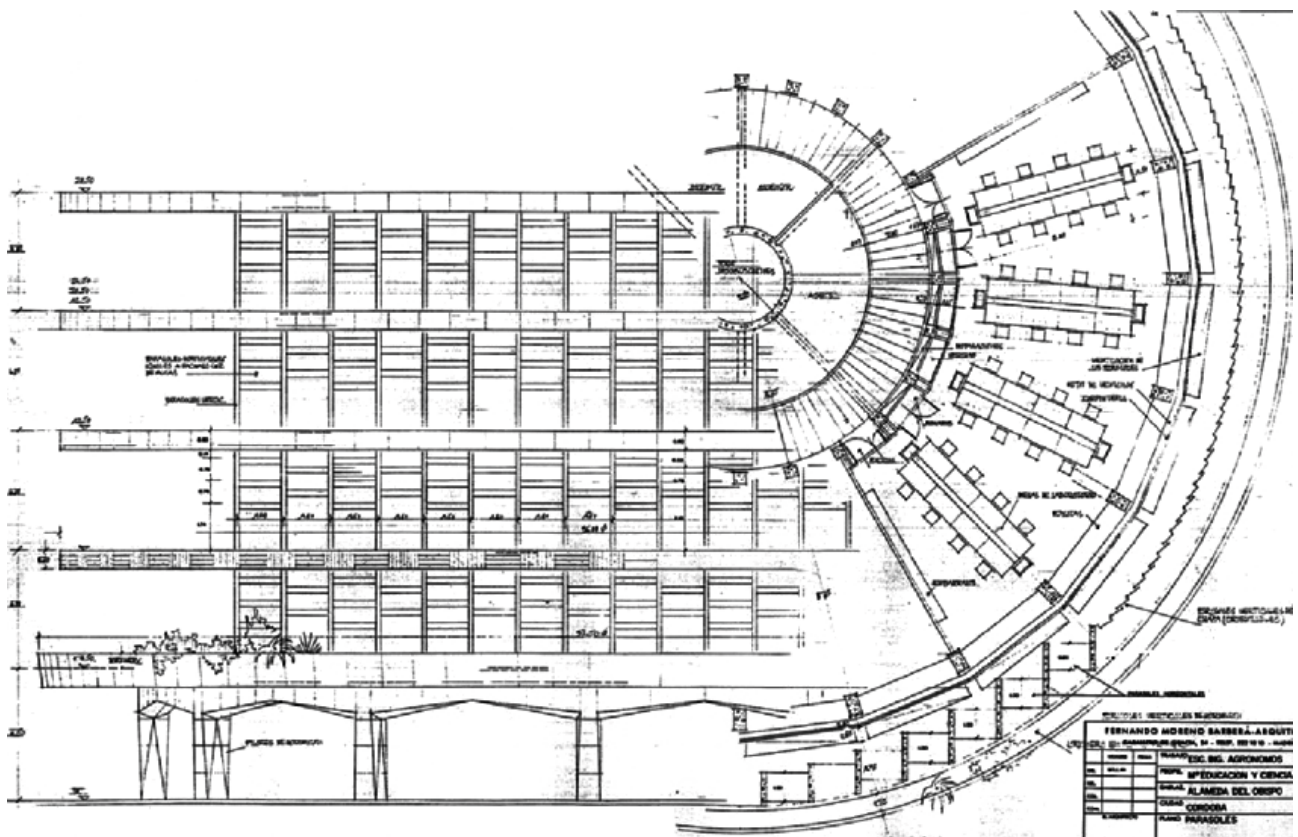


Fig.44. Alzado y planta detalle de la torre, planimetría original.



Fig.45. Vista del edificio en construcción.

Gracias a esta documentación, se ha podido producir una volumetría propia del edificio, reproduciendo sobre todo con gran detalle el diseño de las protecciones en fachada .

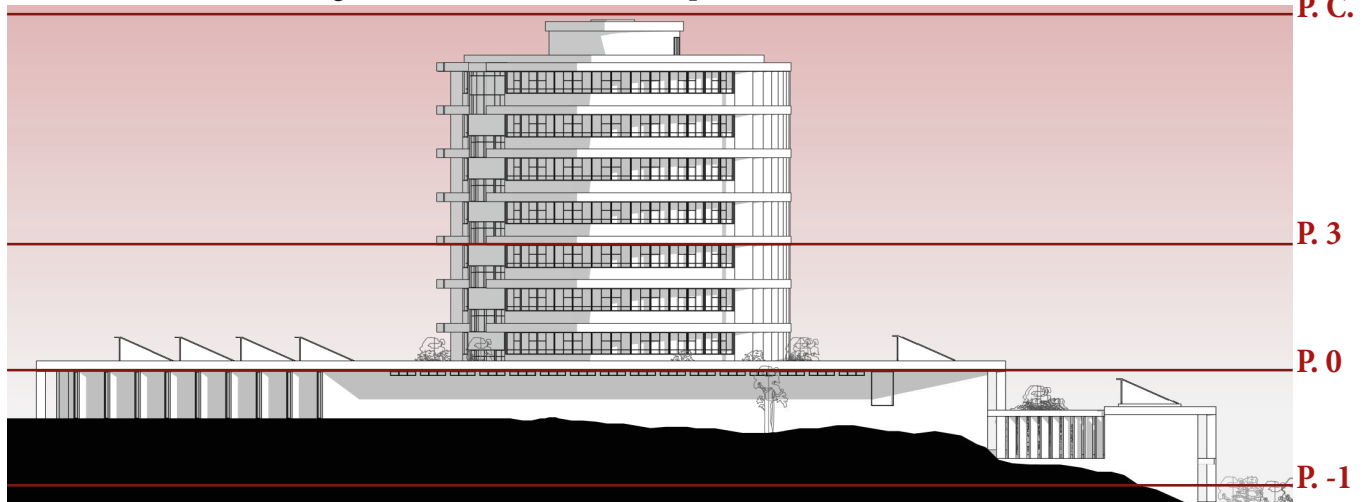
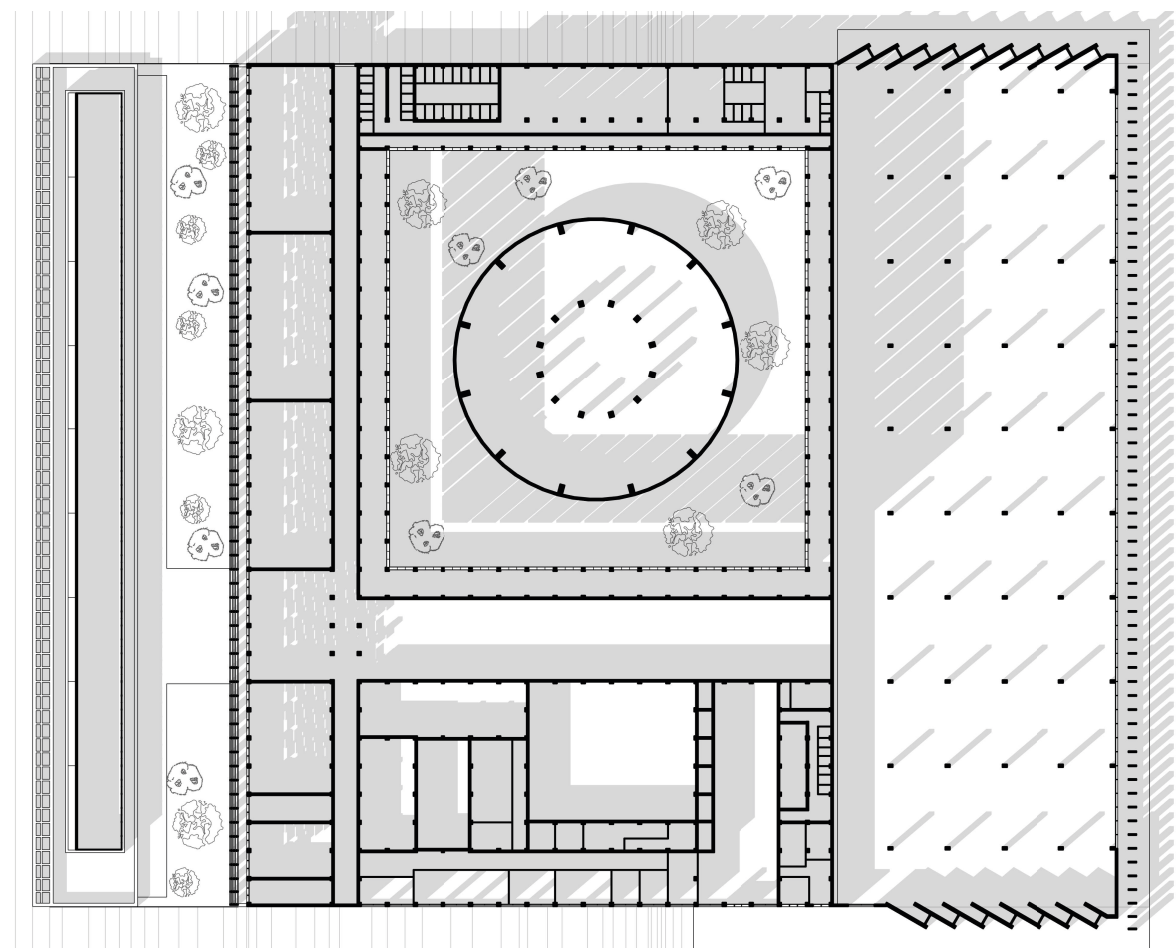


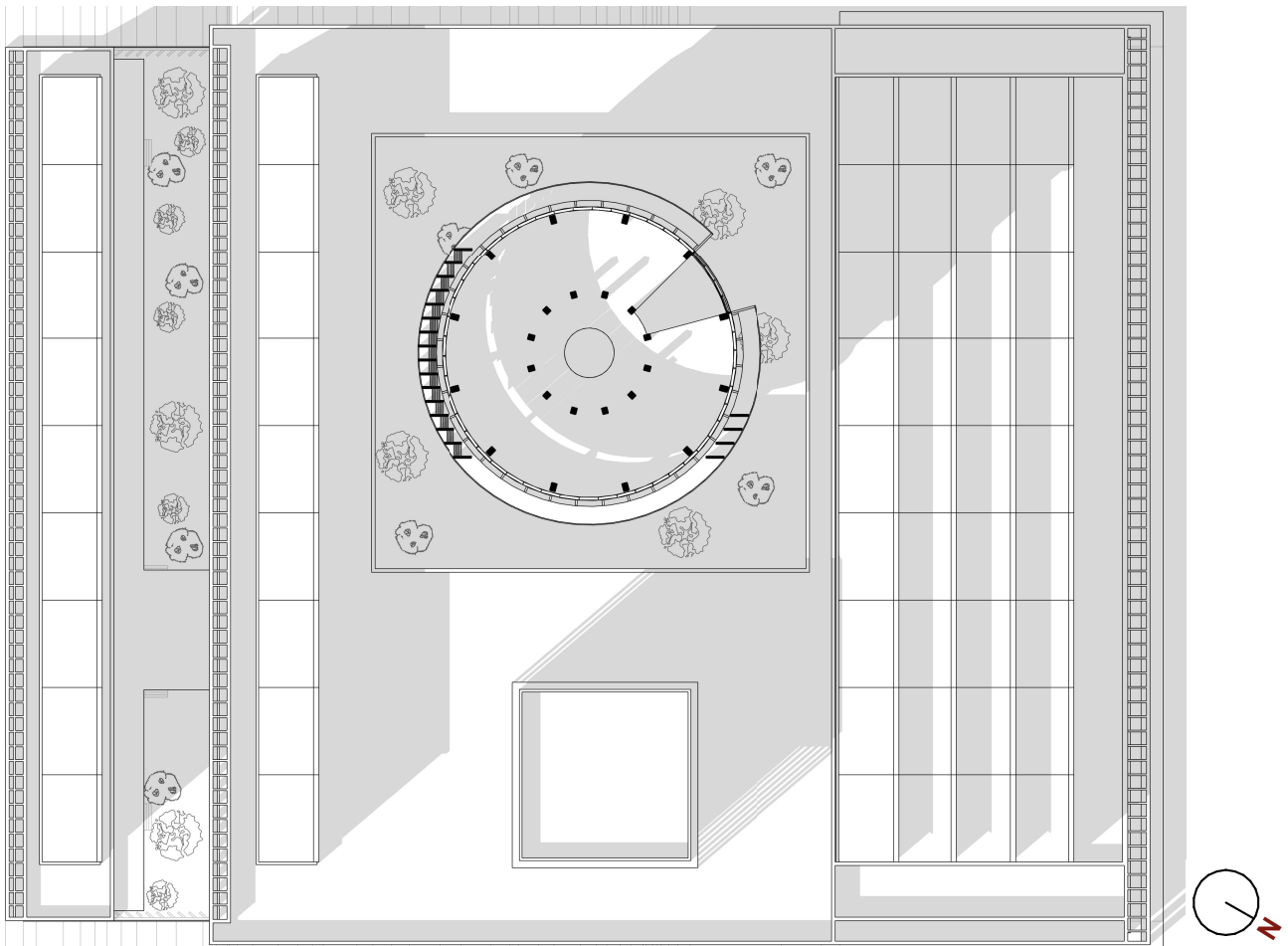
Fig.46. Sección orientativa / Mosca.



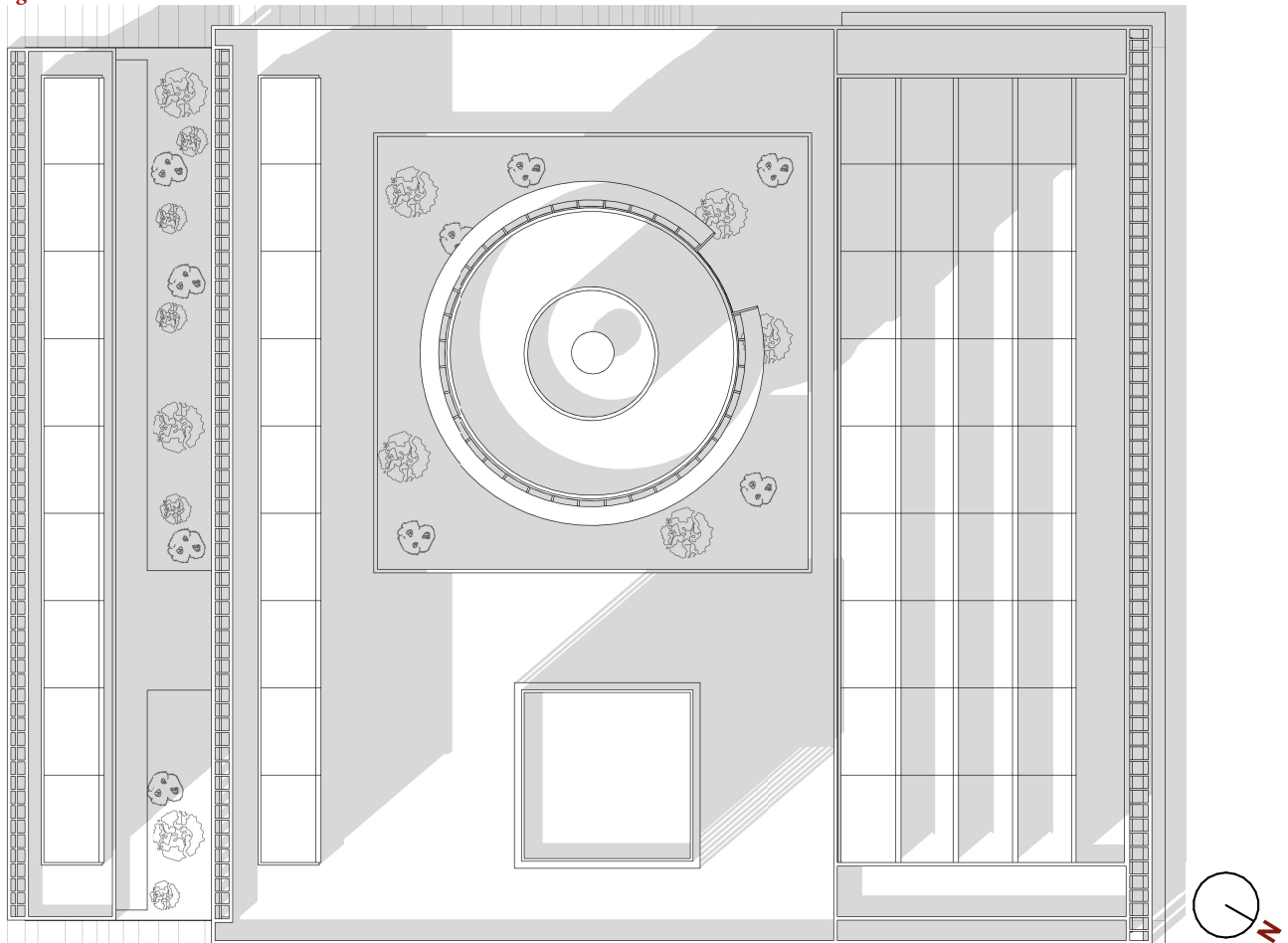
*Fig.47. P. -1. Planta bloque Sur. 1 de Enero 17:00 h.*



*Fig.48. P. 0. Planta bloque general y torre. 1 de Enero 17:00 h.*



**Fig.49. P. 3. Planta torre. 1 de Enero 17:00 h.**



**Fig.50. P. C. Planta de cubiertas. 1 de Enero 17:00 h.**

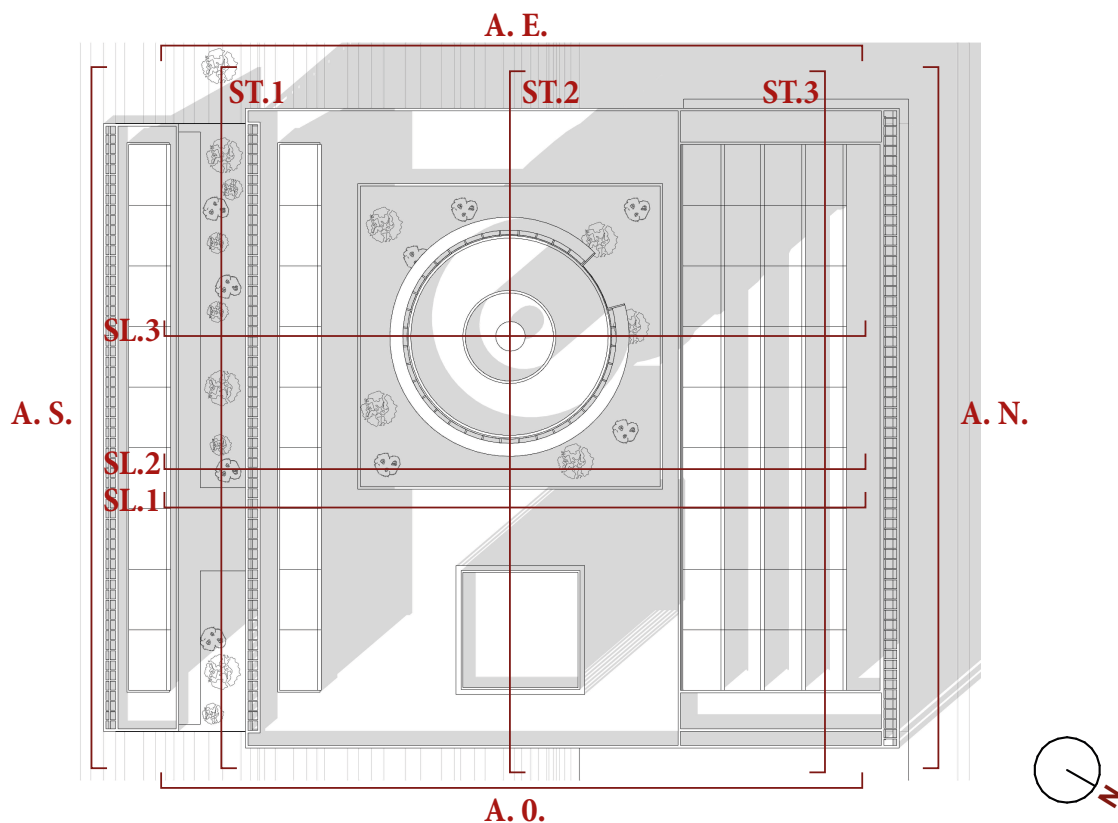


Fig.51. Planta orientativa / Mosca.

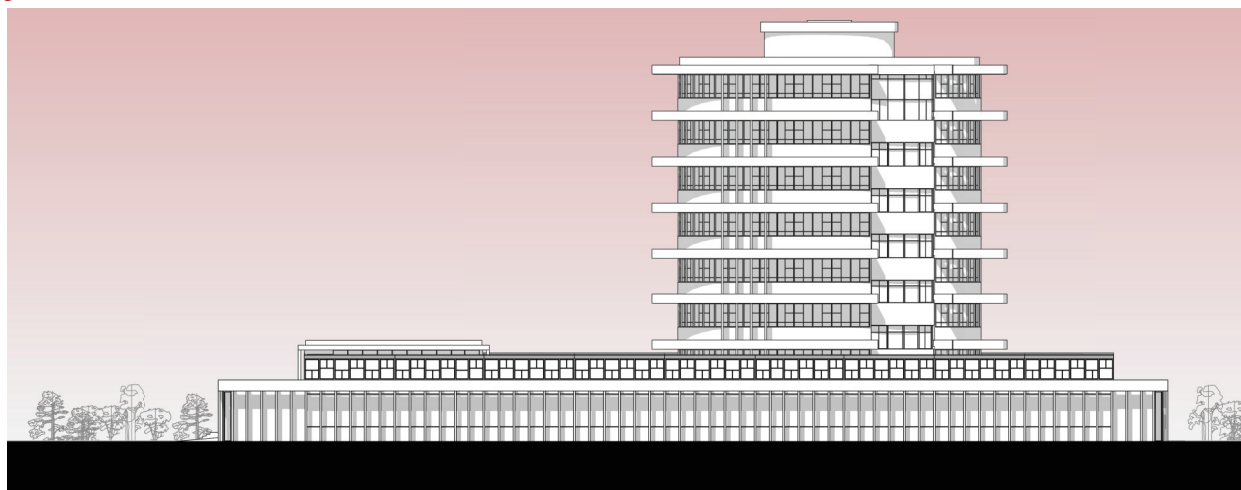


Fig.52. A.N. Alzado Norte. 1 de Junio 10:00 h.

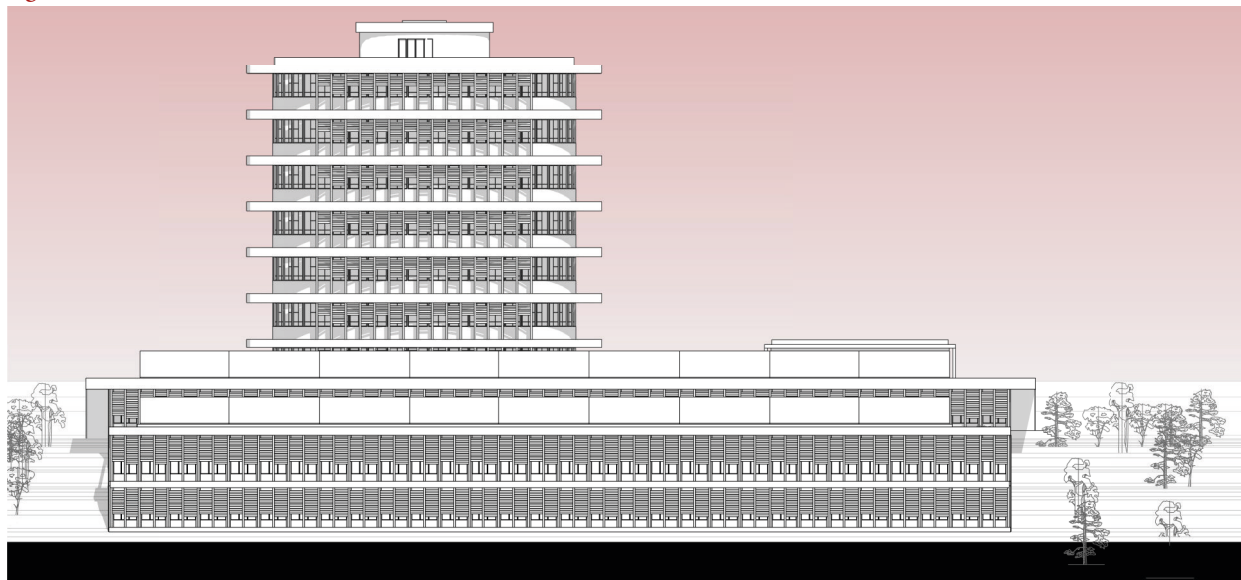
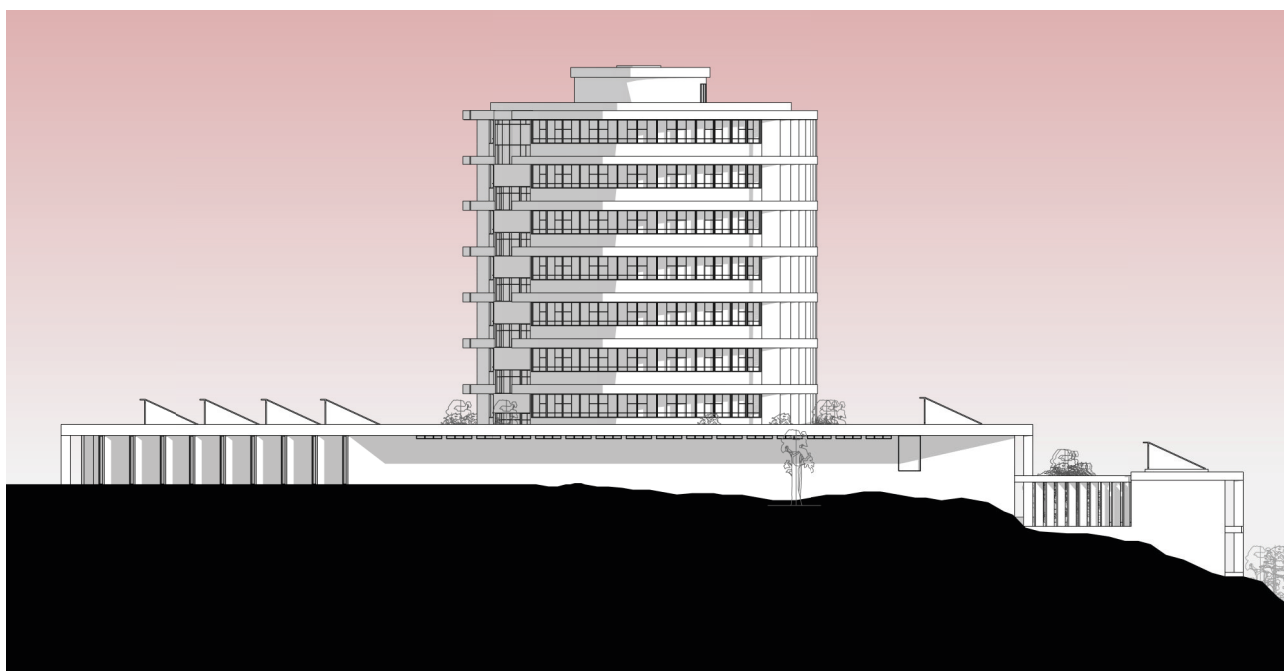
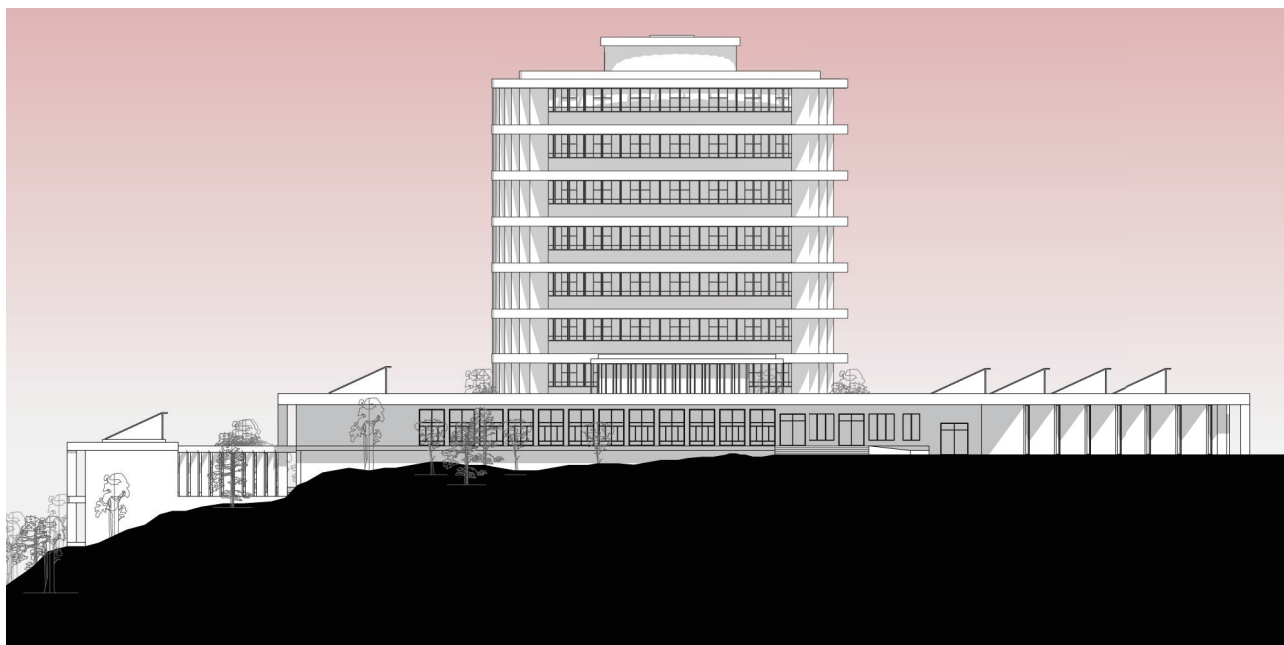


Fig.53. A.S. Alzado Sur. 1 de Junio 17:00 h.

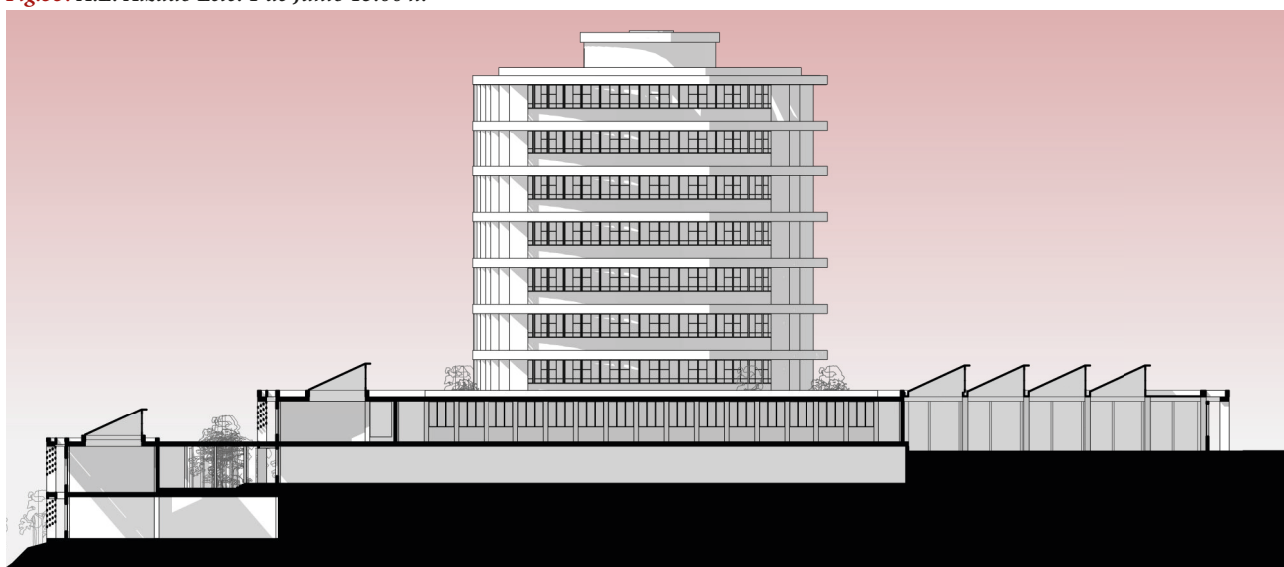




*Fig.54. A.O. Alzado Oeste. 1 de Junio 19:00 h.*



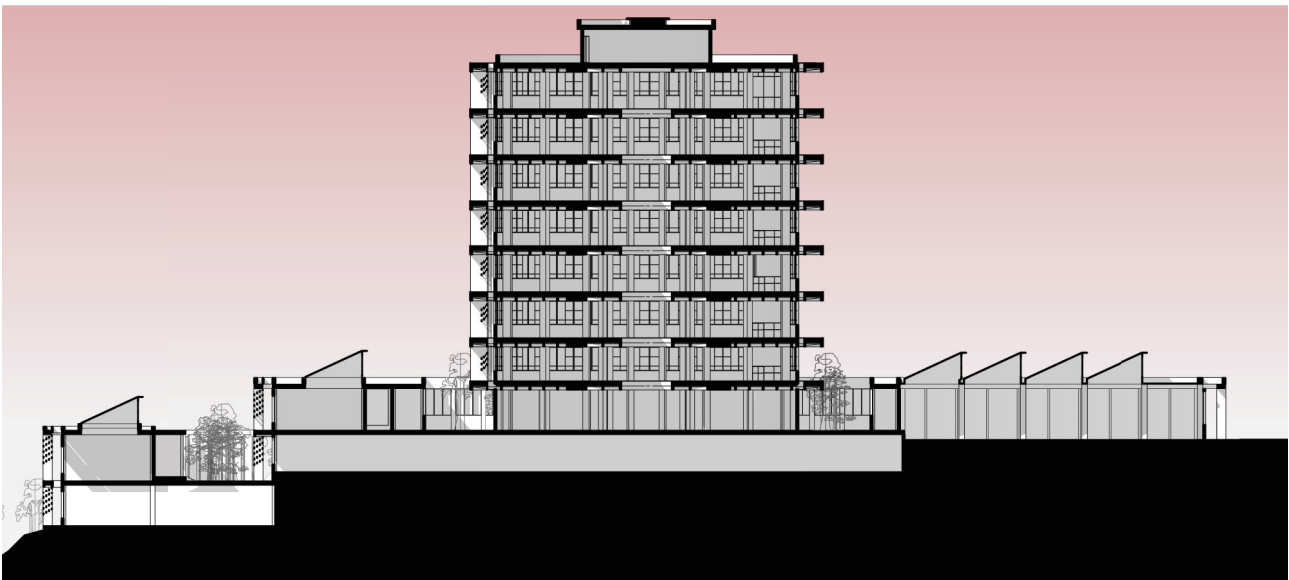
*Fig.55. A.E. Alzado Este. 1 de Junio 13:00 h.*



*Fig.56. SL.1. Sección longitudinal 1. 1 de Junio 16:00 h.*



*Fig.57. SL.2. Sección longitudinal 2. 1 de Junio 16:00 h.*



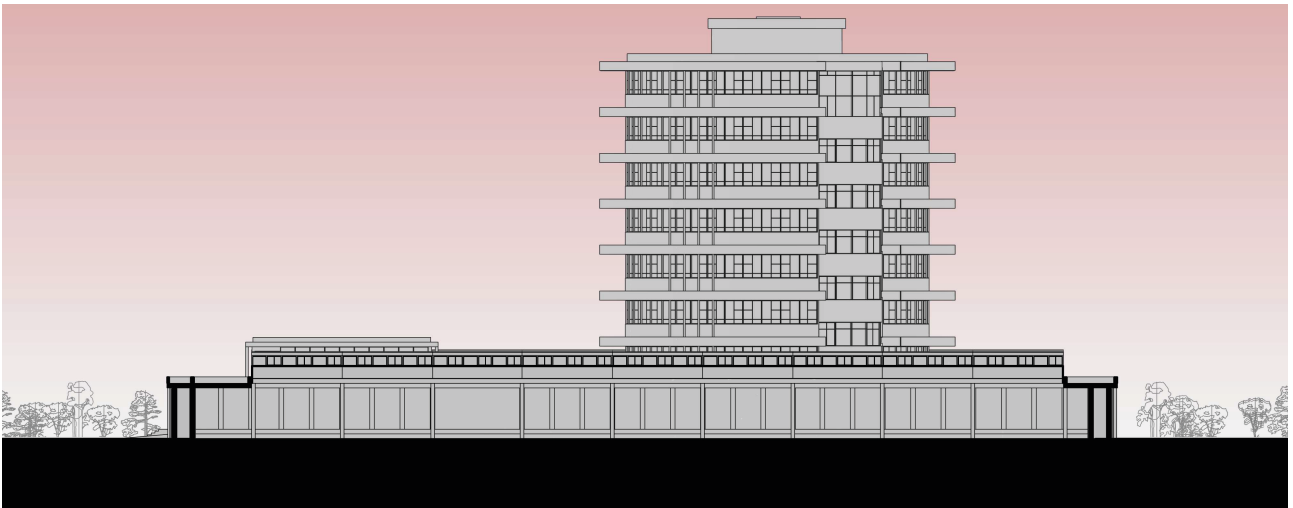
*Fig.58. SL.3. Sección longitudinal 3. 1 de Junio 16:00 h.*



*Fig.59. ST.1. Sección transversal 1. 1 de Junio 18:30 h.*

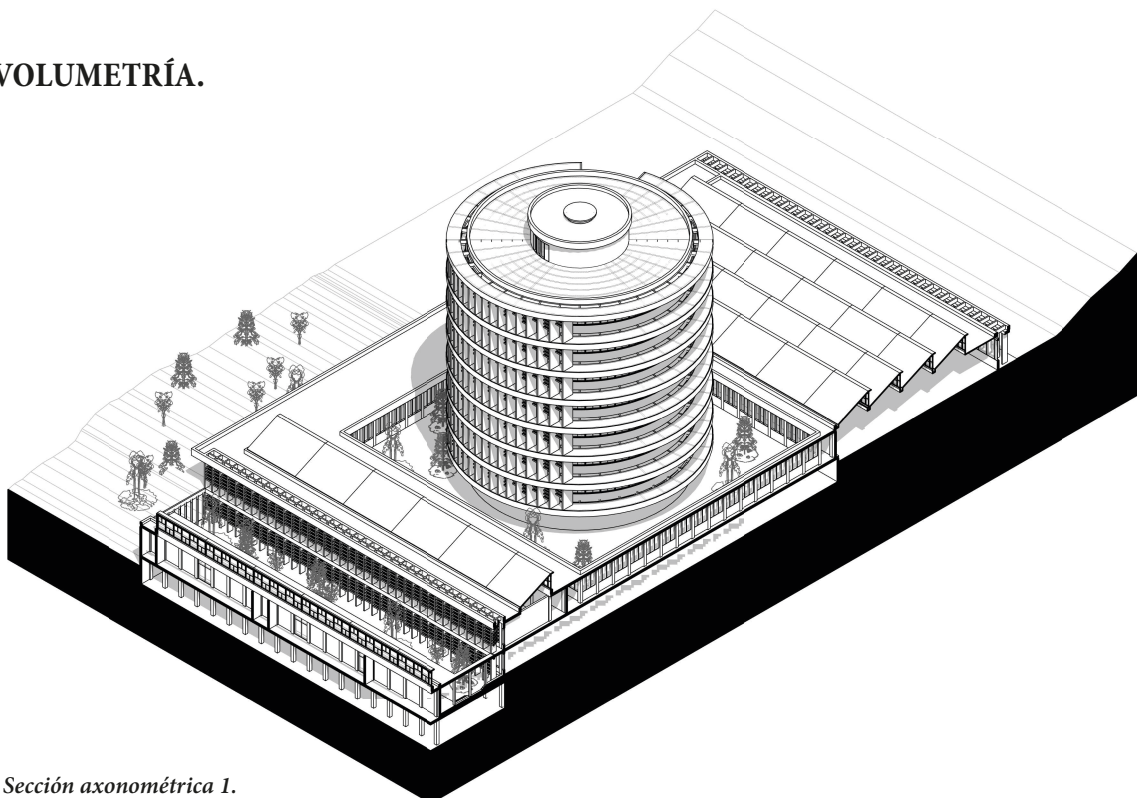


*Fig.60. ST.2. Sección transversal 2. 1 de Junio 18:30 h.*

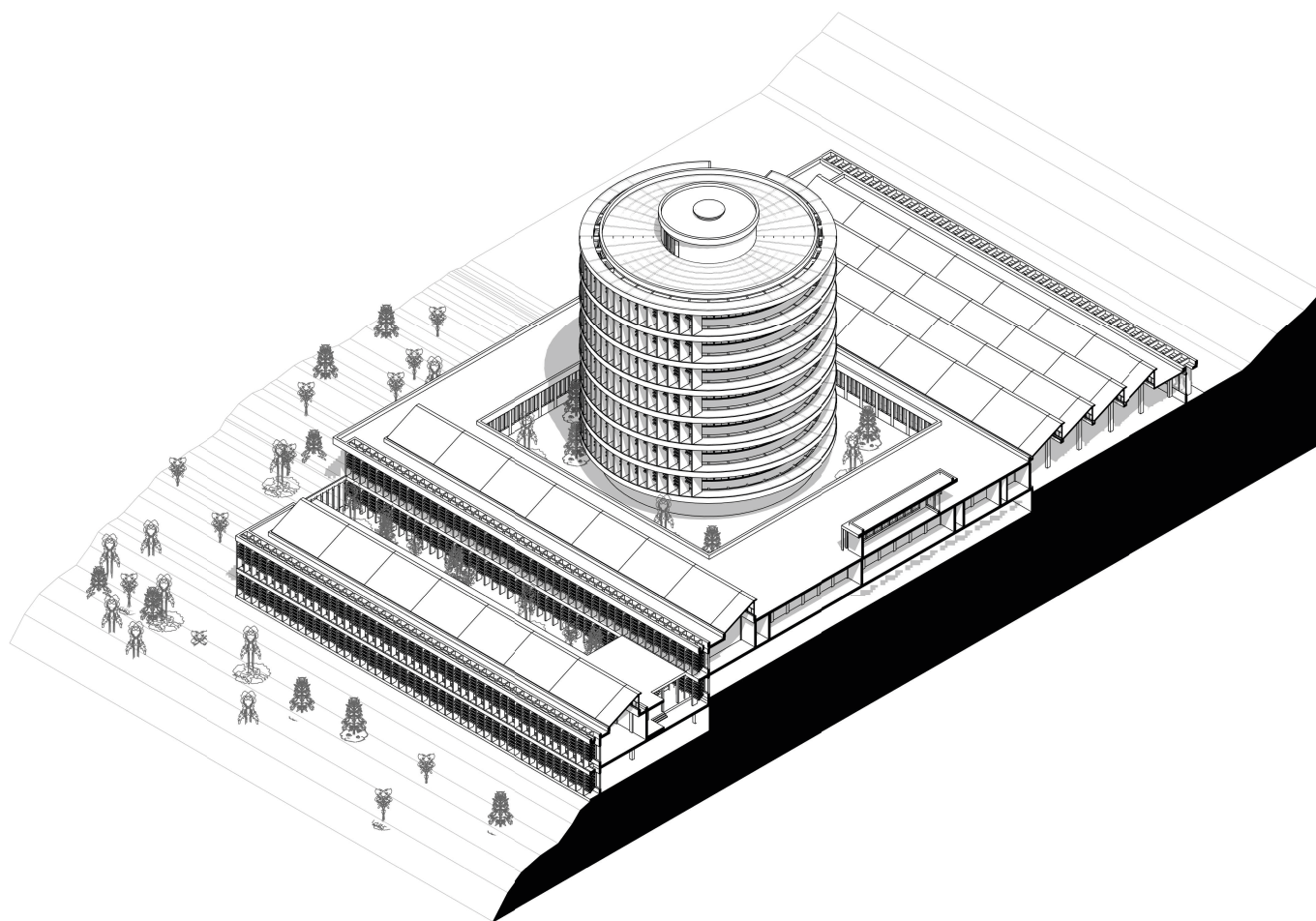


*Fig.61. ST.3. Sección transversal 3. 1 de Junio 18:30 h.*

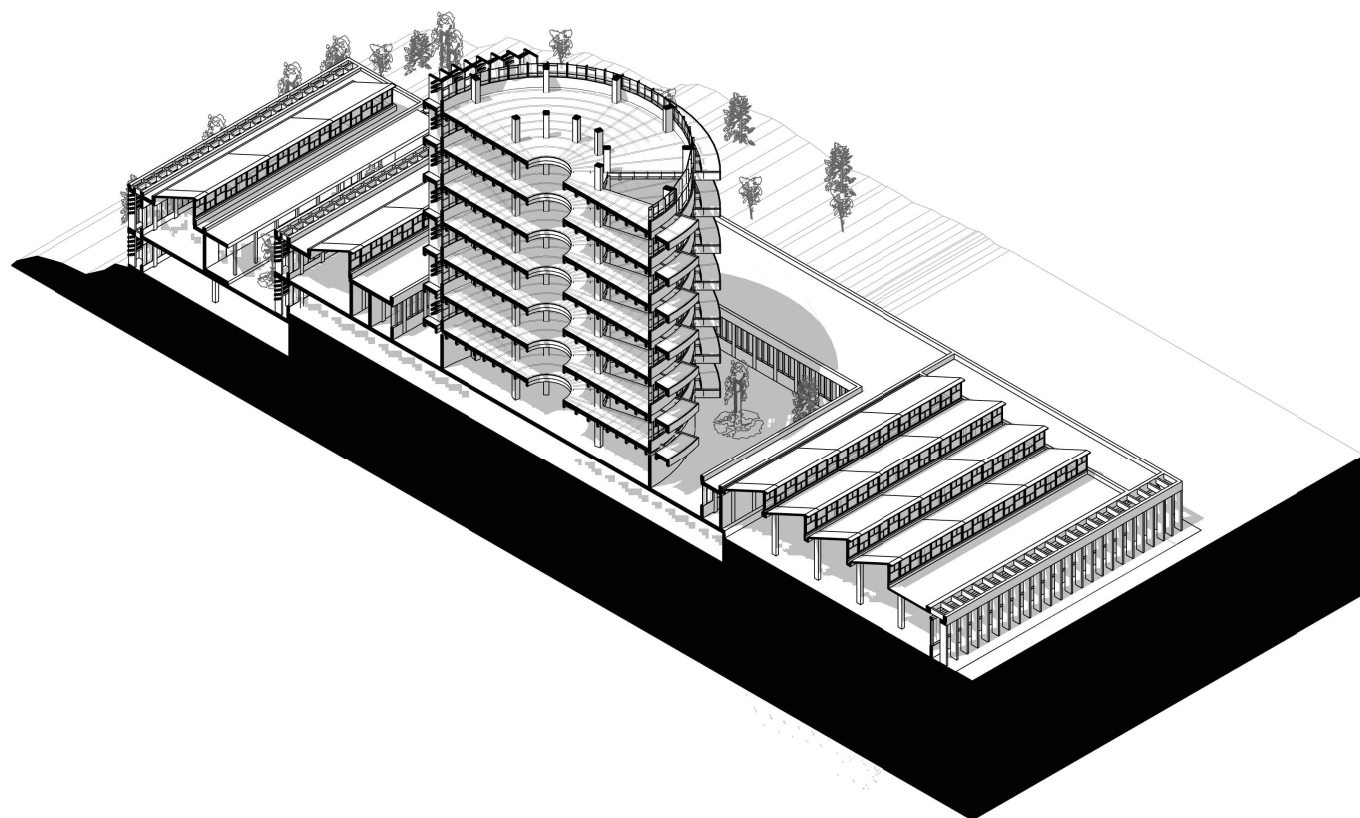
## 4.2. VOLUMETRÍA.



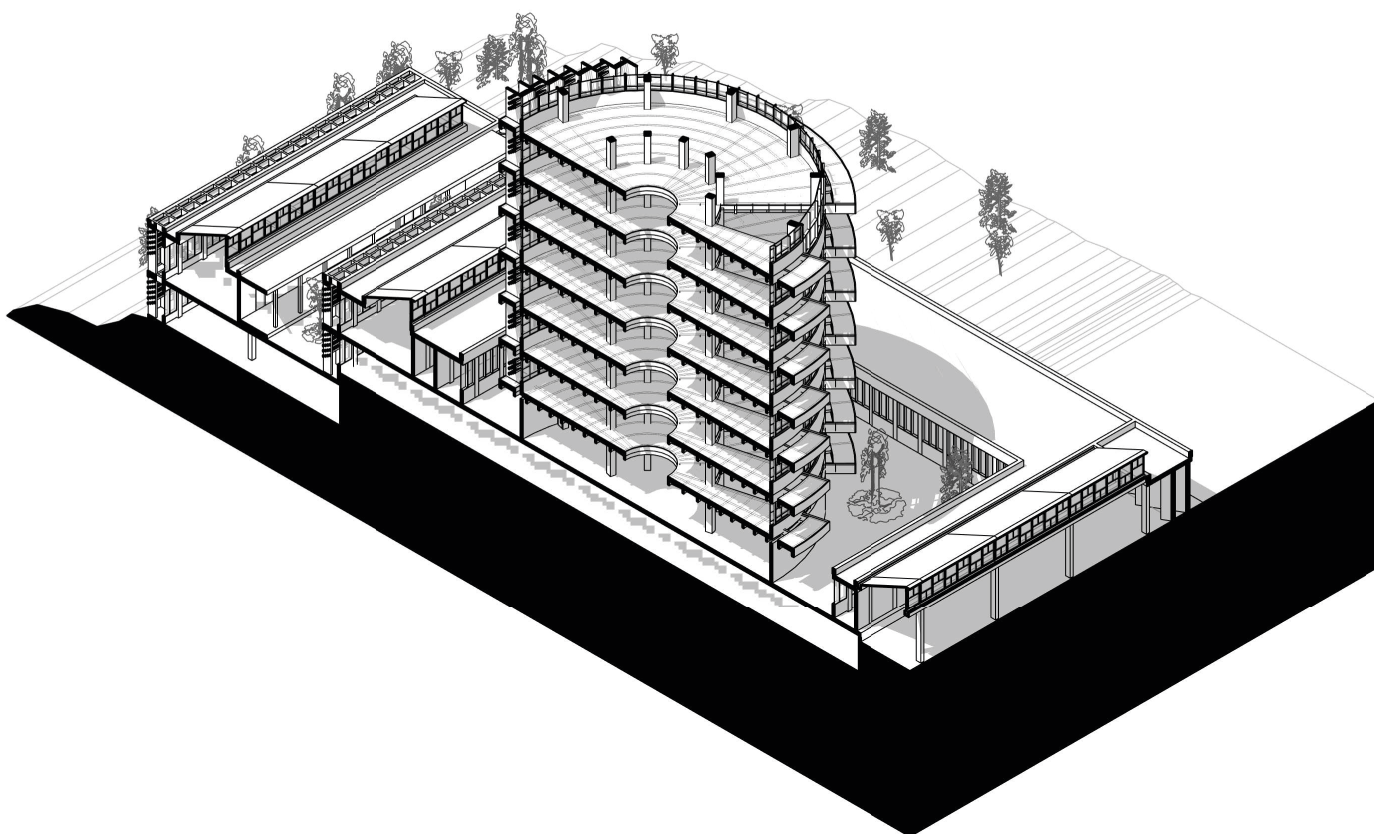
*Fig.62. Sección axonométrica 1.*



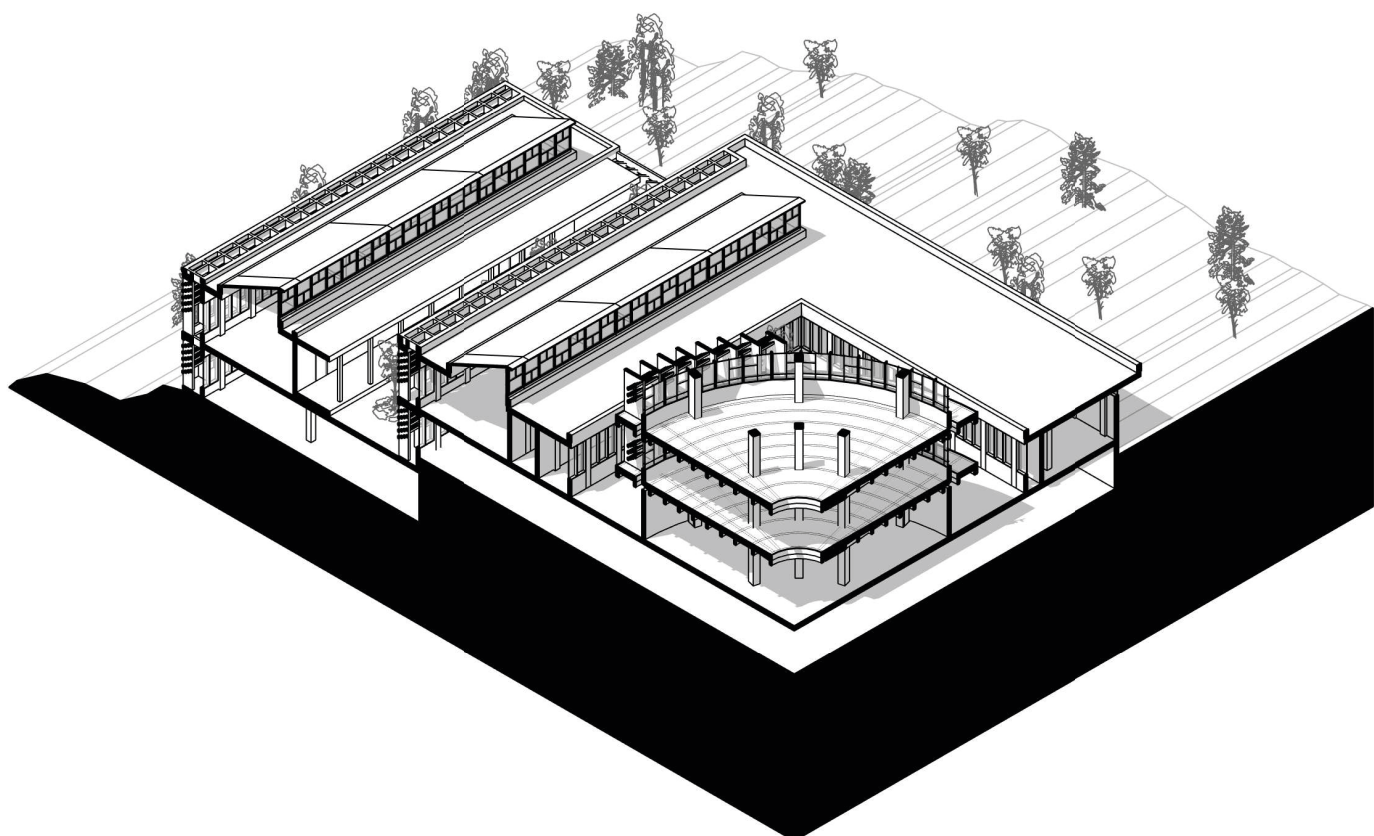
*Fig.63. Sección axonométrica 2.*



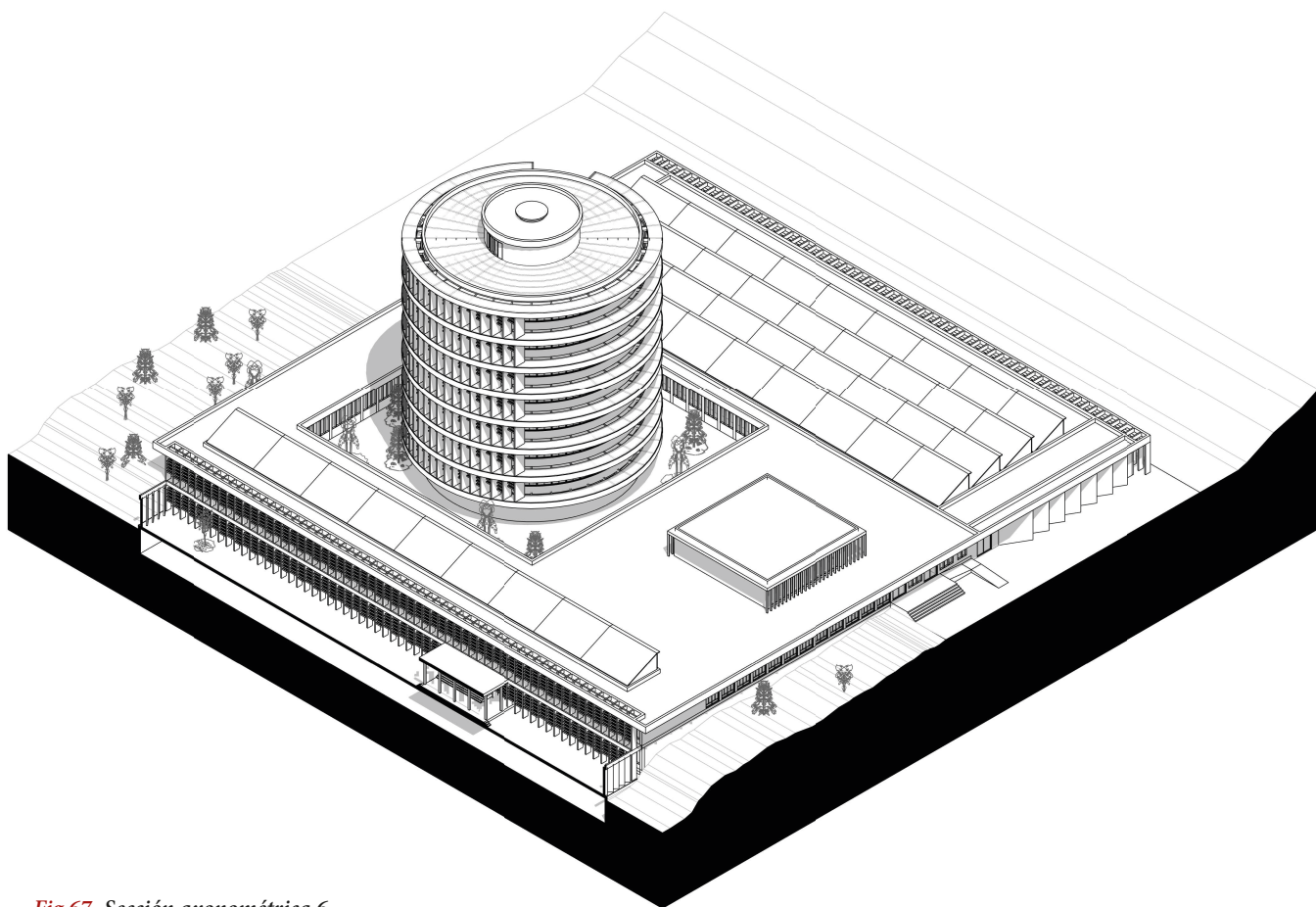
*Fig.64. Sección axonométrica 3.*



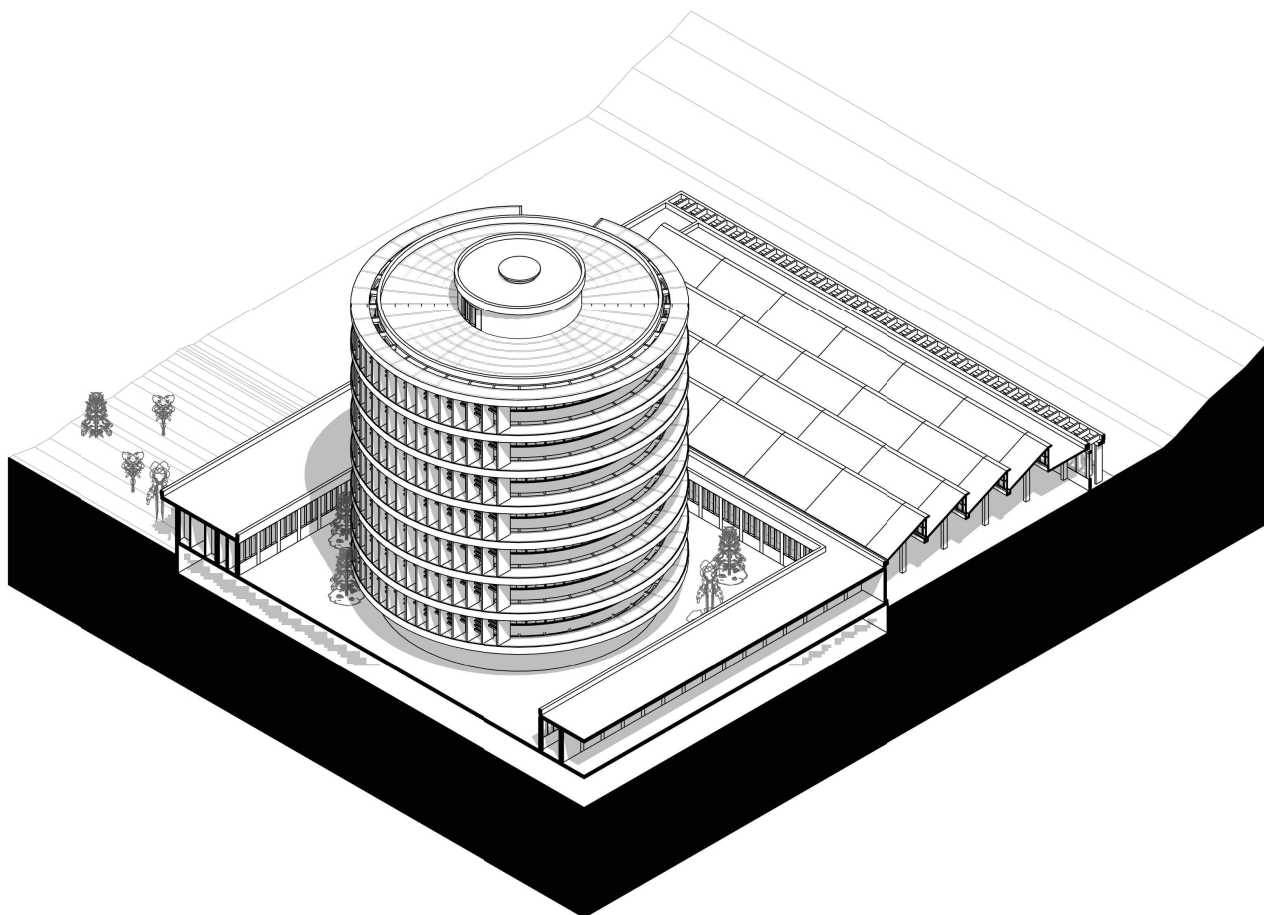
*Fig.65. Sección axonométrica 4.*



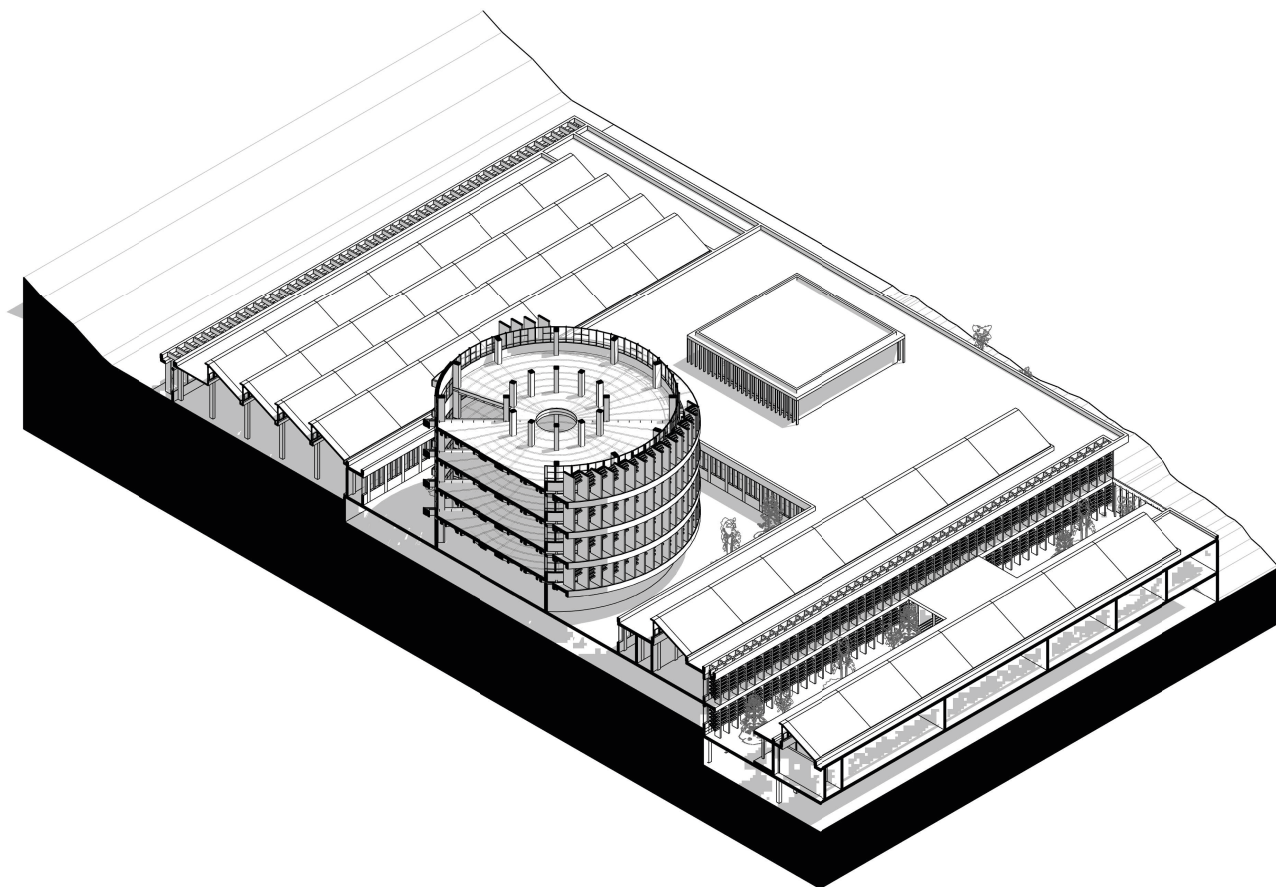
*Fig.66. Sección axonométrica 5.*



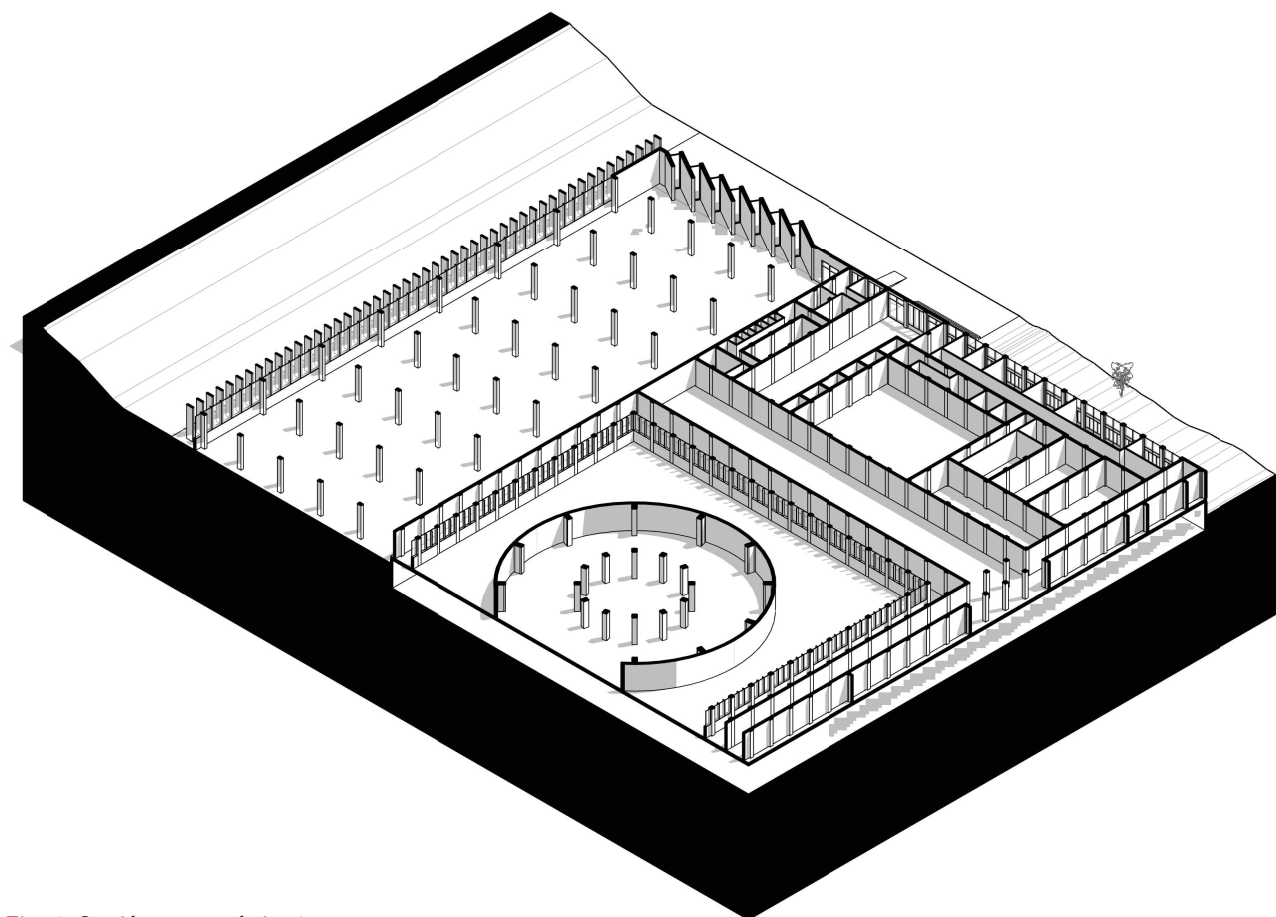
*Fig.67. Sección axonométrica 6.*



*Fig.68. Sección axonométrica 7.*



*Fig.69. Sección axonométrica 8.*



*Fig.70. Sección axonométrica 9.*



*Fig.71. Elaboración propia de vista renderizada de la fachada Este.*



*Fig.72. Elaboración propia de vista renderizada de la fachada Oeste.*





*Fig.73. Elaboración propia de vista renderizada del patio central.*



*Fig.74. Elaboración propia de vista renderizada del patio Sur longitudinal.*



*Fig.75. Elaboración propia de vista renderizada detalle de las protecciones a Sur de la torre central.*



*Fig.76. Elaboración propia de vista renderizada del interior de un aula que da al patio Sur longitudinali-*

### 4.3. EXTRACCIÓN DE PANORÁMICAS.

Una vez el modelo esta en el programa 3DsMax obtenemos una serie de imágenes panorámicas detalladas en el apartado 3, en estas panorámicas se proyecta cilíndricamente la bóveda celeste y las obstrucciones, siempre con el origen en el punto específico que se quiera analizar en cada caso.

Este punto estará ubicado en cada caso a 10 centímetros de altura del marco exterior de la carpintería, y el origen UCS del modelo estará ubicado aquí. Una vez se tiene el modelo en el programa 3DsMax, el cual ya esta orientado al Norte desde su elaboración en Revit en mi caso, es necesario completarlo con el modelo 3D de la bóveda celeste el cual lo facilita el tutor en cuestión.

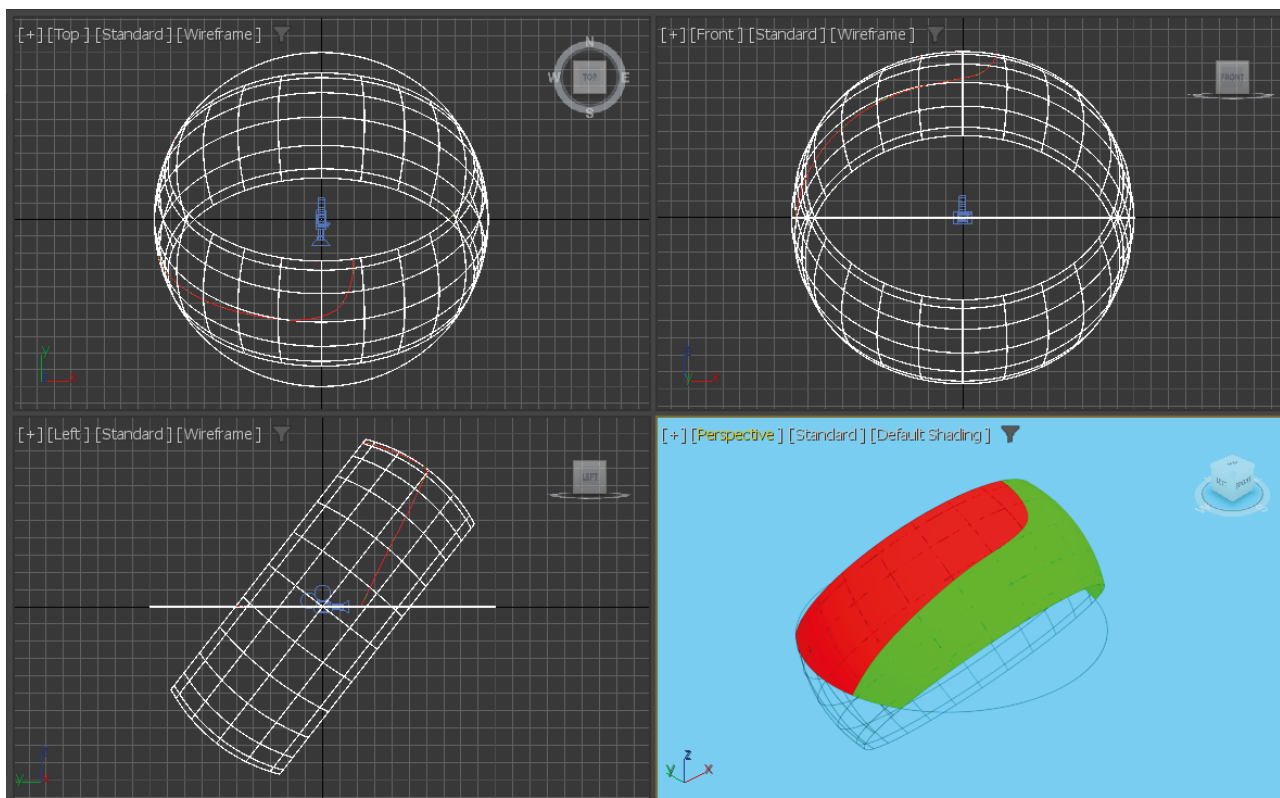


Fig.77. Archivo 3DsMax de la bóveda celeste para Córdoba, latitud  $f=37^\circ$ .

En mi caso se cuenta con un archivo base con la bóveda celeste, y con una vista de cámara orientada a Sur ubicada en el origen, al cual se importa un modelo 3D, existe un modelo 3D para cada origen de coordenadas diferente ubicado en según que punto quiero analizar, al importarlo al archivo base nuestro modelo 3D se ubicara con su origen de coordenadas en el origen de la bóveda celeste.

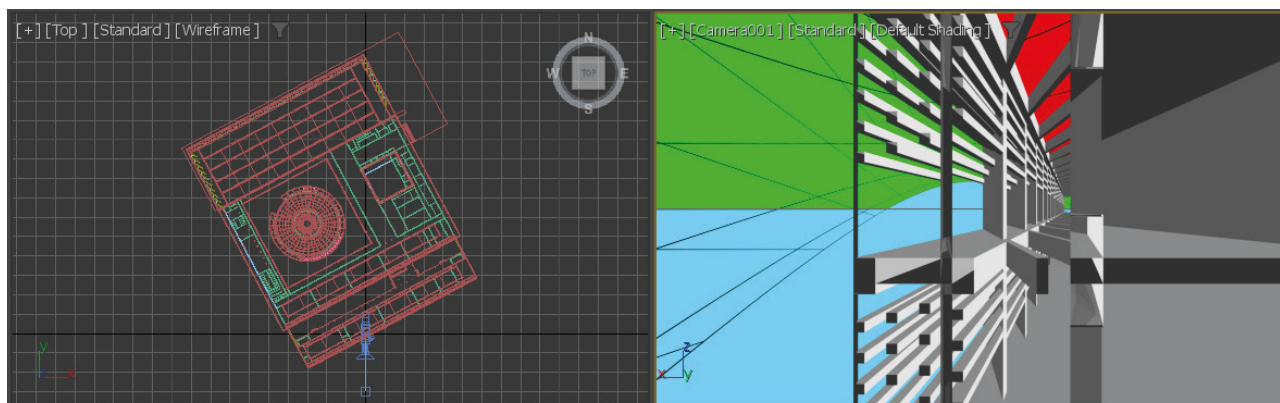
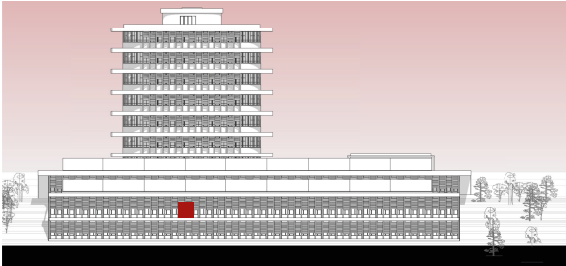


Fig.78. Archivo 3DsMax, modelo y bóveda en el mismo archivo, vista a 10 cm de altura del marco exterior, para análisis de la ventana del bloque inferior Sur.

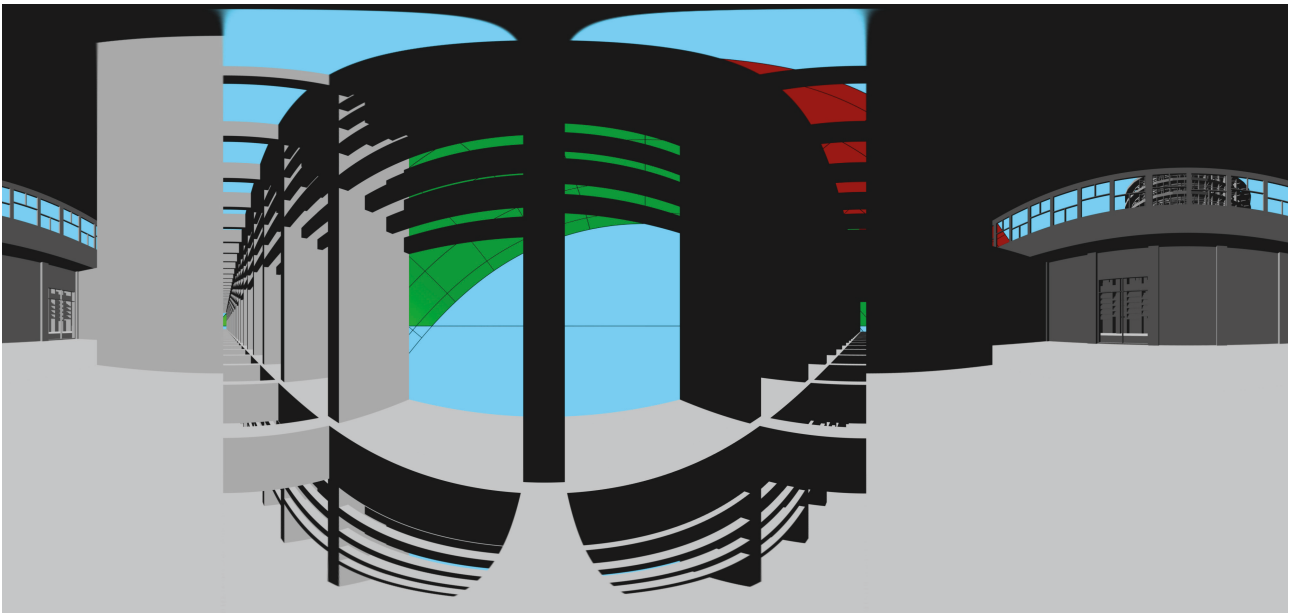
Una vez se tienen los diferentes archivos para cada punto y situación, a través de esa cámara con orientación sur en cada uno de los puntos a analizar (orígenes de coordenadas) se generan las vistas que van a servir para obtener cada una de las panorámicas necesarias a través de los siguientes pasos:

En el panel superior: Rendering después Panorama exporter más adelante Render. Finalmente abre un Render Setup donde se cambian las dimensiones de la imagen, se renderiza en modo Force 2-Sided, se presiona Render y se exporta en JPG cómo esfera.

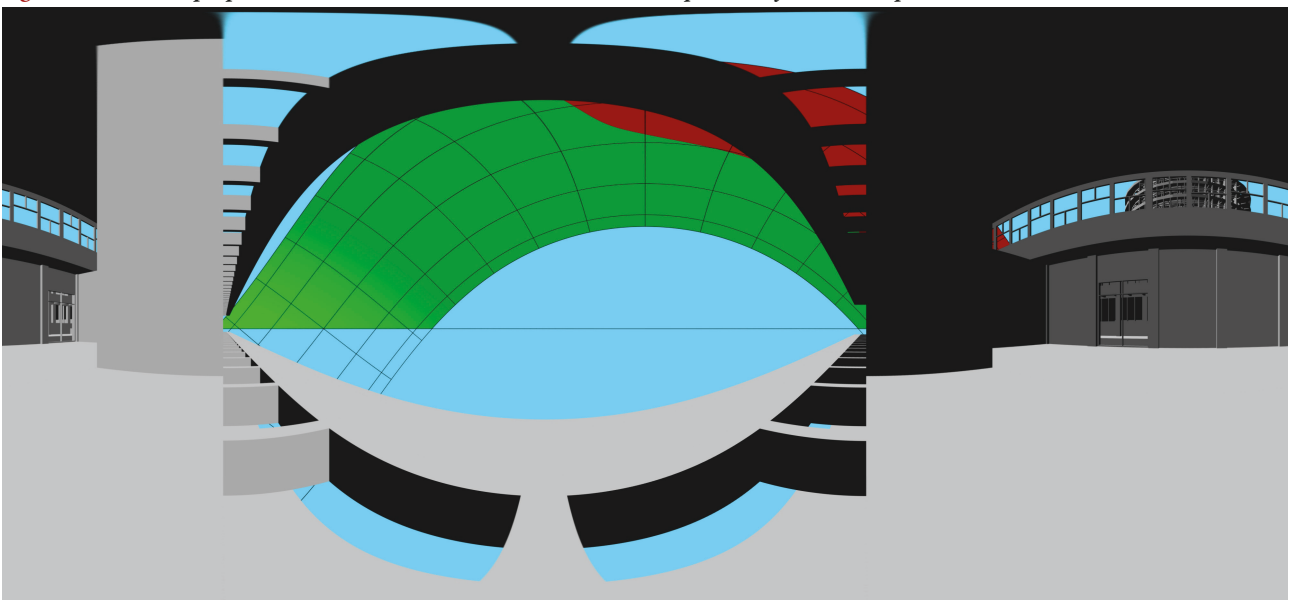
El proceso se hace en cada una de las fachadas para cada una de las situaciones: con elementos de protección solar y sin elementos de protección solar.



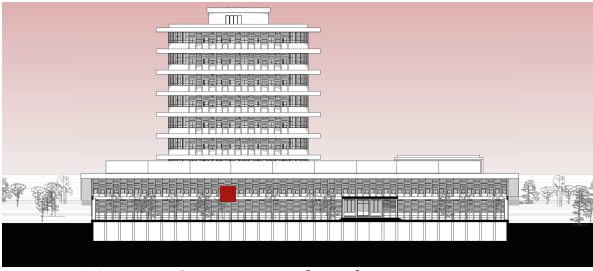
*Fig.79. A.S. Alzado Sur orientativo / Mosca. Bloque Sur inferior en primer plano.*



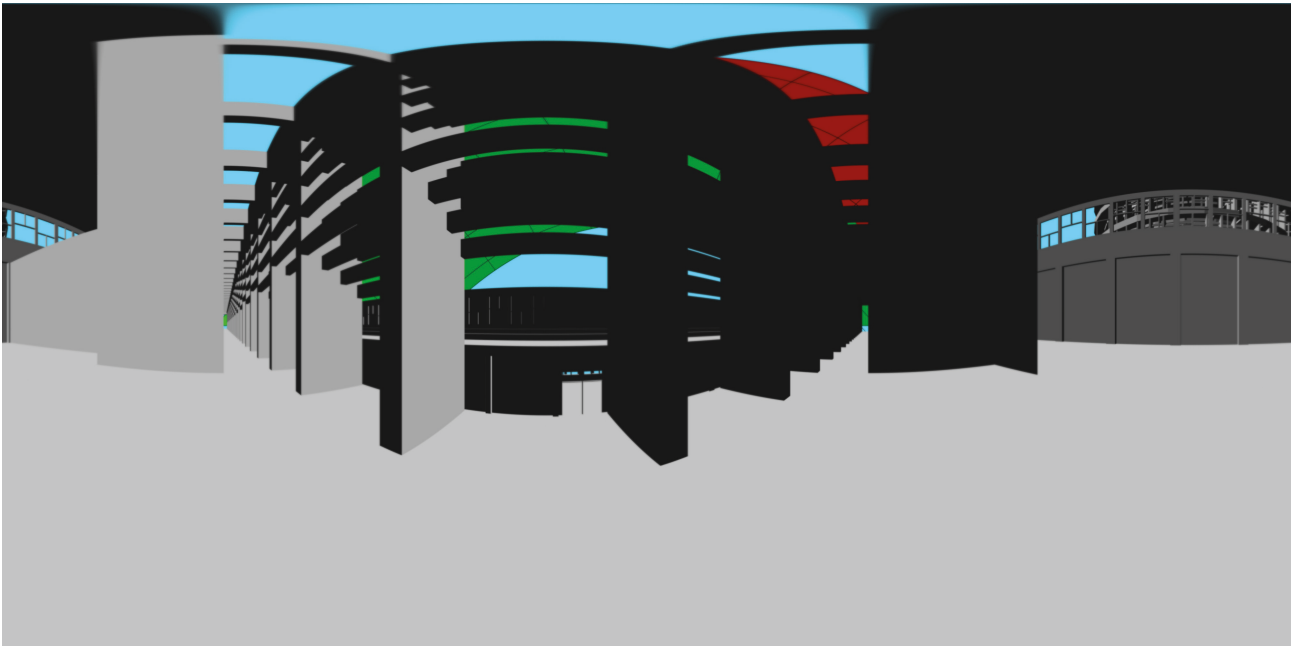
*Fig.80. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. CON protección solar.*



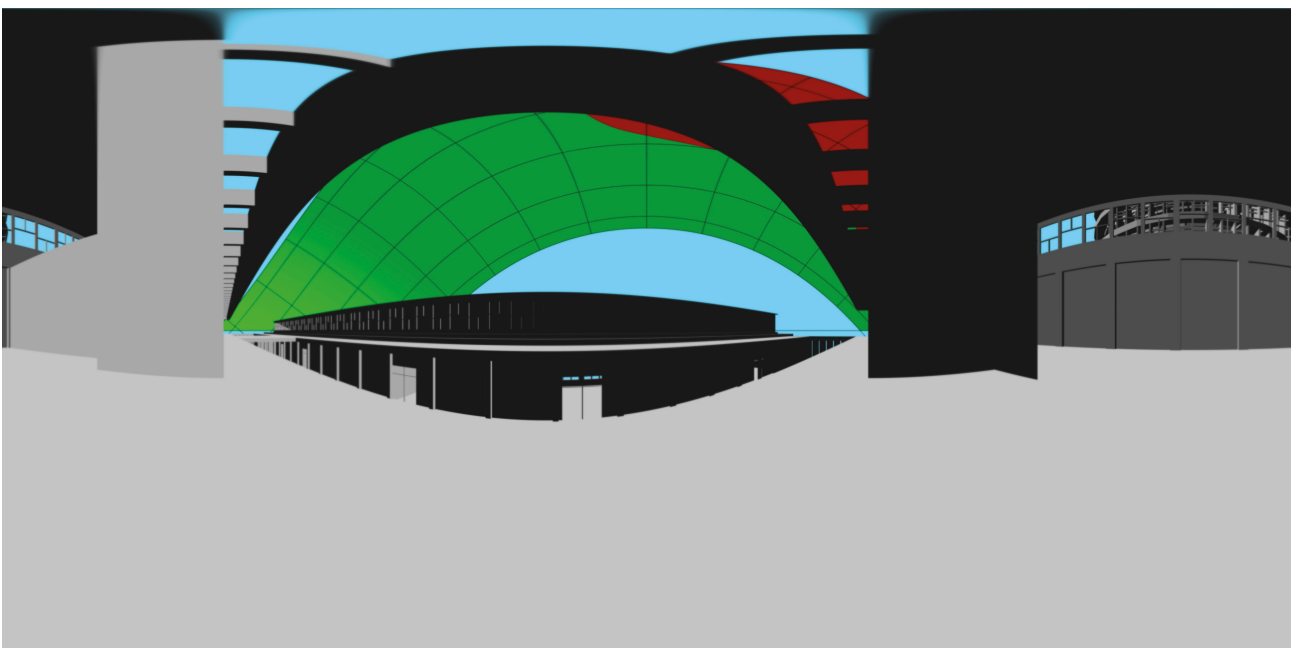
*Fig.81. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. SIN protección solar.*



*Fig.82. ST.1. Sección transversal 1. Bloque Sur superior en primer plano.*



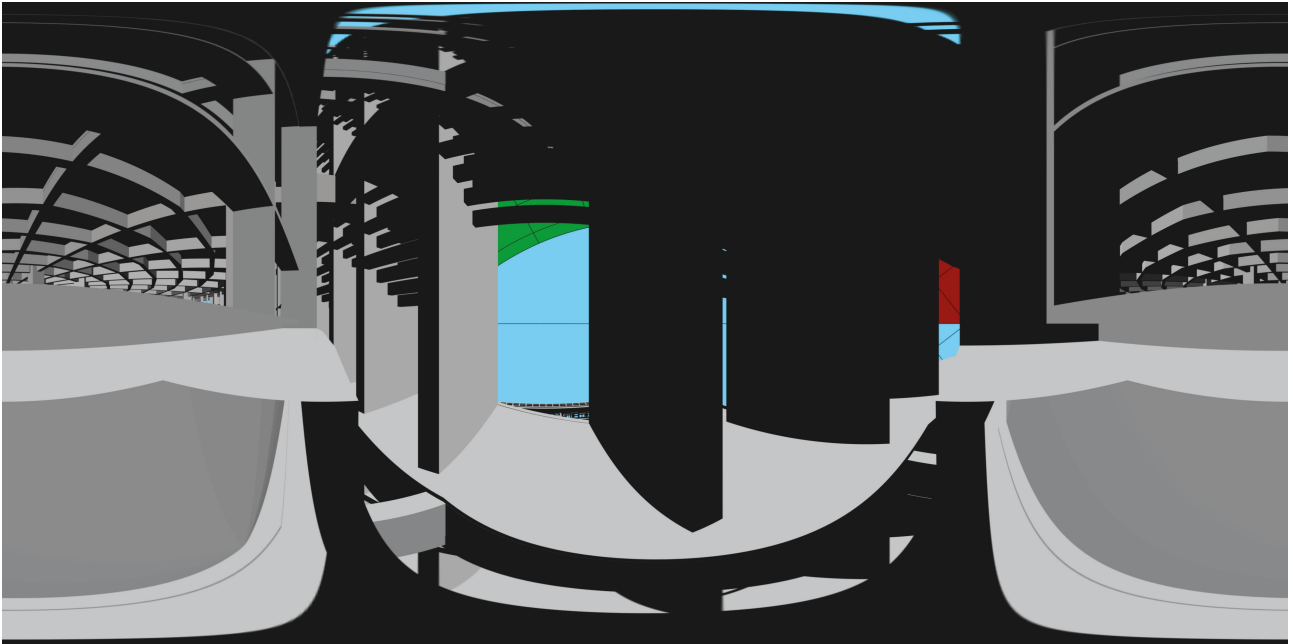
*Fig.83. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. CON protección solar.*



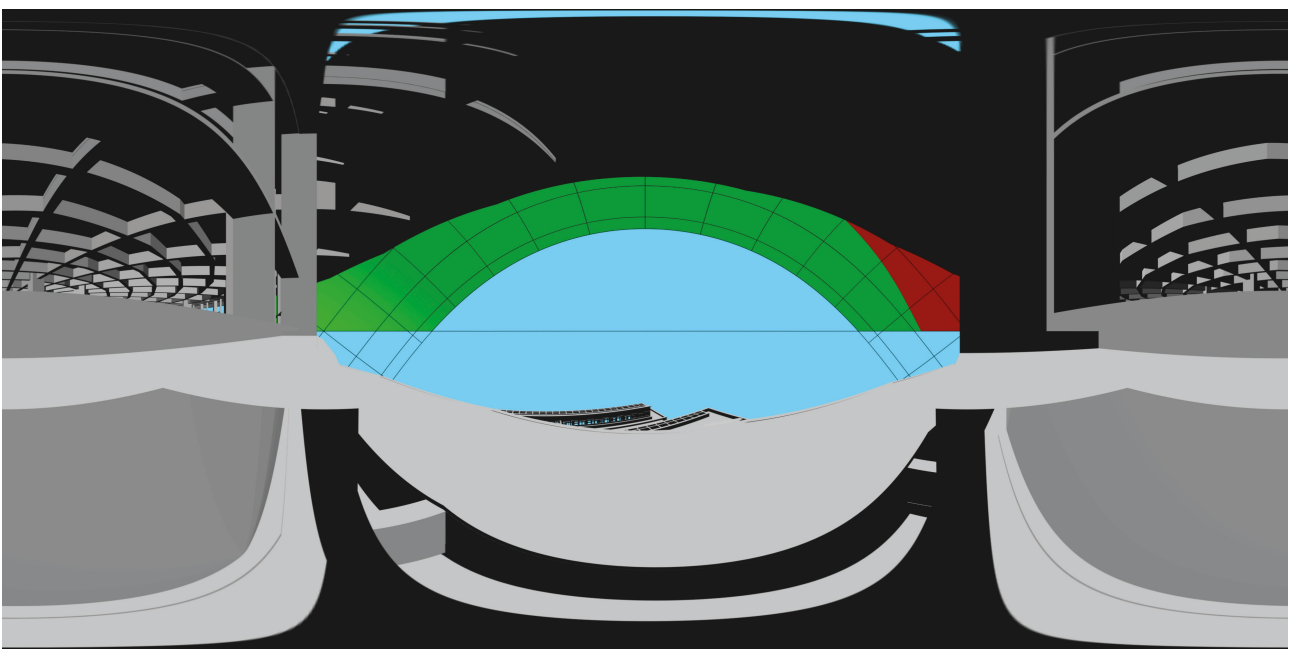
*Fig.84. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. SIN protección solar.*



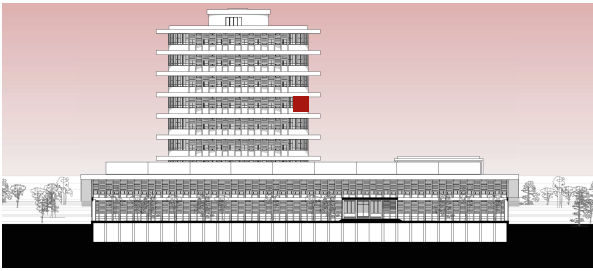
*Fig.85. ST.1. Sección transversal 1. Torre en segundo plano.*



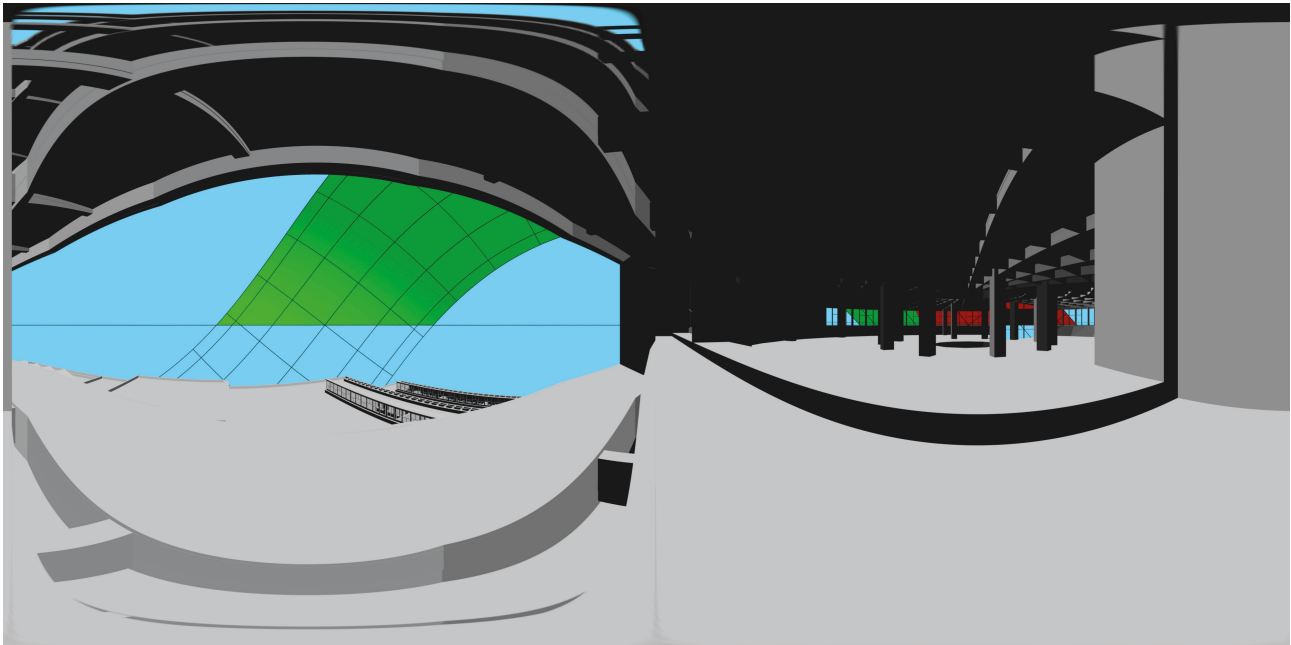
*Fig.86. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. CON protección solar.*



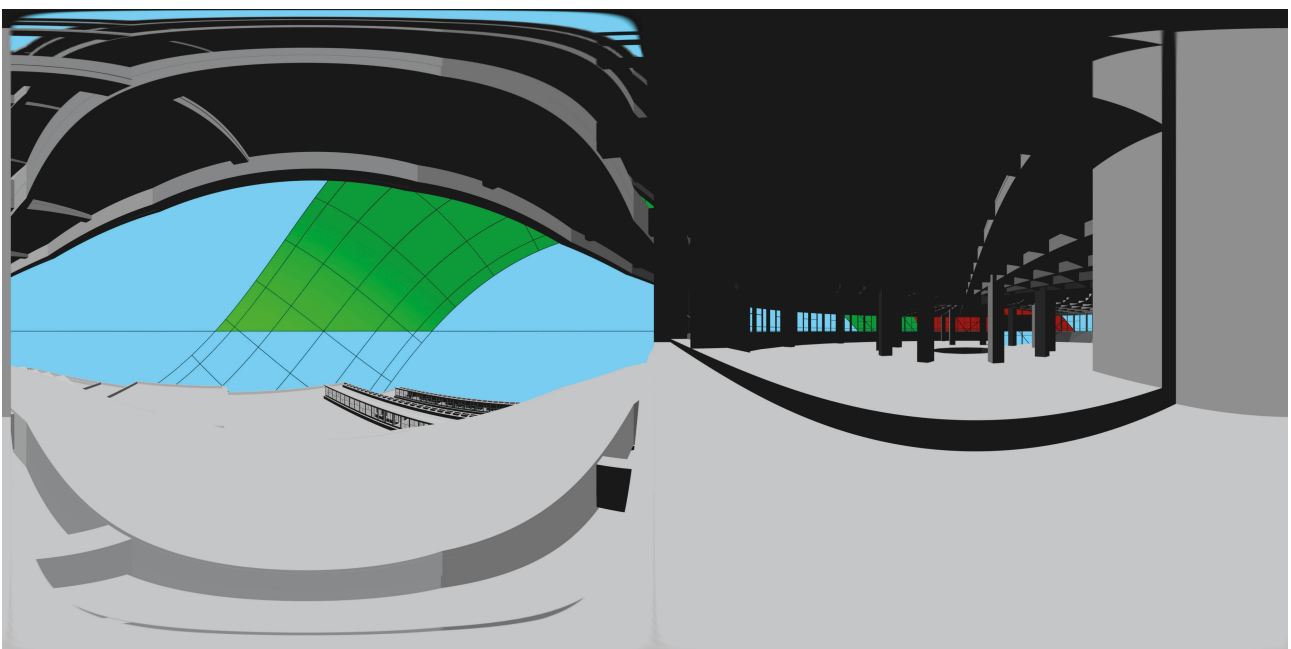
*Fig.87. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. SIN protección solar.*



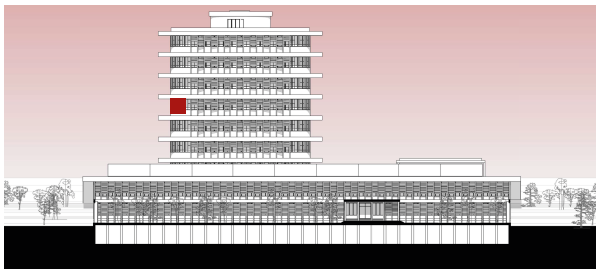
*Fig.88. ST.1. Sección transversal 1. Torre en segundo plano.*



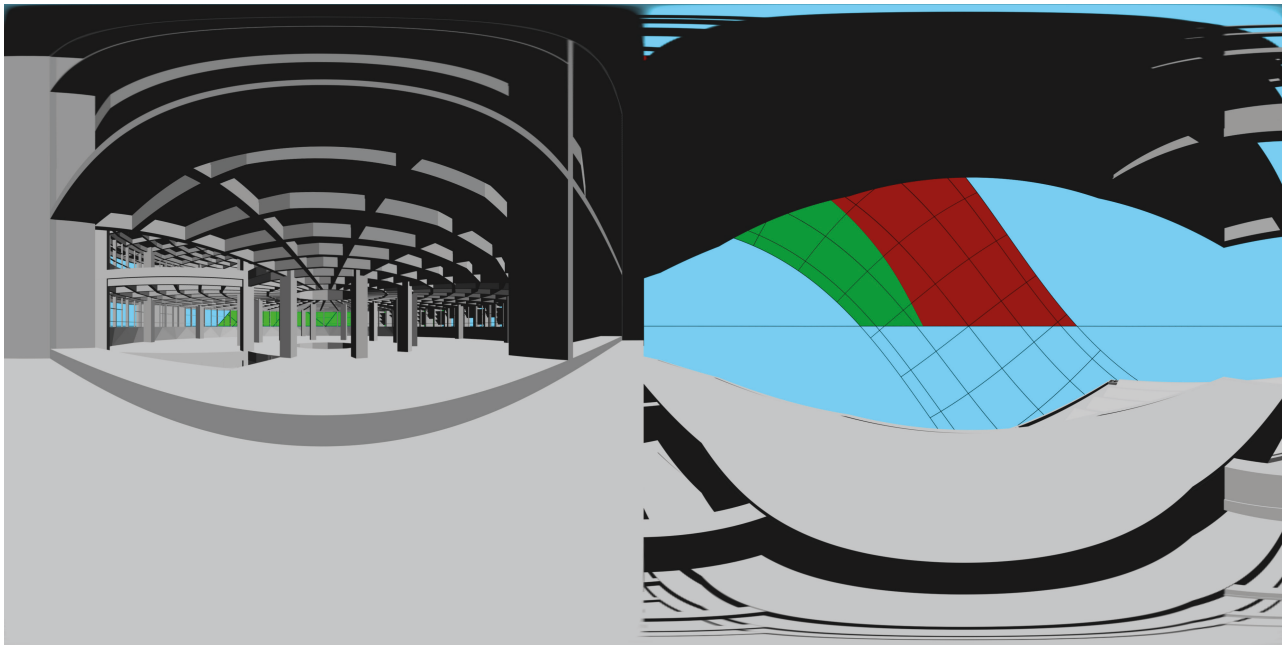
*Fig.89. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. CON protección solar.*



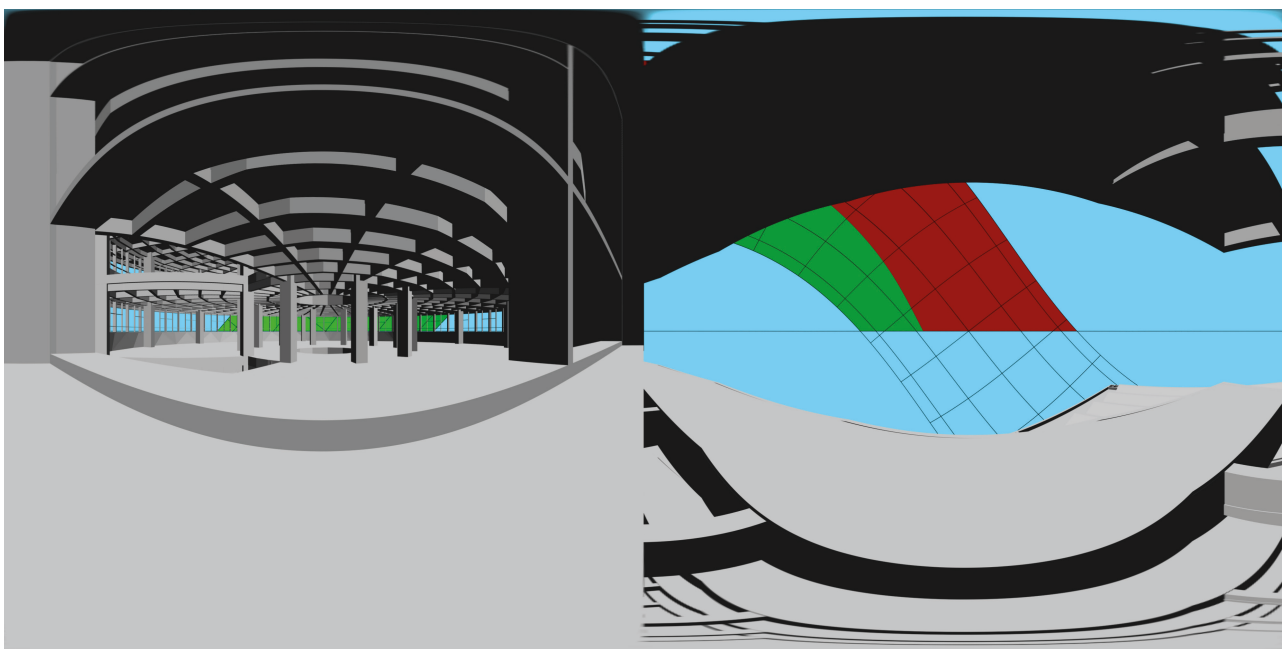
*Fig.90. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. SIN protección solar.*



*Fig.91. ST.1. Sección transversal 1. Torre en segundo plano.*

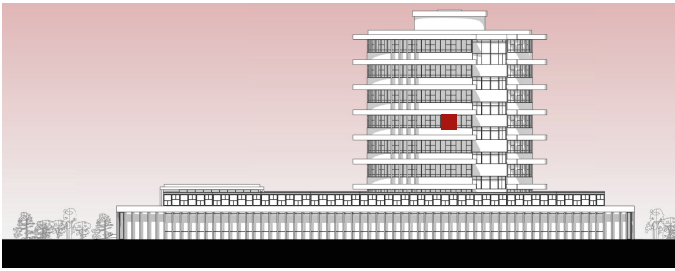


*Fig.92. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. CON protección solar.*

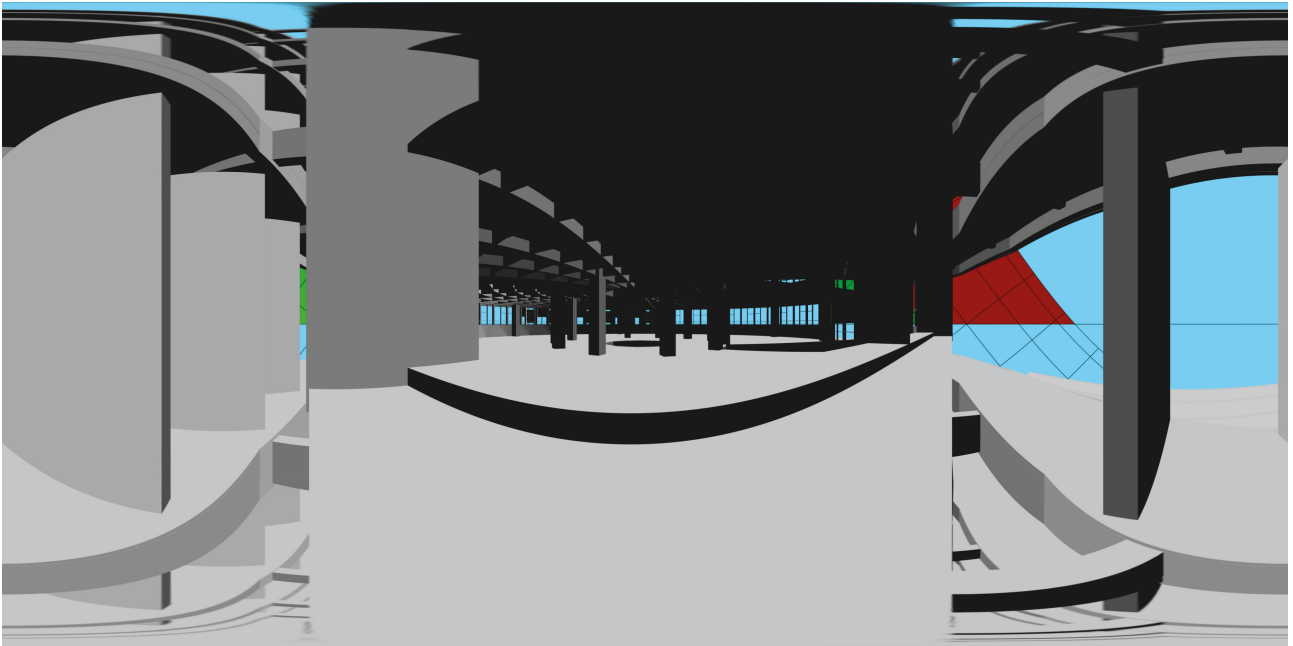


*Fig.93. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. SIN protección solar.*

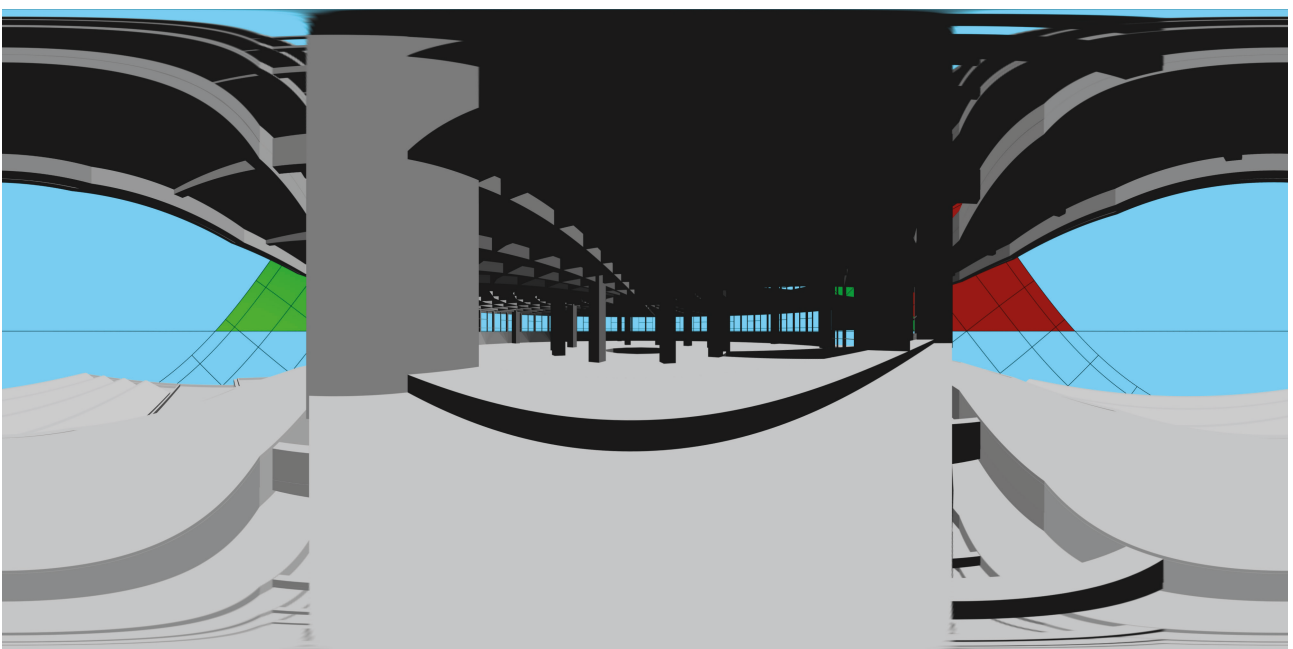




*Fig.94. A.N. Alzado Norte. Torre en segundo plano.*



*Fig.95. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. CON protección solar.*



*Fig.96. Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. SIN protección solar.*

Una vez se tienen las panorámicas, estas se importan como imágenes a Autocad. En el archivo Autocad se habrá conformado un marco de 360 cm de ancho y 90 cm de altura, el punto medio de su base (línea de horizonte) estará ubicado en el origen de coordenadas, y este marco será el que nos corte la imagen panorámica por la línea de horizonte una vez se escale la imagen. Se descarta la mitad de la imagen que esta por debajo de la línea de horizonte ya que no incide radiación solar en esa zona, calificando de zona útil toda parte superior.

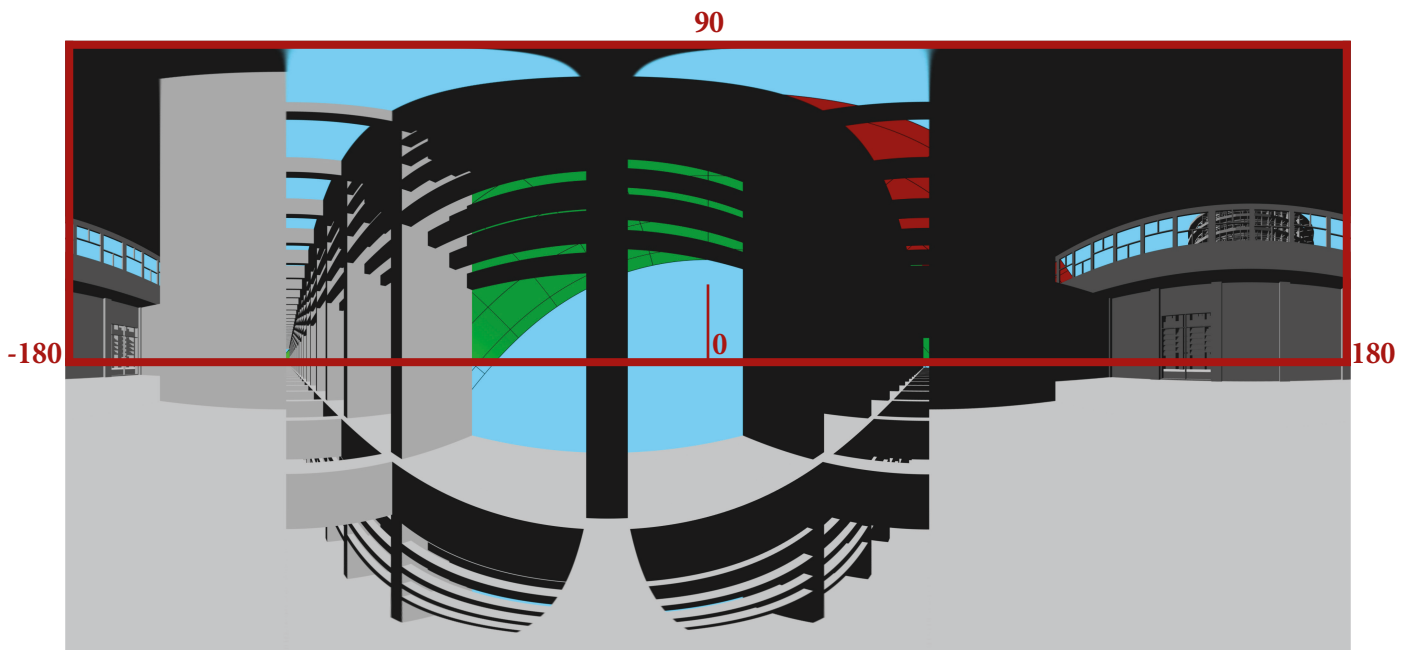


Fig.97. Trazado de marco sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. CON protección solar.

Después se subrayaran las zonas de sombras a través de polígonos de cuatro puntos, geometrizando la panorámica y convirtiendo el dibujo en un mapas de puntos de coordenadas, sistema que nos permitirá después trasladar la información al programa CE3X para así poder trazar en él los patrones de sombras que utilizaremos más adelante para el análisis de la envolvente térmica.

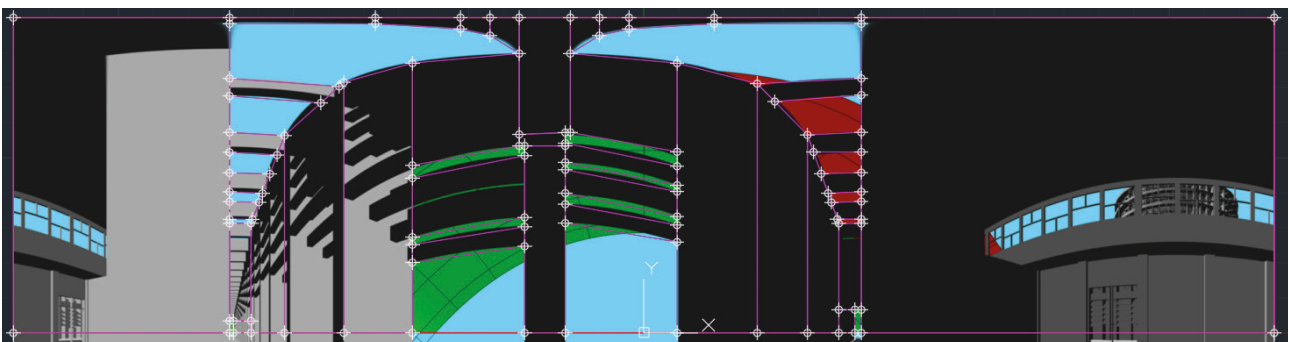


Fig.98. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. CON protección solar.

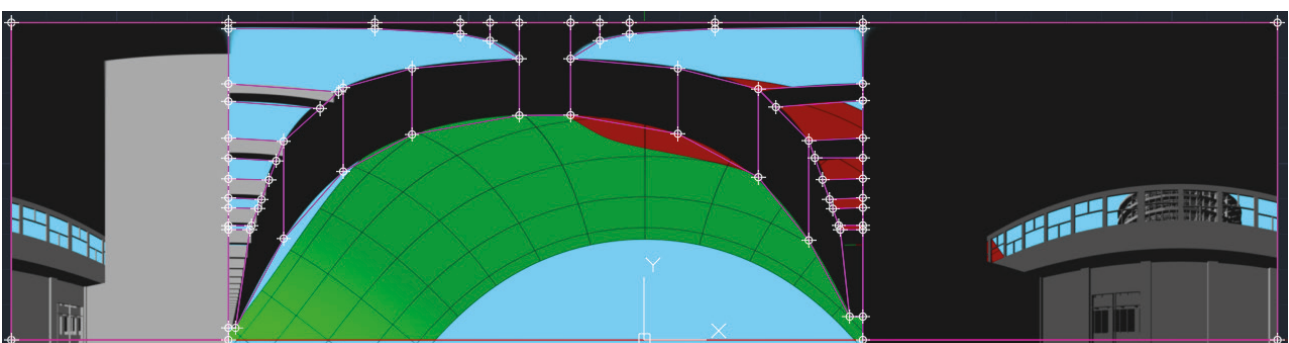
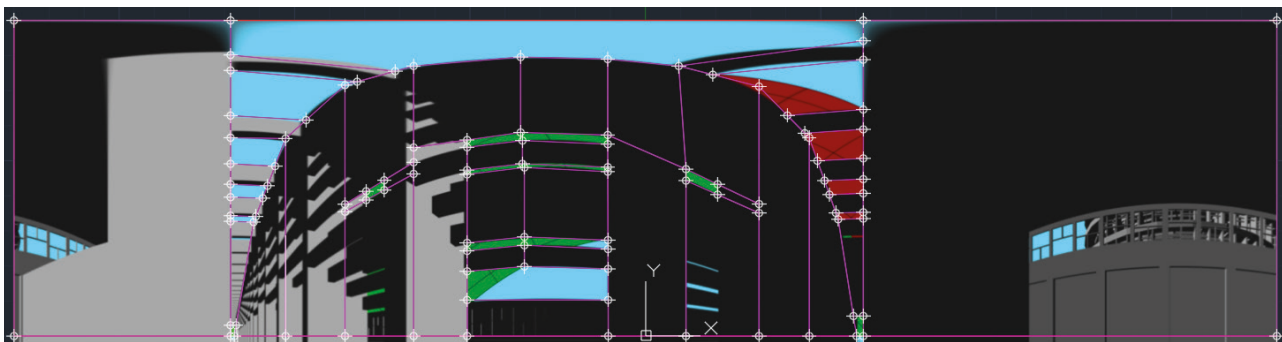
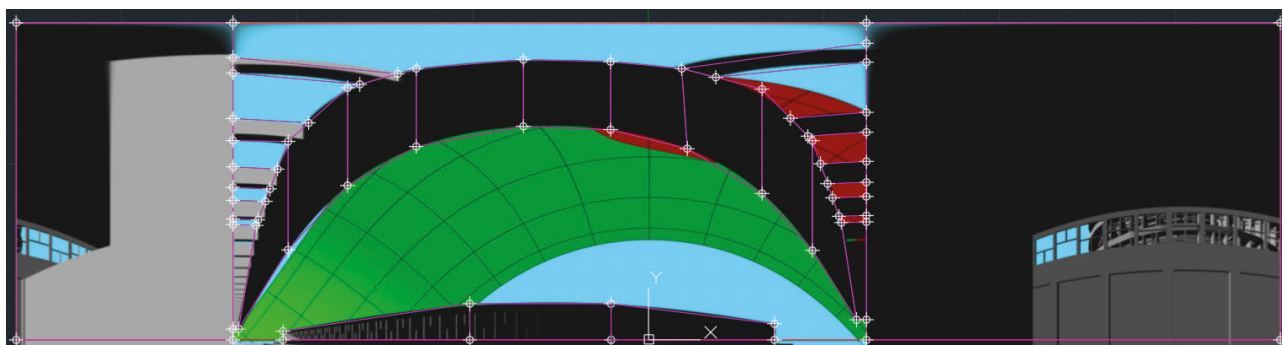


Fig.99. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. SIN protección solar.

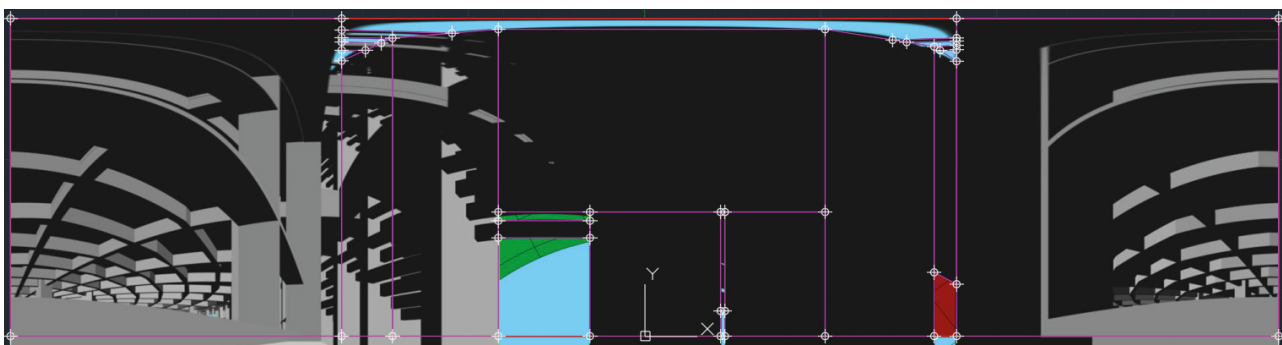


*Fig.100. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. CON protección solar.*

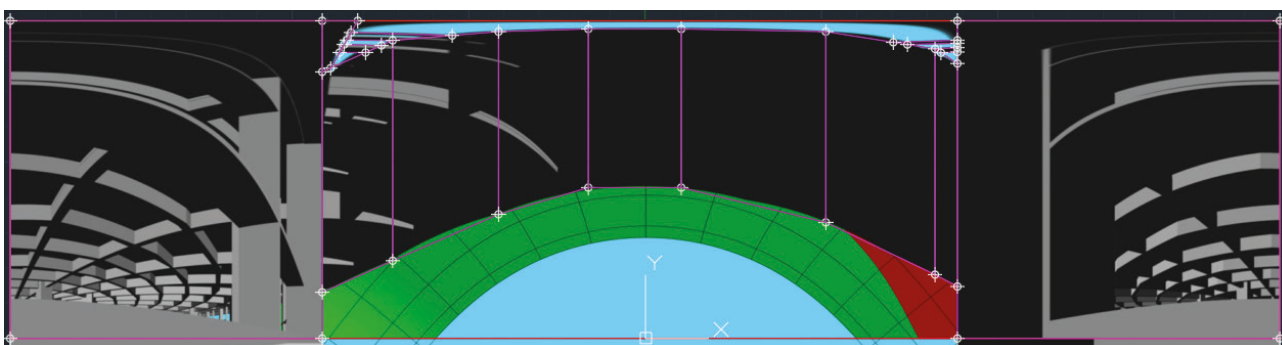


*Fig.101. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. SIN protección solar.*

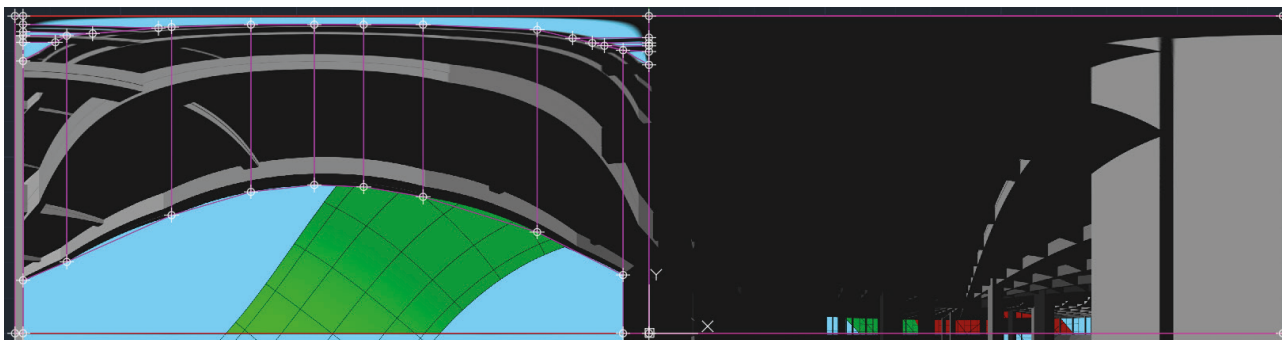
Se puede apreciar cómo en estas panorámicas donde el punto de estudio se sitúa en las fachadas Sur la diferencia es significativa si tenemos la protección solar o si no la tenemos, aun así se aprecia como la protección solar básicamente bloquea la zona de captación solar, cuando teóricamente debería centrarse en su función de bloquear la zona de protección solar.



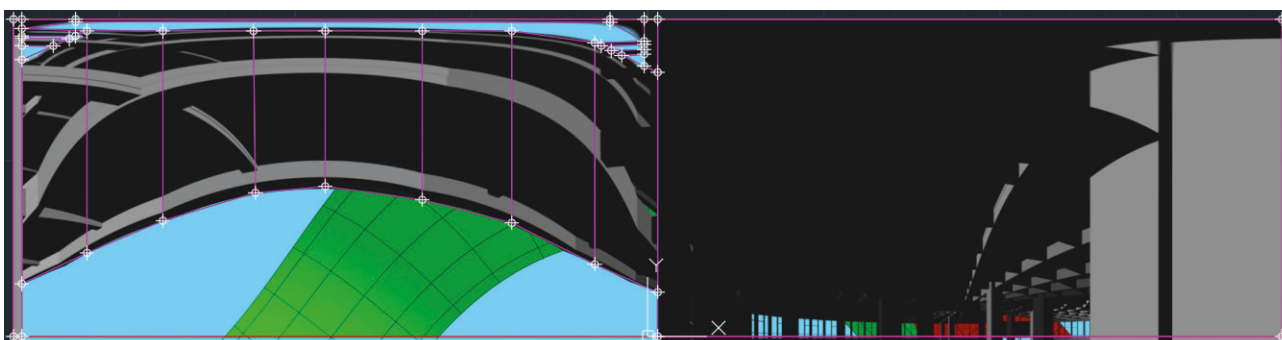
*Fig.102. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. CON protección solar.*



*Fig.103. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. SIN protección solar.*

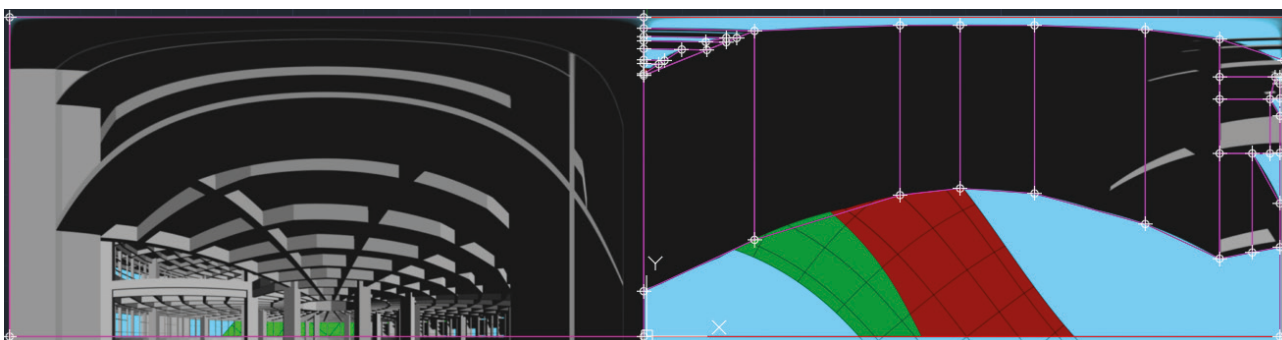


*Fig.104. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. CON protección solar.*

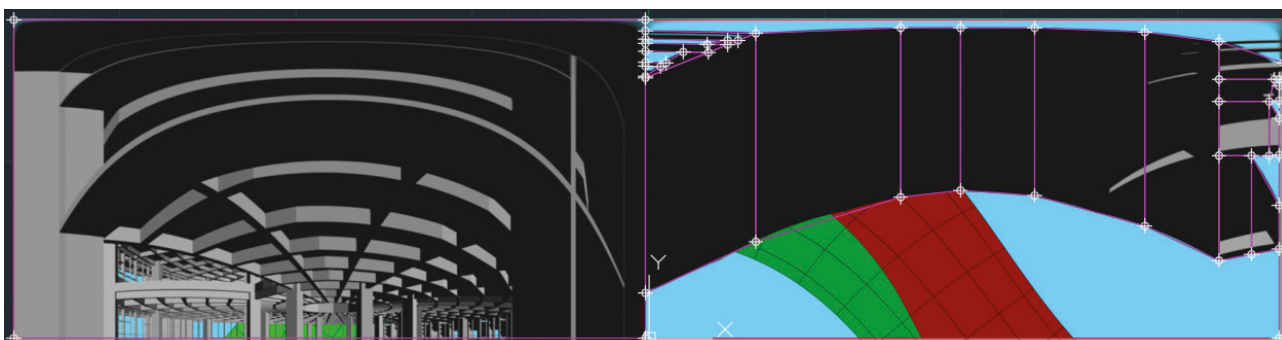


*Fig.105. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. SIN protección solar.*

Sin embargo cuando el punto de estudio se sitúa en otras fachadas que no sea la Sur apreciamos como las panorámicas con protecciones y las que están sin protección no varían tanto entre sí. No en todos los casos es perjudicial. Por ejemplo en la fachada Este nos beneficia ya que solamente incide zona de captación, mientras que en la Oeste y en la Norte la situación es algo más perjudicial ya que incide zona de protección solar.



*Fig.106. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. CON protección solar.*



*Fig.107. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. SIN protección solar.*

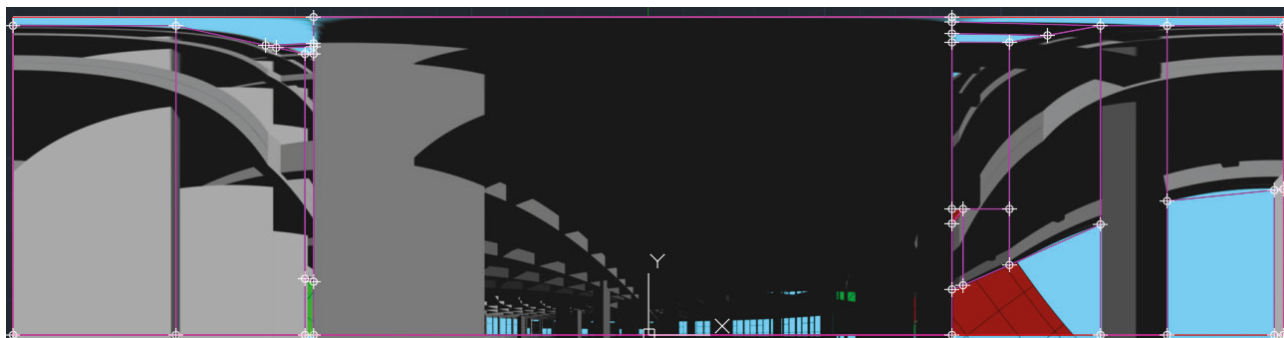


Fig.108. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. CON protección solar.

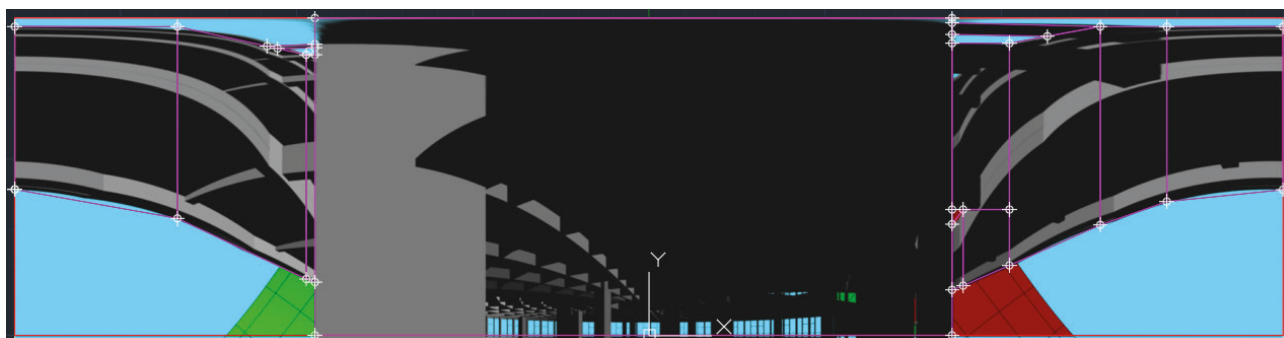


Fig.109. Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. SIN protección solar.

#### 4.4. TRAZADO DE PATRONES DE SOMBRAS.

Ahora se deben trazar los patrones de sombras, el procedimiento será ir trasladando las coordenadas de los puntos que definen los polígonos pertenecientes a las zonas de sombras, se hará punto por punto y luego estos patrones serán utilizados en el análisis de la envolvente térmica, asignándolos al muro de la envolvente que sea correspondiente.



Fig.110. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. CON protección solar.

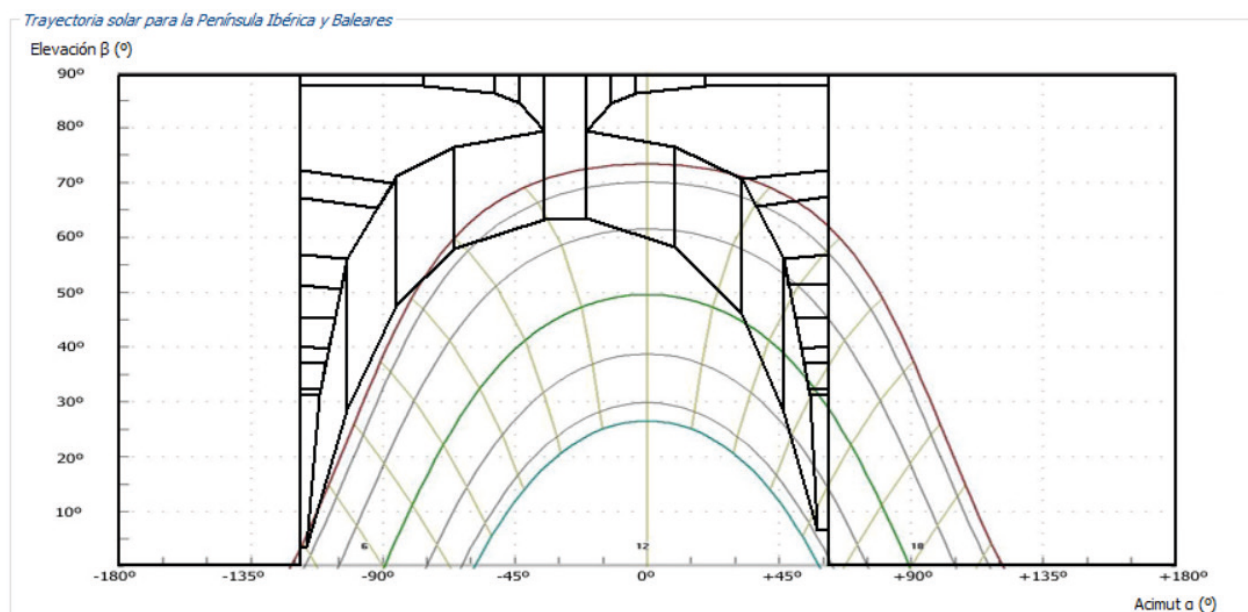


Fig.111. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. SIN protección solar.

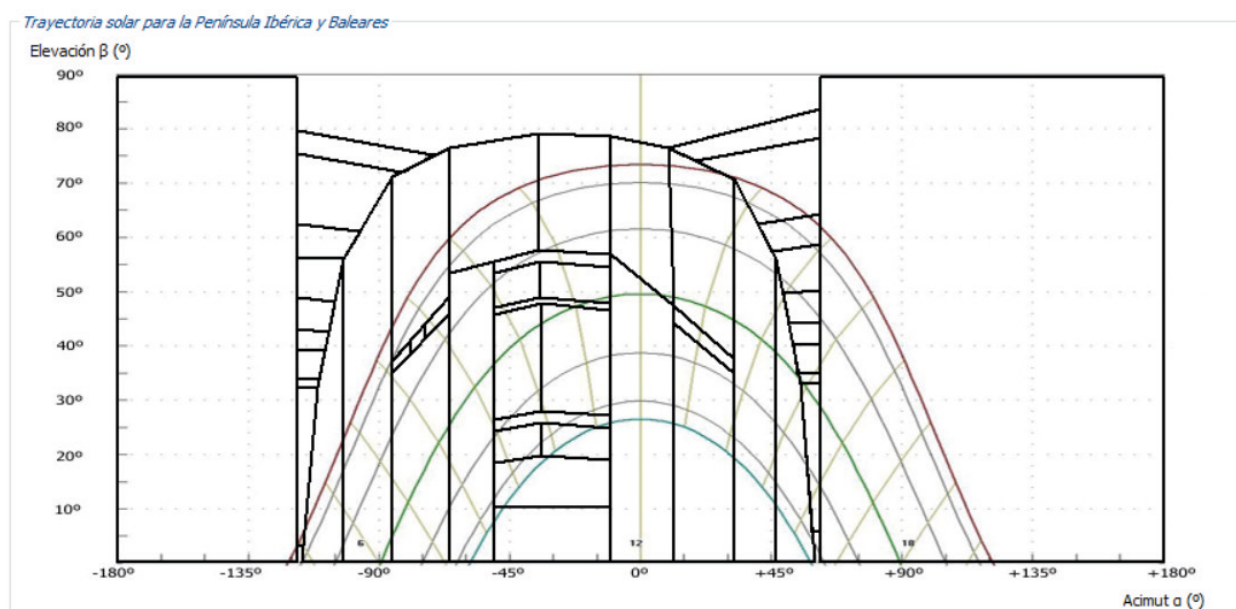


Fig.112. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. CON protección solar.

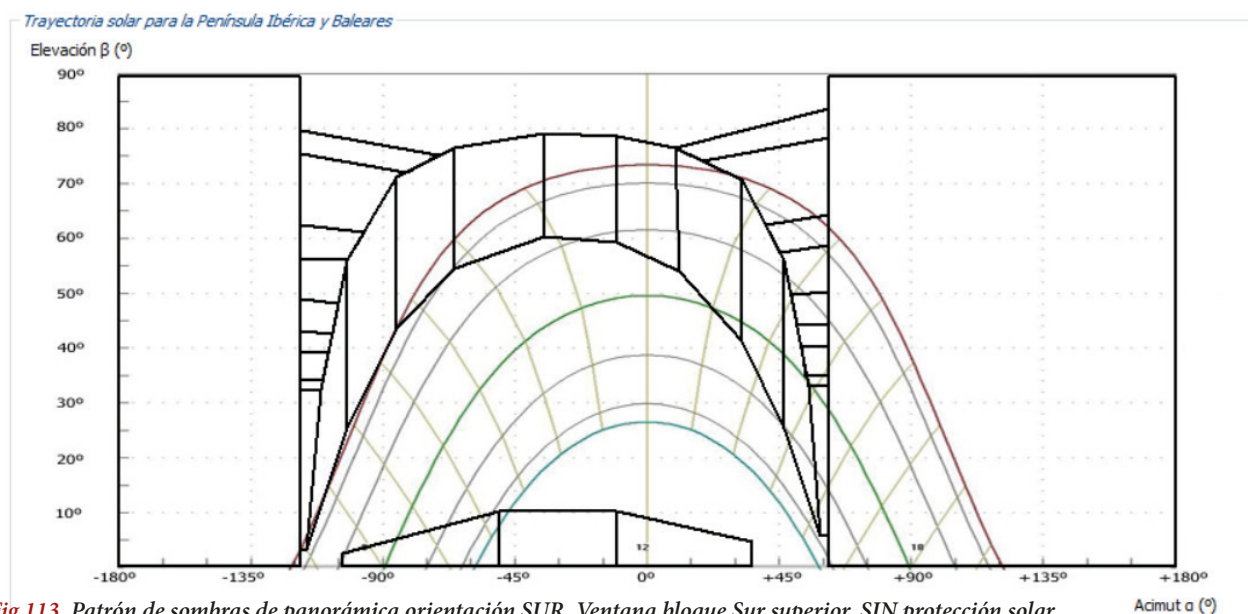


Fig.113. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. SIN protección solar.

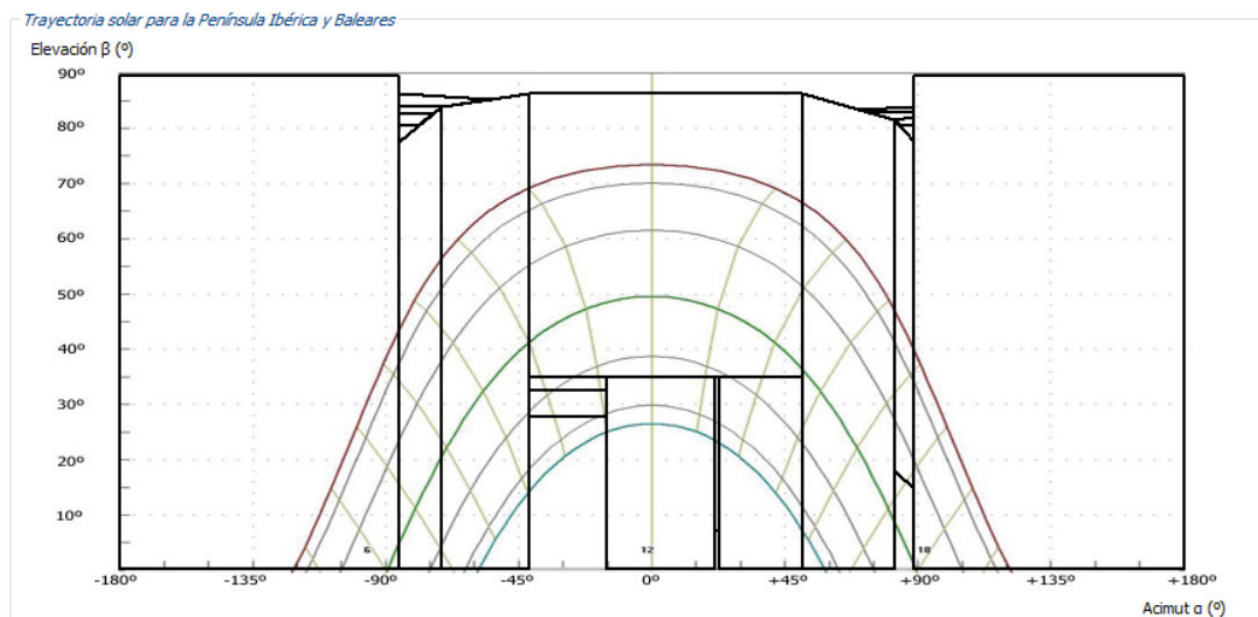


Fig.114. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. CON protección solar.

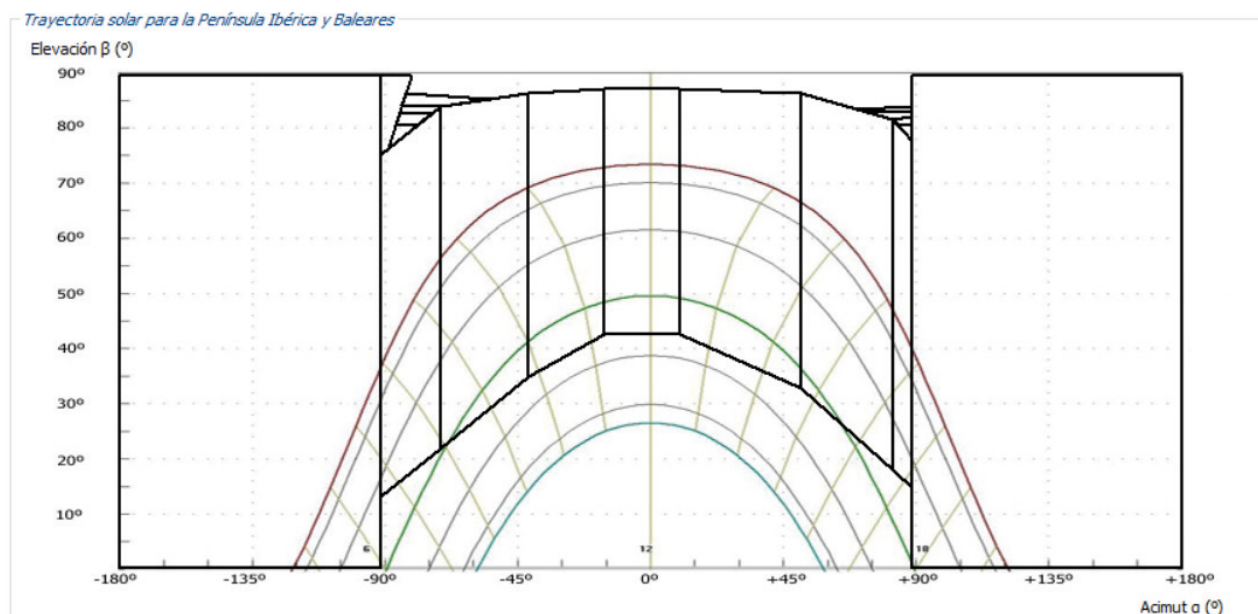


Fig.115. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. SIN protección solar.

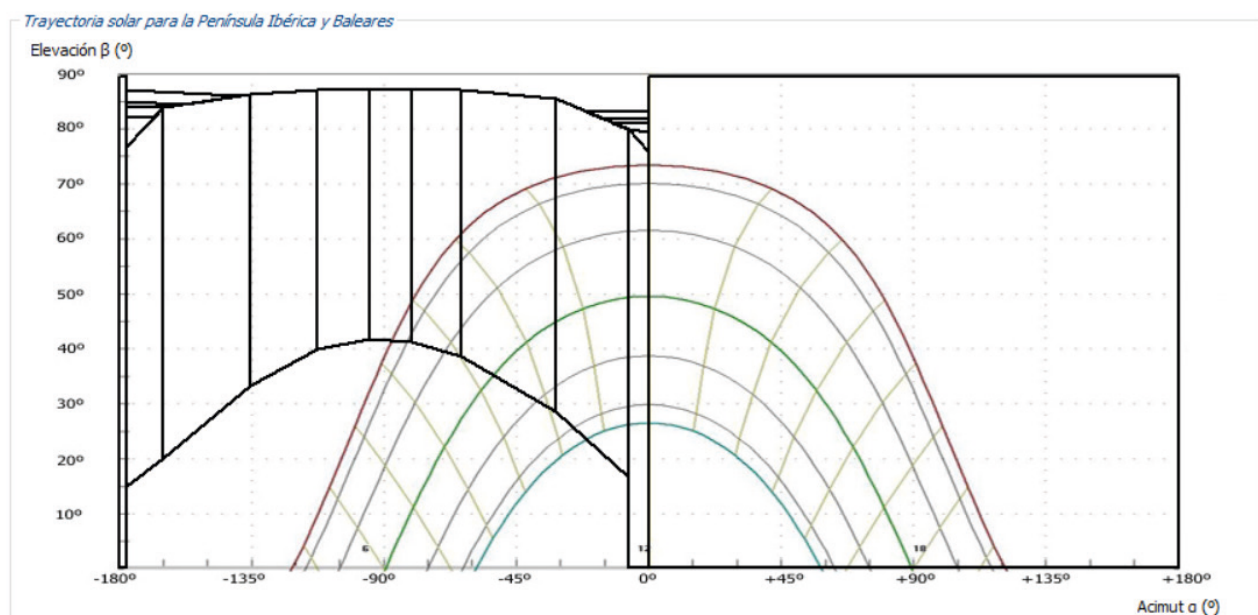


Fig.116. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. CON protección solar.



Fig.117. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. SIN protección solar.

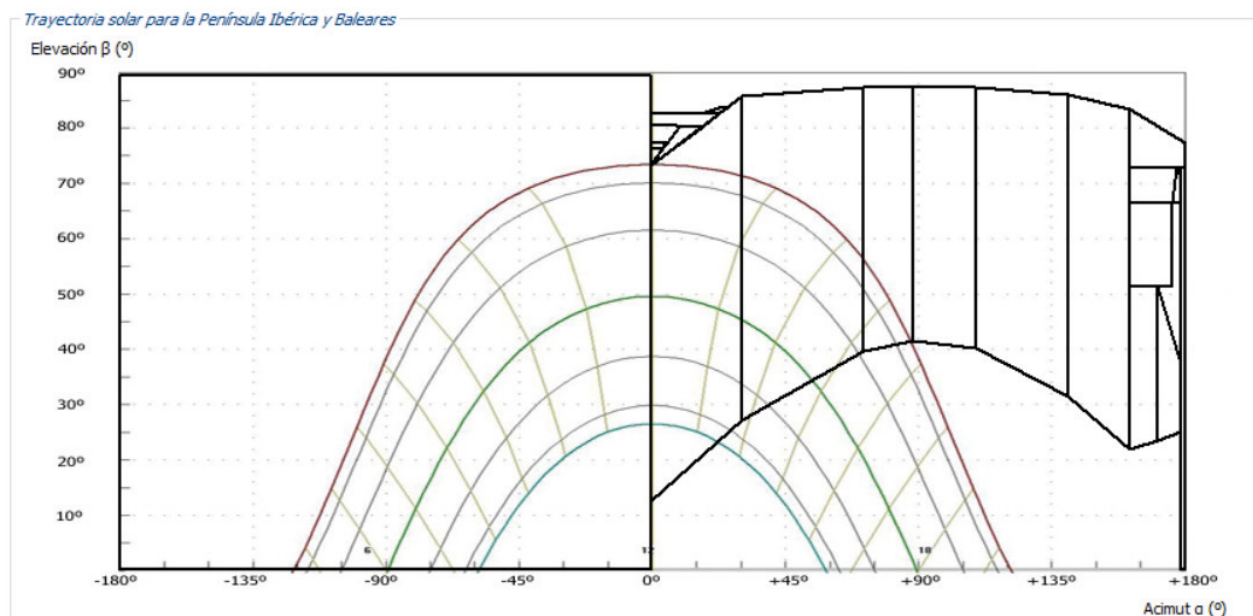


Fig.118. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. CON protección solar.

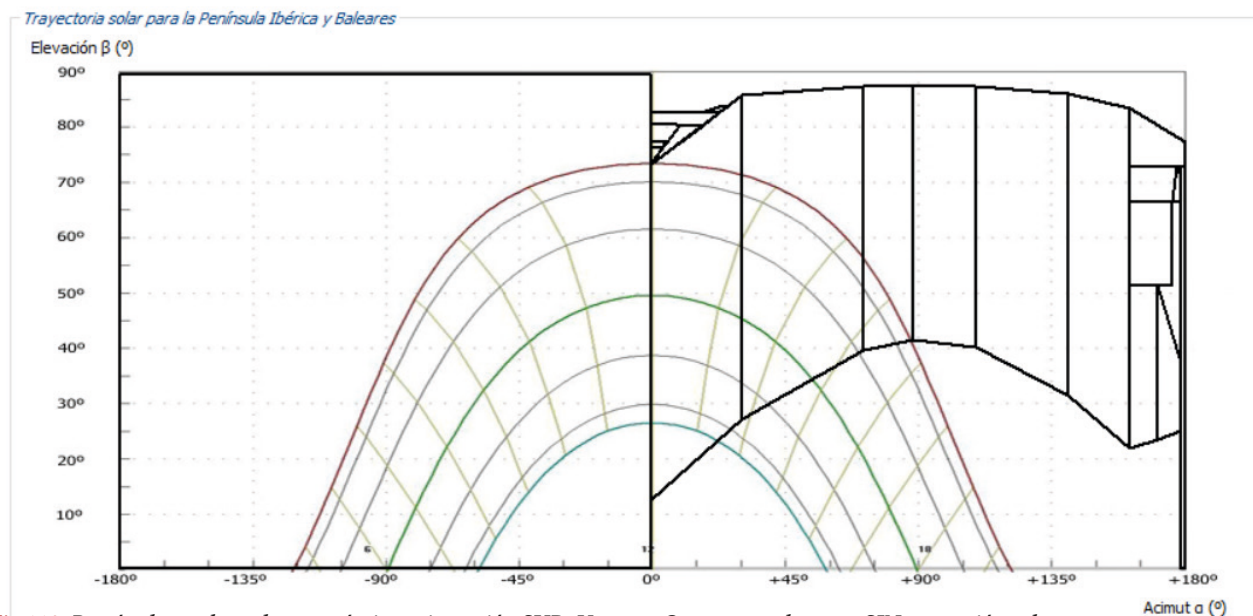


Fig.119. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. SIN protección solar.



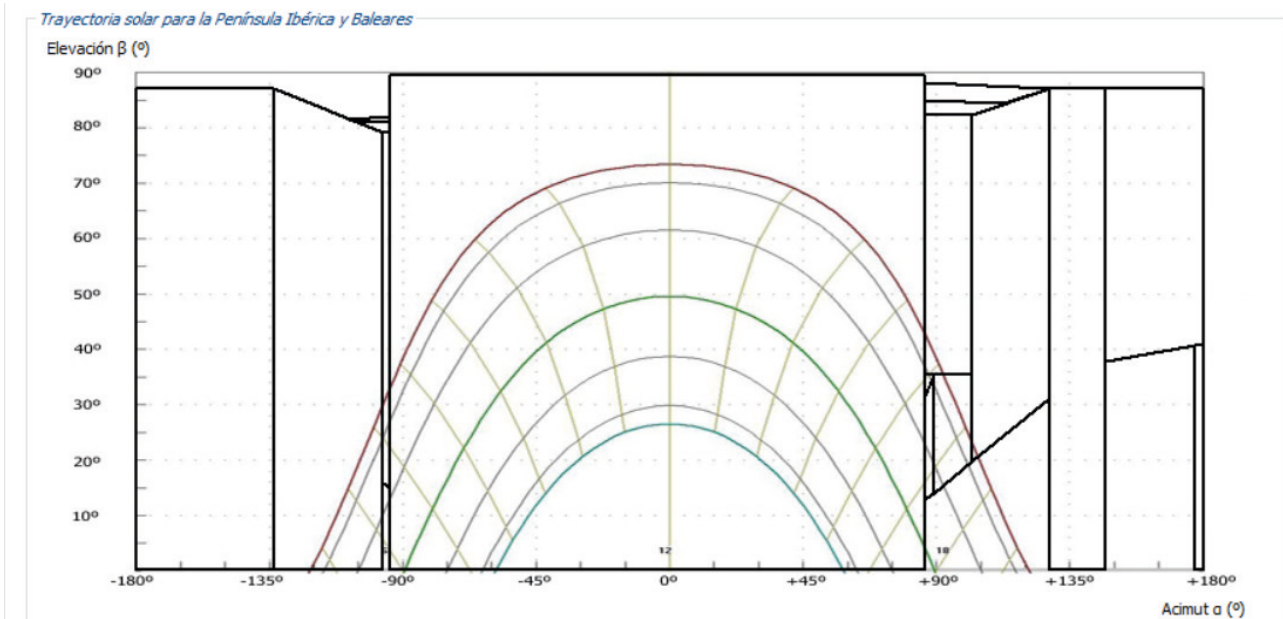


Fig.120. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. CON protección solar.

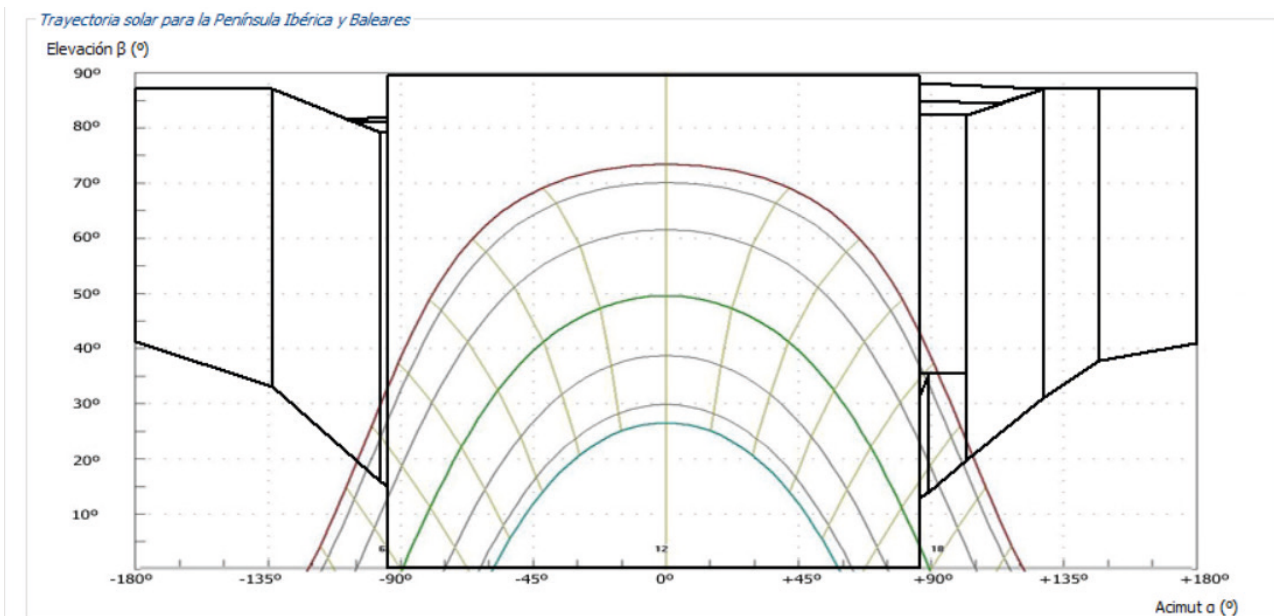


Fig.121. Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. SIN protección solar.

#### 4.5. INTRODUCCIÓN DE DATOS EN CE3X.

Una vez se tienen los patrones de sombra, el siguiente paso es introducir los datos administrativos y los datos generales en el CE3X y así poder analizar la envolvente térmica, sectorizando el edificio y utilizando los patrones en caso de que existan en la vista en particular. Se analizará la envolvente térmica en situación con protecciones y en situación sin protecciones.

El programa de CE3X está reconocido oficialmente por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico para la certificación energética de edificios. Es de los programas con más alto porcentaje de uso para la certificación energética que usa métodos simplificados para el cálculo de edificios ya existentes.

#### 4.5.1. DATOS ADMINISTRATIVOS.

**Localización e identificación del edificio**

Nombre del edificio: ESCUELA DE INGENIEROS AGRÓNOMOS DE CORDOBA  
Dirección: AV MENENDEZ PIDAL ETS AGRONOMOS Y M. CORDOBA, ESPAÑA  
Provincia/Ciudad autónoma: Córdoba Localidad: Córdoba Código Postal: 14004  
Referencia Catastral: 1822401UG4912S0001OD +

**Datos del cliente**

Nombre o razón social: Jaime Iza Fernandez  
Dirección: s/n, Camí de Vera, Valencia  
Provincia/Ciudad autónoma: Valencia Localidad: Valencia Código Postal: 46022  
Teléfono: 633333333 E-mail: a2cam02b14@gmail.com

**Datos del técnico certificador**

Nombre y Apellidos: Jaime Iza Fernandez NIF: 71729071Y  
Razón social: Jaime Iza Fernandez CIF: -  
Dirección: s/n, Camí de Vera, Valencia  
Provincia/Ciudad autónoma: Valencia Localidad: Valencia Código Postal: 46022  
Teléfono: 633333333 E-mail: a2cam02b14@gmail.com  
Titulación habilitante según normativa vigente: Arquitecto

Fig.122. Captura de pantalla del programa CE3X. Datos administrativos.

#### 4.5.2. DATOS GENERALES.

**Datos generales**

Normativa vigente: Anterior Año construcción: 1964  
Tipo de edificio: Edificio completo Perfil de uso: Intensidad Media - 12h  
Provincia/Ciudad autónoma: Córdoba Localidad: Córdoba Zona climática: HE-1 B4 HE-4 V

**Definición edificio**

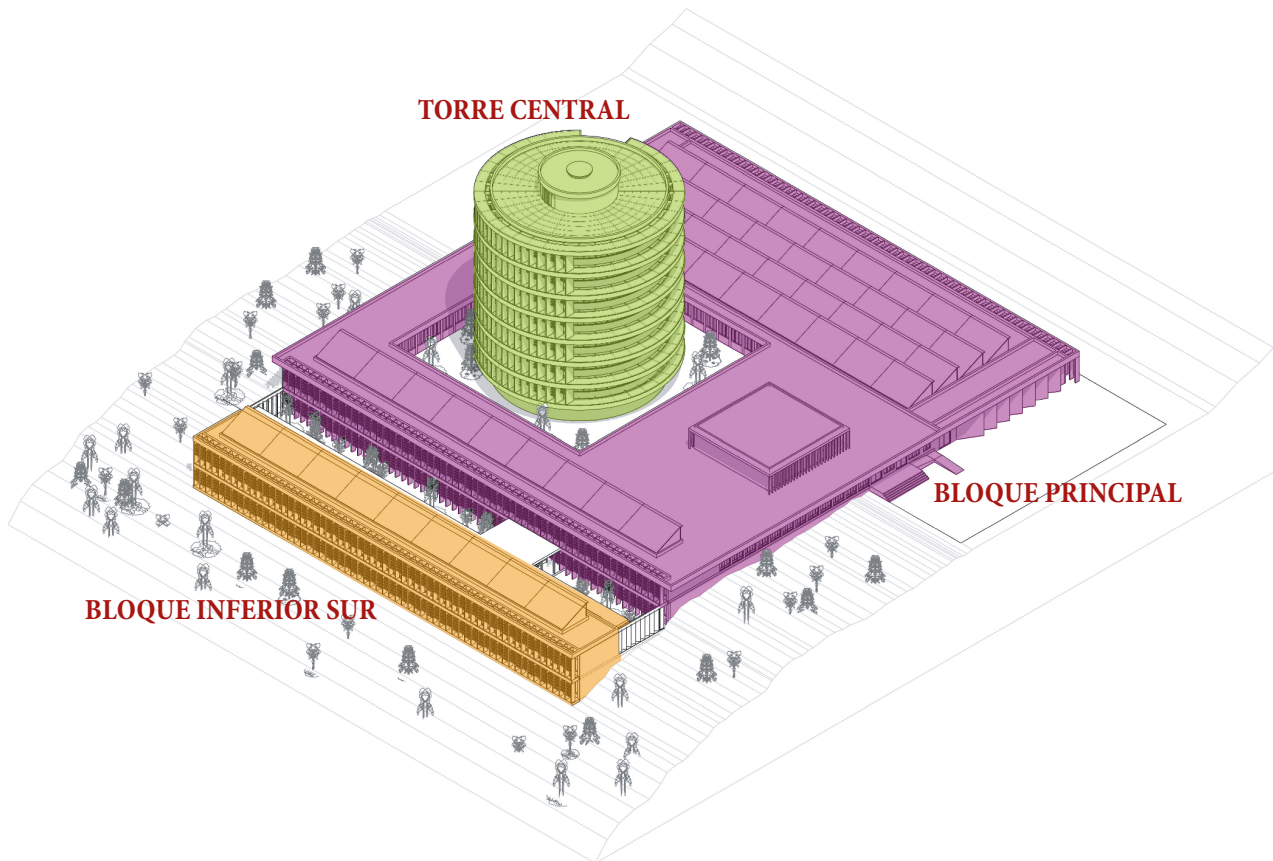
Superficie útil habitable: 17503.85 m<sup>2</sup>  
Altura libre de planta: 5 m  
Número de plantas habitables: 8  
Ventilación del inmueble: 0.8 ren/h  
Demanda diaria de ACS: 1260 l/día  
Masa de las particiones internas: Media  
 Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Imagen edificio Plano situación

Fig.123. Captura de pantalla del programa CE3X. Datos generales.

#### 4.5.3. ENVOLVENTE TÉRMICA. EDIFICIO OBJETO.

A la hora de analizar la envolvente térmica el edificio se divide en zonas, la zona bloque inferior sur en naranja, la zona del bloque principal en morado y la zona de la torre central en verde. A cada una de estas zonas se les asigna una cubierta y un suelo, así como cuatro orientaciones (Sur, Este, Oeste y Norte) para cada una de sus fachadas.



*Fig.124. Esquema división en zonas del edificio.*

En el caso del bloque inferior sur se tiene un muro para cada orientación, es decir existe un muro norte, un muro este, un muro oeste y un muro norte, cada uno de estos tendrá asignado un patrón de sombras en caso de que lo tenga, y huecos en caso de que los tenga.

Para el caso del bloque central, al tener un patio, se tendrán dos muros para cada una de las orientaciones, habrá dos muros Norte, dos muros Este, etc. Cada uno de ellos con sus huecos asignados y sus patrones, en caso de que los tenga, ya que por ejemplo en el patio no se tiene ningún patrón de sombras, en este espacio la torre central se concibe como un elemento protector muy importante, y el espacio claustal alrededor del patio sirve como punto de inercia térmica.

En el caso de la torre, al ser circular, a cada orientación se le asigna un cuarto del diámetro total de ese muro, de esta manera se puede calcular su superficie en el CE3X, se volverán a tener las 4 orientaciones y en este caso cada una de ellas tiene un patrón de sombras asignado.

El análisis de la envolvente térmica se estructurará en tres ramas, cada una de ellas se centrará en cada una de las zonas, por lo que se dividirá en bloque inferior sur, bloque principal y torre central, se analiza la situación con protecciones y sin protecciones para cada una de ellas y cada una contará con sus muros y huecos si los tienen, con sus cubiertas y lucernarios en caso de que los tenga y son su suelo e instalaciones.

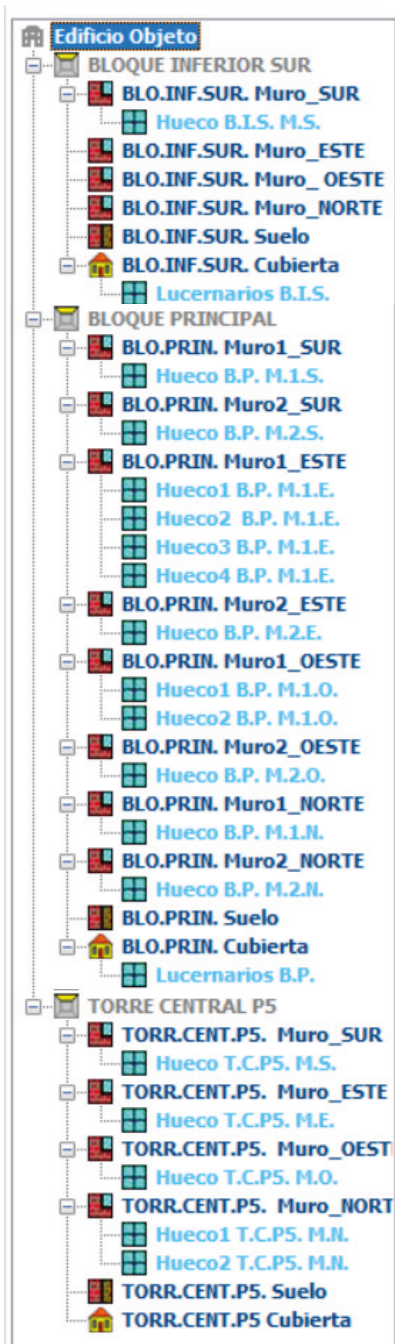


Fig.125. Captura de pantalla del programa CE3X. Ramificación del edificio objeto.

Definición de una zona	
Nombre de la zona	BLOQUE INFERIOR SUR
Elemento raíz	Edificio Objeto
Superficie habitable asociada	1005.72 m2

Definición de una zona	
Nombre de la zona	BLOQUE PRINCIPAL
Elemento raíz	Edificio Objeto
Superficie habitable asociada	7644.28 m2

Definición de una zona	
Nombre de la zona	TORRE CENTRAL P5
Elemento raíz	Edificio Objeto
Superficie habitable asociada	776.03 m2

Fig.126. Captura de pantalla del programa CE3X. Características principales de las zonas y punto de origen de su ramificación.

Como se puede ver en las imágenes se ramifica el edificio objeto en las zonas previamente dichas, se muestra la organización general, así como las tres zonas y sus características, se define el área y el punto de origen de su ramificación. A continuación se profundizará en el análisis de los muros y sus huecos, para situación con y sin protección.

Aquellos muros que no tengan ningún patrón de sombras asociado se comportan de la misma manera para las dos situaciones, en estos casos no hará falta representarlo en las dos situaciones, solo

#### 4.5.4. ENVOLVENTE TÉRMICA. MUROS.

##### 1. BLOQUE INFERIOR SUR.

###### MURO SUR CON PROTECCIÓN.

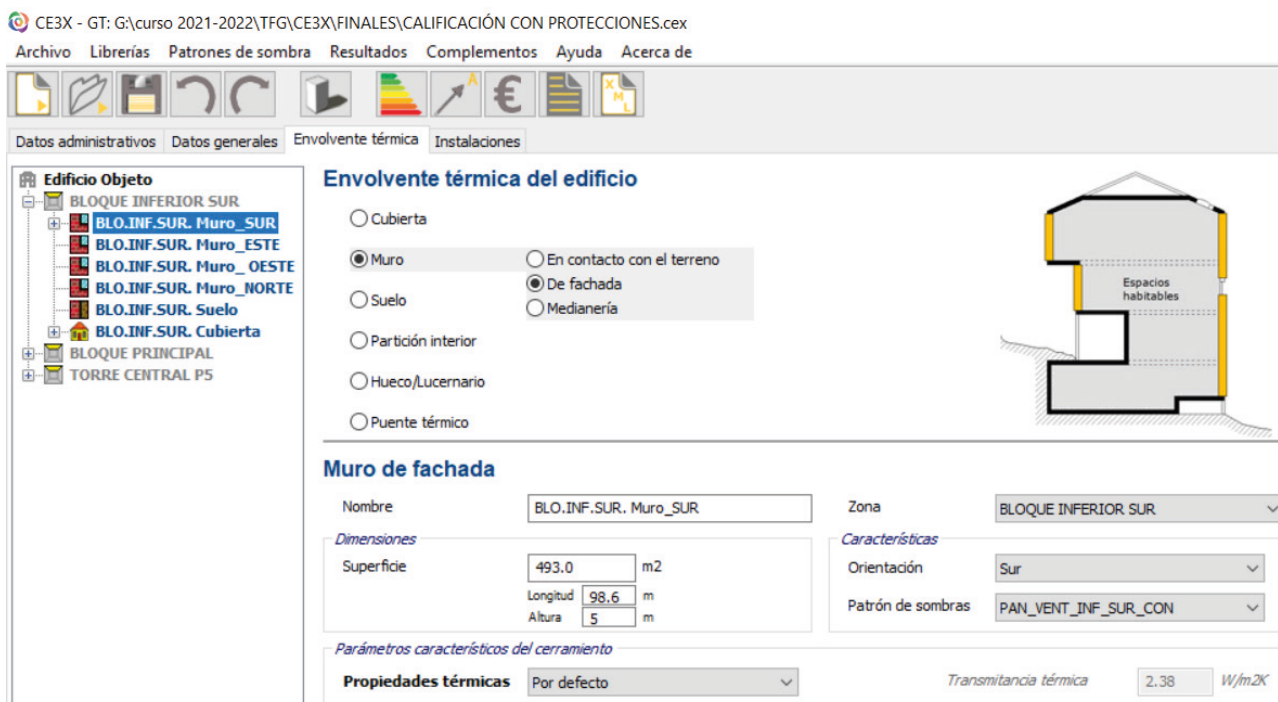


Fig.127. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Sur CON protección.

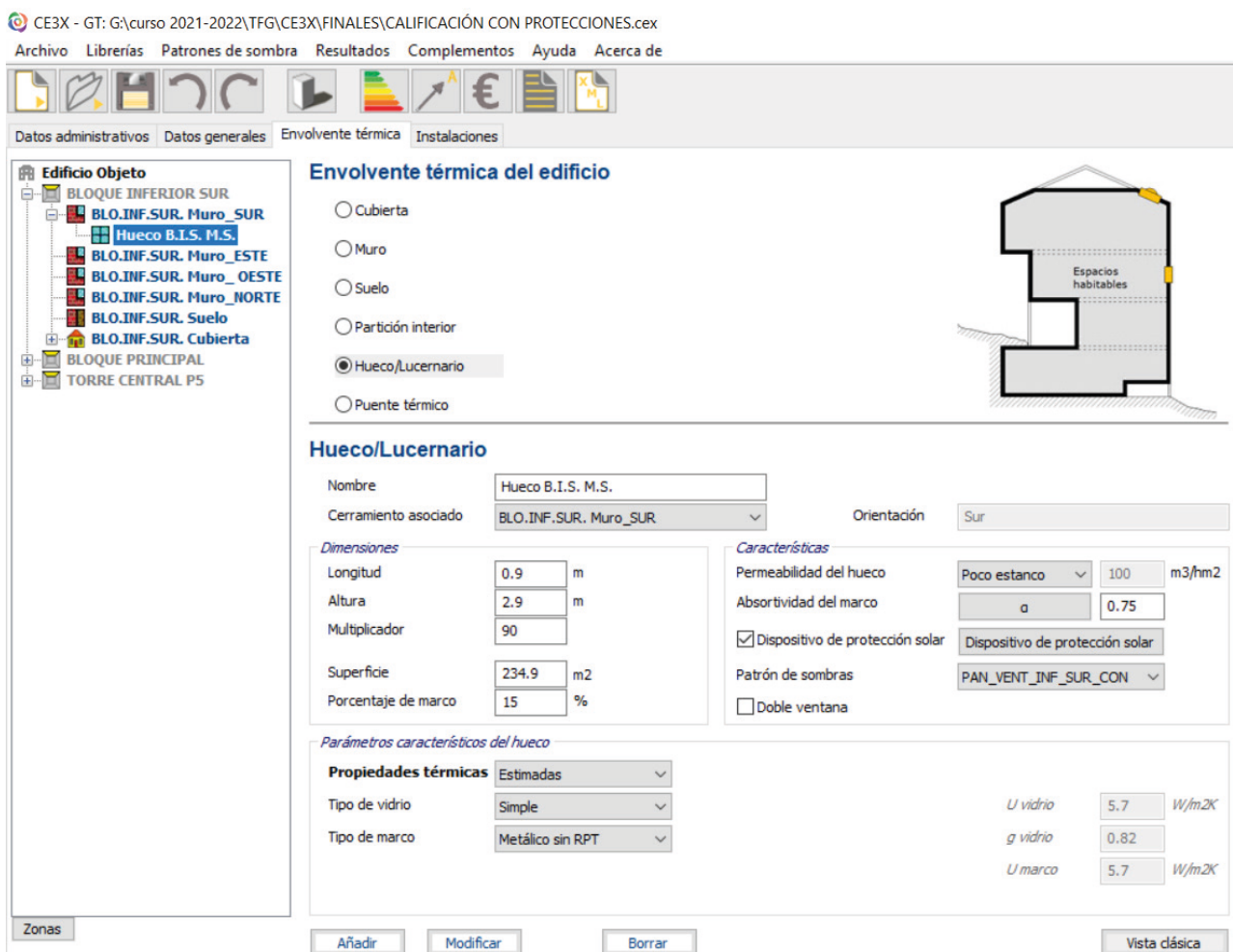


Fig.128. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Hueco del muro Sur CON protección.

MURO SUR SIN PROTECCIÓN.

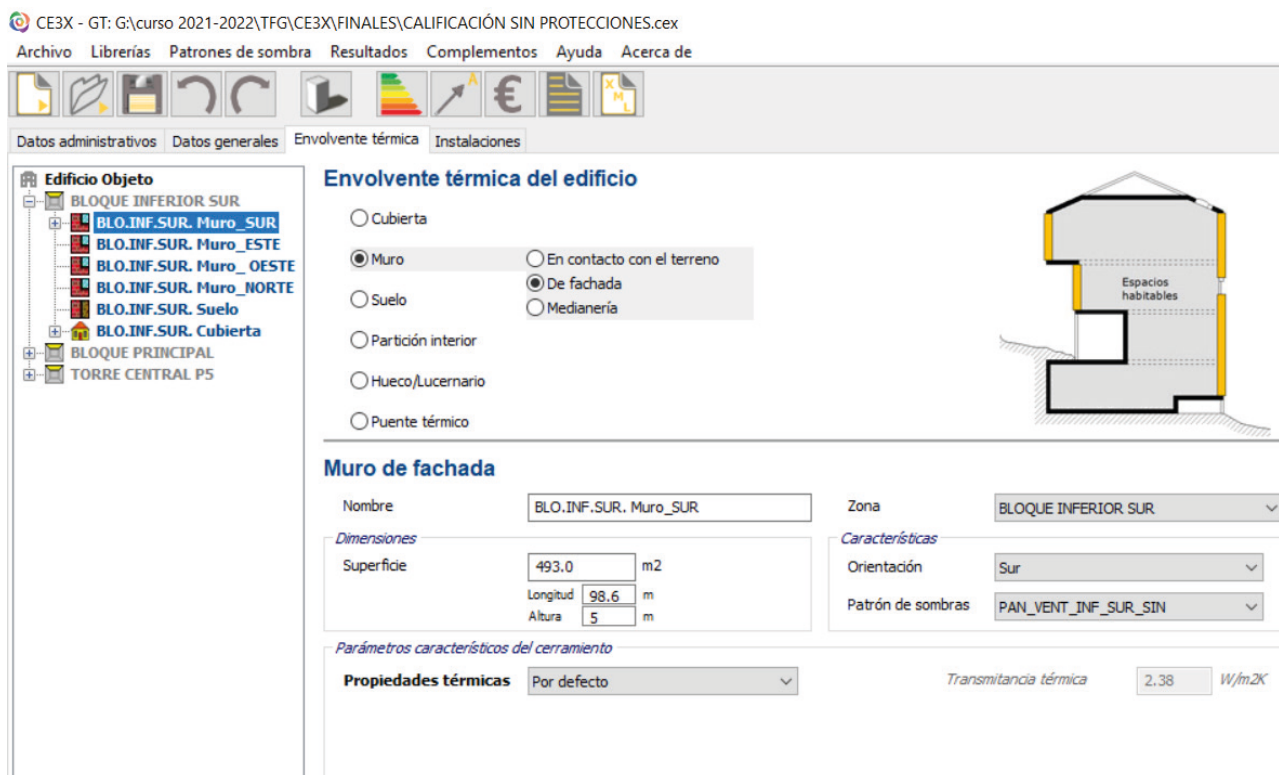


Fig.129. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Sur SIN protección.

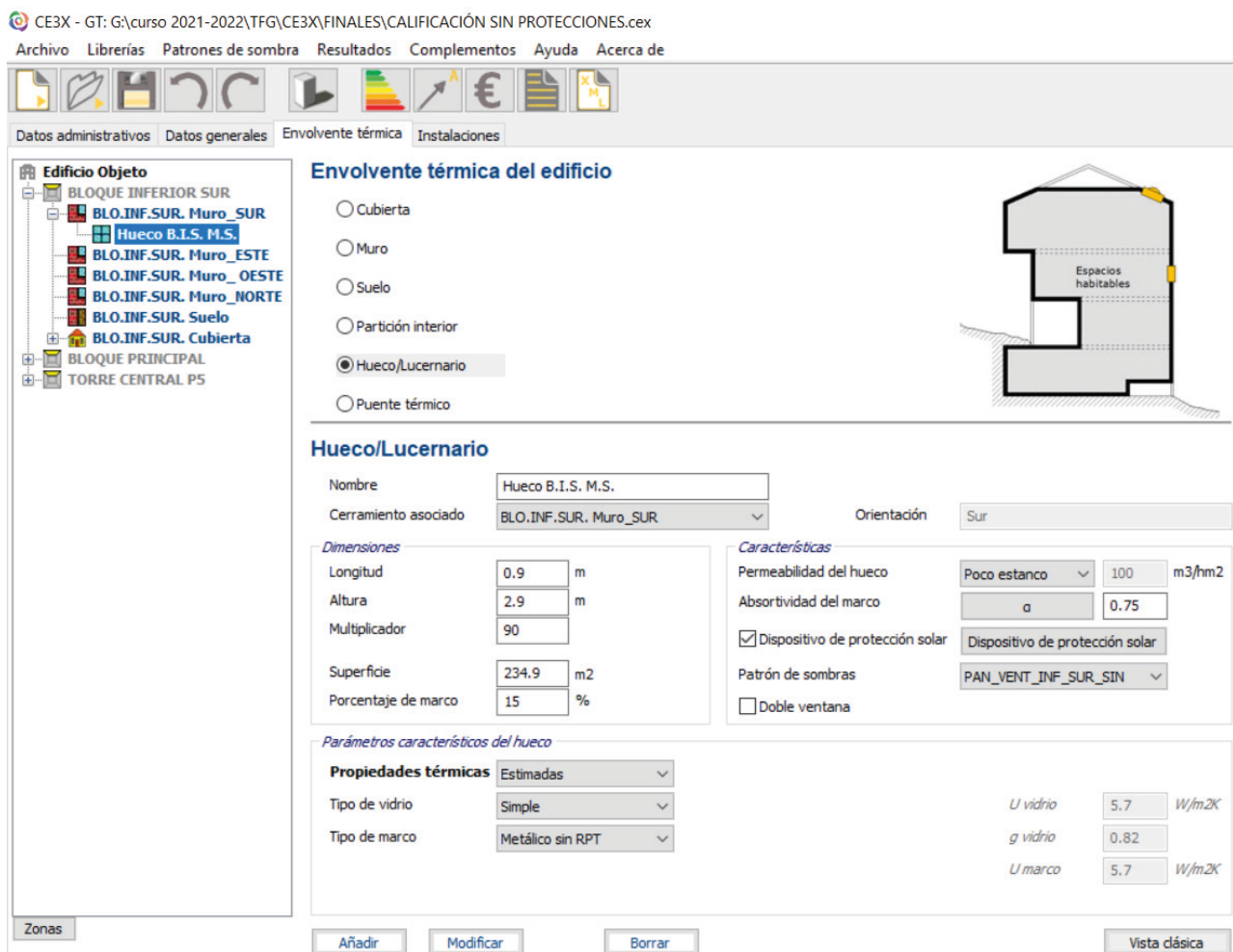


Fig.130. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Hueco del muro Sur SIN protección.

**MURO ESTE CON/SIN PROTECCIÓN.**

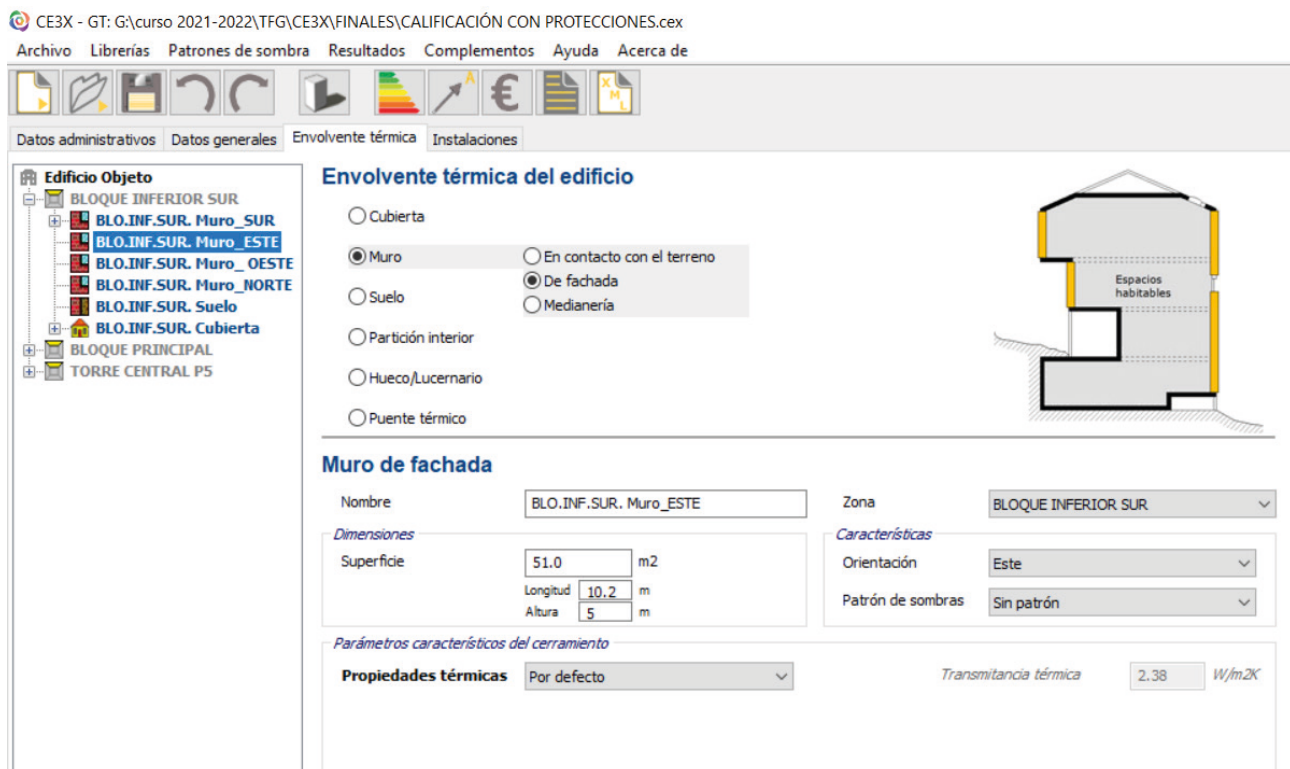


Fig.131. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Este CON y SIN protección.

**MURO OESTE CON/SIN PROTECCIÓN.**

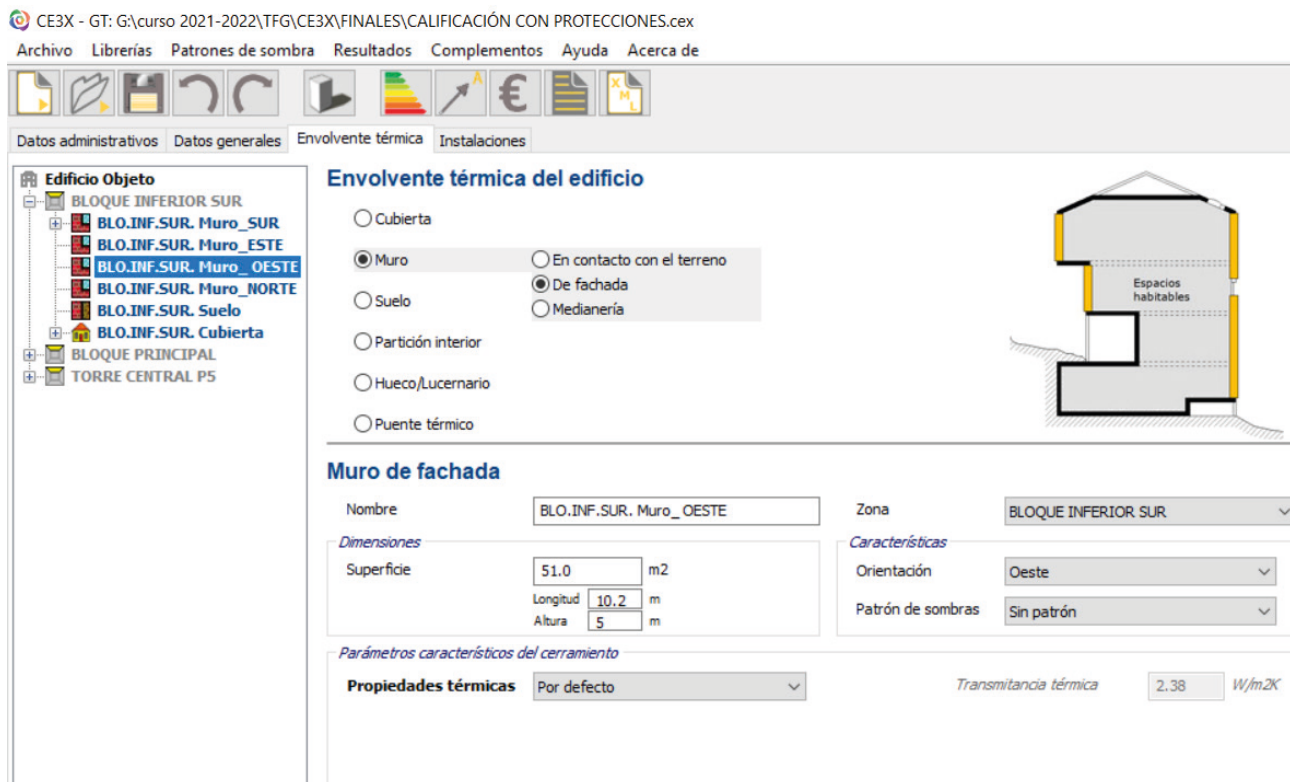


Fig.132. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Oeste CON y SIN protección.

**MURO NORTE CON/SIN PROTECCIÓN.**

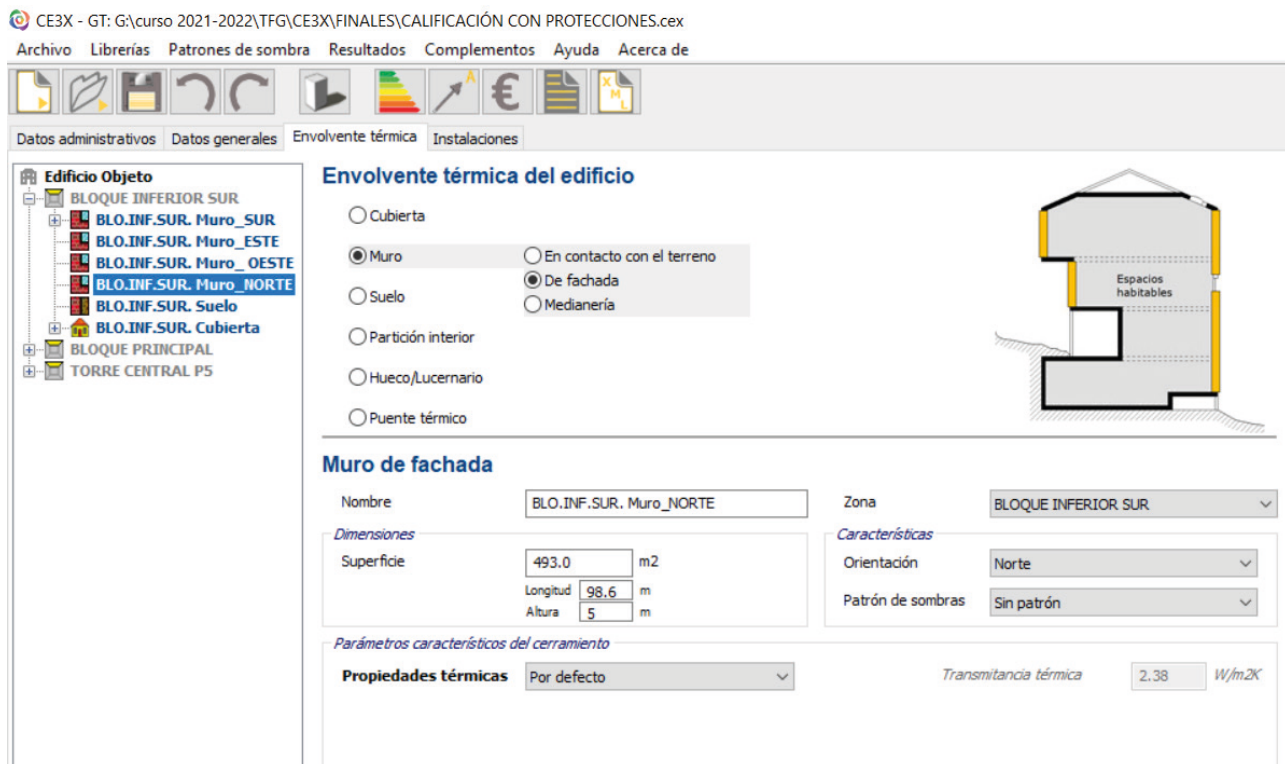


Fig.133. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Norte CON y SIN protección.

**2. BLOQUE PRINCIPAL.**

**MURO 1 SUR CON PROTECCIÓN.**

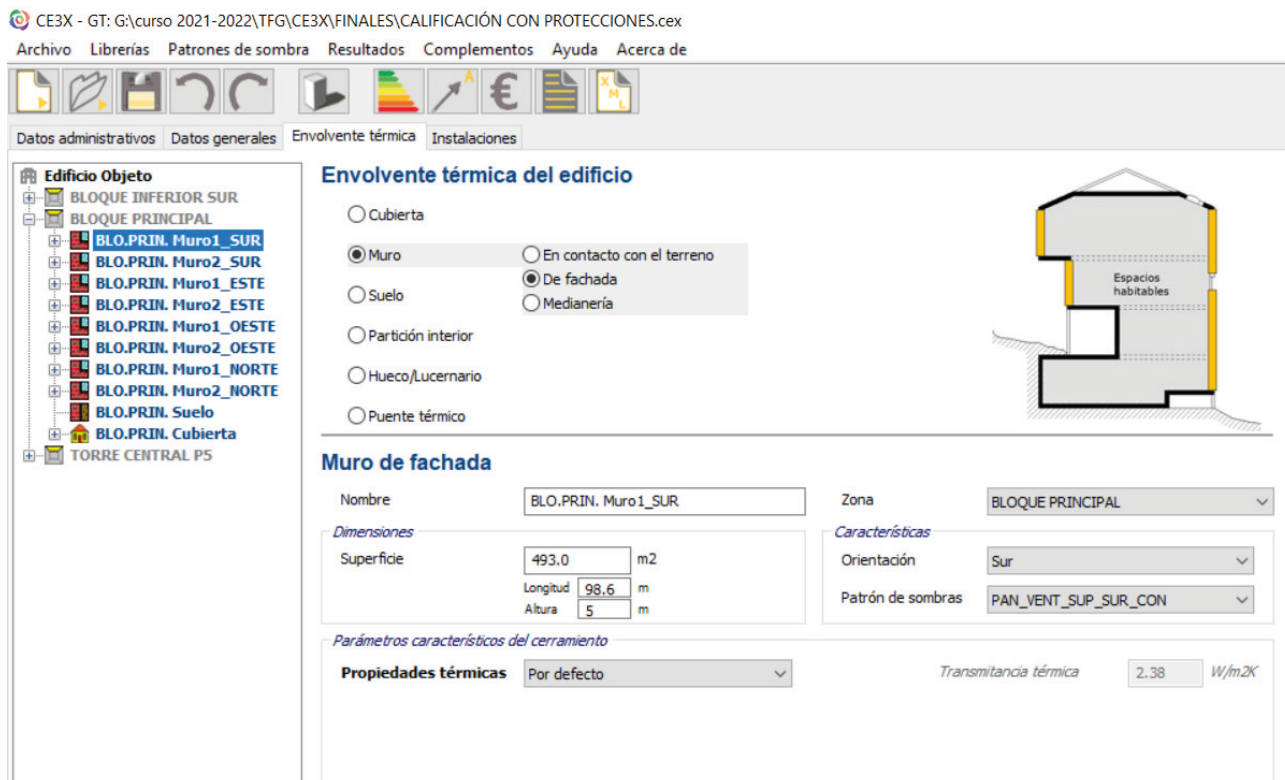


Fig.134. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Sur CON protección.



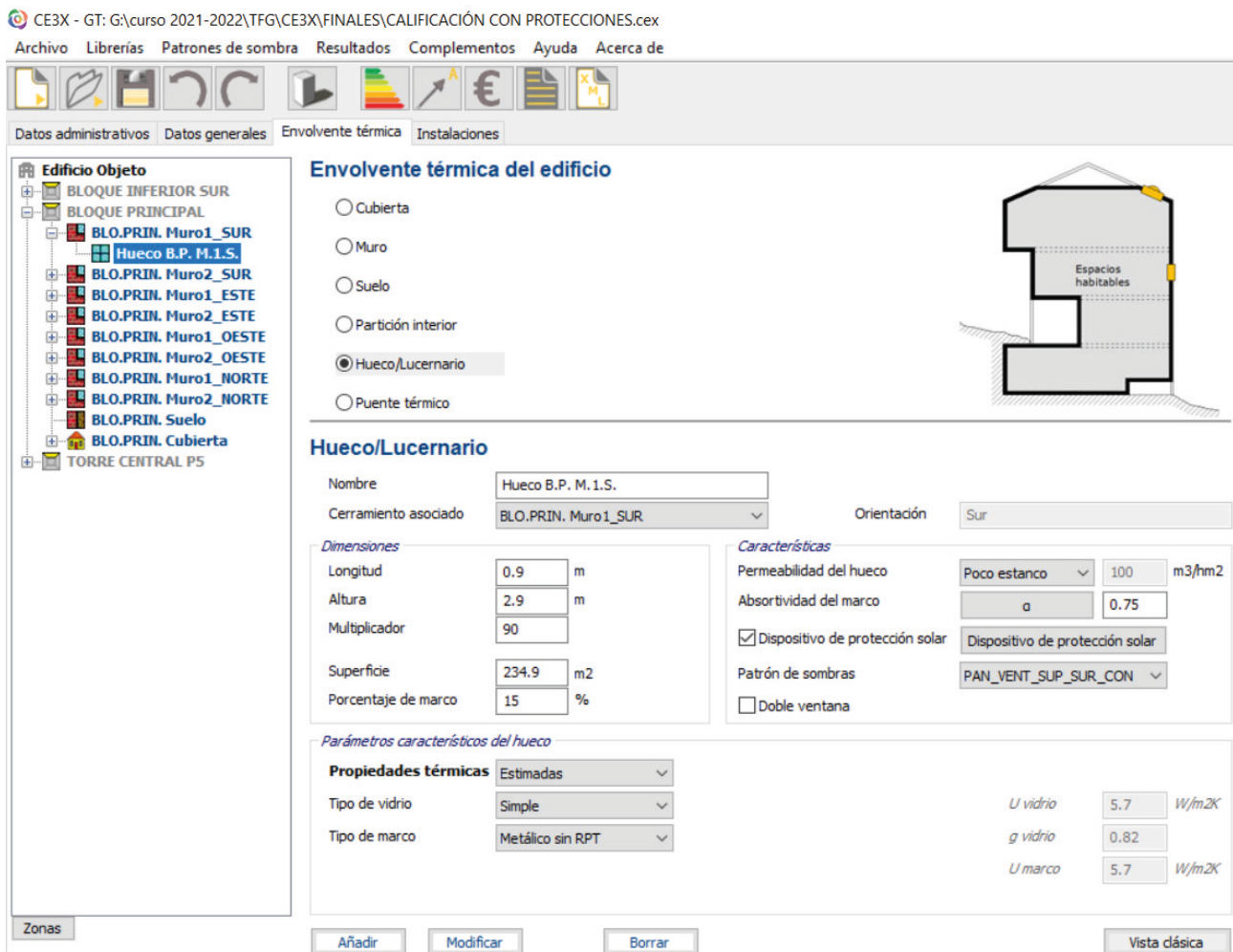


Fig.135. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 1 Sur CON protección.

MURO 1 SUR SIN PROTECCIÓN.

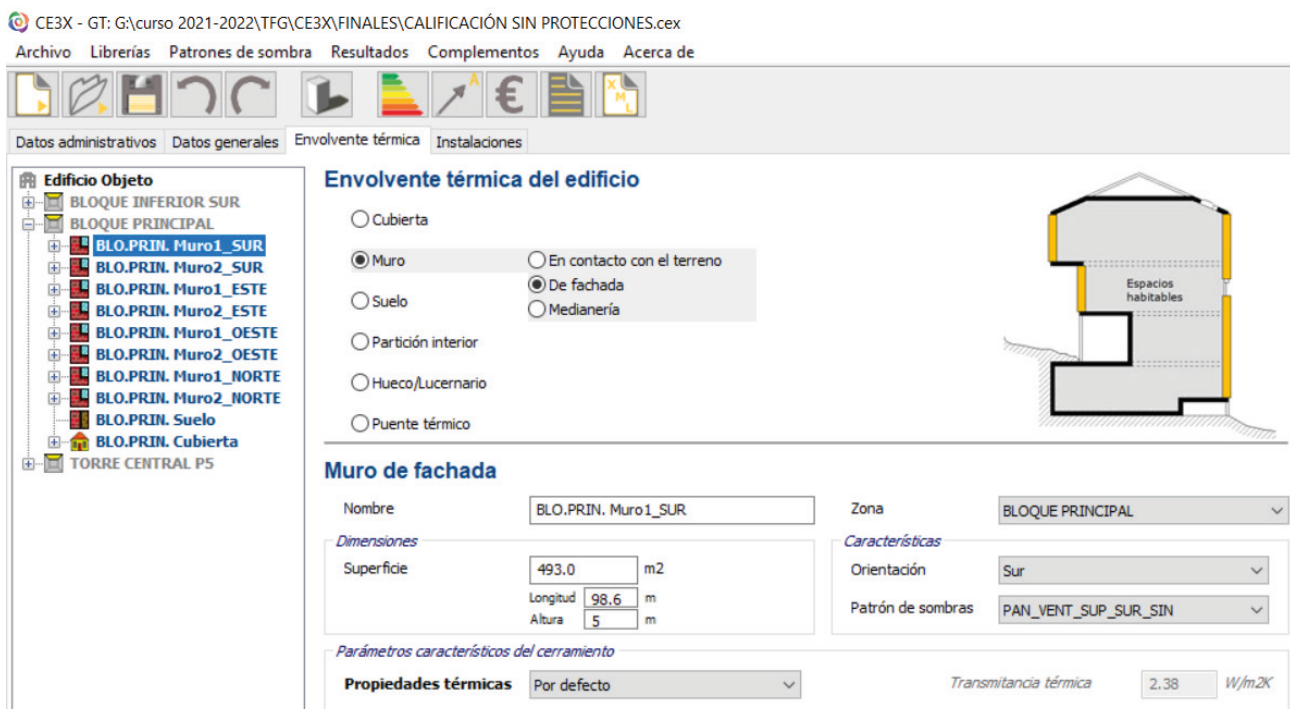


Fig.136. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Sur SIN protección.

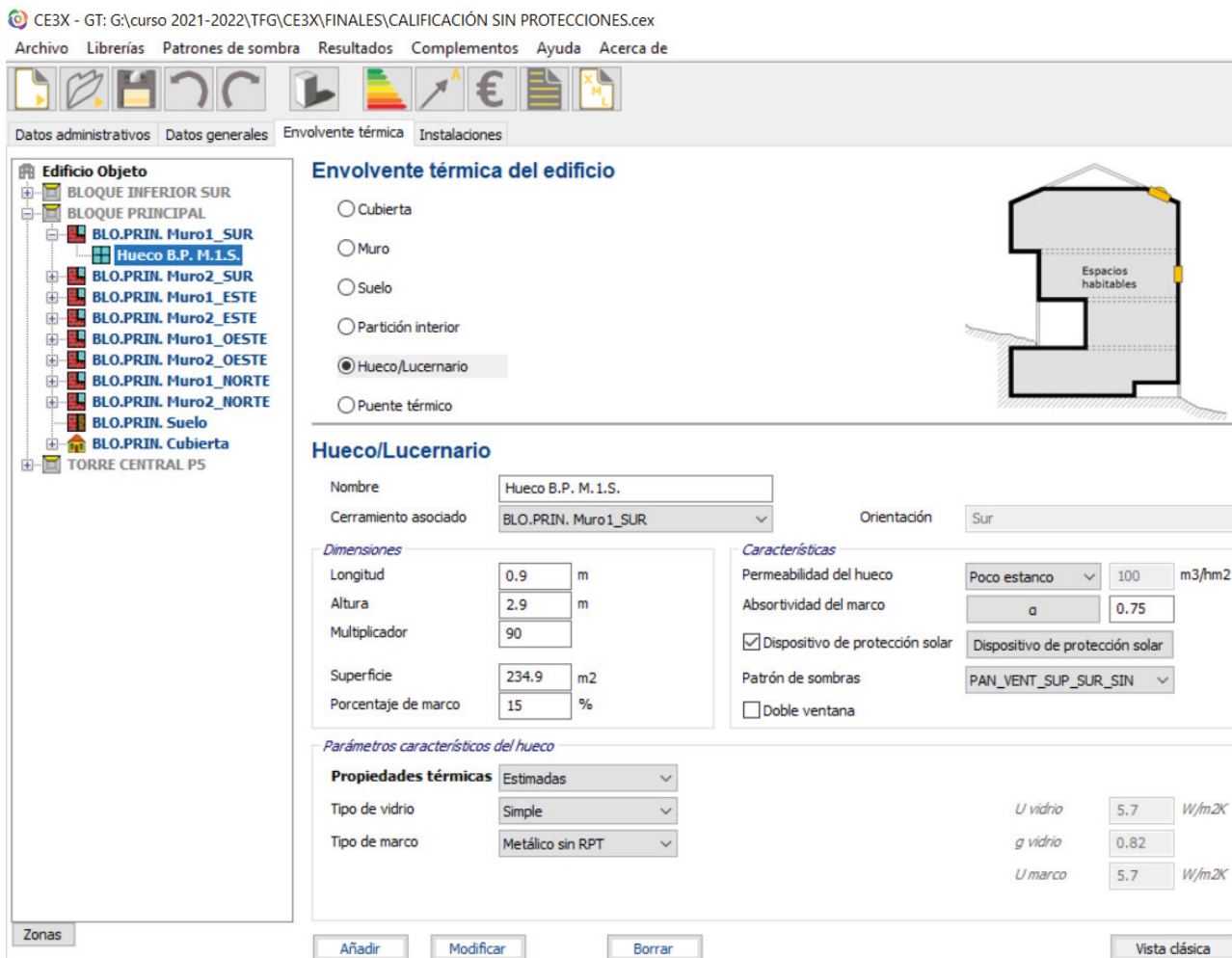


Fig.137. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 1 Sur SIN protección.

MURO 2 SUR CON/SIN PROTECCIÓN.

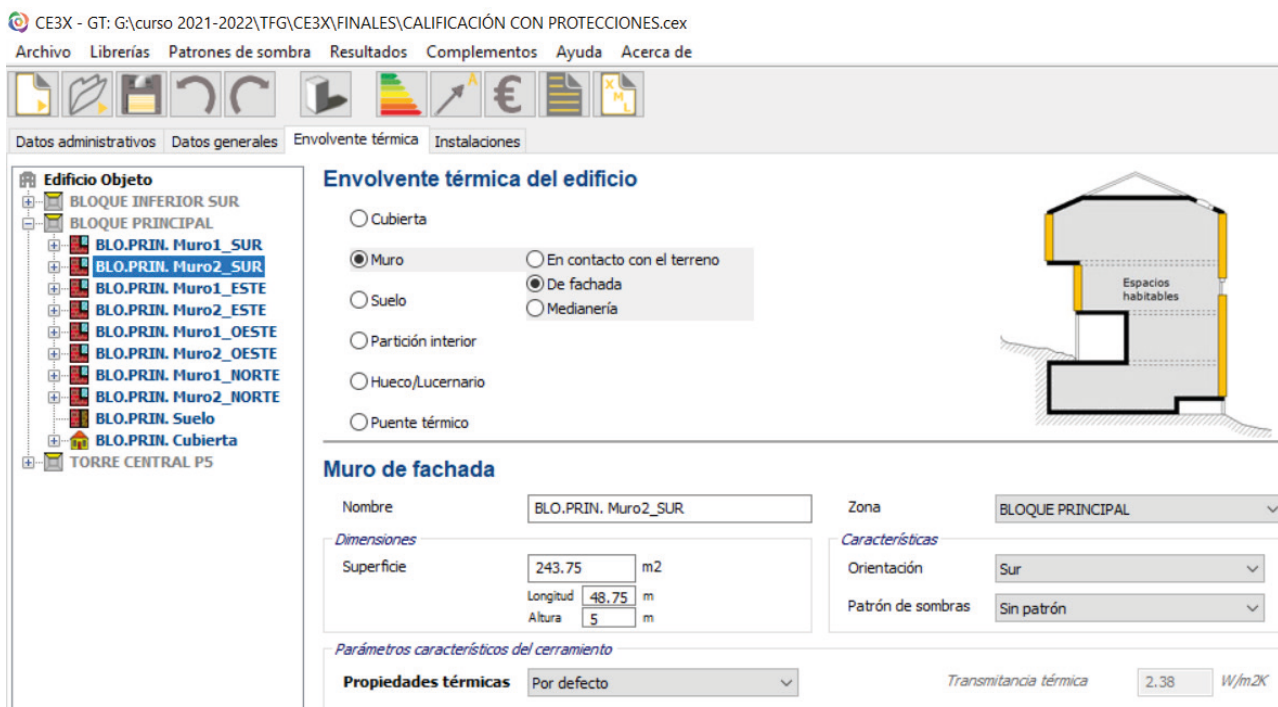


Fig.138. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 2 Sur CON y SIN protección.

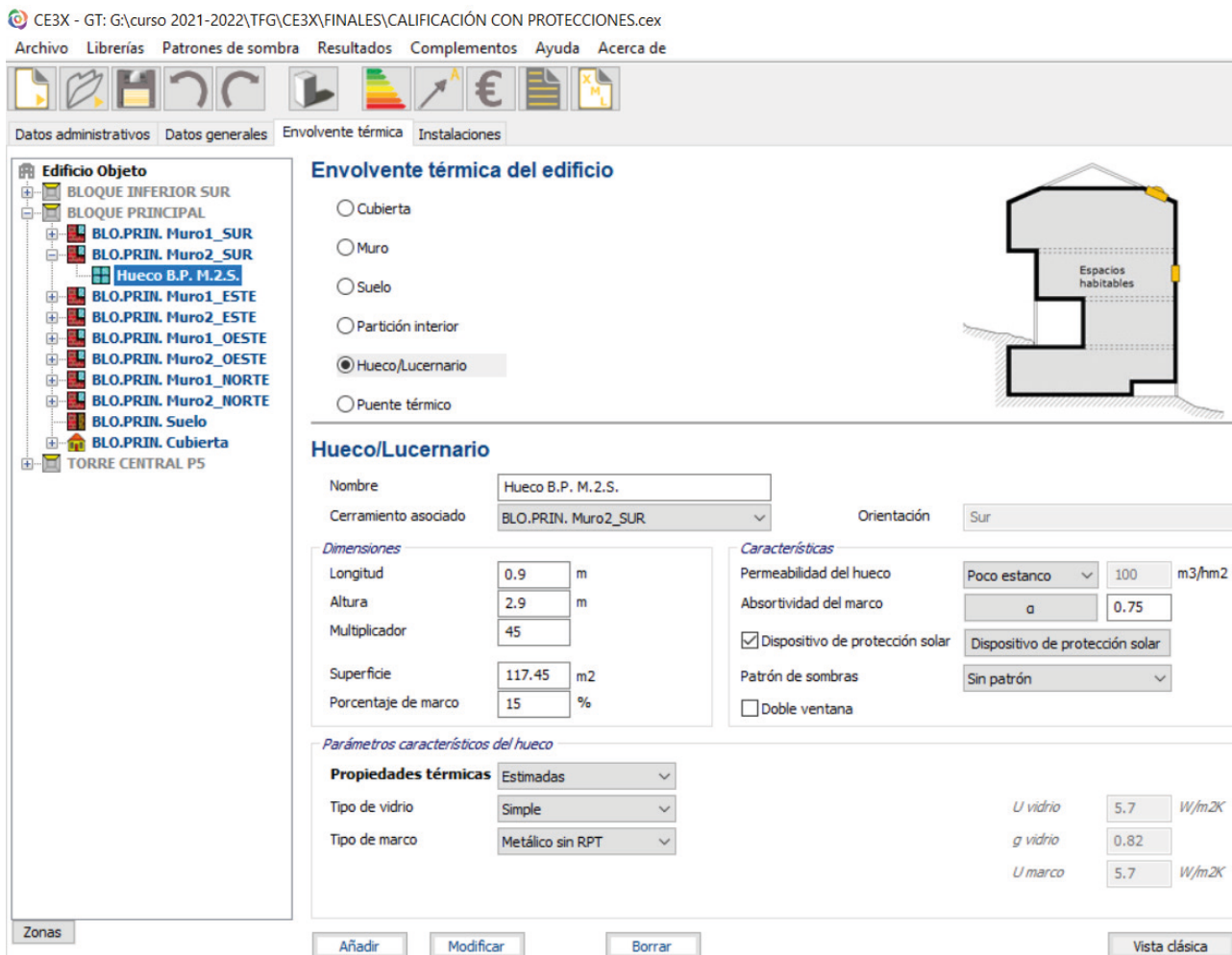


Fig.139. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 2 Sur CON y SIN protección.

MURO 1 ESTE CON/SIN PROTECCIÓN.

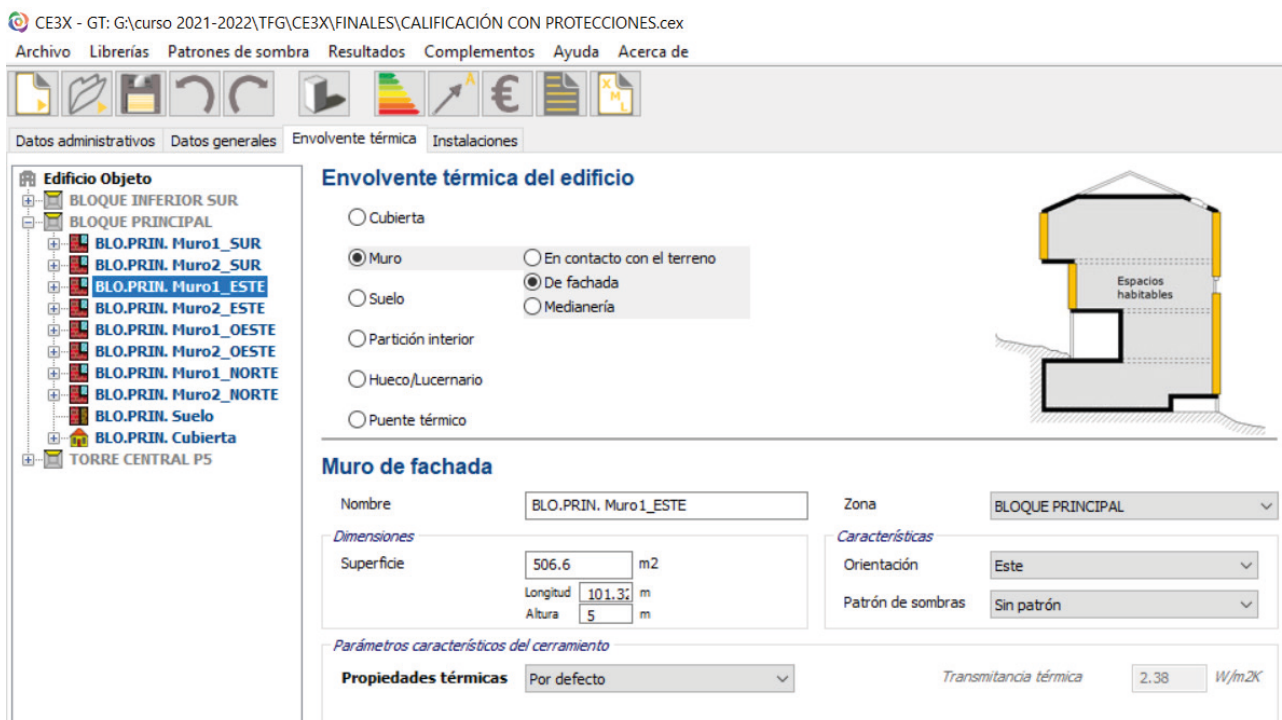


Fig.140. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Este CON y SIN protección.

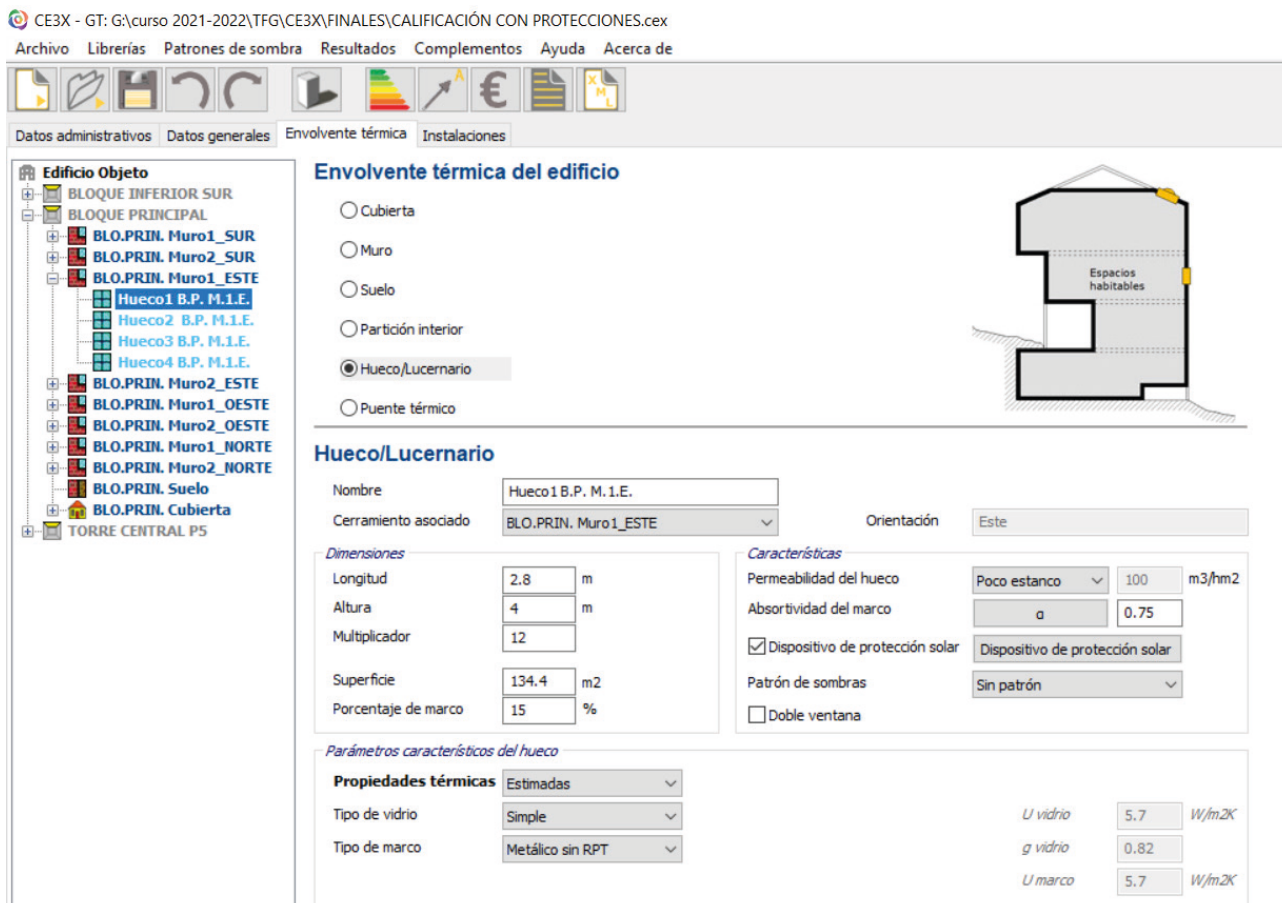


Fig.141. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 1 del muro 1 Este CON y SIN protección.

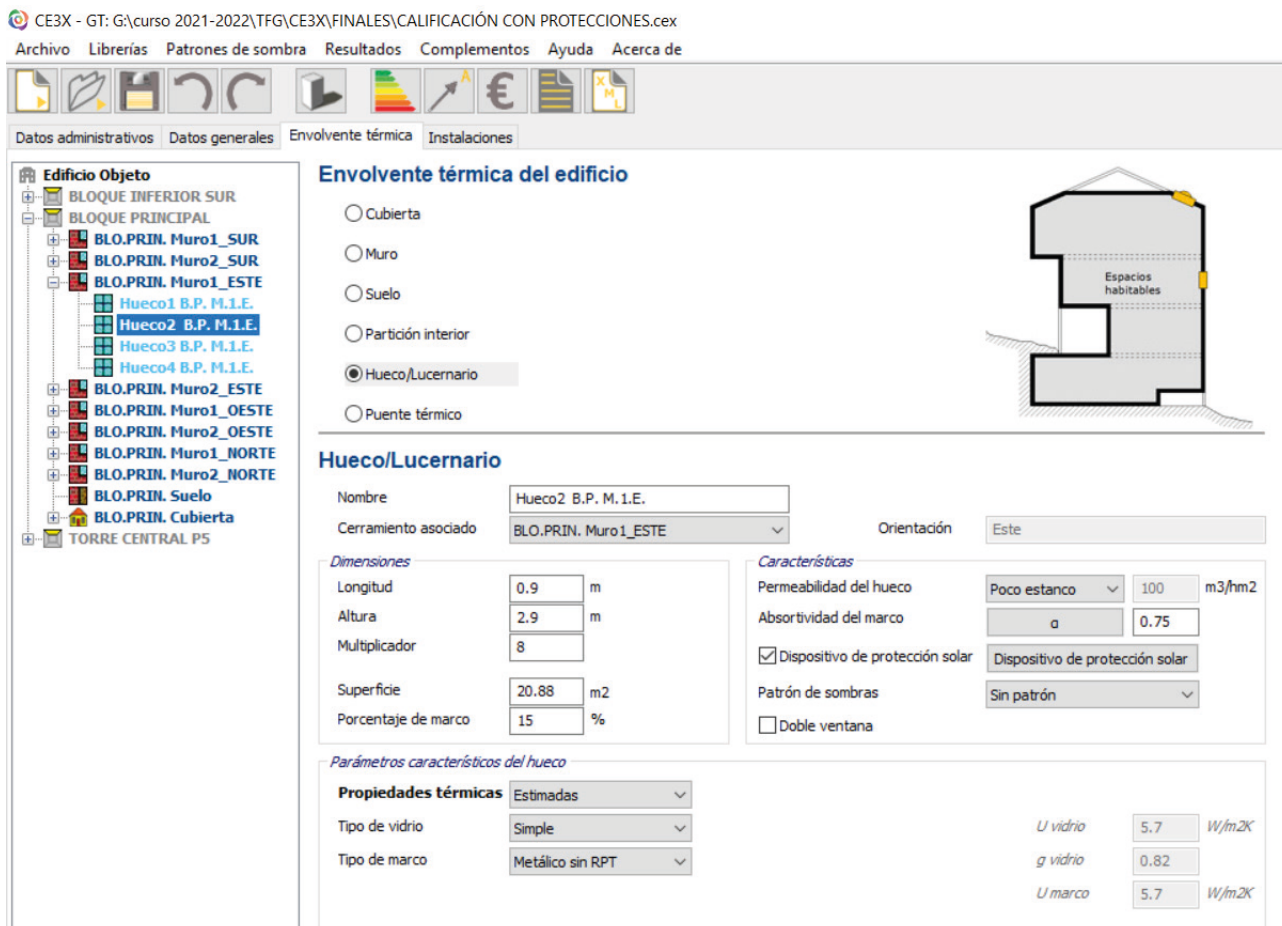


Fig.142. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 2 del muro 1 Este CON y SIN protección.

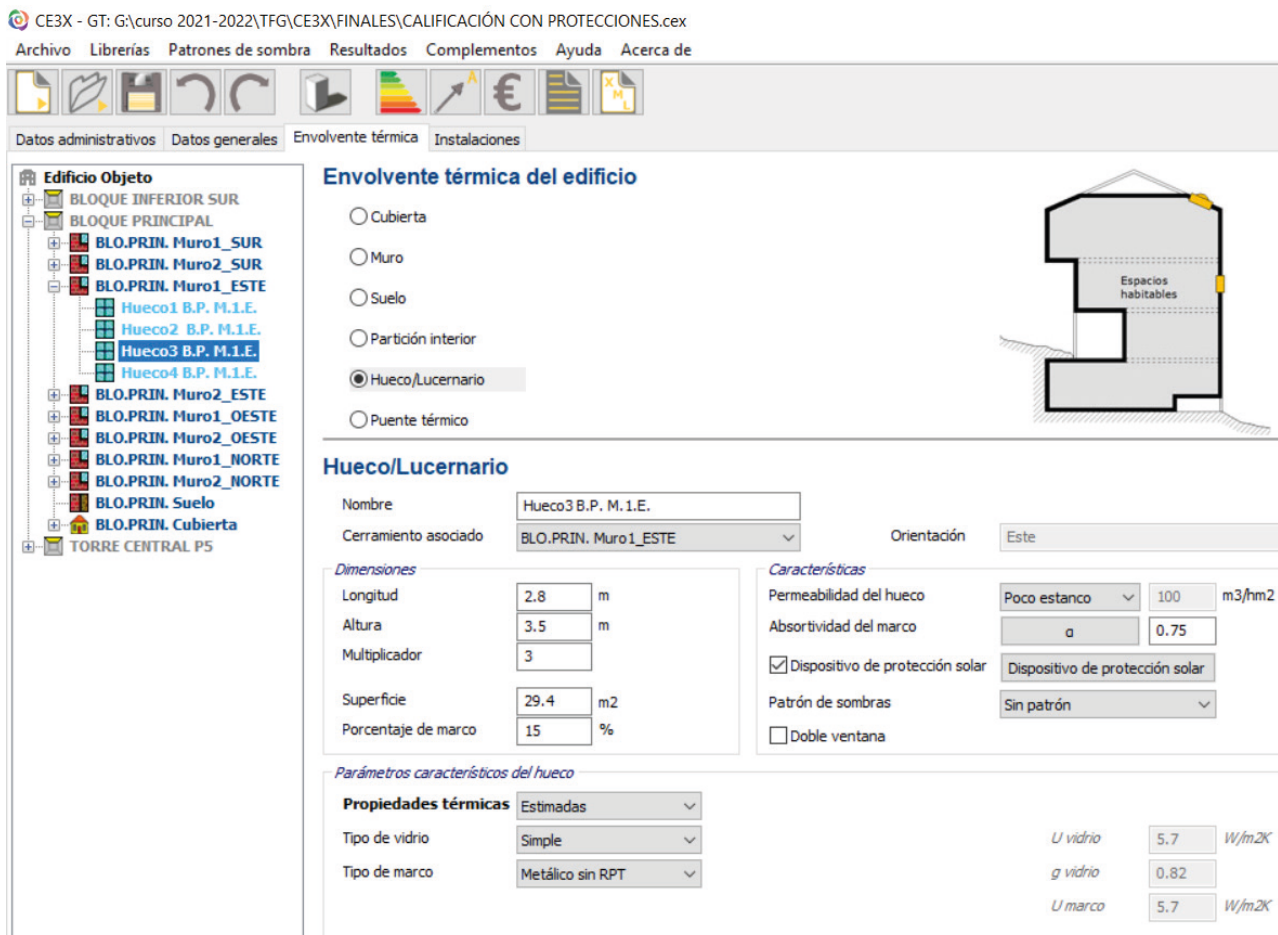


Fig.143. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 3 del muro 1 Este CON y SIN protección.

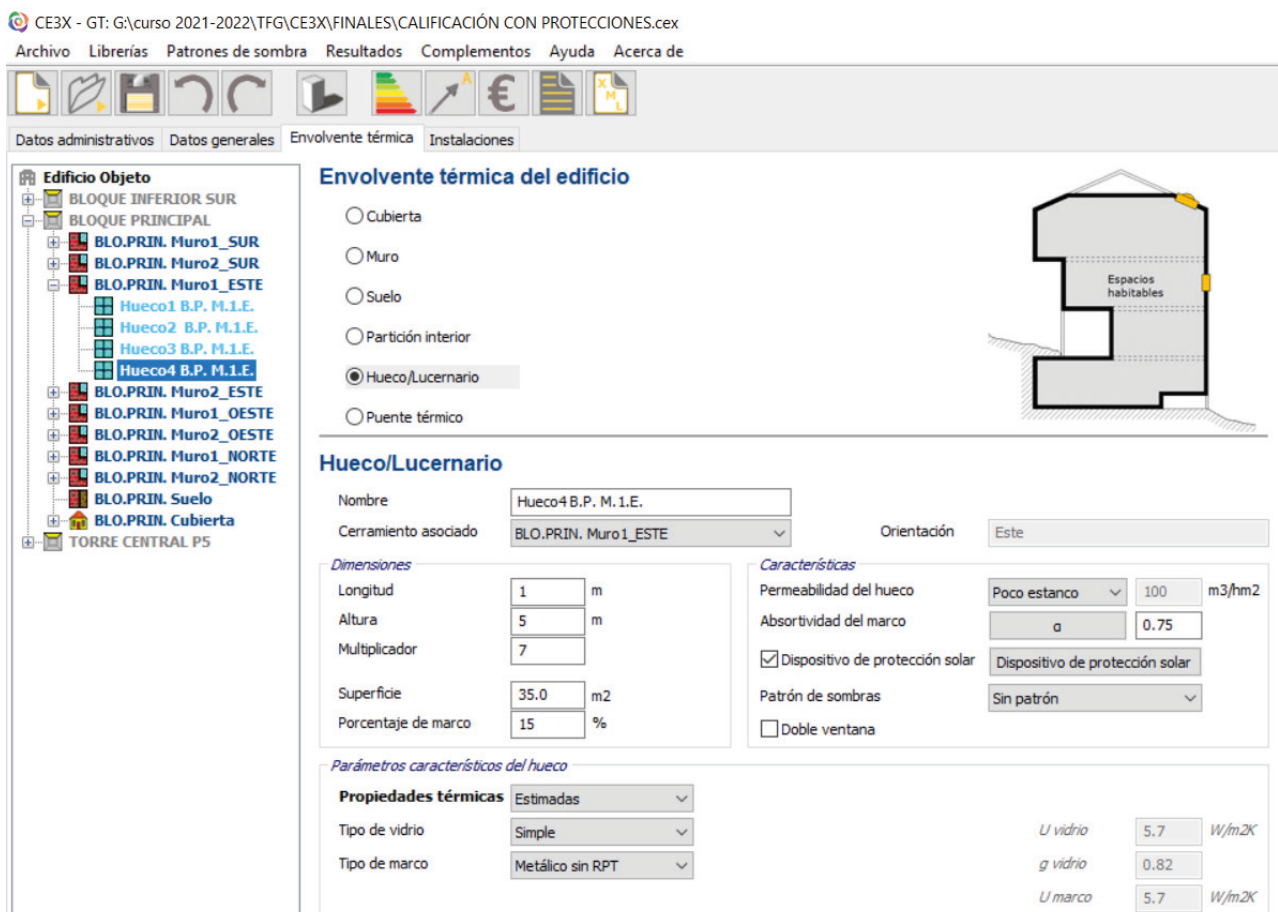


Fig.144. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 4 del muro 1 Este CON y SIN protección.

MURO 2 ESTE CON/SIN PROTECCIÓN.

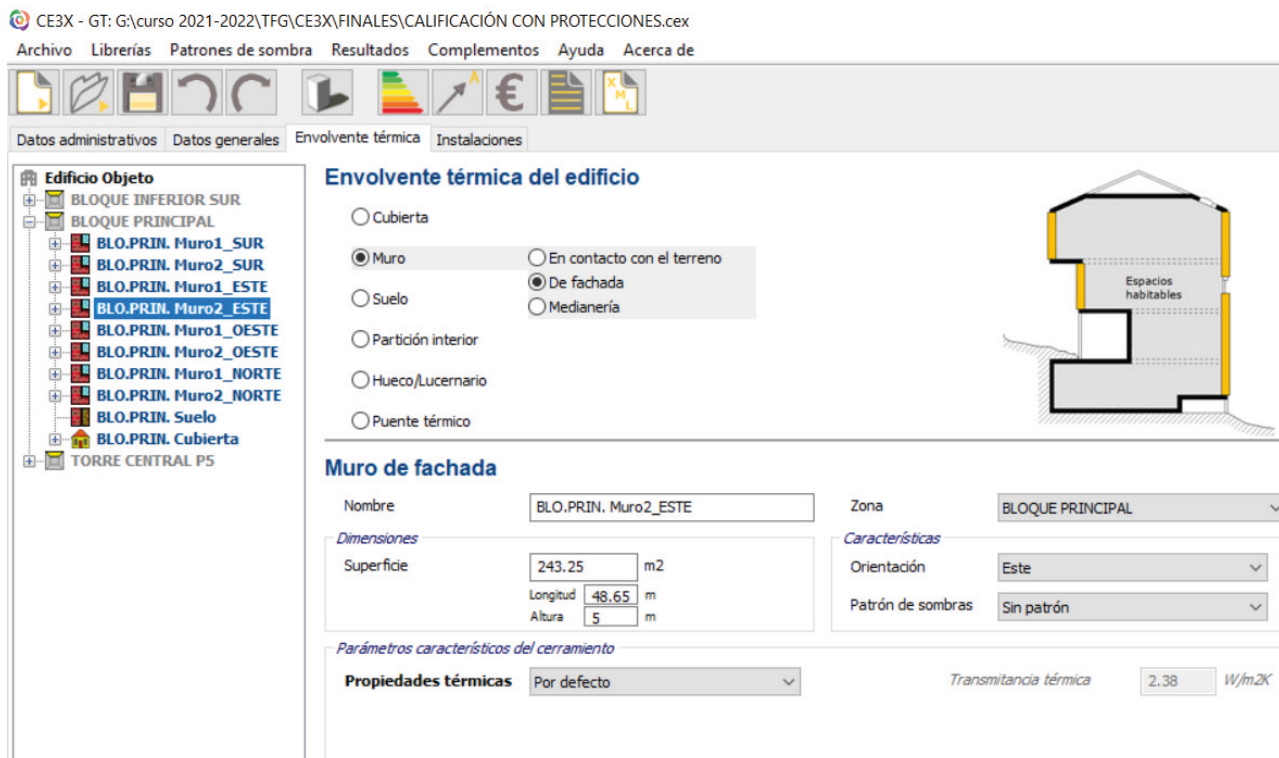


Fig.145. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 2 Este CON y SIN protección.

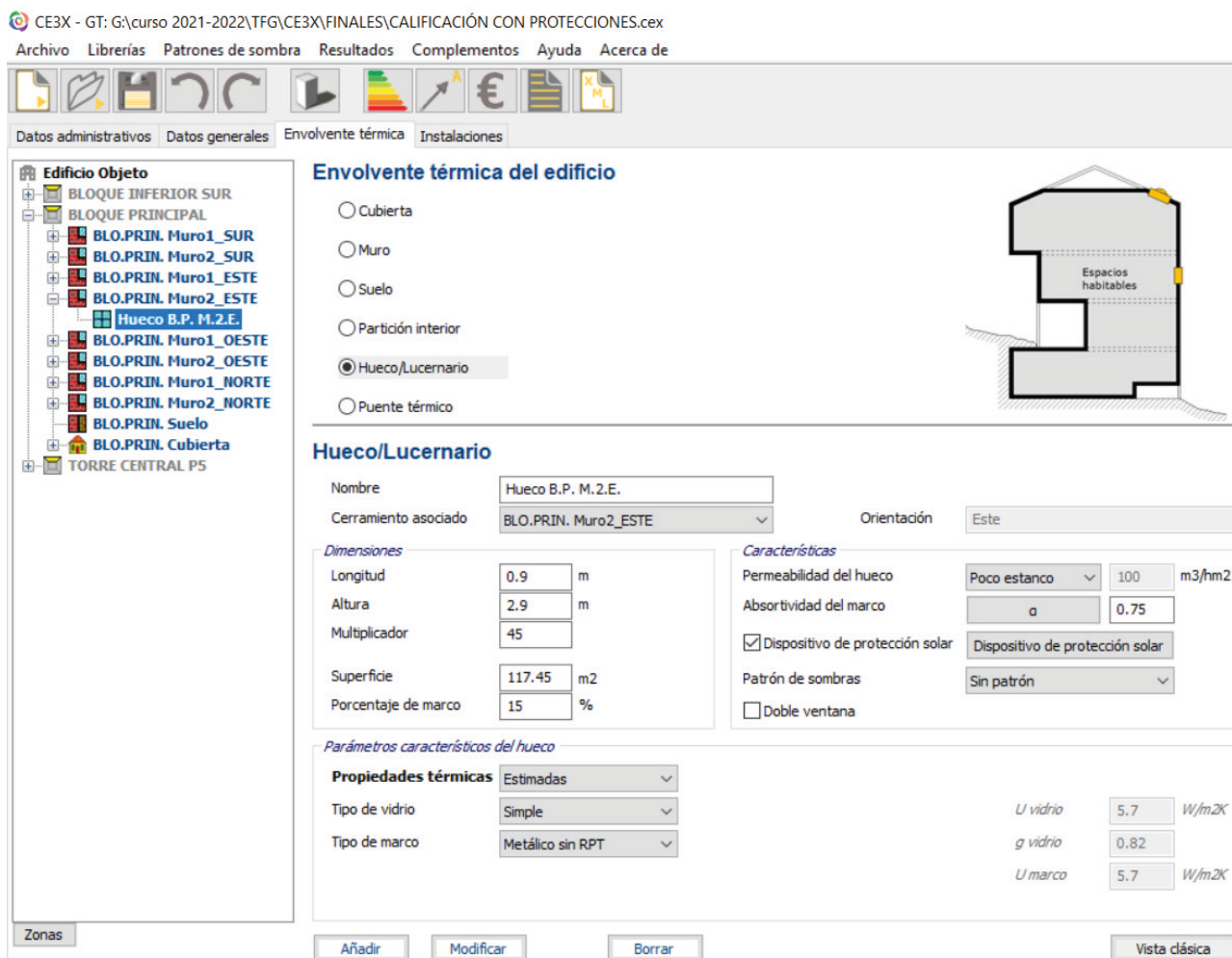


Fig.146. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 2 Este CON y SIN protección.

**MURO 1 OESTE CON/SIN PROTECCIÓN.**

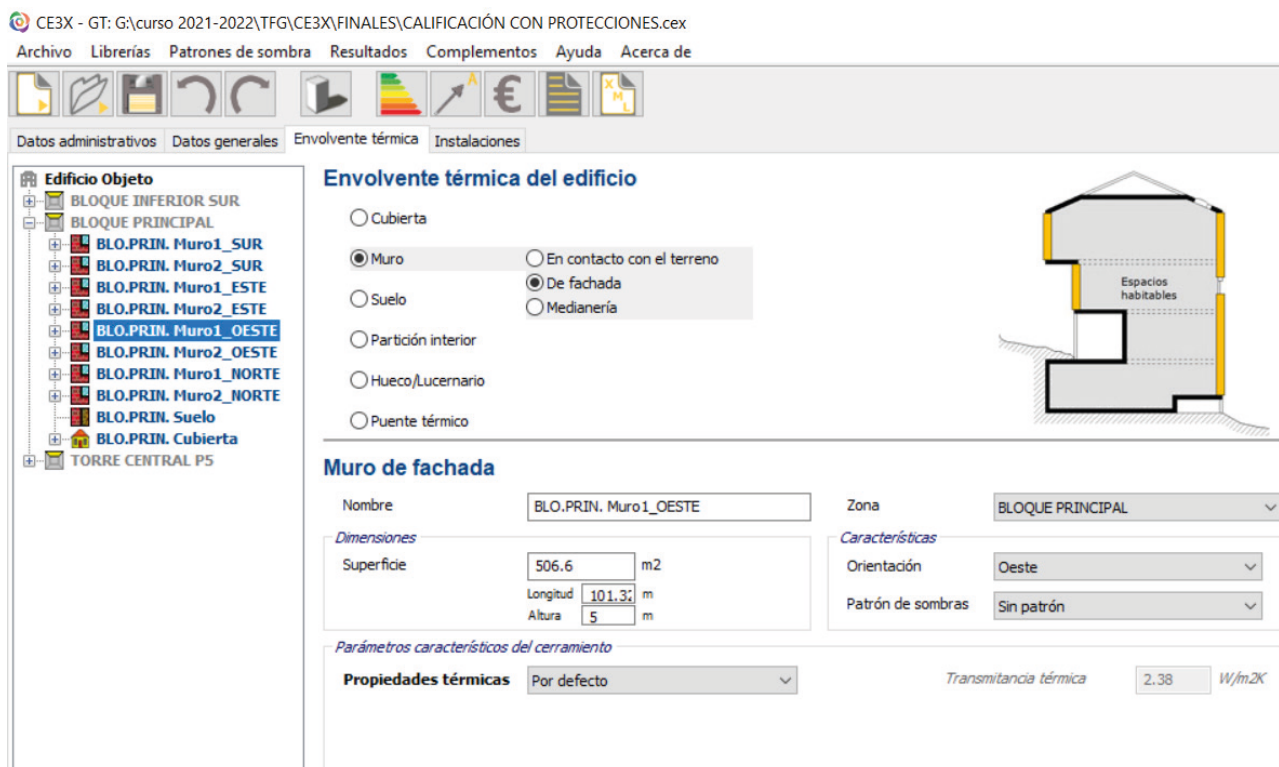


Fig.147. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Oeste CON y SIN protección.

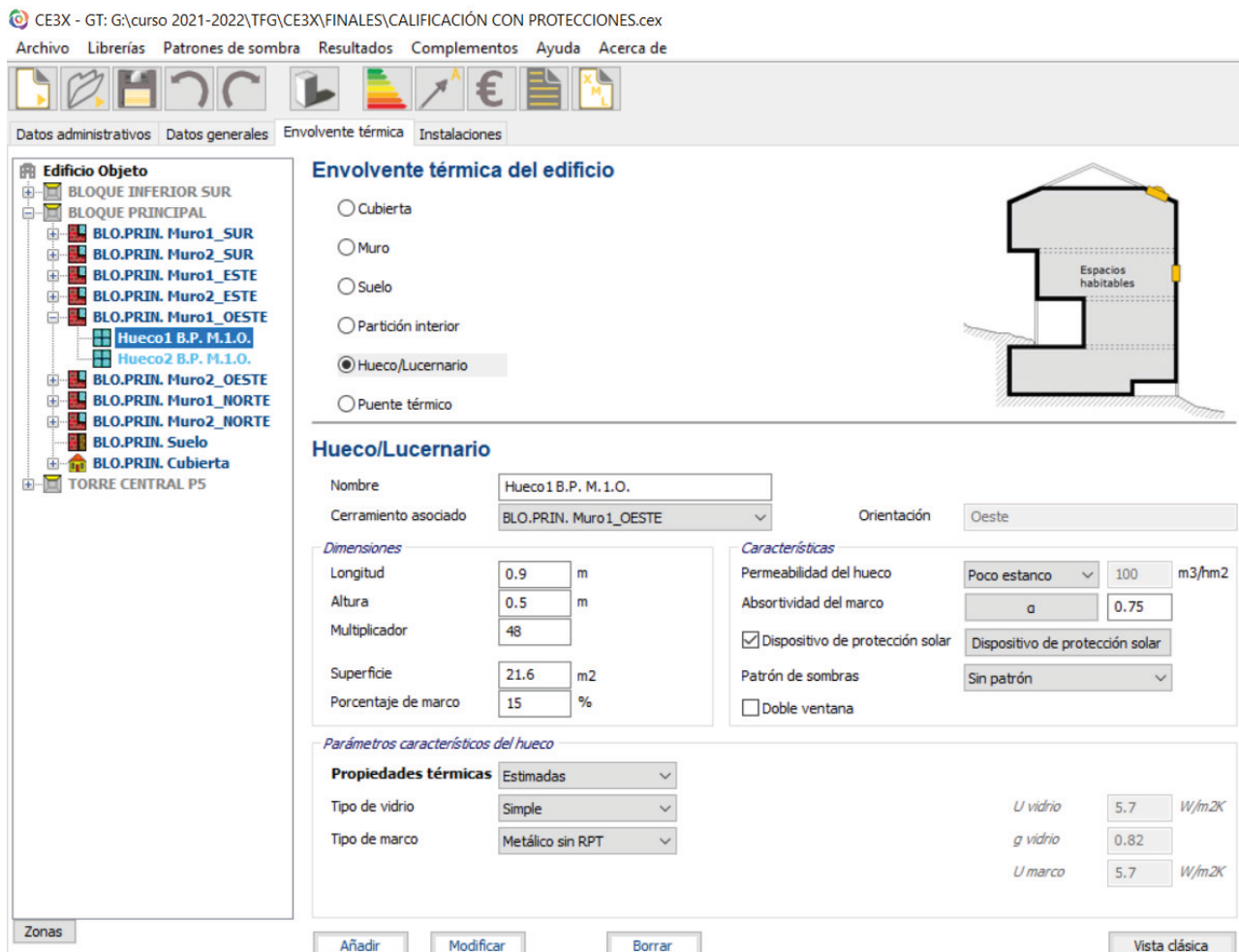


Fig.148. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 1 del muro 1 Oeste CON y SIN protección.

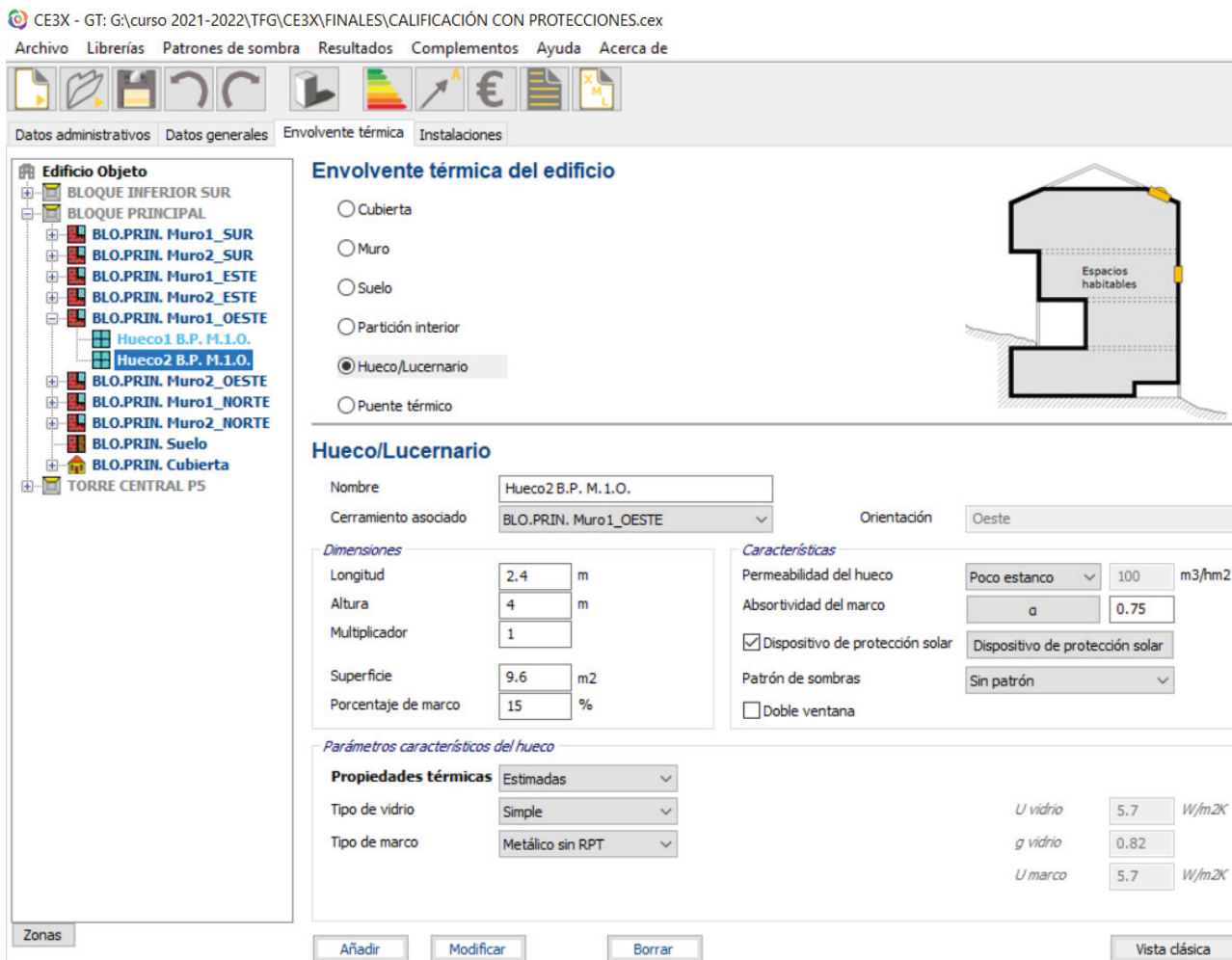


Fig.149. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 2 del muro 1 Oeste CON y SIN protección.

MURO 2 OESTE CON/SIN PROTECCIÓN.

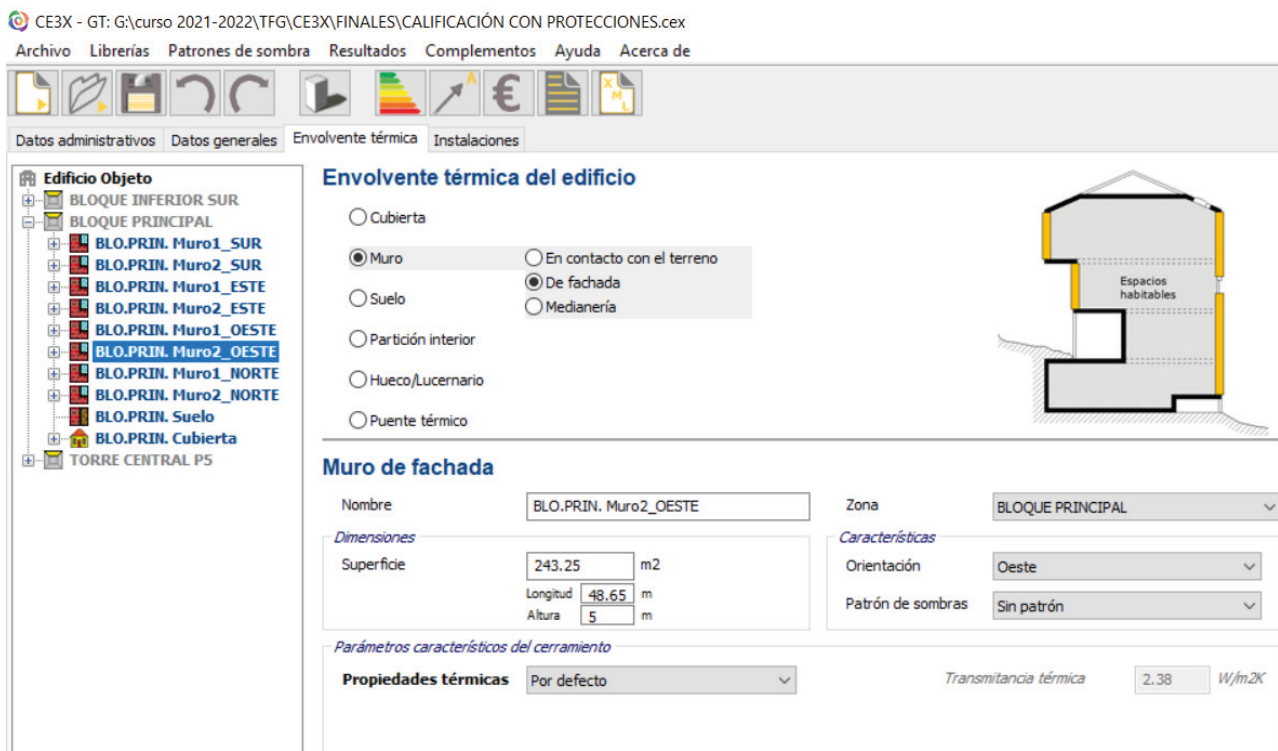


Fig.150. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 2 Oeste CON y SIN protección.



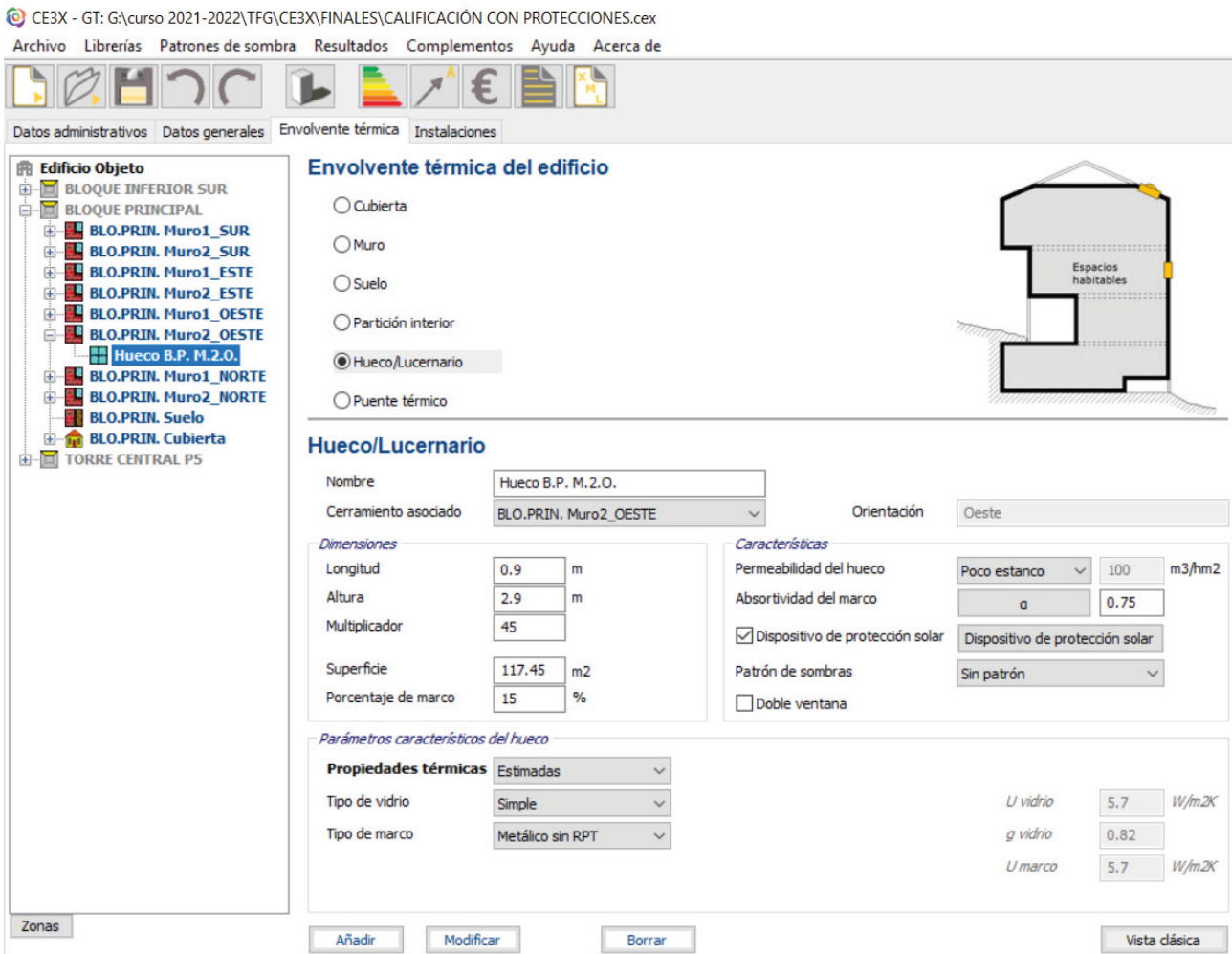


Fig.151. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 2 Oeste CON y SIN protección.

MURO 1 NORTE CON/SIN PROTECCIÓN.

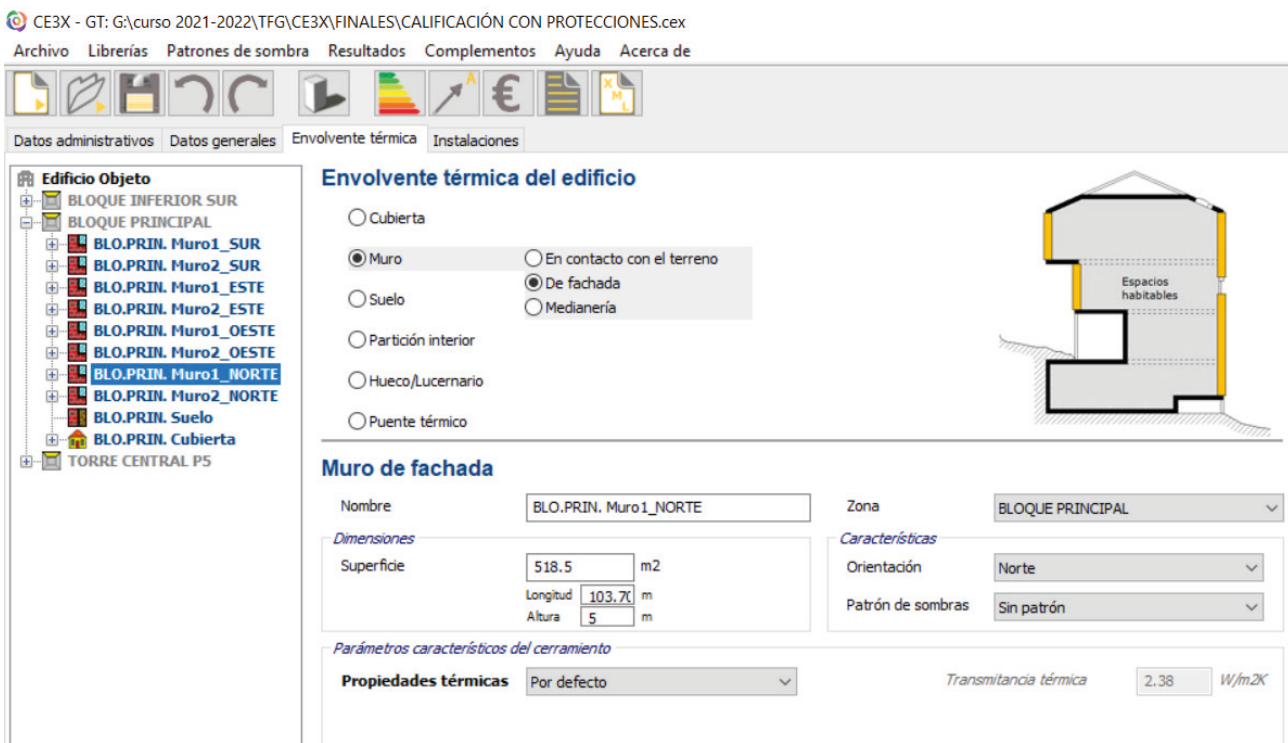


Fig.152. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Norte CON y SIN protección.

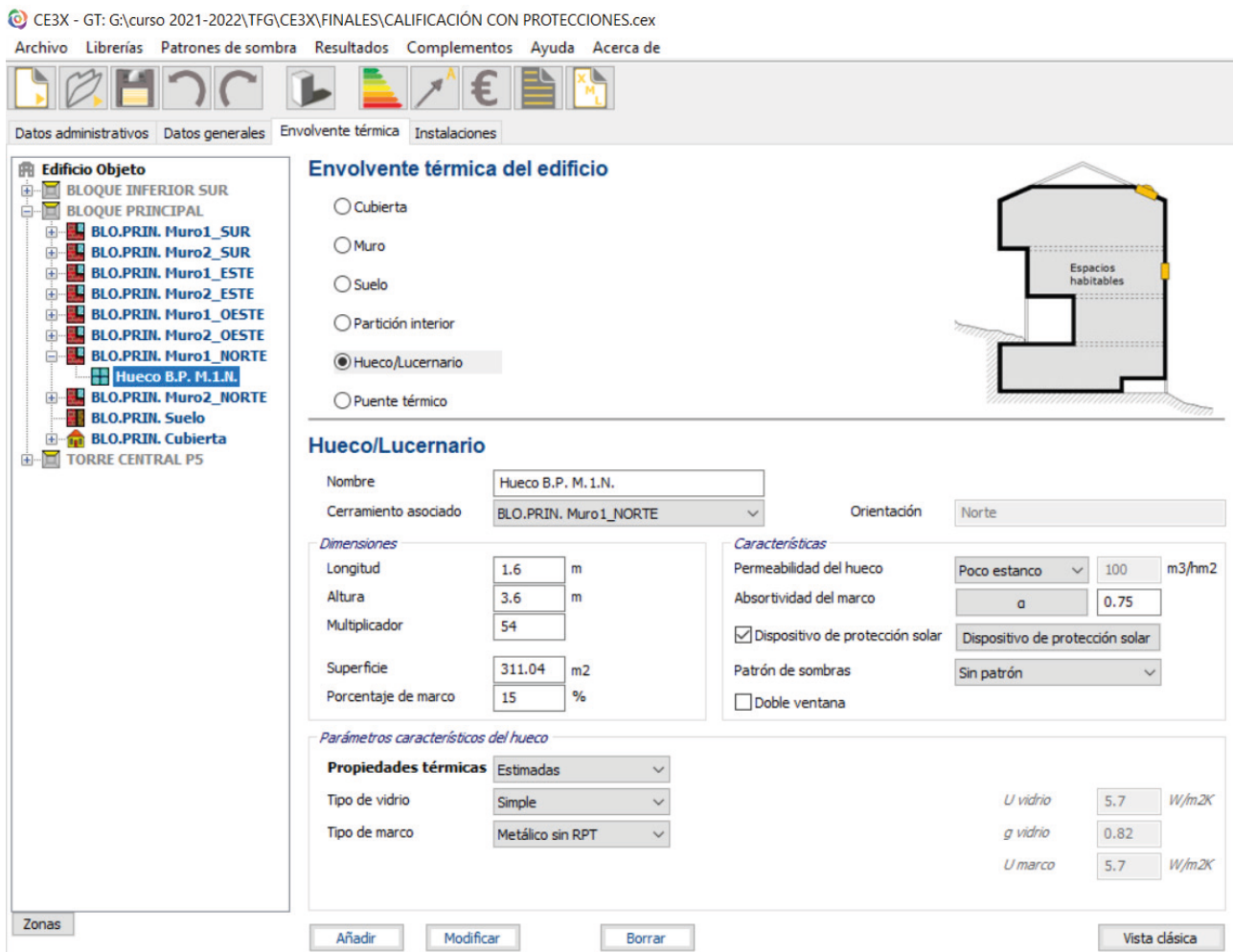


Fig.153. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 1 Norte CON y SIN protección.

MURO 2 NORTE CON/SIN PROTECCIÓN.

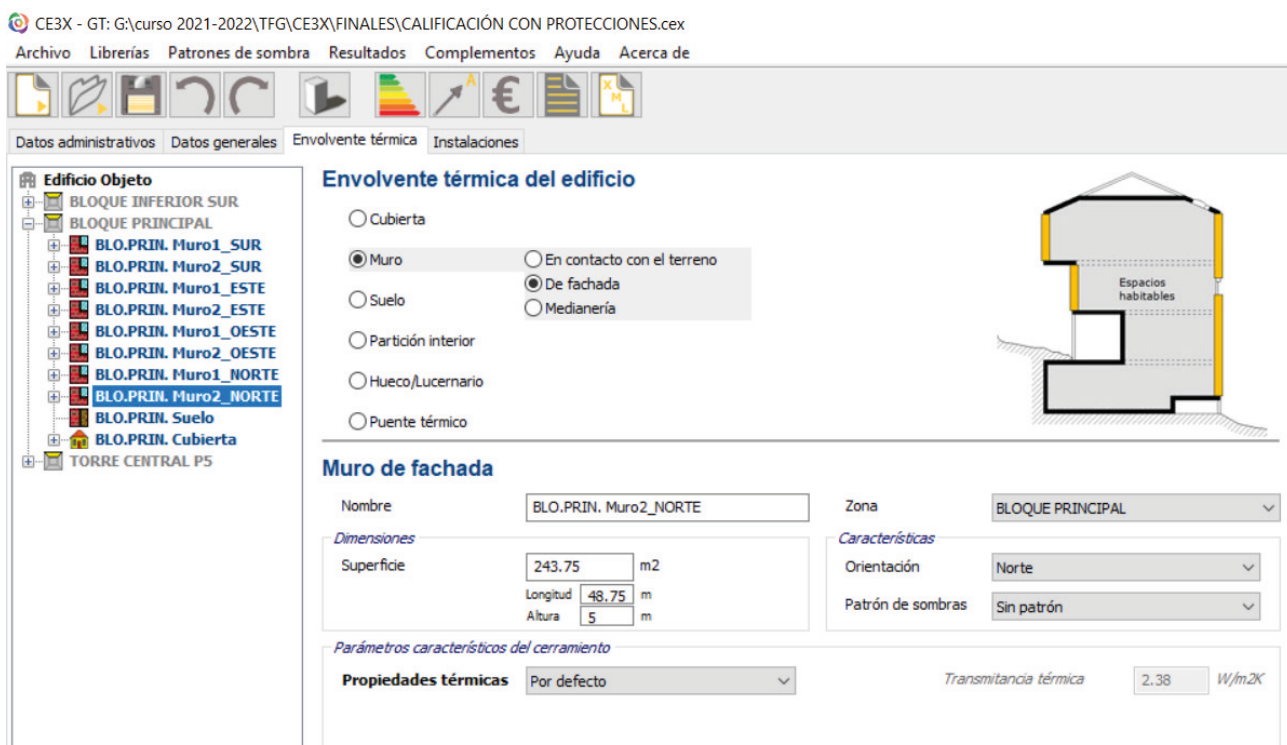


Fig.154. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 2 Norte CON y SIN protección.

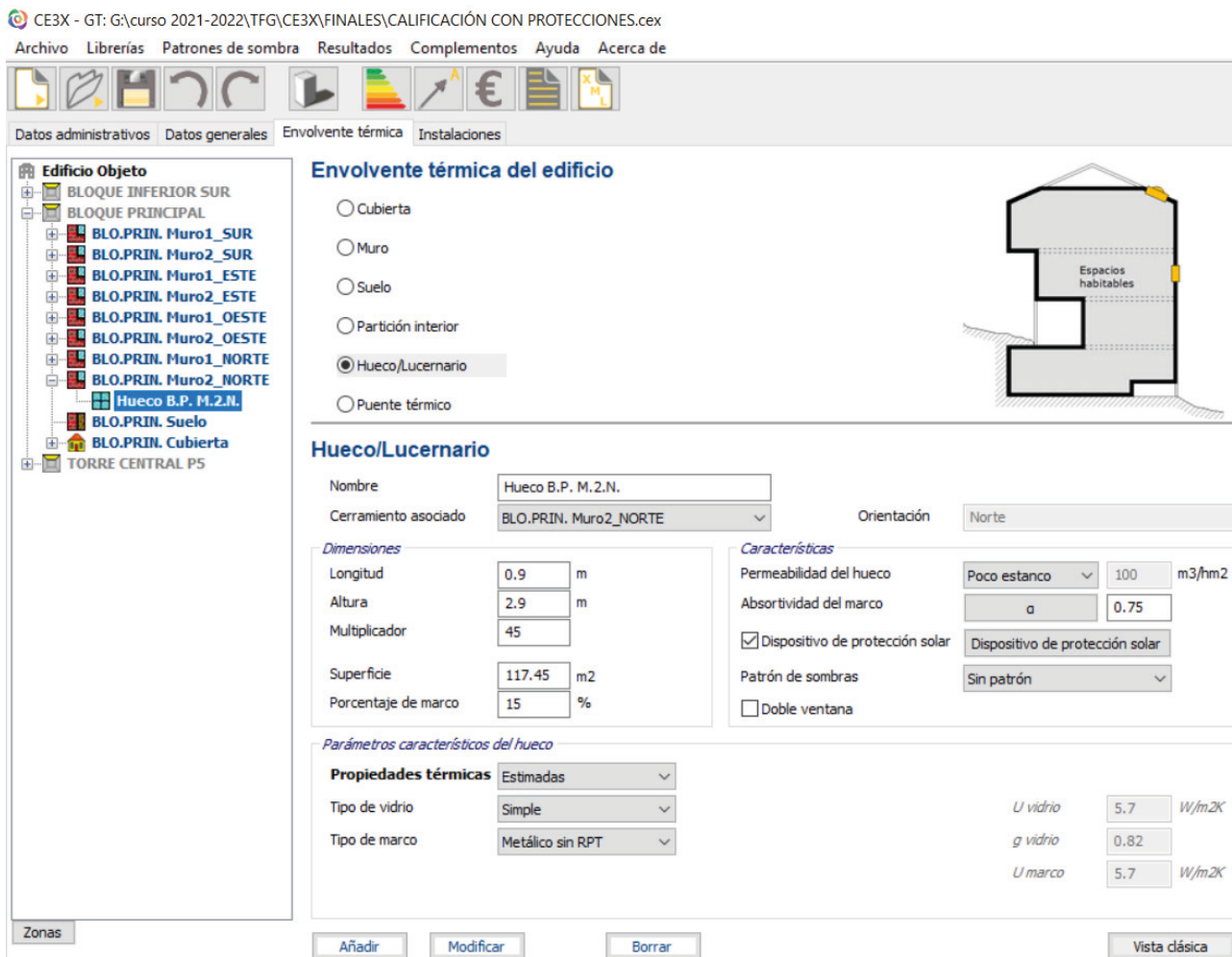


Fig.155. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 2 Norte CON y SIN protección.

### 3. TORRE CENTRAL PLANTA 5.

#### MURO SUR CON PROTECCIÓN.

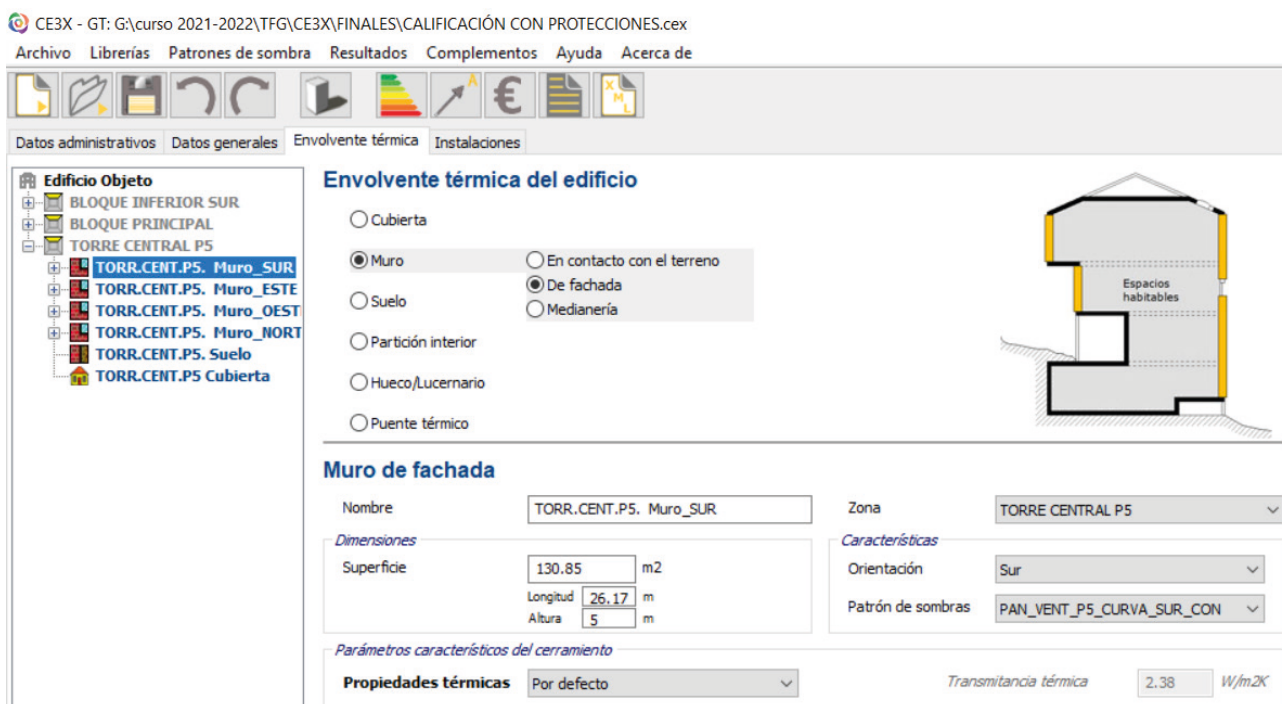


Fig.156. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Sur CON protección.

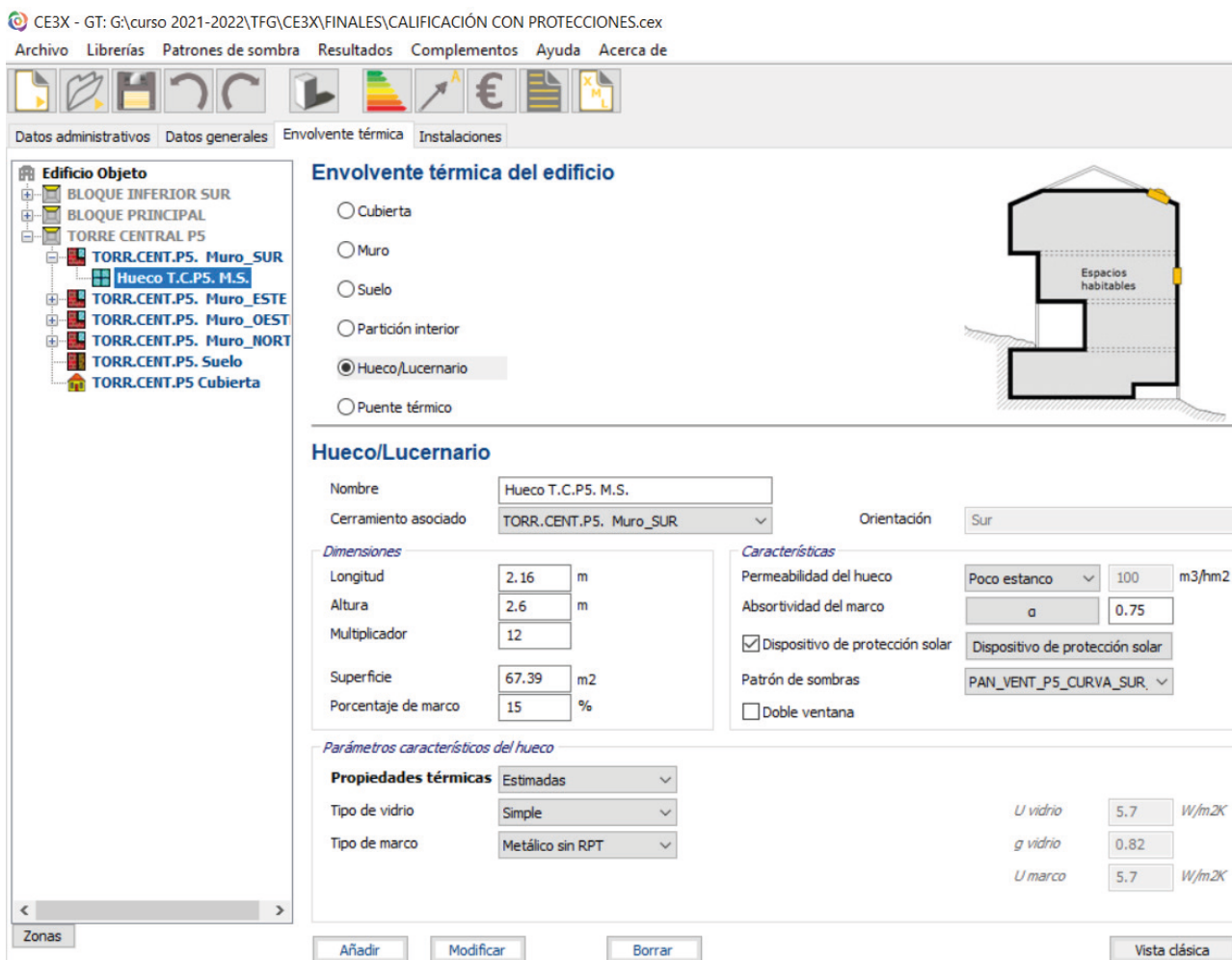


Fig.157. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Sur CON protección.

MURO SUR SIN PROTECCIÓN.

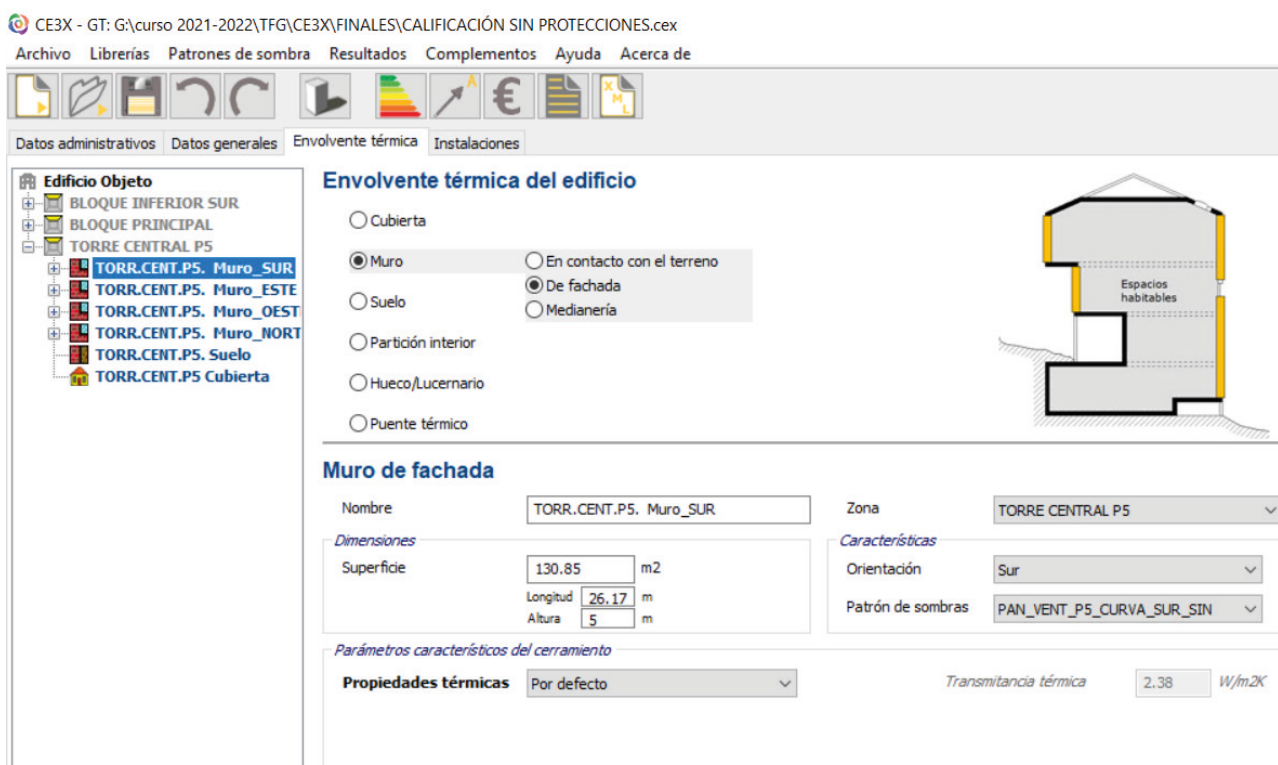


Fig.158. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Sur SIN protección.

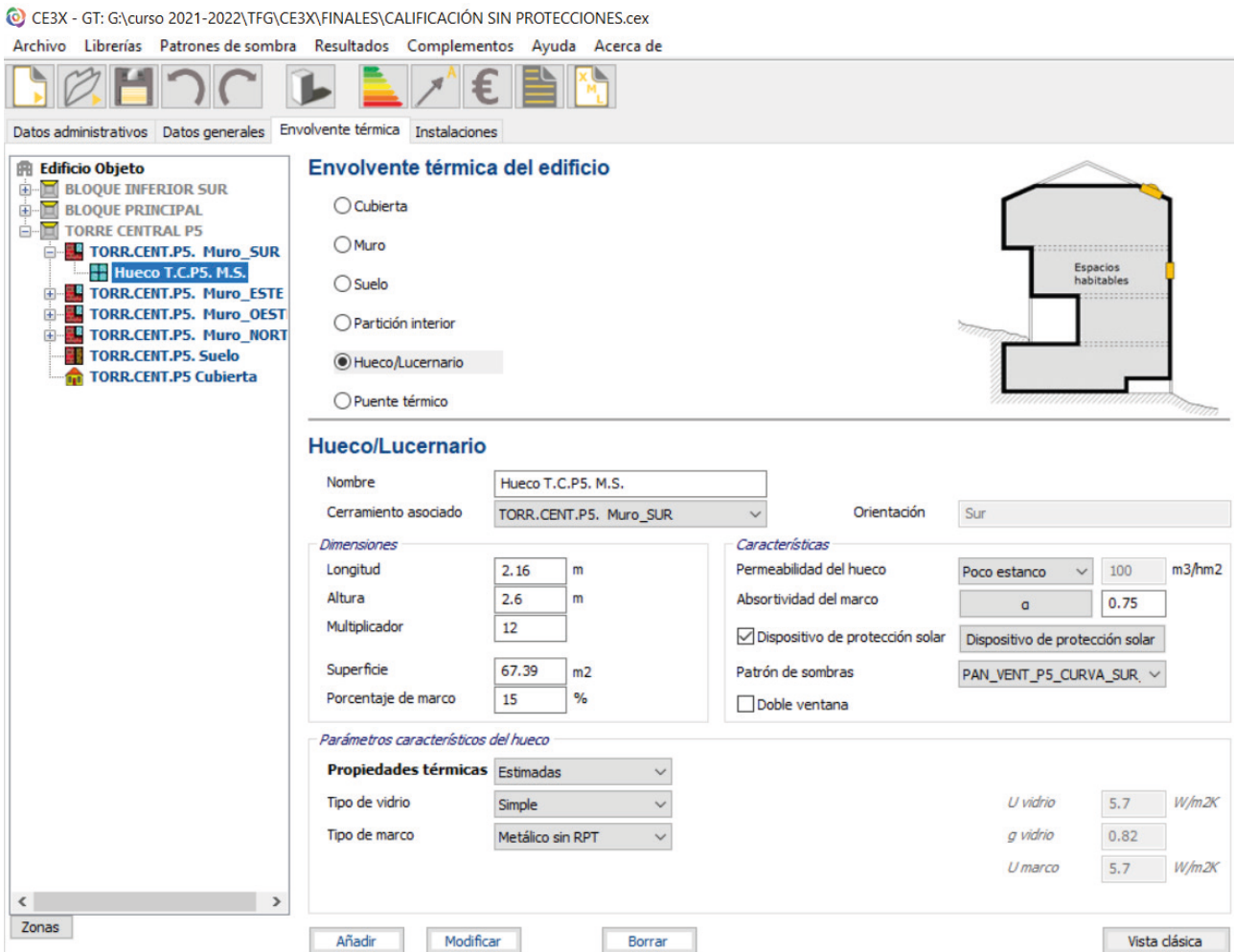


Fig.159. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Sur SIN protección.

MURO ESTE CON PROTECCIÓN.

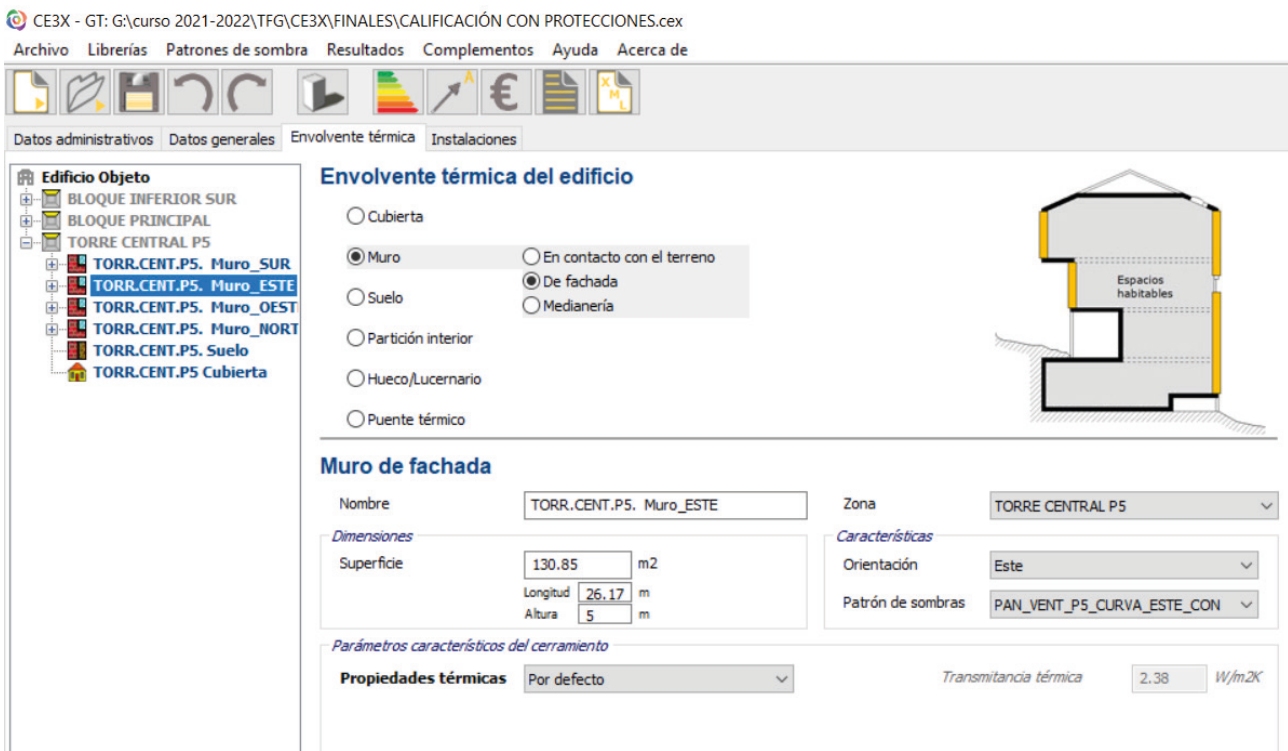


Fig.160. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Este CON protección.

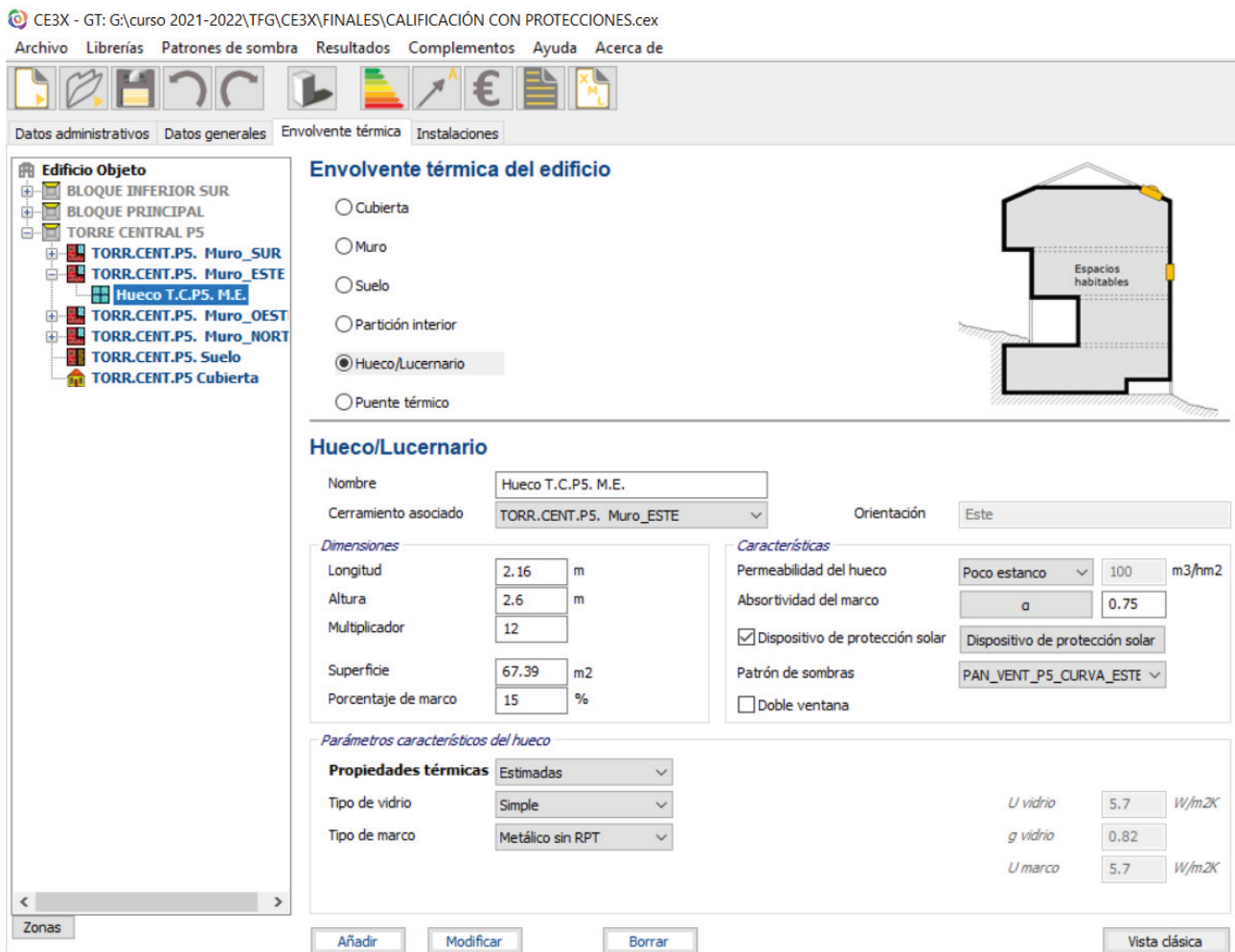


Fig.161. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Este CON protección.

MURO ESTE SIN PROTECCIÓN.

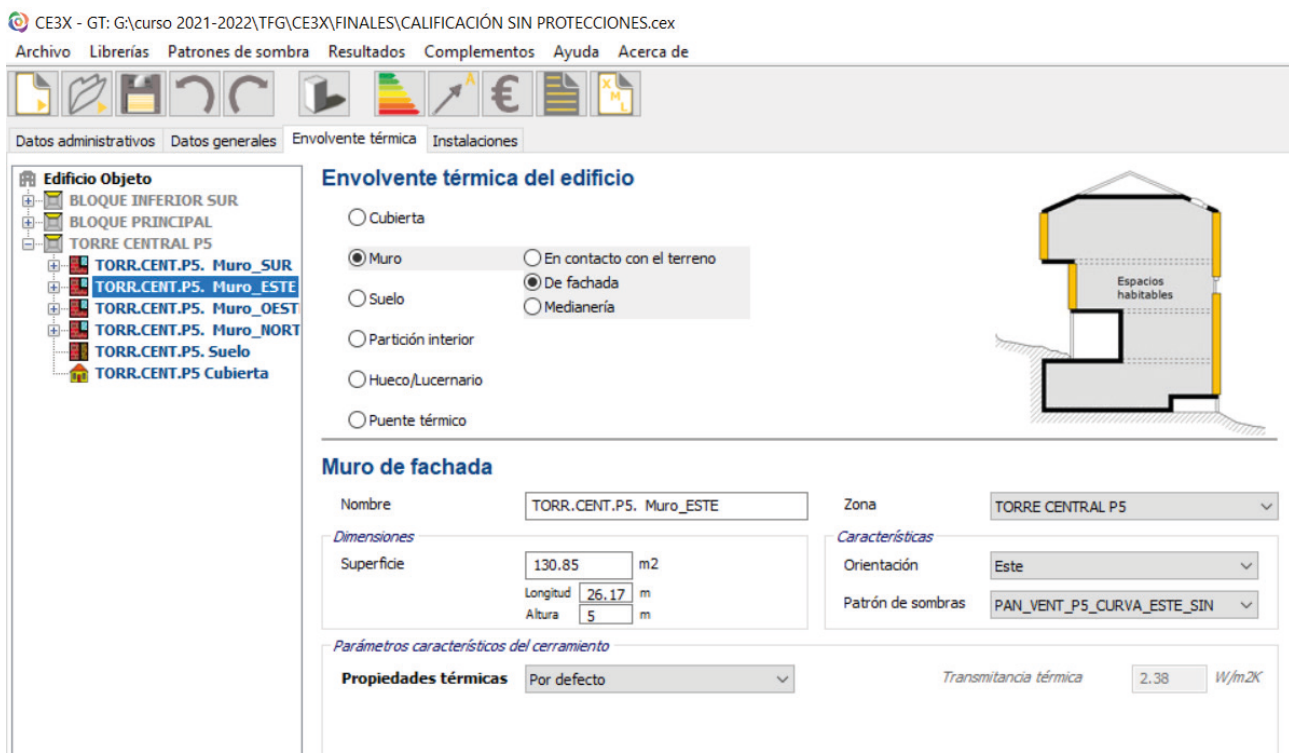


Fig.162. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Este SIN protección.

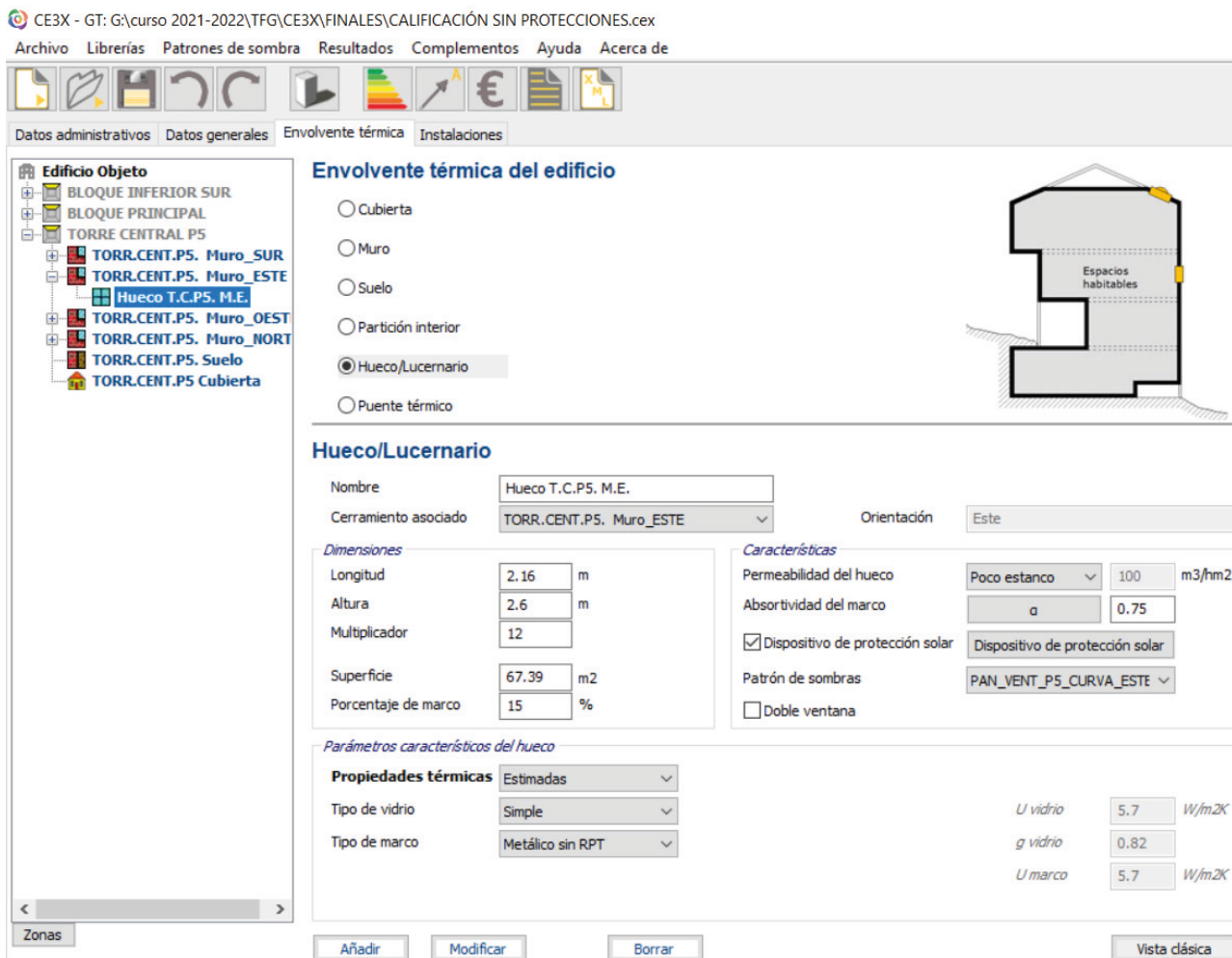


Fig.163. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Este SIN protección.

MURO OESTE CON PROTECCIÓN.

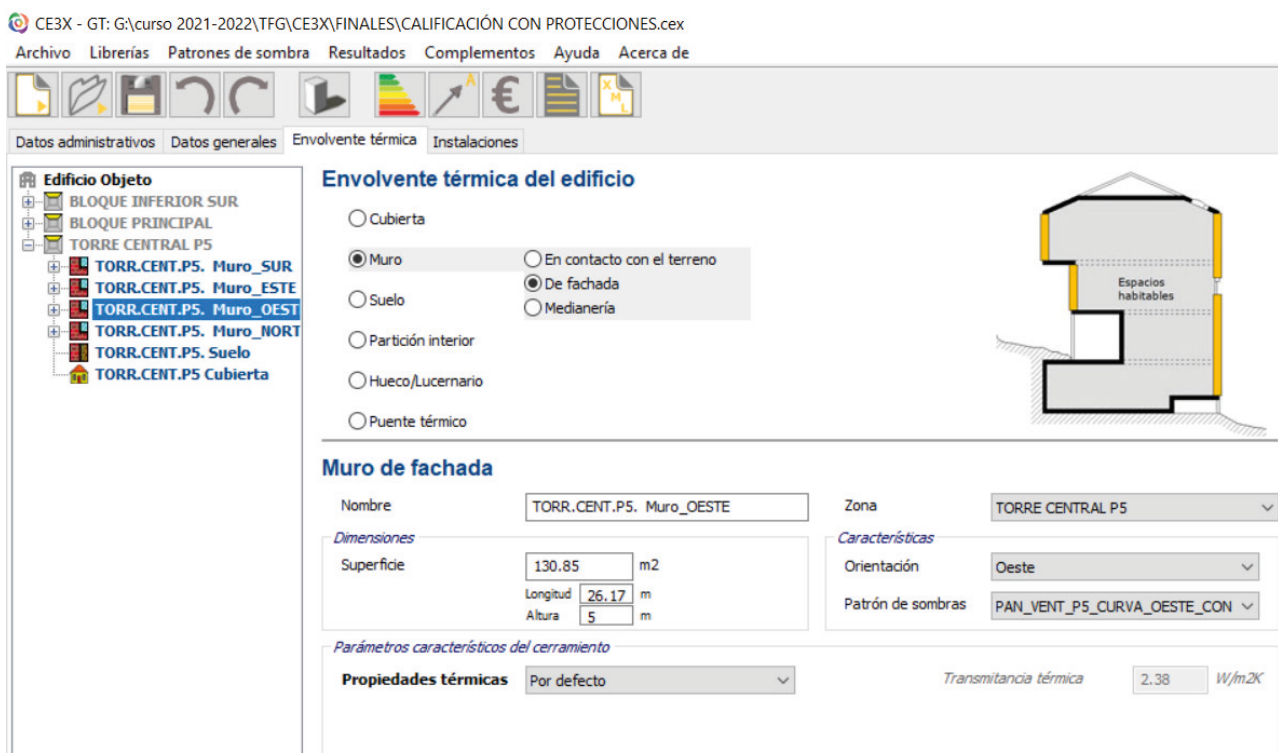


Fig.164. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Oeste CON protección.

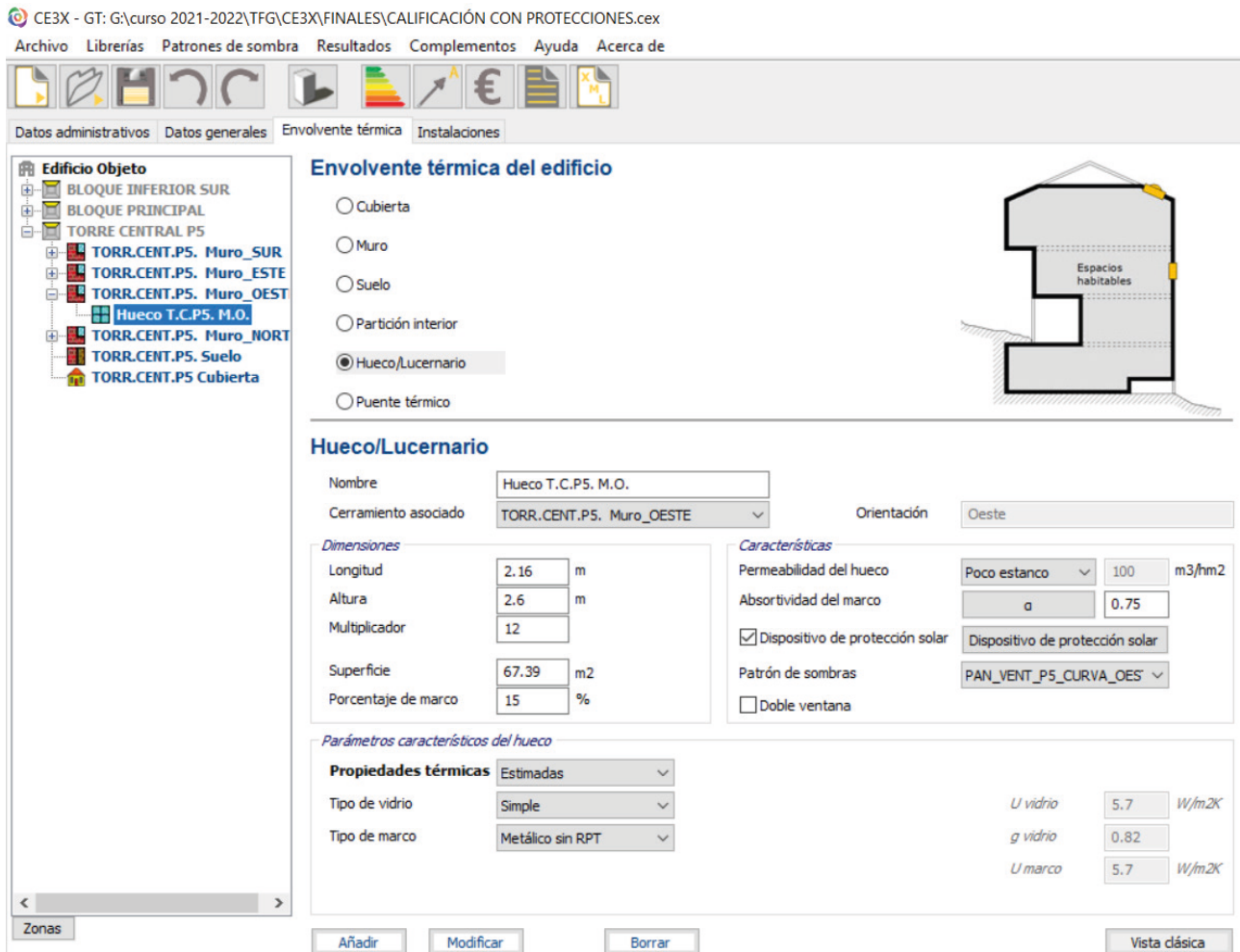


Fig.165. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Oeste CON protección.

MURO OESTE SIN PROTECCIÓN.

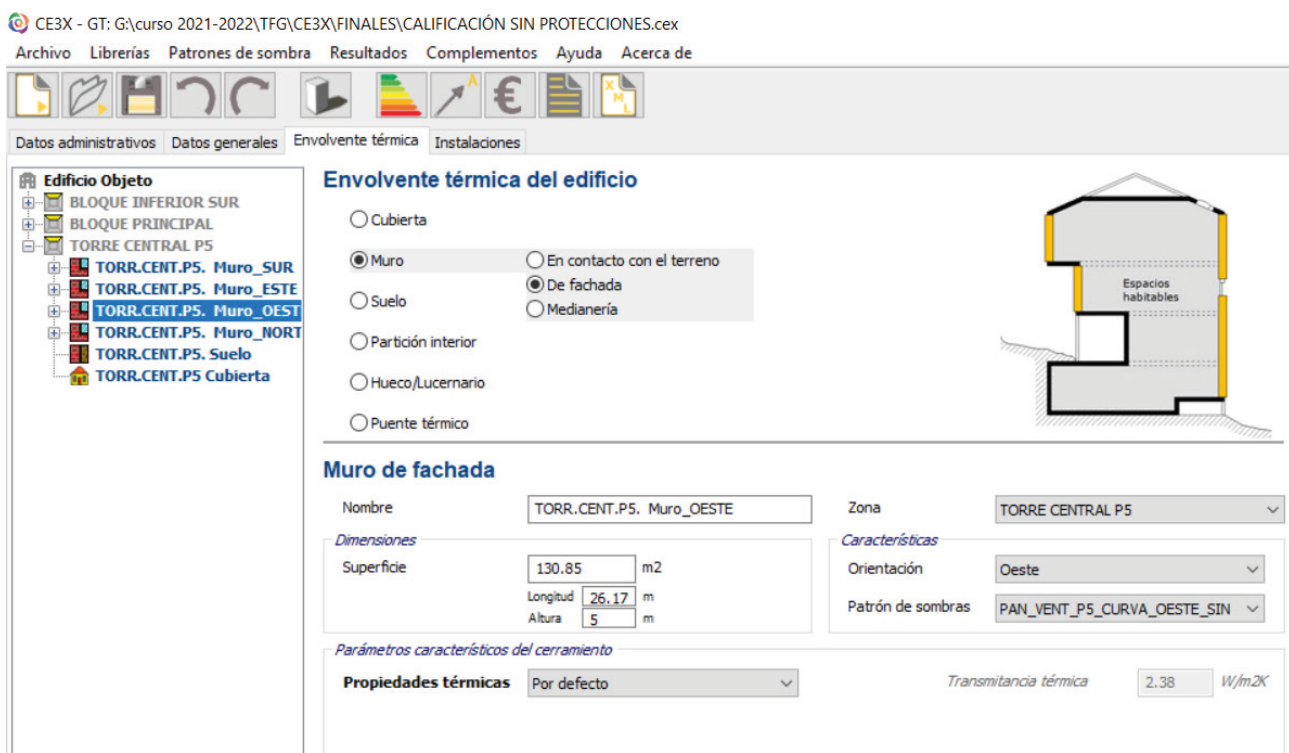


Fig.166. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Oeste SIN protección.



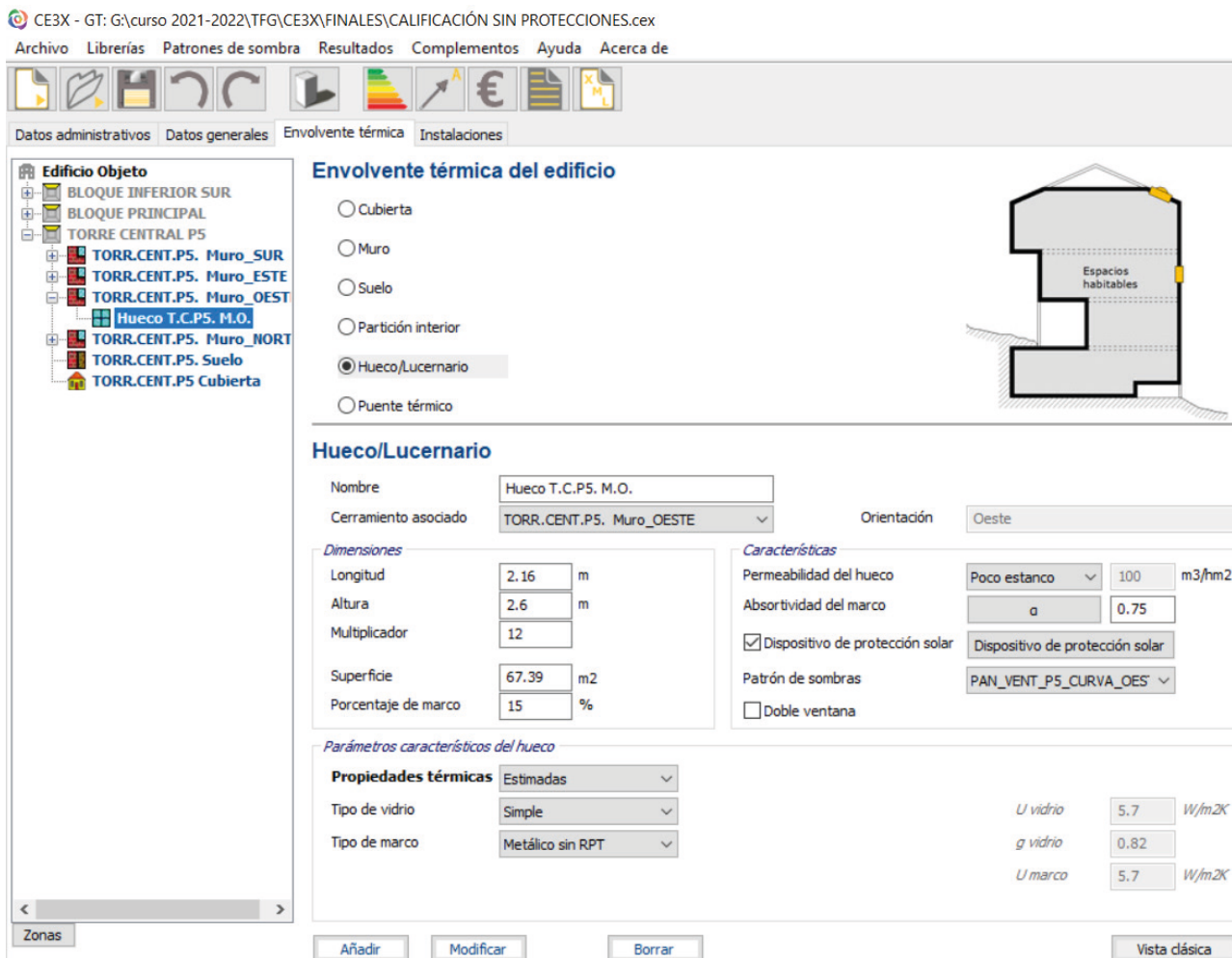


Fig.167. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Oeste SIN protección.

MURO NORTE CON PROTECCIÓN.

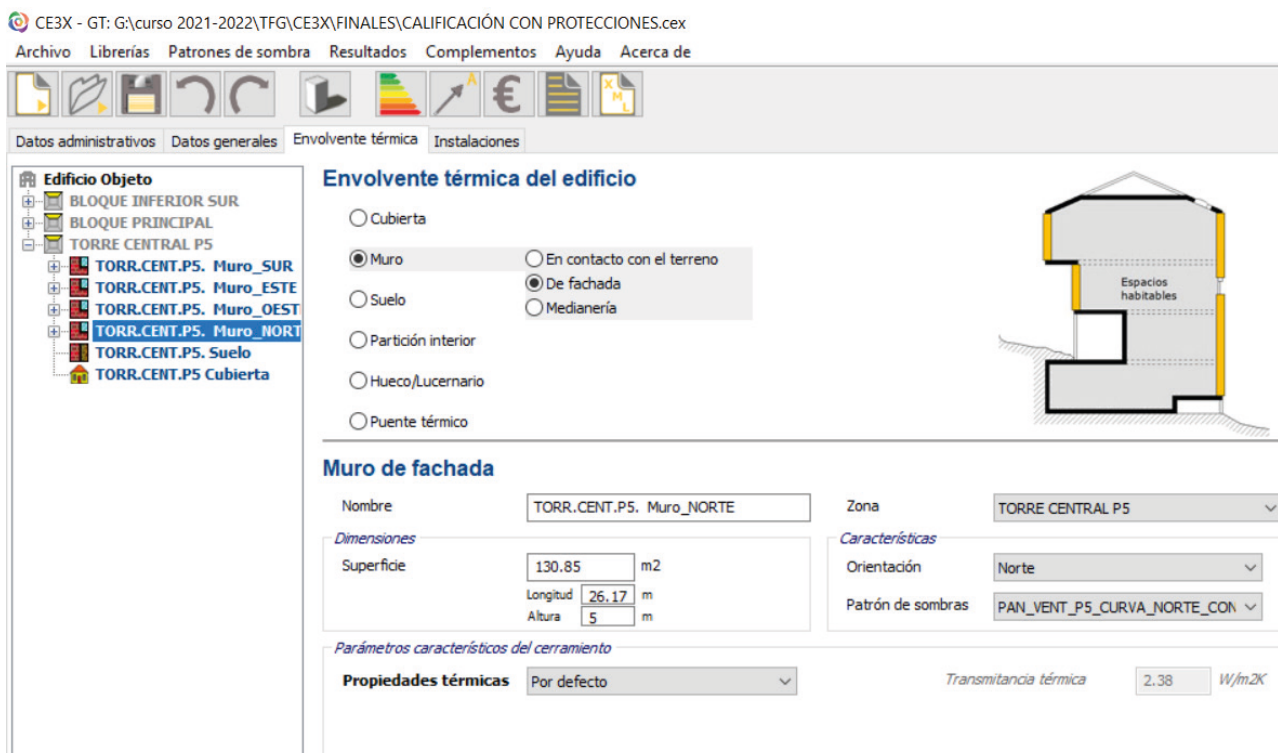


Fig.168. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Norte CON protección.

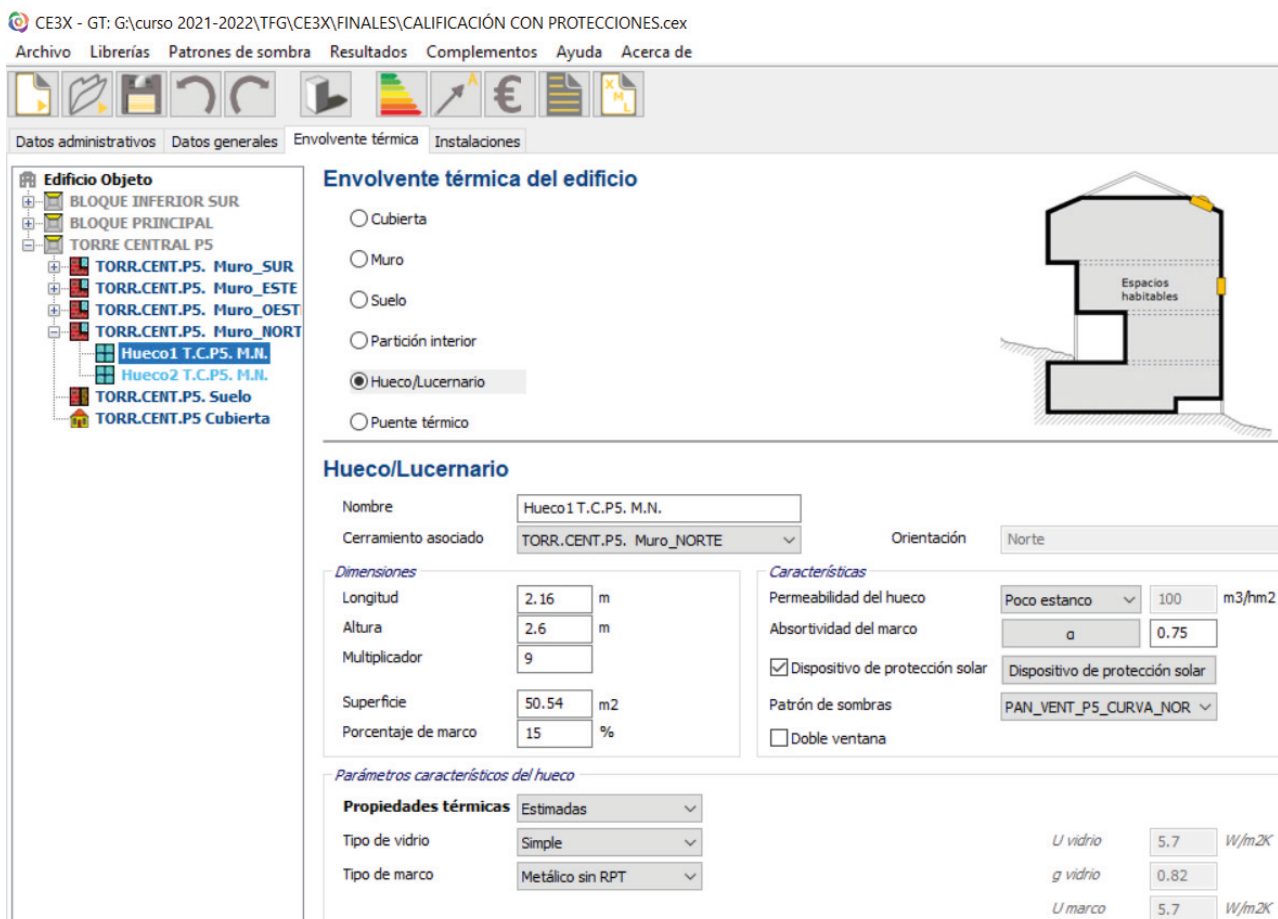


Fig.169. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco 1 del muro Norte CON protección.

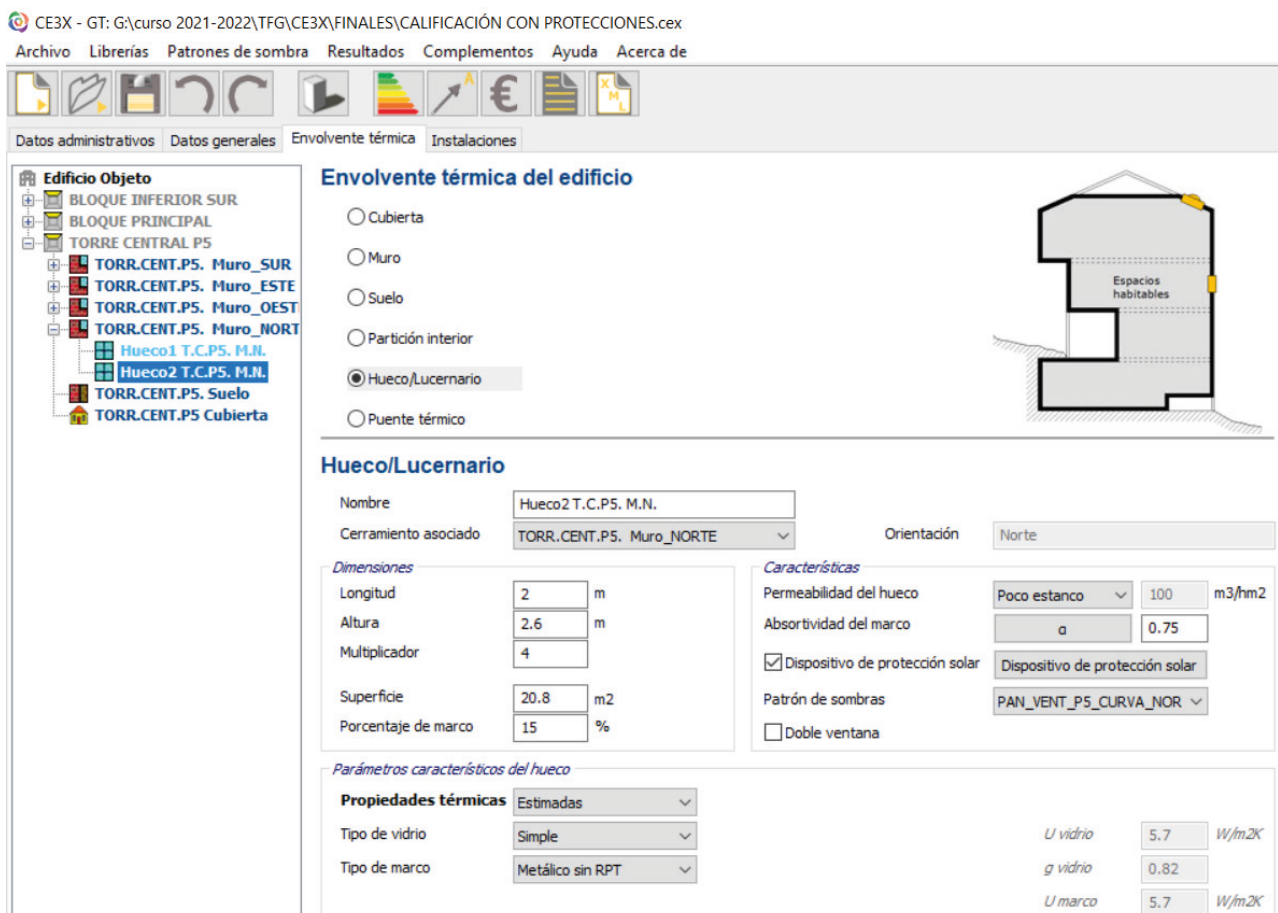


Fig.170. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco 2 del muro Norte CON protección.

MURO NORTE SIN PROTECCIÓN.

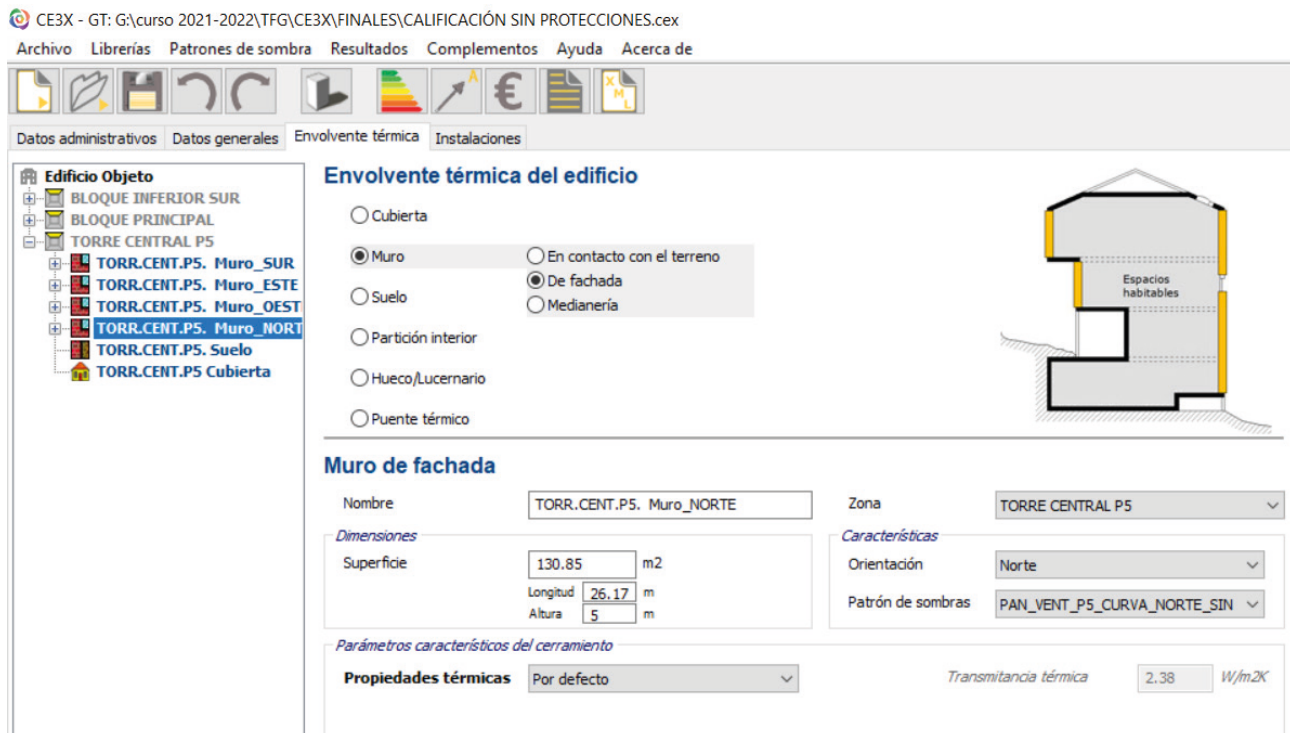


Fig.171. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Norte SIN protección.

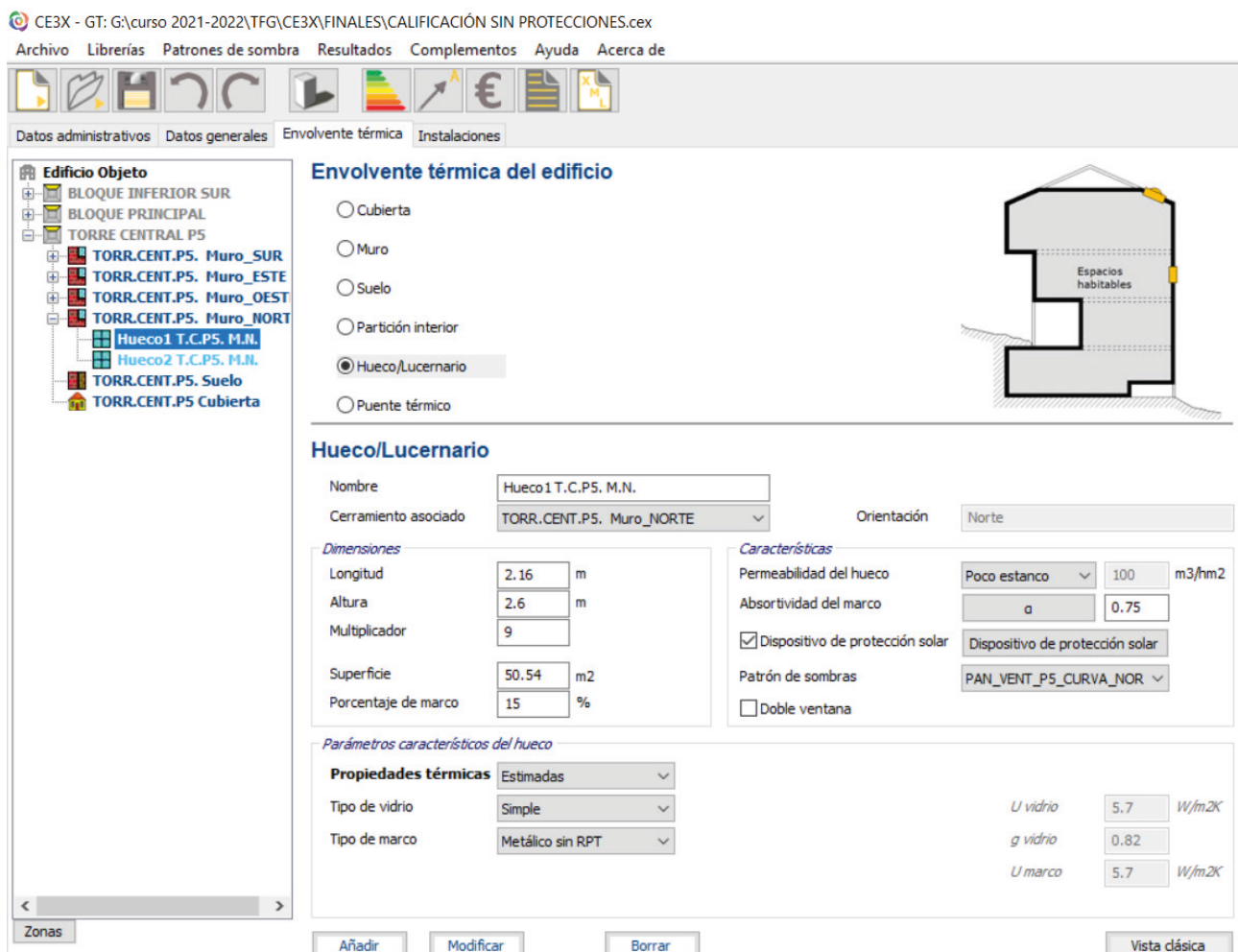


Fig.172. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco 1 del muro Norte SIN protección.

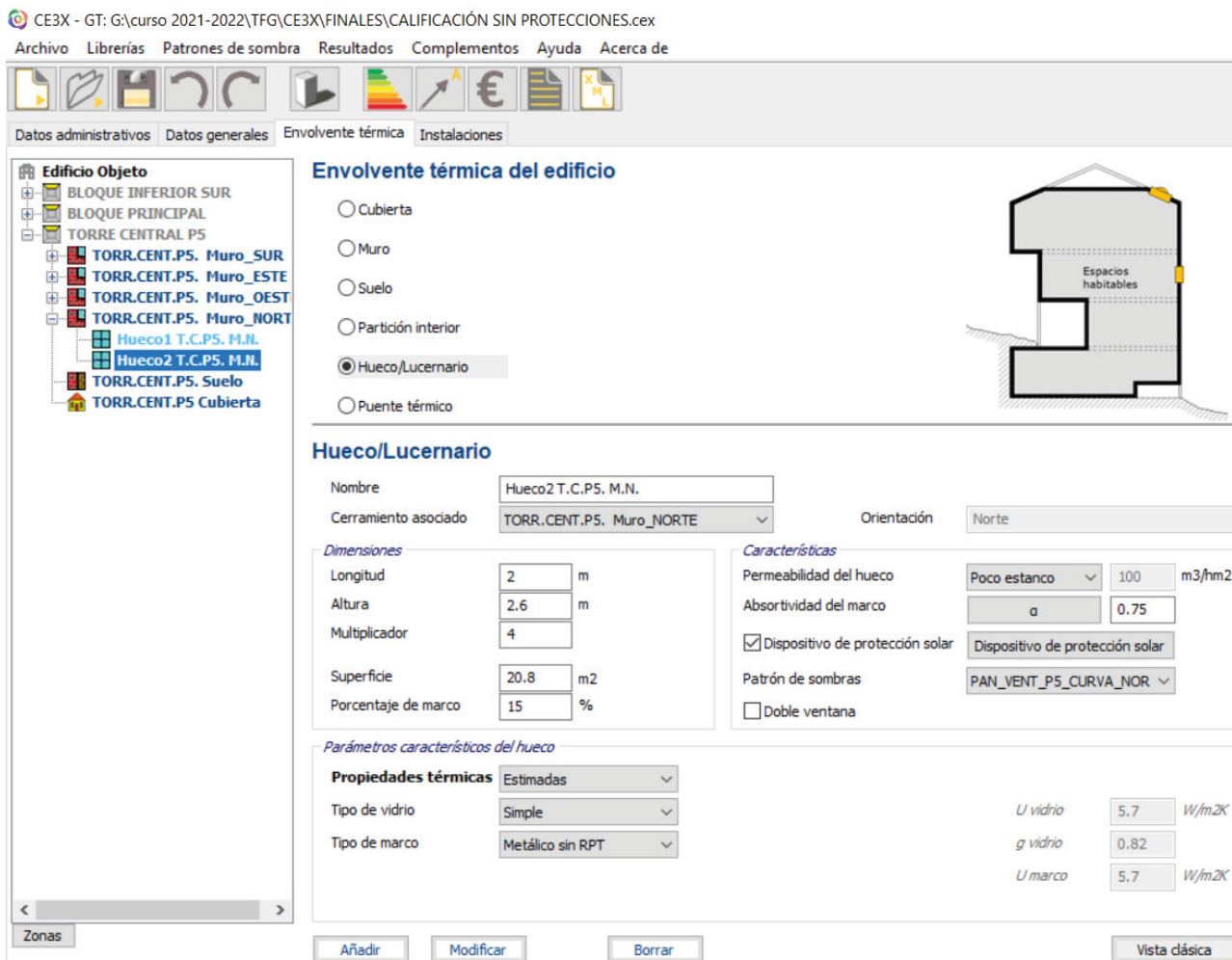


Fig.173. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco 1 del muro Norte SIN protección.

#### 4.5.5. ENVOLVENTE TÉRMICA. SUELO.

##### 1. BLOQUE INFERIOR SUR.

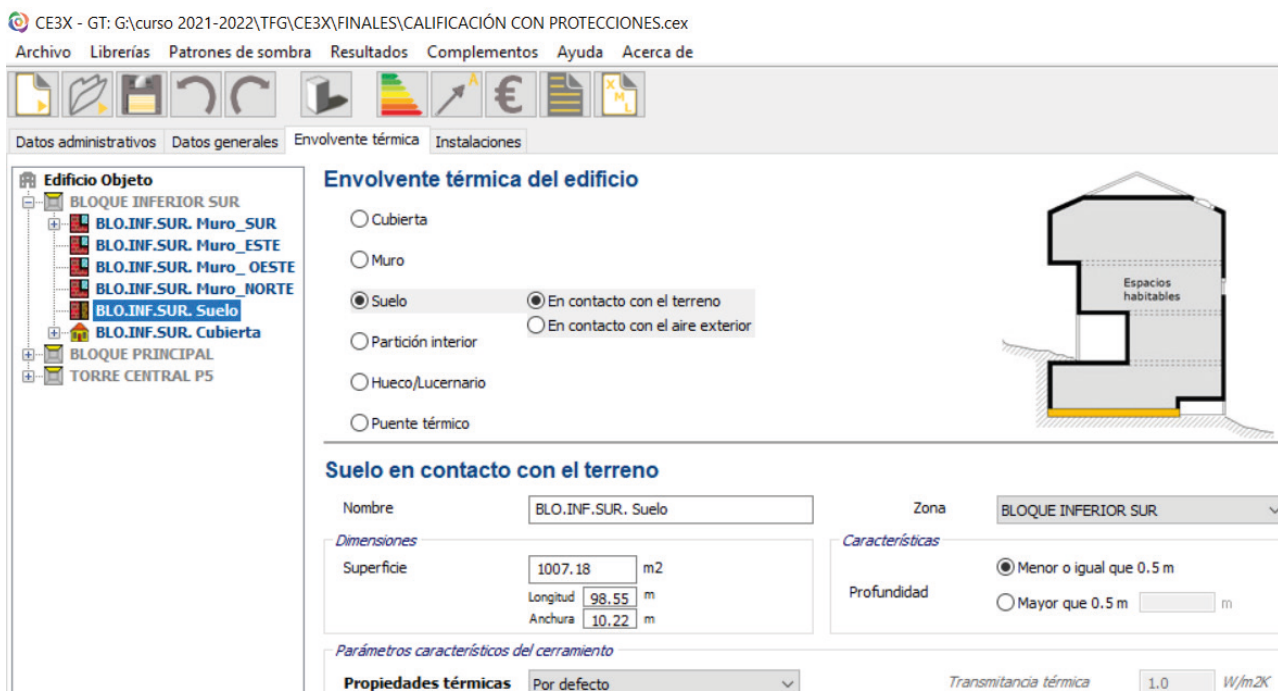


Fig.174. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Suelo.

## 2. BLOQUE PRINCIPAL.

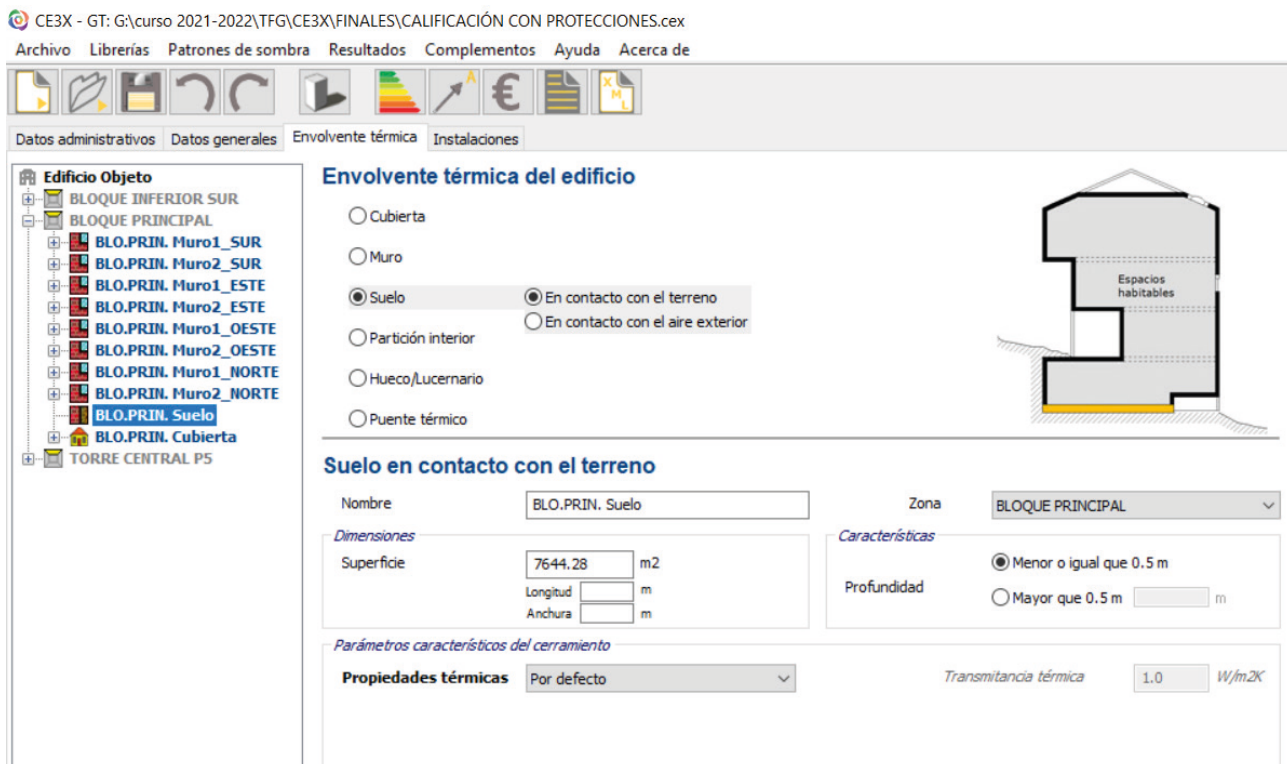


Fig.175. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Suelo.

## 3. TORRE CENTRAL.

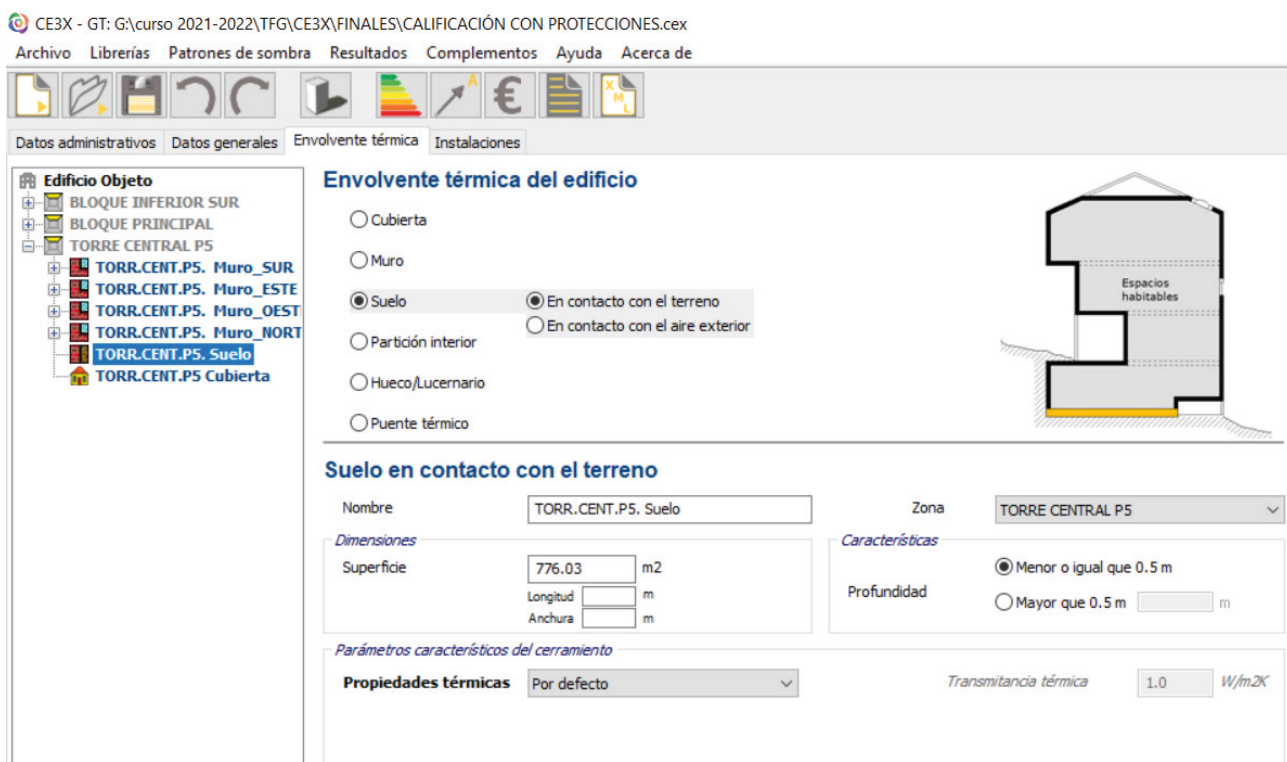


Fig.176. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central. Suelo.

## 4.5.6. ENVOLVENTE TÉRMICA. CUBIERTA.

### 1. BLOQUE INFERIOR SUR.

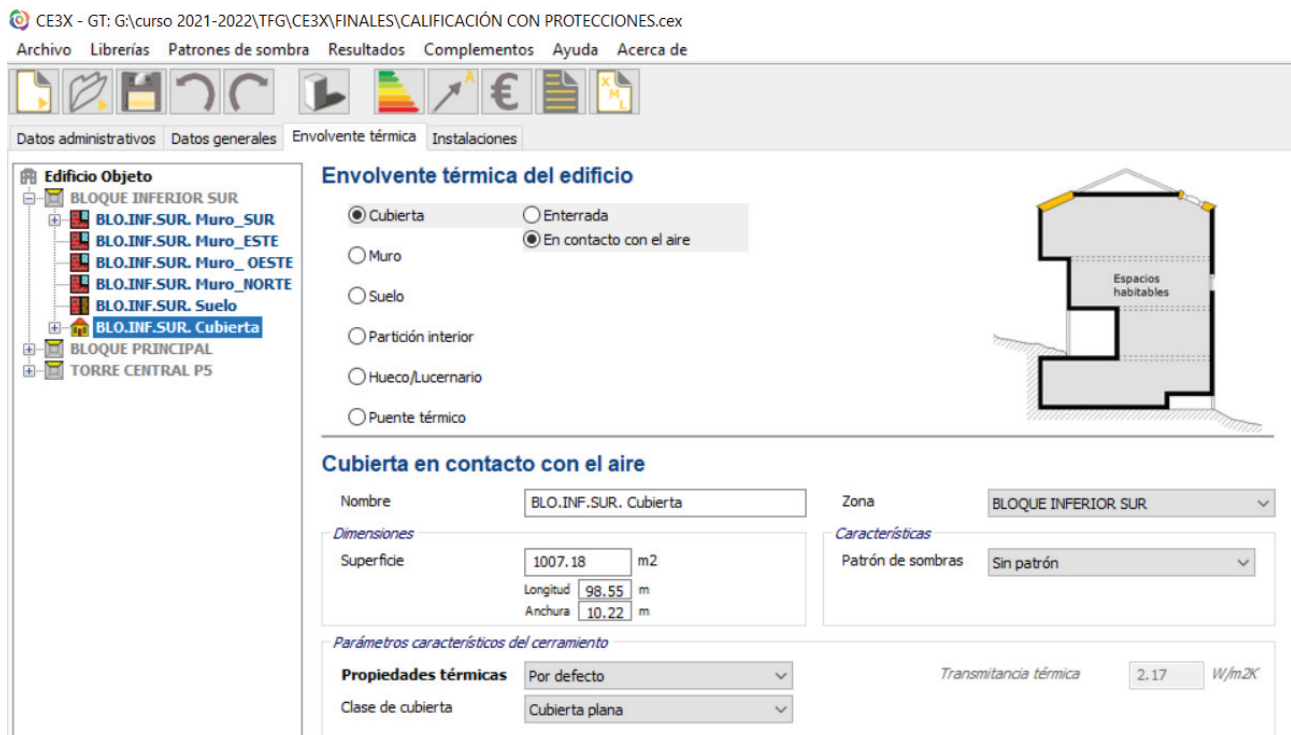


Fig.177. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Cubierta.

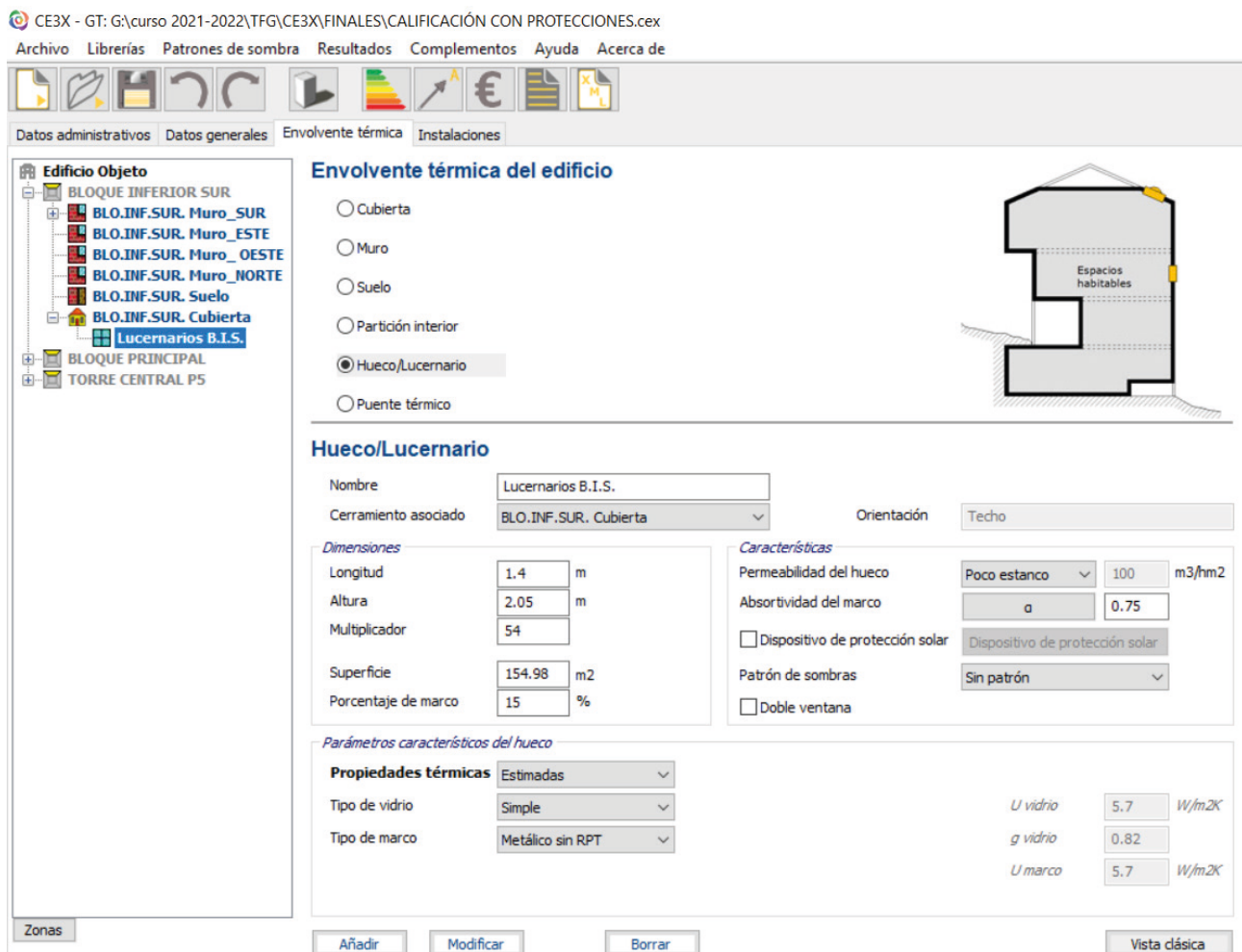


Fig.178. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Cubierta. Lucernarios orientación Norte.

## 2. BLOQUE PRINCIPAL.

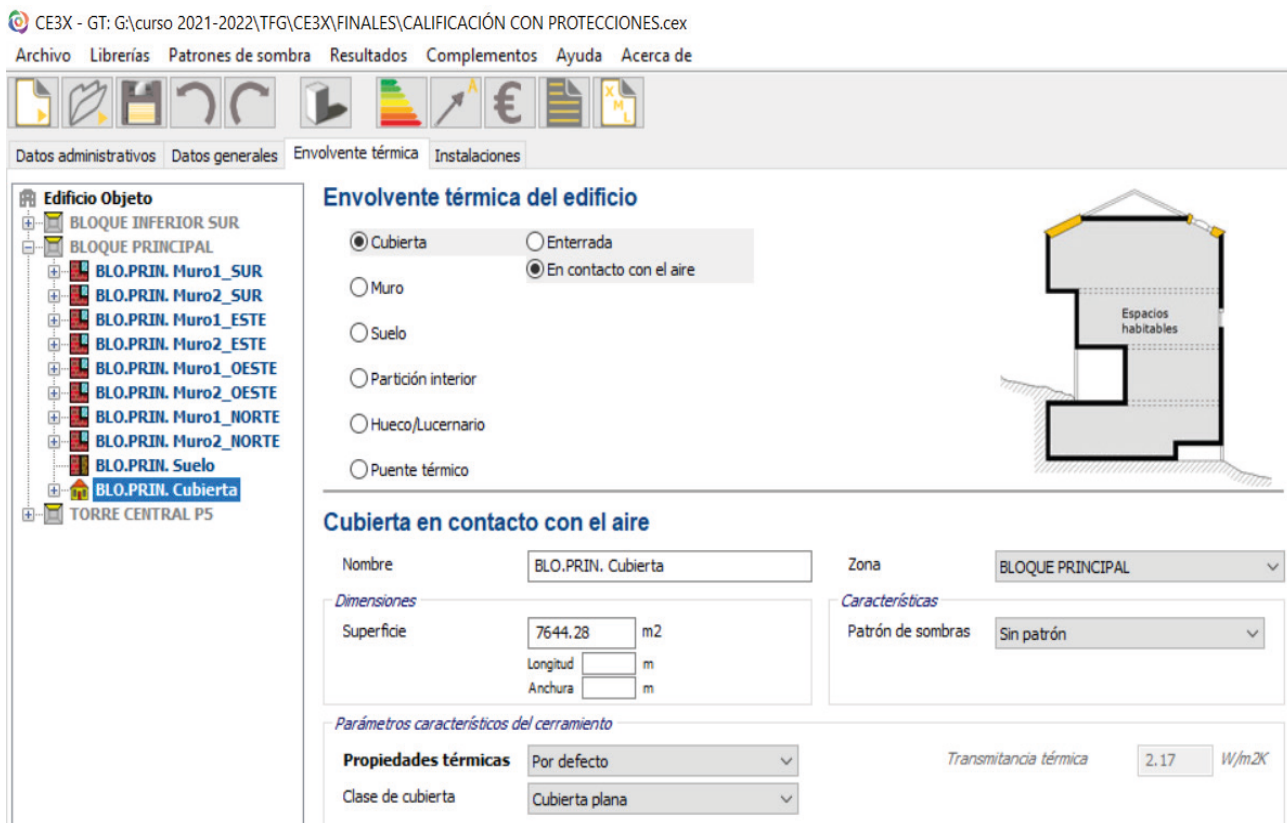


Fig.179. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Cubierta.

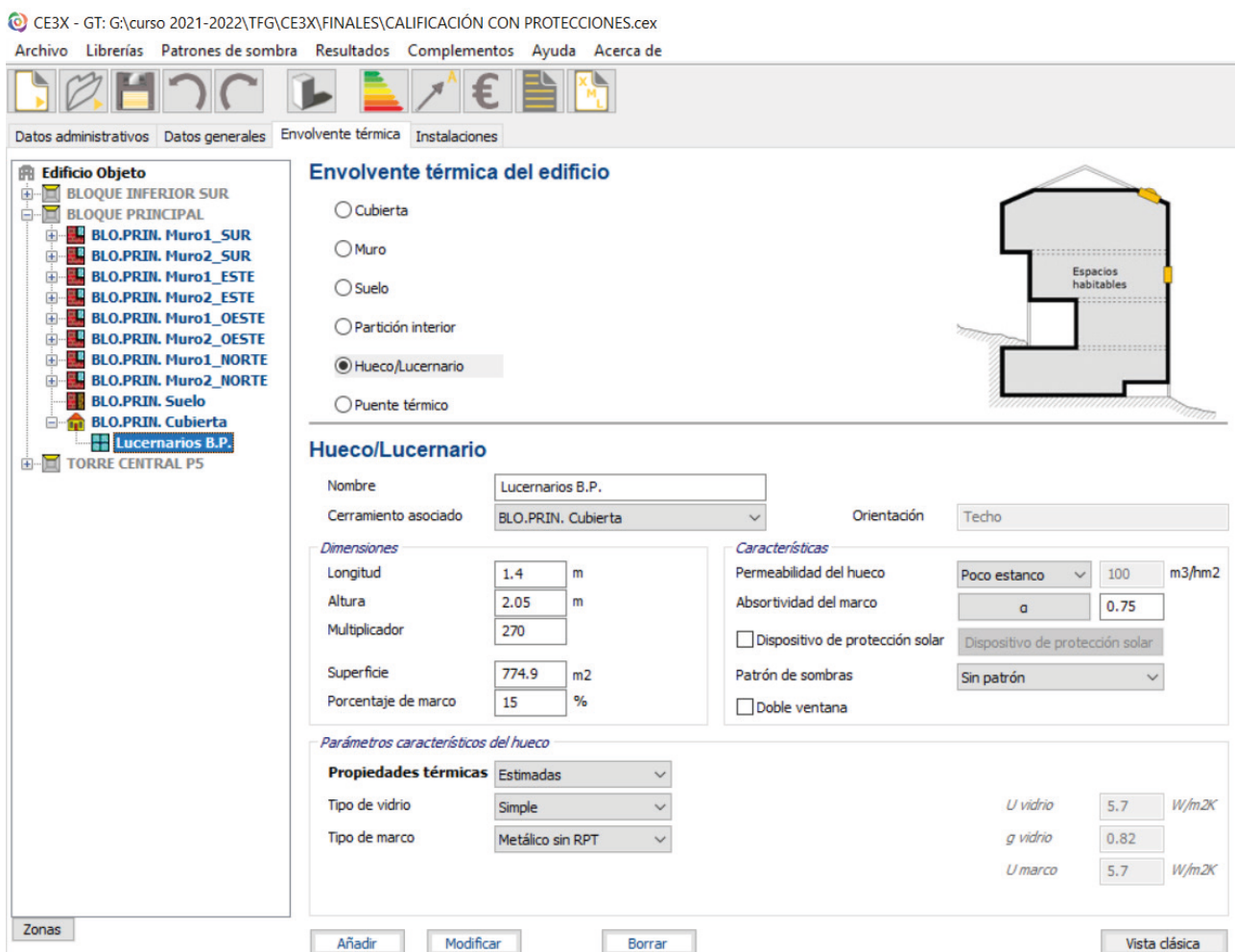


Fig.180. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Cubierta. Lucernarios orientación Norte.

### 3. TORRE CENTRAL.

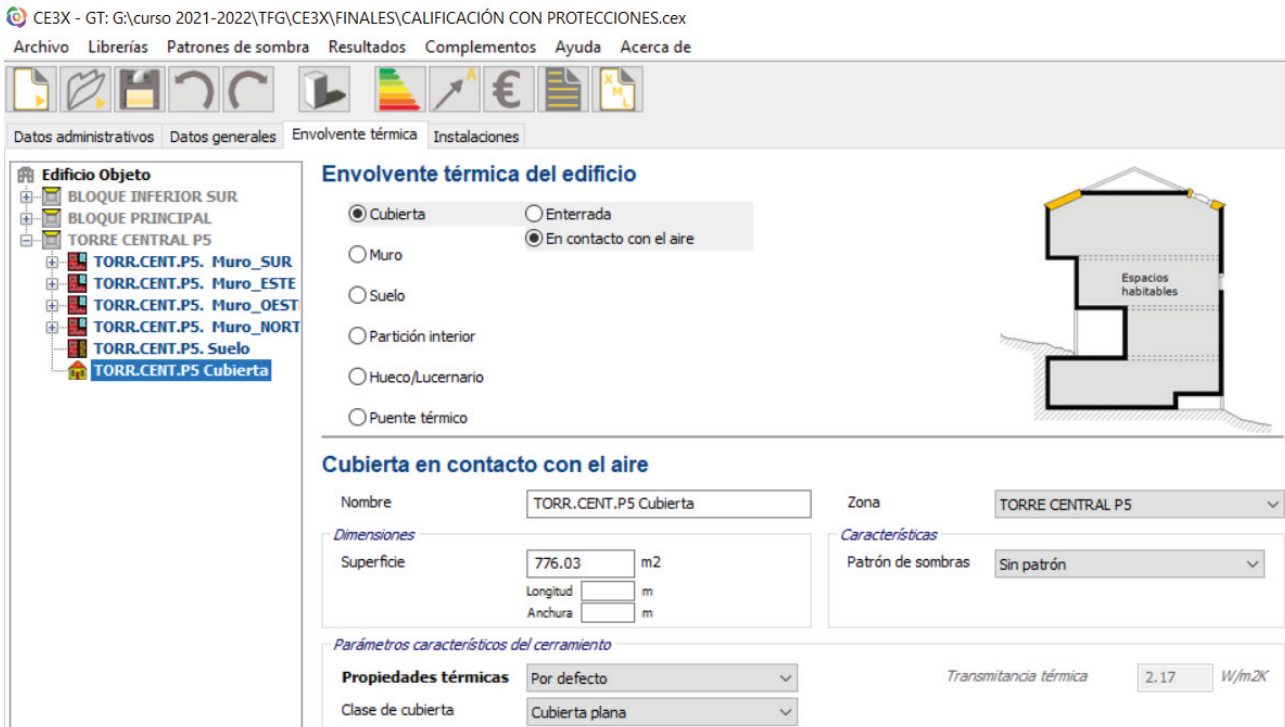


Fig.181. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central. Cubierta.

### 4.6. INSTALACIONES.

Para poder completar el informe energético se debe añadir un último apartado, las instalaciones del edificio objeto. Al introducir los datos referidos al sistema de instalaciones en nuestro caso se selecciona un equipo de ACS a través de caldera estándar y para el equipo de calefacción y de refrigeración se emplea una bomba de calor eléctrica.

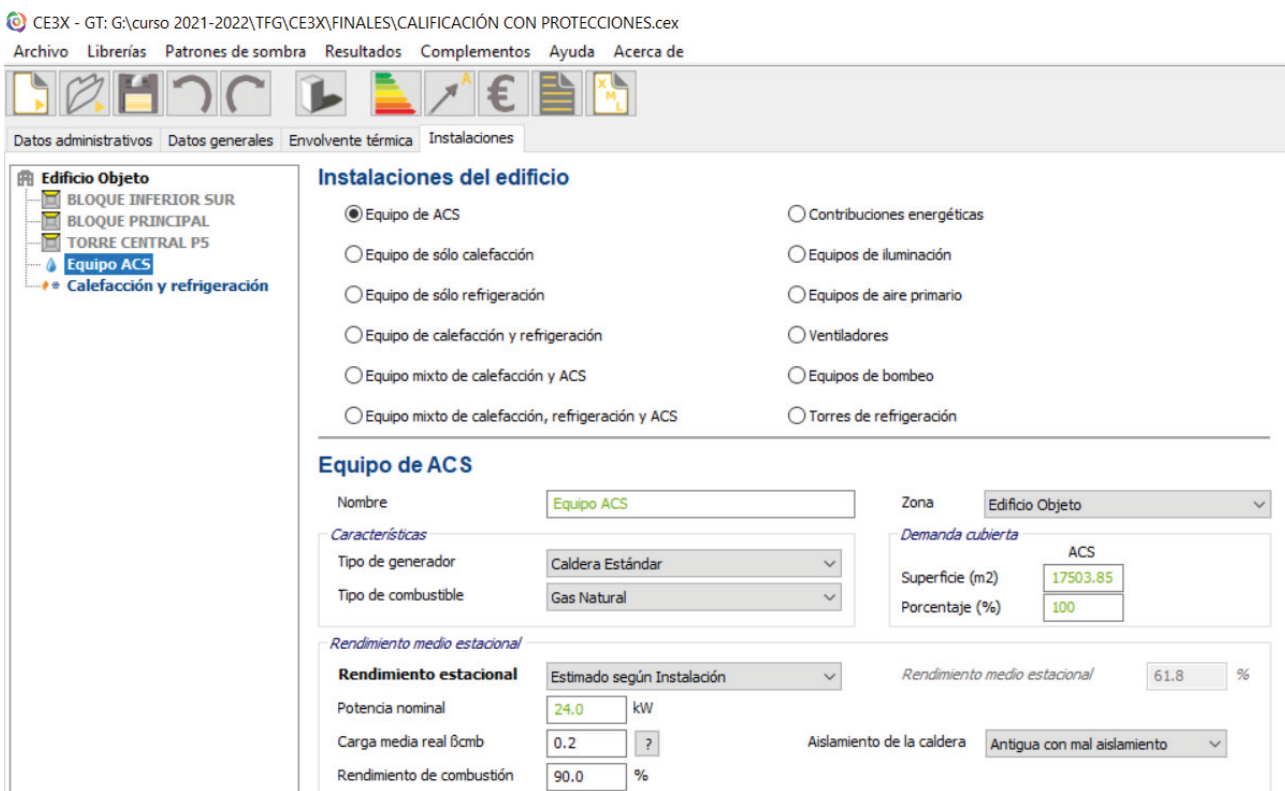


Fig.182. Captura de pantalla del programa CE3X. Edificio objeto. Instalaciones. Equipo ACS.



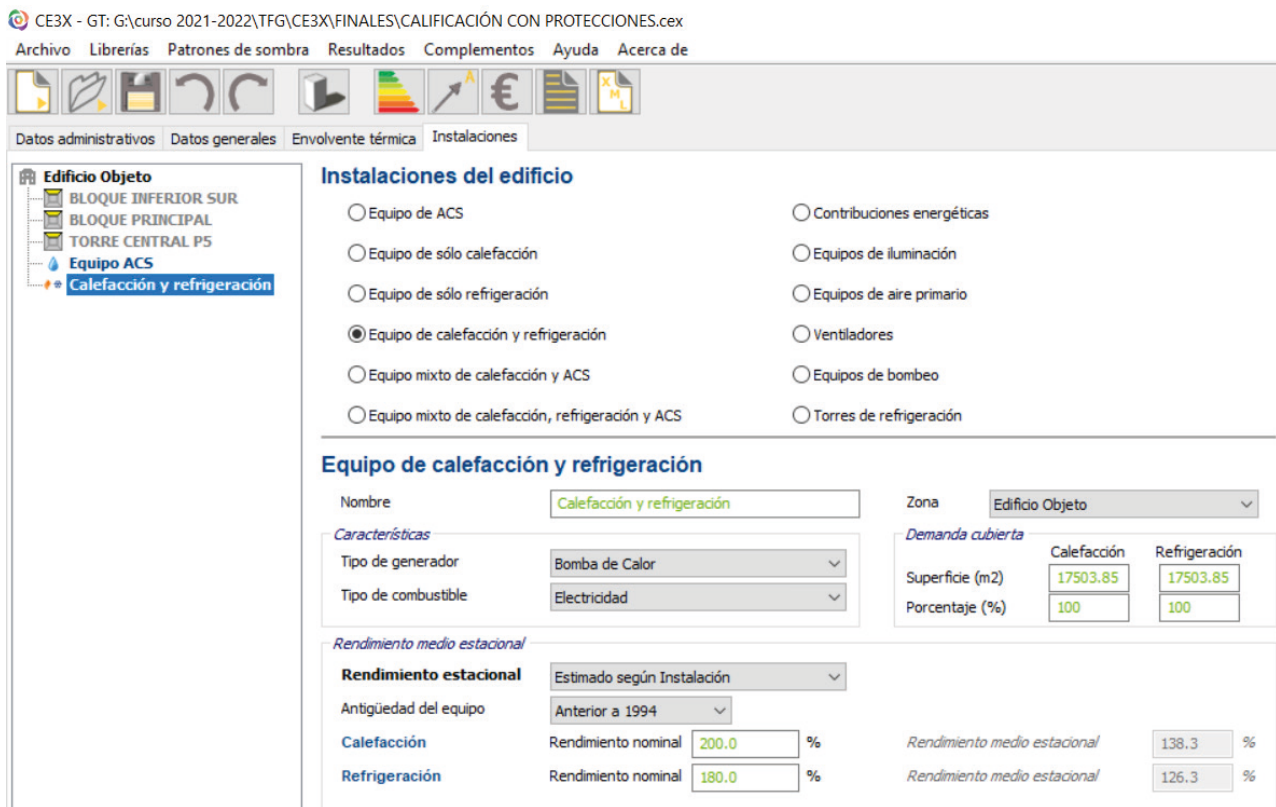


Fig.183. Captura de pantalla del programa CE3X. Edificio objeto. Instalaciones. Calefacción y refrigeración.

## 4.7. GENERACIÓN DE CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

### 4.7.1. INFORME CON PROTECCIONES SOLARES.

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	ESCUELA DE INGENIEROS AGRÓNOMOS DE CORDOBA		
Dirección	AV MENENDEZ PIDAL ETS AGRONOMOS Y M. CORDOBA, ESPAÑA		
Municipio	Córdoba	Código Postal	14004
Provincia	Córdoba	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	B4	Año construcción	1964
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	1822401UG4912S00010D		

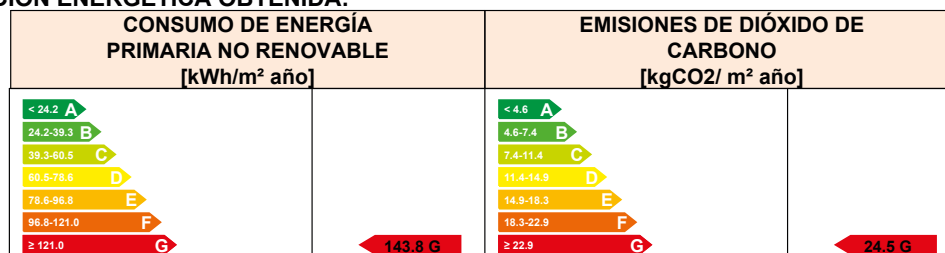
##### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Jaime Iza Fernandez	NIF(NIE)	71729071Y
Razón social	Jaime Iza Fernandez	NIF	-
Domicilio	s/n, Camí de Vera, Valencia		
Municipio	Valencia	Código Postal	46022
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	a2cam02b14@gmail.com	Teléfono	633333333
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 02/03/2023

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha

03/03/2023

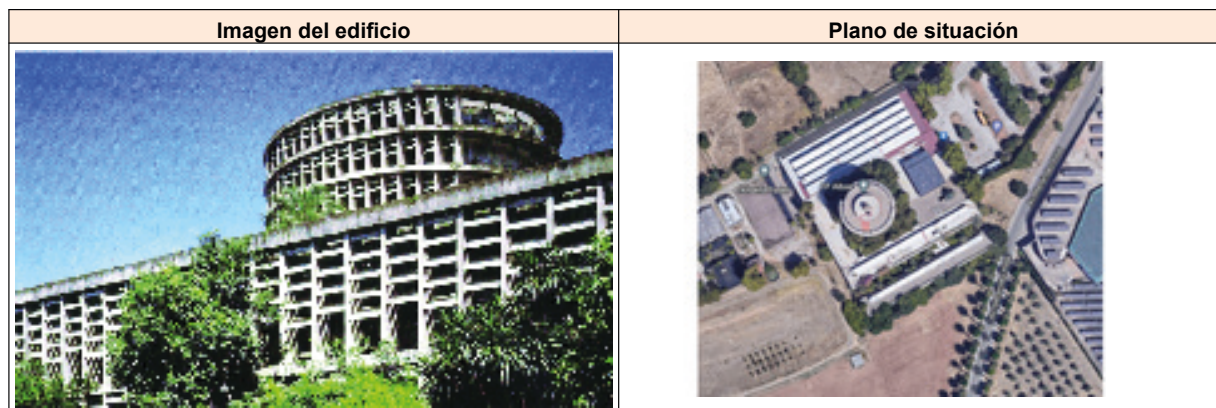
Fig.184. Captura de pantalla del informe de CE3X CON protecciones.

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	17503.85
---	----------



### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
BLO.INF.SUR. Muro_SUR	Fachada	258.1	2.38	Por defecto
BLO.INF.SUR. Muro_ESTE	Fachada	51.0	2.38	Por defecto
BLO.INF.SUR. Muro_OESTE	Fachada	51.0	2.38	Por defecto
BLO.INF.SUR. Muro_NORTE	Fachada	493.0	2.38	Por defecto
BLO.INF.SUR. Suelo	Suelo	1007.18	1.00	Por defecto
BLO.INF.SUR. Cubierta	Cubierta	852.2	2.17	Por defecto
BLO.PRIN. Muro1_SUR	Fachada	258.1	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro2_SUR	Fachada	126.3	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro1_ESTE	Fachada	286.92	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro2_ESTE	Fachada	125.8	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro1_OESTE	Fachada	475.4	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro2_OESTE	Fachada	125.8	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro1_NORTE	Fachada	207.46	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro2_NORTE	Fachada	126.3	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Suelo	Suelo	7644.28	1.00	Por defecto
BLO.PRIN. Cubierta	Cubierta	6869.38	2.17	Por defecto
TORR.CENT.P5. Muro_SUR	Fachada	63.46	2.38	Por defecto
TORR.CENT.P5. Muro_ESTE	Fachada	63.46	2.38	Por defecto
TORR.CENT.P5. Muro_OESTE	Fachada	63.46	2.38	Por defecto
TORR.CENT.P5. Muro_NORTE	Fachada	59.51	2.38	Por defecto
TORR.CENT.P5. Suelo	Suelo	776.03	1.00	Por defecto
TORR.CENT.P5. Cubierta	Cubierta	776.03	2.17	Por defecto

Fecha

03/03/2023

*Fig.185. Captura de pantalla del informe de CE3X CON protecciones.*

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco B.I.S. M.S.	Hueco	234.9	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Lucernarios B.I.S.	Lucernario	154.98	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.1.S.	Hueco	234.9	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.2.S.	Hueco	117.45	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco1 B.P. M.1.E.	Hueco	134.4	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco2 B.P. M.1.E.	Hueco	20.88	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco3 B.P. M.1.E.	Hueco	29.4	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco4 B.P. M.1.E.	Hueco	35.0	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.2.E.	Hueco	117.45	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco1 B.P. M.1.O.	Hueco	21.6	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco2 B.P. M.1.O.	Hueco	9.6	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.2.O.	Hueco	117.45	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.1.N.	Hueco	311.04	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.2.N.	Hueco	117.45	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Lucernarios B.P.	Lucernario	774.9	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco T.C.P5. M.S.	Hueco	67.39	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco T.C.P5. M.E.	Hueco	67.39	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco T.C.P5. M.O.	Hueco	67.39	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco1 T.C.P5. M.N.	Hueco	50.54	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco2 T.C.P5. M.N.	Hueco	20.8	5.70	0.72	Estimado	Estimado

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción refrigeración y	Bomba de Calor		138.3	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción refrigeración y	Bomba de Calor		126.3	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	1260.0
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Equipo ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

### 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Perfil de uso
Edificio	17503.85	Intensidad Media - 12h

Fecha

03/03/2023

*Fig.187. Captura de pantalla del informe de CE3X CON protecciones.*

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

<b>Zona climática</b>	B4	<b>Uso</b>	Intensidad Media - 12h
-----------------------	----	------------	------------------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	G
		10.34		0.55	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	F	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-
		13.58		0.00	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico</i>	23.92	418614.52
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles</i>	0.55	9578.42

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	G
		61.04		2.58	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	F	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	-
		80.15		0.00	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN				
			<b>DEMANDA DE CALEFACCIÓN</b>		<b>DEMANDA DE REFRIGERACIÓN</b>	
			<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]		
			43.2	51.8		
			<b>DEMANDA DE CALEFACCIÓN</b>		<b>DEMANDA DE REFRIGERACIÓN</b>	
			<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]		<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Fecha 03/03/2023

Fig.188. Captura de pantalla del informe de CE3X CON protecciones.

#### 4.7.2. INFORME SIN PROTECCIONES SOLARES.

### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

#### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	ESCUELA DE INGENIEROS AGRÓNOMOS DE CORDOBA		
Dirección	AV MENENDEZ PIDAL ETS AGRONOMOS Y M. CORDOBA, ESPAÑA		
Municipio	Córdoba	Código Postal	14004
Provincia	Córdoba	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	B4	Año construcción	1964
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	1822401UG4912S0001OD		

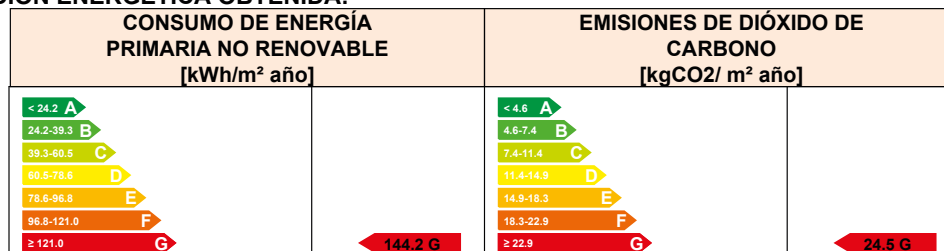
#### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

#### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Jaime Iza Fernandez	NIF(NIE)	71729071Y
Razón social	Jaime Iza Fernandez	NIF	-
Domicilio	s/n, Camí de Vera, Valencia		
Municipio	Valencia	Código Postal	46022
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	a2cam02b14@gmail.com	Teléfono	633333333
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 03/03/2023

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha

03/03/2023



Fig.189. Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	17503.85
---	----------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
BLO.INF.SUR. Muro_SUR	Fachada	258.1	2.38	Por defecto
BLO.INF.SUR. Muro_ESTE	Fachada	51.0	2.38	Por defecto
BLO.INF.SUR. Muro_OESTE	Fachada	51.0	2.38	Por defecto
BLO.INF.SUR. Muro_NORTE	Fachada	493.0	2.38	Por defecto
BLO.INF.SUR. Suelo	Suelo	1007.18	1.00	Por defecto
BLO.INF.SUR. Cubierta	Cubierta	852.2	2.17	Por defecto
BLO.PRIN. Muro1_SUR	Fachada	258.1	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro2_SUR	Fachada	126.3	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro1_ESTE	Fachada	286.92	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro2_ESTE	Fachada	125.8	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro1_OESTE	Fachada	475.4	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro2_OESTE	Fachada	125.8	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro1_NORTE	Fachada	207.46	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Muro2_NORTE	Fachada	126.3	2.38	Por defecto
BLO.PRIN. Suelo	Suelo	7644.28	1.00	Por defecto
BLO.PRIN. Cubierta	Cubierta	6869.38	2.17	Por defecto
TORR.CENT.P5. Muro_SUR	Fachada	63.46	2.38	Por defecto
TORR.CENT.P5. Muro_ESTE	Fachada	63.46	2.38	Por defecto
TORR.CENT.P5. Muro_OESTE	Fachada	63.46	2.38	Por defecto
TORR.CENT.P5. Muro_NORTE	Fachada	59.51	2.38	Por defecto
TORR.CENT.P5. Suelo	Suelo	776.03	1.00	Por defecto
TORR.CENT.P5. Cubierta	Cubierta	776.03	2.17	Por defecto

Fecha

03/03/2023

*Fig.190. Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.*



### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco B.I.S. M.S.	Hueco	234.9	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Lucernarios B.I.S.	Lucernario	154.98	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.1.S.	Hueco	234.9	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.2.S.	Hueco	117.45	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco1 B.P. M.1.E.	Hueco	134.4	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco2 B.P. M.1.E.	Hueco	20.88	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco3 B.P. M.1.E.	Hueco	29.4	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco4 B.P. M.1.E.	Hueco	35.0	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.2.E.	Hueco	117.45	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco1 B.P. M.1.O.	Hueco	21.6	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco2 B.P. M.1.O.	Hueco	9.6	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.2.O.	Hueco	117.45	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.1.N.	Hueco	311.04	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco B.P. M.2.N.	Hueco	117.45	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Lucernarios B.P.	Lucernario	774.9	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco T.C.P5. M.S.	Hueco	67.39	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco T.C.P5. M.E.	Hueco	67.39	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco T.C.P5. M.O.	Hueco	67.39	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco1 T.C.P5. M.N.	Hueco	50.54	5.70	0.72	Estimado	Estimado
Hueco2 T.C.P5. M.N.	Hueco	20.8	5.70	0.72	Estimado	Estimado

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción refrigeración y	Bomba de Calor		138.3	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción refrigeración y	Bomba de Calor		126.3	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	1260.0
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Equipo ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

Fecha

03/03/2023

Fig.191. Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.

### 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Perfil de uso
Edificio	17503.85	Intensidad Media - 12h

Fecha

03/03/2023

*Fig.192. Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.*

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

<b>Zona climática</b>	B4	<b>Uso</b>	Intensidad Media - 12h
-----------------------	----	------------	------------------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	<b>G</b>	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	<b>G</b>
	<b>10.02</b>		<b>0.55</b>	
	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	<b>F</b>	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-
	<b>13.97</b>		<b>0.00</b>	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico</i>	24.00	420018.52
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles</i>	0.55	9578.42

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	<b>G</b>	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	<b>G</b>
	<b>59.18</b>		<b>2.58</b>	
	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	<b>F</b>	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	-
	<b>82.48</b>		<b>0.00</b>	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Fecha 03/03/2023

Fig.193. Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.

## 5. COMPARATIVA DE RESULTADOS.

Ahora que ya se ha llevado a cabo el análisis y se han obtenido datos objetivos del comportamiento del edificio con y sin protecciones gracias al programa CE3X, se procede a realizar una comparativa entre estos resultados.

Para llevar a cabo la comparativa hay que consultar en el Anexo II: Calificación energética del edificio dentro de cada uno de los informes obtenidos.

En este anexo se encuentran 3 apartados que son los que se requieren. El primero se trata de la calificación energética del edificio en emisiones, el segundo es la calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable y por último la calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración.

La respuesta del edificio según su situación viene expresada en forma de gráfica cromática a modo de escala, el peor color es el rojo e incluye la letra G que significa que la calificación energética es la peor y el edificio provoca el máximo impacto ambiental, mientras que el color verde cuya letra correspondiente es la A supone la mejor calificación energética de todas, por lo que el edificio provoca el mínimo impacto ambiental posible.

### 5.1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	G	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	G
		10.34		0.55	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	F	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-		
13.58		0.00			
Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]					

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	23.92	418614.52
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	0.55	9578.42

Fig.194. Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 1.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	G	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	G
		10.02		0.55	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	F	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-		
13.97		0.00			
Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]					

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	24.00	420018.52
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	0.55	9578.42

Fig.195. Recorte del informe SIN protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 1.

**TABLA COMPARATIVA**

	CON PROTECCIONES	SIN PROTECCIONES	DIFERENCIA
<b>CALIFICACIÓN ENERGÉTICA</b>	24.5 (G)	24.5 (G)	
EMISIONES CO2 DE CALEFACCIÓN POR CONSUMO ELÉCTRICO (KgCO2/m2año)	10.34 (G)	10.02 (G)	0.32
EMISIONES CO2 DE ACS POR CONSUMO ELÉCTRICO (KgCO2/m2año)	0.55 (G)	0.55 (G)	0
EMISIONES CO2 DE REFRIGERACIÓN POR CONSUMO ELÉCTRICO (KgCO2/m2año)	13.58 (G)	13.97 (F)	-0.39
EMISIONES CO2 POR CONSUMO ELÉCTRICO (KgCO2/m2año)	23.92	24.00	-0.8
EMISIONES CO2 POR CONSUMO DE OTROS COMBUSTIBLES (KgCO2/m2año)	0.55	0.55	0
<b>TOTAL (KgCO2/año)</b> (Emisiones CO2/m2año x Sup. habitable)	428192.94	429596.94	-1404

Fig.196. Tabla comparativa de los datos obtenidos en el Anexo II, apartado 1.

Una vez analizada la calificación energética del edificio en emisiones el resultado es el siguiente, la calificación energética del edificio no varía en gran medida obteniendo una calificación de 24.5 KgCO2/m2año con la letra G tanto en el edificio con protecciones como en el edificio sin protecciones.

De hecho el edificio solo experimenta una mejora y es en el apartado de emisiones de CO2 de refrigeración por consumo eléctrico (KgCO2/m2año), donde el edificio sin protecciones obtiene una calificación (F) siendo las emisiones iguales a 13.97 KgCO2/m2año, mientras que con protecciones su calificación es (G) emitiendo 13.58 KgCO2/m2año.

Sin protecciones el edificio 1404 KgCO2/año más que con protecciones, por lo que su estado actual de proyecto ha permitido ahorrar desde que empieza a utilizarse en 1970 hasta el presente un total de 1404(KgCO2/m2año) x 53 (años) = 74412 KgCO2/año, esta cantidad aunque es favorable no llega a una tonelada ahorrada en 53 años. Para hacerse una idea, un hogar medio en España cuenta con un consumo de 12,5 TCO2/año, por lo que se puede apreciar el bajo nivel de ahorro. El EUA registró en Diciembre de 2022 que el precio del CO2 se establece en 90 euros/t, siendo 11 meses antes 34,25 euros/t.

**5.2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE.**

**2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE**

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	G	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	G
	61.04		2.58	
	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	F	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-	
80.15		0.00		
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]	143.8 G			

Fig.197. Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 2.

## 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	<b>144.2 G</b>	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	G	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> año]	G
		59.18		2.58	
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]		REFRIGERACIÓN	
		Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]	F	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> año]	-
		82.48		0.00	

Fig.198. Recorte del informe SIN protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 2.

### TABLA COMPARATIVA

CON PROTECCIONES SIN PROTECCIONES DIFERENCIA

	CON PROTECCIONES	SIN PROTECCIONES	DIFERENCIA
ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE CALEFACCIÓN (kWh/m2año)	61.04 (G)	59.18 (G)	1.86
ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE ACS (kWh/m2año)	2.58 (G)	2.58 (G)	0
ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE REFRIGERACIÓN (kWh/m2año)	80.15 (F)	82.48 (F)	-2.33
<b>TOTAL (kWh/m2año)</b>	<b>143.8 (G)</b>	<b>144.2 (G)</b>	<b>-0.4</b>

Fig.199. Tabla comparativa de los datos obtenidos en el Anexo II, apartado 2.

A partir de la calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable se observa que al hablar de la calefacción el consumo actual es de 61.04 kWh/m2año mientras que sin protecciones el edificio consume un total de 59.18 kWh/m2año. Ambos consumos son potencialmente altos, lo que ya deja ver el mal diseño de las protecciones solares, entre ambas situaciones existe un ahorro del 4% cuando el edificio se encuentra sin protecciones, esto probablemente se deba a que las protecciones obstruyen parte de la incidencia de la zona de captación solar, por lo que al no haber protecciones se permite la entrada de radiación solar favorable.

En el caso de la refrigeración actualmente se consumen 80,15 kWh/m2año mientras que si el edificio no contase con el diseño original de las protecciones este consumo aumentaría a la cifra de 82.48 kWh/m2año, aquí de nuevo las cifras de consumo son grandes mientras que el porcentaje de mejora es del 2%, mínimo, esto nos hace ver que si existe una cierta mejora con protecciones, pero mínima, por lo que existe un problema ya sea en el diseño o en la ubicación de dichas protecciones, o ambos escenarios pueden ser posibles.

Como ya se ha estudiado existen dos zonas de la bóveda celeste cuando hablamos de aportaciones térmicas, la zona de captación solar y la zona de protección solar

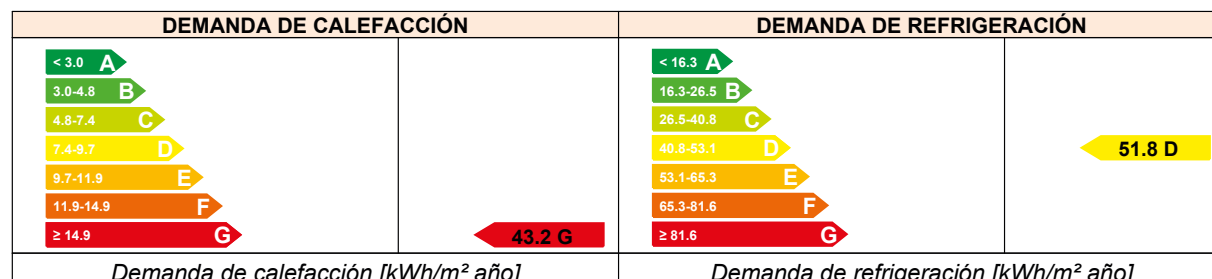
La zona de captación solar otorga carga térmica favorable, el edificio debe poder beneficiarse de esta luz por ejemplo en momentos del año de frío como puede ser la época de invierno, por lo que parece las protecciones solares de este edificio bloquean dicha zona no dejando entrar carga térmica favorable en el edificio.

La zona de protección solar sin embargo nos aporta carga térmica desfavorable, a través de los panoramas ya vimos que por ejemplo en la torre el muro orientado a oeste no cuenta con ningún tipo de protección, en este caso se bloquean las cargas térmicas favorables pero no se bloquean las desfavorables, o no del todo, por lo que el comportamiento del edificio no varía en gran medida.

### 5.3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN.

#### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

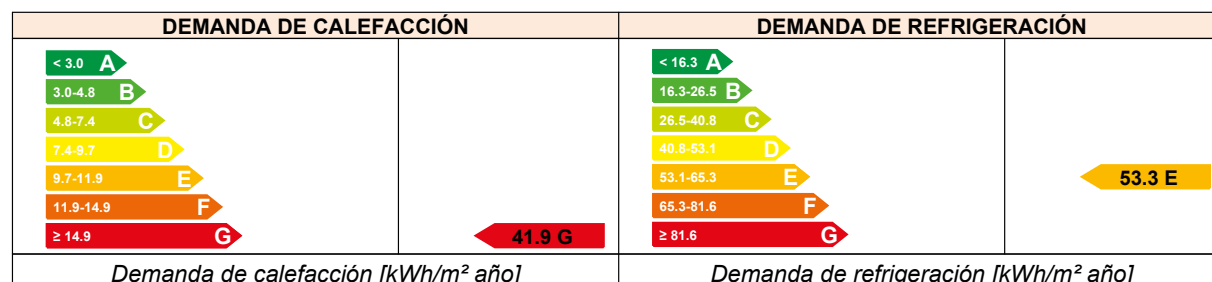


El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Fig.200. Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 3.

#### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.



El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Fig.201. Recorte del informe SIN protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 3.

#### TABLA COMPARATIVA

	CON PROTECCIONES	SIN PROTECCIONES	DIFERENCIA
DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m <sup>2</sup> año)	43.2 (G)	41.9 (G)	1.3
DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m <sup>2</sup> año)	51.8 (D)	53.3 (E)	-1.5
TOTAL (kWh/m <sup>2</sup> año)	95	95.2	-0.2

Fig.202. Tabla comparativa de los datos obtenidos en el Anexo II, apartado 3.

En este apartado se encuentran las condiciones internas de confort estipuladas por la normativa vigente en el CTE y en el RITE. El RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) establece oficialmente que condiciones se deben cumplir para que las instalaciones cumplan con los mínimos exigidos de demanda de bienestar térmico e higiene, consiguiendo un consumo y uso energético racional.

En el caso actual el edificio la demanda de calefacción tiene un valor de 43.2 mientras que sin protecciones demandará 41.9, es decir un poco menos, por lo que el diseño actual presenta una peor situación de demanda, aunque ambas son malas, teniendo una calificación (G).

Si se observa la demanda de refrigeración ocurre lo contrario, ya que la demanda sin protecciones aumenta un 3%, otra vez la situación es similar a la de los apartados anteriores, malos términos generales y poca variación entre la situación con protecciones y sin protecciones.

### 5.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Una vez se ha completado la definición material del edificio sobre el auditor energético CE3X, y se han cargado las panorámicas observables desde la fenestración de edificio, cabe obtener resultados al respecto de cuan eficientes son las protecciones solares con las que cuenta el edificio a efectos del control de la radiación incidente.

El procedimiento a aplicar está basado en la obtención de los valores correspondientes al apartado ‘CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE’, donde el consumo global de energía primaria no renovable puede ser descompuesto en sus cuatro factores, a saber: Calefacción, Agua Caliente Sanitaria, Refrigeración e Iluminación.

De estos cuatro factores, se debe prestar especial atención al consumo anual en Kwh/m2año en Calefacción y Refrigeración, pues son las variables sensible a la entrada de radiación solar por la fenestración del edificio.

La entrada de radiación solar por la fenestración del edificio se ha expresado mediante los patrones de sombras elaborados para analizar la obstrucción que producen las protecciones solares, de tal modo que para cada tipo de ventana con protección solar se ha calculado el patrón de sombras correspondiente a dos estadios. Un primer estado en el que la fenestración se analiza con su protección solar, y un segundo estado en el que se elimina la protección solar.

De este modo, los resultados obtenidos son los siguientes:

#### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i>	G	<i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i>	G
		61.04		2.58	
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		REFRIGERACIÓN	
143.8 G		<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i>	F	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i>	-
		80.15		0.00	

Fig.203. Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 2.

#### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i>	G	<i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i>	G
		59.18		2.58	
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		REFRIGERACIÓN	
144.2 G		<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i>	F	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i>	-
		82.48		0.00	

Fig.204. Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 2.



De los valores obtenidos pueden inferirse los siguientes resultados en relación al comportamiento de las protecciones solares.

La presencia o ausencia de las protecciones solares instaladas en el edificio tiene una repercusión muy débil en el consumo global de energía primaria no renovable siendo exclusivamente de 0,4 Kwh/m<sup>2</sup>año, que en valores porcentuales implica un incremento del 0,27%. Aun siendo un valor muy bajo, se puede por tanto considerar que la presencia de las protecciones solares resulta beneficiosa al desempeño energético del edificio.

Las diferencias en los indicadores parciales de consumo en calefacción y refrigeración pueden ser interpretados, en función de la presencia o ausencia de protecciones solares, en función de las imágenes observadas en las panorámicas. De este modo se elabora una discusión sobre la calefacción y otro sobre la refrigeración.

### **CALEFACCIÓN.**

Los valores obtenidos son los siguientes:

Para la calefacción con protección se obtiene una cifra de 61.04 Kwh/m<sup>2</sup>año y para la calefacción sin protección la cifra es de 59.18 Kwh/m<sup>2</sup>año.

En las panorámicas puede apreciarse que la protección solar oculta gran parte de la franja de cielo desde donde la radiación incidente produce ganancias (en verde, captación) esto lleva a que el calor que pudiera aprovecharse por inmisión de la radiación solar no pueda ser aprovechado, ya que queda bloqueado por la propia protección solar.

Al repetir el cálculo sin la protección solar, se produce una leve mejora, ya que la porción observable de cielo aumenta, aunque dicho aumento solamente repercute en una ganancia de valor muy bajo (1,86 Kwh/m<sup>2</sup>año). En este caso se puede concluir que el desempeño de la Protección solar en lo referido a la calefacción resulta negativo, pues su ausencia mejora el rendimiento energético del edificio.

### **REFRIGERACIÓN.**

Los valores obtenidos son los siguientes:

Para la refrigeración con protección se obtiene una cifra de 80,15 Kwh/m<sup>2</sup>año y para la refrigeración sin protección la cifra es de 82,48 Kwh/m<sup>2</sup>año.

En las panorámicas puede apreciarse que la protección solar muestra una parte de la franja de cielo desde donde la radiación incidente debe ser bloqueada (en rojo, protección) esto lleva a que sea necesario utilizar energía para extraer del edificio el calor que, por inmisión de la radiación solar ha entrado en el mismo. Si bien es cierto que la presencia de la protección solar mitiga en parte esta inmisión, al repetir el cálculo sin la protección solar, se produce un leve empeoramiento, ya que la porción roja observable de cielo aumenta, aunque dicha disminución solamente repercute en una pérdida de valor muy bajo (-2,33 Kwh/m<sup>2</sup>año).

En este caso se puede concluir que el desempeño de la protección solar en lo referido a la refrigeración resulta positivo, pues su presencia mejora el rendimiento energético del edificio.

Los motivos por los cuales la repercusión de las protecciones solares en el desempeño energético del edificio resultan tan bajas se deben a diversos factores, y serán debidamente tratadas en las conclusiones del presente documento.

## 6. CONCLUSIONES.

- En el desarrollo del presente Trabajo de Fin de Grado, se han comprendido y utilizado adecuadamente los programas informáticos de modelado 3D, con el fin de obtener unas geometrías representativas de las arquitecturas analizadas, que a su vez, han permitido el estudio de la incidencia solar sobre el edificio estudiado.

- Los resultados así obtenidos, han permitido recopilar, analizar y escoger correctamente la información producida por aplicación de las herramientas gráficas utilizadas, de modo que han permitido su utilización en otros entornos diferentes del entorno gráfico, como puedan ser los programas de auditoría energética, y su uso en el diseño de arquitecturas eficientes desde un punto de vista energético.

- En la línea del uso de software específico para la representación de la arquitectura, Se ha utilizado la tecnología BIM Revit, poniendo de manifiesto que, aunque puedan existir condicionantes de partida que hacen pensar en una cierta rigidez en su uso, la Tecnología BIM permite representaciones de la arquitectura de una alta calidad y flexibilidad, si son debidamente tratadas y entendidas.

- En relación al edificio estudiado, la Escuela de Ingenieros Agrónomos de Córdoba, Obra construida del Arquitecto Fernando Moreno Barberá entre 1964 y 1970, cabe destacar que los resultados obtenidos tras el análisis de sus protecciones solares resultan cuando menos sorprendentes. Tras el análisis de las mismas, y mediante la obtención de datos comprobables y constatables, se concluye que la mejora en el desempeño energético del edificio debida a las protecciones es exclusivamente de un 0.27% respecto de la hipotética situación de que el edificio no tuviese protecciones. Este hecho puede justificarse en atención al catálogo de protecciones solares utilizadas:

A: Alguna de las protecciones solares empleadas resultan de la aplicación de un ‘Catálogo de soluciones’ recurrentes en la obra de Fernando Moreno Barberá. Si bien estas protecciones son funcionales en si mismas, en algunas ocasiones, su uso indiscriminado puede no resultar óptimo, tal como ha sucedido en el caso analizado. Podemos poner cómo ejemplo las protecciones solares utilizadas en el bloque SUR:



*Fig.205. Facultad de Derecho. Fachada Este. Valencia.*



*Fig.206. Render de la Escuela de Ingenieros Agrónomos. Fachada Sur. Córdoba.*

Como puede apreciarse en la comparativa de imágenes, se trata en esencia de la misma protección solar. La diferencia es que mientras que en el caso de Valencia la orientación de la fachada en la que se aplica es Este, en el caso de Córdoba la protección se dispone a Sur.

En este caso, el cambio de orientación hace que en cada caso su funcionamiento sea diferente, ya que en el caso de Valencia lo que se pretende es generar un filtro para que la luz que entre al aula sea difusa, en el caso de Córdoba, su orientación a sur le da sentido desde la propia necesidad de pro-

tección. Tratándose de la misma geometría, con dos orientaciones distintas, queda claro que mientras en el caso de Valencia resulta una protección funcional. En el caso de Córdoba resulta excesivamente opaca a la radiación solar, por lo que se renuncia de un modo implícito a las ganancias de calor por radiación que puedan producirse.

B: En sus obras de madurez, el sistema formado por la protección solar mas la estructura portante que lo vincula a la fachada va derivando desde la resolución de un problema meramente funcional, hacia la consecución de un fin más vinculado a cuestiones formales y compositivas. En este contexto, se aprecia en ocasiones un mayor protagonismo de la estructura portante que de la propia protección, lo cual tiene repercusiones funcionales en el desempeño de la propia protección solar.

C: La propia estructura portante acaba actuando como protección solar, haciendo que la protección solar resulte en ocasiones innecesaria o inoperante. Este hecho se constata al comparar el desempeño energético del edificio en sus estadios sin protección y con protección.

D: En definitiva; en el presente caso de estudio la estructura portante de la protección solar; ya sean sistemas de pilares adosados a fachada o voladizos en la torre circular provocan una obstrucción de tal magnitud que hacen que la protección solar no sea funcional.

- Cabe constatar también que en algunas de las obras posteriores de F. Moreno Barberá se introducen posteriormente nuevas tipologías de protecciones solares que en estos casos si resultan funcionales, pudiendo considerar en caso de estudio analizado un punto de inflexión en la obra del autor en lo referido al uso de protecciones solares.

## 7. ANEXO ODS.

Teniendo en cuenta Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se puede decir que dentro del estudio de este trabajo es posible encontrar los siguientes:

**3.** Salud y bienestar. Es decir garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y para todas las edades.

**7.** Asegurar el acceso a energías asequibles, confiables, sustentables y modernas para todos.

**11.** Acción por el clima. Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

**12.** Producción y consumo responsable.

**13.** Acción por el clima.



*Fig.207. Logos de los objetivos 3, 7, 11, 12 y 13 del ODS.*

Aunque se haya analizado y observado un mal comportamiento del edificio, a lo largo de este trabajo y a lo largo de la teoría arquitectónica desarrollada por Fernando Moreno Barbera estos cuatro puntos son bastante visibles desde mi punto de vista.

A la hora de diseñar y ver la arquitectura de Fernando Moreno Barbera creo que el punto 7 y el punto 11 tienen mucha importancia, relevancia y conexión, ya que toda el diseño en su obra está enfocado a aprovechar la energía del sol, a utilizar fuentes renovables, este uso de energía solar permite a su vez crear asentamientos más sostenibles, habría una seguridad en cuanto al abastecimiento, algo muy preocupante estos días, eso a su vez permitirá que la comunidad y su asentamiento pueda plantar cara de una forma mucho más efectiva a las adversidades, siendo más resiliente y proporcionando una vida sino más saludable, al menos con mayor nivel de bienestar.

Esto provoca un efecto dominó hacia el punto 13 ya que su arquitectura se caracteriza por ese diseño sostenible, autosuficiente y respetuoso con el entorno, consigue en gran parte de sus edificios un control térmico bastante favorable y a través de medios económicos y materiales autóctonos.

Cuando el diseño funciona la cantidad de CO<sub>2</sub> que se deja de emitir a la atmósfera es bastante considerable y eso es muy importante para la atmósfera, el clima y la manera de afrontar un posible crisis climática o calentamiento, si en un futuro toda arquitectura funcionase así, se podría pensar en una reducción importante del maltrato medioambiental por parte de los humanos.

Si esto fuera posible, se podría garantizar el punto 3 ya que un ecosistema y clima sano, garantiza salud y bienestar, la vida de los habitantes podría ser bastante más saludable a todos los niveles.

Una arquitectura que aprovecha la energía renovable del sol, podría garantizar un nivel económico mucho más sostenible para los habitantes, pudiendo estos enfocar sus recursos económicos en otros aspectos importantes del bienestar.

En cuanto al punto 12, todas las acciones anteriormente comentadas implican una producción y consumo sostenible, un aspecto muy significativo en la obra de Fernando Moreno Barbera ya que su arquitectura utiliza siempre materiales autóctonos, accesibles y económicos, esto junto una gestión sostenible, un uso eficiente del Sol y del aire reducen costes económicos, ambientales y sociales.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

### 8.1. LIBROS, TESIS , ARTÍCULOS Y REVISTAS.

- Blat, J. (2006). Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.
- Casa, F. (2000). Adecuación bioclimática en la subregión de Madrid para el diseño de los edificios y sus elementos constructivos. [Tesis doctoral] Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Madrid. Disponible en <http://oa.upm.es/563/>
- Asensi Izquierdo, Marta (2017) Estrategias gráficas de diseño de protecciones solares para la evaluación del comportamiento energético en edificios existentes. Escuela Técnica Superior de Arquitectura UPV.
- Bravo Bravo, Juan. (2015). Fernando Moreno Barberá: Enseñanzas prácticas / Practical Lessons.
- Dominguez Rodrigo, J. y Murad, M. (Ed.). (2018). La arquitectura de Fernando Moreno Barberá. Universalidad técnica. Valencia: General de Ediciones de Arquitectura.
- Montañés Navarro, J. (2015) Eficiencia de Los Sistemas de Protección Solar En La Arquitectura de Fernando Moreno Barbera En El Campus de Blasco Ibañez. Estudio de Casos Concretos.
- Requena Ruiz, I. (2009) Le Corbusier y El Brise-Soleil.
- Vasileva Ivanova, Aneta (2015) Fernando Moreno Barberá: un arquitecto para la universidad, 1st ed, Publicacions Universitat de València: Spain.
- Patuel Chust, P 2020, Arquitectura y urbanismo valenciano en el franquismo (1939-1975), Publicaciones de la Universitat de Valencia.
- Siegfried, V., Domínguez, J. y Magro, R. (2011). Sobre la posición del Sol en la bóveda celeste y la dirección de sus rayos. AXA. Una revista de Arte y Arquitectura, 3. Disponible en <https://revistas.uax.es/index.php/axa/article/view/1064>
- Muñoz, D.S. (2018) 'Los edificios universitarios de Fernando Moreno Barberá en el campus de Blasco Ibañez de Valencia: nuevas aportaciones a su cronología y construcción', Boletín de Arte, (39), 217-231. Disponible en: <https://doi.org/10.24310/BoLArte.2018.v0i39.4866>
- Frampton, K. (2007). Historia crítica de la arquitectura moderna. Barcelona: Gustavo Gili.
- Higón, J. L. (2004). Contribuciones al estudio del asoleo geométrico. Procedimientos para el cálculo del factor de obstrucción solar. Aplicaciones. [Tesis doctoral] Universitat Politècnica de València. Valencia. Disponible en <http://hdl.handle.net/10251/2343>
- Alonso, E. Geometría Solar. Apuntes de Arquitectura bioclimática.
- Higón, J.L. Apuntes de Cálculo y diseño de protecciones solares.
- Sección, H.E.4: Contribución solar mínima de agua sanitaria. Código Técnico de la Edificación. BOE de 28/03/2006. Programes i informacions tècniques.
- Sección, H.E.5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. Código Técnico de la Edificación. BOE de 28/03/2006. Programes i informacions tècniques.
- Sección, H.E.4: Contribución solar mínima de agua sanitaria. Código Técnico de la Edificación. BOE de 28/03/2006. Programes i informacions tècniques.

## 8.2. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.

<http://dbe.rah.es/biografias/48912/fernando-moreno-barbera>

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-58982012000200007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982012000200007)

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-dedesarrollo-sostenible/>

<http://www.arquitectosdevalencia.es/legado-fernando-morenobarbera>

<https://www.holaluz.com/blog/como-afecta-la-guerra-de-rusia-y-ucrania-al-precio-de-la-luz/>

<https://ocw.ehu.eus/mod/book/view.php?id=41756&chapterid=170>

<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n9/amvaz.html>

<https://www.tccuadernos.com/blog/fernando-moreno-barberaarquitecto-obra/>

<https://www.eleconomista.es/seleccion-ee/noticias/5657571/03/14/Cada-hogar-emite125-toneladas-de-CO2-al-ano-en-Espana.html>

<https://www.coam.org/media/Default%20Files/fundacion/biblioteca/donativo%20instituciones%20editoriales/2019/arquitectura-del-movimiento-moderno-espana.pdf>

<https://media.upv.es/player/?id=fd08530-a71d-11ea-acc7be568d3f28d>

<https://arquitecturamoderna.es/es>

[https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es)

<https://tarifasgasluz.com/comparador/precio-kwh>

<https://arquitecturaviva.com/libros/fernando-moreno-barbera-2>

<https://media.upv.es/player/?id=861e43d0-9f4d-11ea-8b3a01ec044b8736>

[https://app.maeswell.com/wp-content/uploads/2018/08/CTE\\_HE4.pdf](https://app.maeswell.com/wp-content/uploads/2018/08/CTE_HE4.pdf)

<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14.166/5138>

[https://www.europeana.eu/es/item/2022709/oai\\_fototeca\\_mcu\\_es\\_fototeca\\_PANDO\\_PAN\\_B\\_018804](https://www.europeana.eu/es/item/2022709/oai_fototeca_mcu_es_fototeca_PANDO_PAN_B_018804)

<https://www.youtube.com/watch?v=svSNxH0mQ04>

[https://www.youtube.com/watch?v=QaRiV9D\\_WIA](https://www.youtube.com/watch?v=QaRiV9D_WIA)

### 8.3. ÍNDICE DE FIGURAS.

- Fig. 1.** Imagen retrato de Fernando Moreno Barberá.
- Fig.2.** Fachada de la Facultad de Derecho de Valencia.
- Fig.3.** Fachada de la Escuela de Ingenieros Agrónomos, Córdoba.
- Fig.4.** Vista general de la maqueta. Imagen: © Archivo Personal del Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia (AP-CTAV).
- Fig.5.** Plano de sección longitudinal. Imagen: © Archivo Personal del Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia (AP-CTAV).
- Fig.6.** Interior de las aulas, estado de abandono.
- Fig.7.** Pasillo exterior en patio longitudinal, estado de abandono.
- Fig.8.** Red de paralelos.
- Fig.9.** Red de meridianos.
- Fig.10.** Coordenadas geográficas.
- Fig.11.** Bóveda celeste sobre un punto P de observación sobre la Tierra.
- Fig.12.** Detalle de la bóveda celeste.
- Fig.13.** Coordenadas astronómicas: azimut( $\alpha$ ) y altura sobre el horizonte( $h$ ).
- Fig.14.** Movimiento de traslación del sistema Sol-Tierra.
- Fig.15.** Dirección de incidencia de los rayos solares en los equinoccios y solsticios.
- Fig.16.** Duración del día en la bóveda celeste en función de la latitud del punto de observación.
- Fig.17.** Trayectorias solares sobre la bóveda celeste en un punto de la zona templada.
- Fig.18.** Esquema de la Tierra y las trayectorias solares atendiendo a las simplificaciones.
- Fig.19.** Elaboración de carta solar de Fischer para Córdoba, latitud  $f=37^\circ$ .
- Fig.20.** Cálculo del vector solar para las 09:00 horas del día 22 de Octubre, latitud  $f=37^\circ$ .
- Fig.21.** Elaboración de carta solar estereográfica para Córdoba, latitud  $f=37^\circ$ .
- Fig.22.** Cálculo del vector solar para las 09:00 horas del día 22 de octubre, latitud  $f=37^\circ$ , azimut  $\alpha=131^\circ$  y altura sobre el horizonte  $h=24^\circ$ .
- Fig.23.** Elaboración de carta solar cilíndrica para una latitud  $f=37^\circ$ .
- Fig.24.** Elaboración de carta solar cilíndrica con distribución lineal de las alturas, para una latitud  $f=37^\circ$ .
- Fig.25.** Superposición de imágenes y diagrama estereografico de obstrucciones solares del punto a, objeto de estudio, para una latitud  $f=37^\circ$ .
- Fig.26.** Definición, representación en proyeccion estereográfica y superposicion sobre la carta estereográfica del plano límite 1.
- Fig.27.** Definición, representación en proyeccion estereográfica y superposicion sobre la carta estereográfica del plano límite 2.
- Fig.28.** Definición, representación en proyeccion estereográfica y superposicion sobre la carta estereográfica del plano límite 3.
- Fig.29.** Definición geométrica del objeto de estudio.
- Fig.30.** Delimitación de los periodos de insolación.
- Fig.31.** Carta bioclimática de Givoni.
- Fig.32.** Isopleta de  $20^\circ$  sobre la carta estereográfica para latitud  $f=37^\circ$ .
- Fig.33.** Carta Solar cilíndrica válida para localidades de la Península Ibérica y Baleares, figura 3.4 CTE HE5 (reinterpretada) (p.HE5-10).
- Fig.34.** Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Norte.
- Fig.35.** Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Este.
- Fig.36.** Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Sureste.
- Fig.37.** Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Sur.



**Fig.38.** Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Suroeste.

**Fig.39.** Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Oeste.

**Fig.40.** Máscara de sombras para una ventana sin protección.

**Fig.41.** Máscara de sombras para una ventana con protección.

**Fig.42.** Protección solar ideal en función de la orientación.

**Fig.43.** Planta y sección general, planimetría general.

**Fig.44.** Alzado y planta detalle de la torre, planimetría original.

**Fig.45.** Vista del edificio en construcción.

**Fig.46.** Sección orientativa / Mosca.

**Fig.47.** P. -1. Planta bloque Sur. 1 de Enero 17:00 h.

**Fig.48.** P. 0. Planta bloque general y torre. 1 de Enero 17:00 h.

**Fig.49.** P. 3. Planta torre. 1 de Enero 17:00 h.

**Fig.50.** P. C. Planta de cubiertas. 1 de Enero 17:00 h.

**Fig.51.** Planta orientativa / Mosca.

**Fig.52.** A.N. Alzado Norte. 1 de Junio 10:00 h.

**Fig.53.** A.S. Alzado Sur. 1 de Junio 17:00 h.

**Fig.54.** A.O. Alzado Oeste. 1 de Junio 19:00 h.

**Fig.55.** A.E. Alzado Este. 1 de Junio 13:00 h.

**Fig.56.** SL.1. Sección longitudinal 1. 1 de Junio 16:00 h.

**Fig.57.** SL.2. Sección longitudinal 2. 1 de Junio 16:00 h.

**Fig.58.** SL.3. Sección longitudinal 3. 1 de Junio 16:00 h.

**Fig.59.** ST.1. Sección transversal 1. 1 de Junio 18:30 h.

**Fig.60.** ST.2. Sección transversal 2. 1 de Junio 18:30 h.

**Fig.61.** ST.3. Sección transversal 3. 1 de Junio 18:30 h.

**Fig.62.** Sección axonométrica 1.

**Fig.63.** Sección axonométrica 2.

**Fig.64.** Sección axonométrica 3.

**Fig.65.** Sección axonométrica 4.

**Fig.66.** Sección axonométrica 5.

**Fig.67.** Sección axonométrica 6.

**Fig.68.** Sección axonométrica 7.

**Fig.69.** Sección axonométrica 8.

**Fig.70.** Sección axonométrica 9.

**Fig.71.** Elaboración propia de vista renderizada de la fachada Este.

**Fig.72.** Elaboración propia de vista renderizada de la fachada Oeste.

**Fig.73.** Elaboración propia de vista renderizada del patio central.

**Fig.74.** Elaboración propia de vista renderizada del patio Sur longitudinal.

**Fig.75.** Elaboración propia de vista renderizada detalle de las protecciones a Sur de la torre central.

**Fig.76.** Elaboración propia de vista renderizada del interior de un aula que da al patio Sur longitudinal.

**Fig.77.** Archivo 3DsMax de la bóveda celeste para Córdoba, latitud  $f=37^\circ$ .

**Fig.78.** Archivo 3DsMax, modelo y bóveda en el mismo archivo, vista a 10 cm de altura del marco exterior, para análisis de la ventana del bloque inferior Sur.

**Fig.79.** A.S. Alzado Sur orientativo / Mosca. Bloque Sur inferior en primer plano.

**Fig.80.** Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. CON protección solar.

**Fig.81.** Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. SIN protección solar.

**Fig.82.** ST.1. Sección transversal 1. Bloque Sur superior en primer plano.

**Fig.83.** Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. CON pro-

*tección solar.*

**Fig.84.** *Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. SIN protección solar.*

**Fig.85.** *ST.1. Sección transversal 1. Torre en segundo plano.*

**Fig.86.** *Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. CON protección solar.*

**Fig.87.** *Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. SIN protección solar.*

**Fig.88.** *ST.1. Sección transversal 1. Torre en segundo plano.*

**Fig.89.** *Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. CON protección solar.*

**Fig.90.** *Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. SIN protección solar.*

**Fig.91.** *ST.1. Sección transversal 1. Torre en segundo plano.*

**Fig.92.** *Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. CON protección solar.*

**Fig.93.** *Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. SIN protección solar.*

**Fig.94.** *A.N. Alzado Norte. Torre en segundo plano.*

**Fig.95.** *Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. CON protección solar.*

**Fig.96.** *Elaboración propia. Panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. SIN protección solar.*

**Fig.97.** *Trazado de marco sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. CON protección solar.*

**Fig.98.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. CON protección solar.*

**Fig.99.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. SIN protección solar.*

**Fig.100.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. CON protección solar.*

**Fig.101.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. SIN protección solar.*

**Fig.102.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. CON protección solar.*

**Fig.103.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. SIN protección solar.*

**Fig.104.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. CON protección solar.*

**Fig.105.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. SIN protección solar.*

**Fig.106.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. CON protección solar.*

**Fig.107.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. SIN protección solar.*

**Fig.108.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. CON protección solar.*

**Fig.109.** *Trazado de mapa de puntos sobre panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. SIN protección solar.*

**Fig.110.** *Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. CON protección solar.*

**Fig.111.** *Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur inferior. SIN pro-*

*tección solar.*

**Fig.112.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. CON protección solar.

**Fig.113.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana bloque Sur superior. SIN protección solar.

**Fig.114.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. CON protección solar.

**Fig.115.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Sur torre planta 5. SIN protección solar.

**Fig.116.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. CON protección solar.

**Fig.117.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Este torre planta 5. SIN protección solar.

**Fig.118.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. CON protección solar.

**Fig.119.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Oeste torre planta 5. SIN protección solar.

**Fig.120.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. CON protección solar.

**Fig.121.** Patrón de sombras de panorámica orientación SUR. Ventana Norte torre planta 5. SIN protección solar.

**Fig.122.** Captura de pantalla del programa CE3X. Datos administrativos.

**Fig.123.** Captura de pantalla del programa CE3X. Datos generales.

**Fig.124.** Esquema división en zonas del edificio.

**Fig.125.** Captura de pantalla del programa CE3X. Ramificación del edificio objeto.

**Fig.126.** Captura de pantalla del programa CE3X. Características principales de las zonas y punto de origen de su ramificación.

**Fig.127.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Sur CON protección.

**Fig.128.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Hueco del muro Sur CON protección.

**Fig.129.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Sur SIN protección.

**Fig.130.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Hueco del muro Sur SIN protección.

**Fig.131.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Este CON y SIN protección.

**Fig.132.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Oeste CON y SIN protección.

**Fig.133.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Muro Norte CON y SIN protección.

**Fig.134.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Sur CON protección.

**Fig.135.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 1 Sur CON protección.

**Fig.136.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Sur SIN protección.

**Fig.137.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 1 Sur SIN protección.

**Fig.138.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 2 Sur CON y SIN protección.

**Fig.139.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 2 Sur CON y SIN protección.

**Fig.140.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Este CON y SIN protección.

**Fig.141.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 1 del muro 1 Este CON y

*SIN protección.*

*Fig.142. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 2 del muro 1 Este CON y SIN protección.*

*Fig.143. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 3 del muro 1 Este CON y SIN protección.*

*Fig.144. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 4 del muro 1 Este CON y SIN protección.*

*Fig.145. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 2 Este CON y SIN protección.*

*Fig.146. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 2 Este CON y SIN protección.*

*Fig.147. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Oeste CON y SIN protección.*

*Fig.148. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 1 del muro 1 Oeste CON y SIN protección.*

*Fig.149. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco 2 del muro 1 Oeste CON y SIN protección.*

*Fig.150. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 2 Oeste CON y SIN protección.*

*Fig.151. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 2 Oeste CON y SIN protección.*

*Fig.152. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 1 Norte CON y SIN protección.*

*Fig.153. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 1 Norte CON y SIN protección.*

*Fig.154. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Muro 2 Norte CON y SIN protección.*

*Fig.155. Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Hueco del muro 2 Norte CON y SIN protección.*

*Fig.156. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Sur CON protección.*

*Fig.157. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Sur CON protección.*

*Fig.158. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Sur SIN protección.*

*Fig.159. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Sur SIN protección.*

*Fig.160. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Este CON protección.*

*Fig.161. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Este CON protección.*

*Fig.162. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Este SIN protección.*

*Fig.163. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Este SIN protección.*

*Fig.164. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Oeste CON protección.*

*Fig.165. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Oeste CON protección.*

*Fig.166. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Oeste SIN protección.*

*Fig.167. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco del muro Oeste SIN protección.*

*Fig.168. Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Norte CON protección.*

**Fig.169.** Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco 1 del muro Norte CON protección.

**Fig.170.** Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco 2 del muro Norte CON protección.

**Fig.171.** Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Muro Norte SIN protección.

**Fig.172.** Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco 1 del muro Norte SIN protección.

**Fig.173.** Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central planta 5. Hueco 1 del muro Norte SIN protección.

**Fig.174.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Suelo.

**Fig.175.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Suelo.

**Fig.176.** Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central. Suelo.

**Fig.177.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Cubierta.

**Fig.178.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque inferior Sur. Cubierta. Lucernarios orientación Norte.

**Fig.179.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Cubierta.

**Fig.180.** Captura de pantalla del programa CE3X. Bloque principal. Cubierta. Lucernarios orientación Norte.

**Fig.181.** Captura de pantalla del programa CE3X. Torre central. Cubierta.

**Fig.182.** Captura de pantalla del programa CE3X. Edificio objeto. Instalaciones. Equipo ACS.

**Fig.183.** Captura de pantalla del programa CE3X. Edificio objeto. Instalaciones. Calefacción y refrigeración.

**Fig.184.** Captura de pantalla del informe de CE3X CON protecciones.

**Fig.185.** Captura de pantalla del informe de CE3X CON protecciones.

**Fig.186.** Captura de pantalla del informe de CE3X CON protecciones.

**Fig.187.** Captura de pantalla del informe de CE3X CON protecciones.

**Fig.188.** Captura de pantalla del informe de CE3X CON protecciones.

**Fig.189.** Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.

**Fig.190.** Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.x

**Fig.191.** Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.

**Fig.192.** Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.

**Fig.193.** Captura de pantalla del informe de CE3X SIN protecciones.

**Fig.194.** Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 1.

**Fig.195.** Recorte del informe SIN protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 1.

**Fig.196.** Tabla comparativa de los datos obtenidos en el Anexo II, apartado 1.

**Fig.197.** Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 2.

**Fig.198.** Recorte del informe SIN protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 2.

**Fig.199.** Tabla comparativa de los datos obtenidos en el Anexo II, apartado 2.

**Fig.200.** Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 3.

**Fig.201.** Recorte del informe SIN protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 3.

**Fig.202.** Tabla comparativa de los datos obtenidos en el Anexo II, apartado 3.

**Fig.203.** Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 2.

**Fig.204.** Recorte del informe CON protecciones de CE3X. Anexo II, apartado 2.

**Fig.205.** Facultad de Derecho. Fachada Este. Valencia.

**Fig.206.** Render de la Escuela de Ingenieros Agrónomos. Fachada Sur. Córdoba.

**Fig.207.** Logos de los objetivos 3, 7, 11, 12 y 13 del ODS.