

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

**MODELO DE VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN
BIOCLIMÁTICA COMO POTENCIADOR DE DISEÑO EN
EL DESARROLLO HABITACIONAL “LA ENRAMADA”,
CON EL OBJETO DE OPTIMIZAR SU HABITABILIDAD Y
SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA**

M. en Arq. Alonso Aguirre Le Vinson

Tesis para optar por el grado de Doctor en Diseño
Línea de Investigación en Visualización de la Información

Miembros del Jurado:

Dr. Jorge Manuel Alejandro Sánchez de Antuñano Barranco

Director de Tesis

Dr. José Roberto García Chávez

Co-Director de Tesis

Dra. Marcela Burgos Vargas

Dr. Luis Fernando Guerrero Baca

Dr. Iván Garmendia Ramírez

Ciudad de México

Junio de 2017



Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo en primer lugar a la memoria de mi padre, quien me inculcó con su gran sabiduría, a nunca dejar de estudiar y prepararme. Su ejemplo de vida me ha servido de profunda inspiración para que, a través del trabajo, lograr mi continuo progreso.

Agradecimientos

Quiero agradecer el apoyo incondicional de mi amada Covy quien a pesar de tiempos difíciles, me alentó con sus consejos y cariño a mantenerme firme en mi investigación.

Un personal y cariñoso agradecimiento para mi querida Madre quien nunca dejo de animarme para lograr tan anhelado objetivo.

A mis hermanas, a mis cuñados, sobrinos, a mi suegra Covadonga y toda mi familia en general por su cariño incondicional y su energía reanimadora en tiempos tan complejos.

A mí querido compañero y hermano de vida, el Arq. Alberto Chávez Sanchez por creer en mí, apoyarme incondicionalmente y a mantenerme siempre optimista a pesar de cualquier adversidad.

Es importante destacar el apoyo incondicional que para la elaboración de esta tesis interactiva me dieron los Mtros. Jorge Pérez-Grovas González-Cos y Luis Meza Zárate, sin el cual no hubiera podido desarrollar dicho formato.

Agradezco también de manera especial la orientación siempre puntual de los aspectos bioclimáticos, columna vertebral de esta tesis, al Dr. José Roberto García Chávez, así como a los miembros del jurado por su invaluable recomendaciones.

Profundo reconocimiento y agradecimiento especial merece la dirección y agudo conocimiento científico que el **Dr. Jorge Sánchez de Antuñano** me brindó y transmitió en este tan apasionante trayecto a través del mundo de la investigación y la visualización. Sus consejos me fueron dando una perspectiva cada vez más clara y profunda de los temas multidisciplinarios que están íntimamente relacionados con mi trabajo de tesis.

Quiero agradecer principalmente a mi **Alma Mater**, la UAM Azcapotzalco, mis sinodales, maestros y en particular a mis compañeros Antonio Toca y Fernando Gutiérrez por compartir sus ideas y hacer que de ellas se materializara mucho de mi investigación.



Epigrafe

“Nunca consideres al estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”.

Albert Einstein

Resumen

“Diseño de un **Modelo de Visualización** de información bioclimática, como potenciador de diseño en el desarrollo habitacional “La Enramada”, para optimizar su sustentabilidad energética y su habitabilidad”.

El tema del medio ambiente ha cobrado gran importancia, originado por el gran deterioro que el planeta ha sufrido en las últimas décadas, derivado del uso indiscriminado de combustibles fósiles. Esto ha ocasionado un desentendimiento de los aspectos de sustentabilidad en el desarrollo de proyectos arquitectónicos, además de haber perdido el objetivo fundamental de su **habitabilidad**.

El **modelo** se fundamentó en la visualización y análisis bioclimático del sitio en donde se desarrolló el proyecto. Al conocer al detalle el desempeño de las diferentes variables climáticas y biológicas del sitio donde se llevó a cabo el proyecto, dando como resultado potenciadores de diseño que permitieron innovar la manera de seleccionar las características físicas de proporción, dimensión, orientación, así como de sus acabados, para que de forma natural, dieran como resultado la maximización de su habitabilidad sin la dependencia de medios artificiales, y así lograr su sustentabilidad energética y un mejoramiento sustancial de la calidad de vida de sus habitantes.

El **Modelo de Visualización**, debió estructurarse apoyado en sistemas de procesamiento y análisis bioclimático, con el objeto de identificar gráficamente el desempeño de las diferentes variables físico-climáticas del **caso de estudio**: Conjunto Residencial “La Enramada”, ubicado en Lomas Country Club, Huixquilucan, Estado de México.

Esto dio como resultado, la identificación de potenciadores de diseño que permitieron desarrollar un proyecto sustentable, (orientación, ventilación, iluminación, controles de temperatura y humedad).

Y en el caso de proyectos existentes, las acciones correctivas a partir de las cuales se mejoró el uso de la energía, volviéndolos más sustentables y mejorando también su habitabilidad en beneficio del usuario.

En conclusión este **Modelo de Visualización** permitió conocer las condiciones bioclimáticas reales de cualquier sitio seleccionado, para determinar que variables debieron considerarse antes de iniciar la construcción de un proyecto, con el apoyo de la simulación digital de sistemas de procesamiento y visualización de la información bioclimática como potenciadores de diseño. Y en el caso de proyectos existentes, las acciones correctivas para conseguir objetivos similares que permitieron lograr su sustentabilidad energética, incrementar la calidad de vida de sus usuarios y la habitabilidad del proyecto.



Figura 1. Conjunto Residencial “La Enramada”, ubicado en Lomas Country Club, Huixquilucan, Estado de México.

Abstract

A **Visual Bioclimatic Information Model** as an enhancer, in the design process, of vertical residential developments to optimize energy sustainability and its livability. The importance of the planet's environment quality is increasing every day, in a natural reaction to the large decline that it has undergone in the last few decades, derived from pollution and the indiscriminate use of fossil based fuels.

Today, there is an architectural ignorance and misunderstanding of sustainability aspects, particularly in vertical housing projects, in addition to having lost the main objective of its **Habitability**.

This **Model** was based on the visualization of bioclimatic analysis of the site, where a vertical housing project was developed with the help of digital simulators. This allowed to know in detail, the performance of the different climatic and biological variables on the site, where the project was constructed.

The use of these design enhancers, enabled to innovate in the way of selecting the features and physical characteristics of any project, such as: proportion, dimensions, orientation, as well as interior and exterior finishes, so it could naturally, maximize their livability, without the dependence on artificial climate controls and achieve its energy sustainability in addition to substantial improvements of health and quality of life of its inhabitants.

The **Model** structure was supported on bioclimatic analysis systems (simulators), in order to identify with these graphic tools, the performance of the different bioclimatic variables of the selected **case study**: "La Enramada" residential complex, located in the Mexico City metropolitan area.

This resulted in the identification of design enhancers, enabling to develop sustainable projects, thru the correct understanding of orientation, temperature and humidity controls, ventilation, in addition to day lighting, and material selection. In the case of existing projects, this **Model** allowed to identify the corrective actions needed to make the project energy efficient. Making it sustainable and improving its livability and health conditions for the users benefit.

This **Model** helped us to understand the bioclimatic conditions of any selected site, with the support of digital simulators and processing systems to visually determine, as design enhancers, the bioclimatic information to be considered before starting the construction of any project.

And for existing buildings, the corrective actions to achieve similar goals, which allowed energy sustainability, electrical bill savings, the habitability of the project and a higher quality of life for their residents.

On the other hand, the multiplying effect that these actions generate, because of the typology of project, had a great impact in the environment, lowering considerably, the emission of green house gases and improving the ozone layer .



Figura 2 . 'La Enramada" residential complex, located in the Mexico City metropolitan area.

Índice de contenido	Pag
Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Epígrafe	4
Resumen	5
Abstract	7
Introducción	18
Capítulo 1	
Antecedentes	21
1.1 Evolución histórica	21
1.1.1 Diversas civilizaciones	21
1.1.2 Antiguo Egipto	22
1.1.3 Grecia	22
1.1.4 Roma	23
1.1.5 Período gótico	24
1.1.6 Mundo prehispánico	25
1.1.7 Primera Revolución Industrial	27
1.1.8 Movimientos arquitectónicos del siglo XX	29
1.1.8.1 Modernismo, modernismo tardío y post modernismo	29
1.1.9 Segunda Revolución Industrial	31
1.1.10 Tercera Revolución Industrial	33
1.1.11 Desempeño bioclimático	34
1.1.12 Implementación de potenciadores de diseño	35

1.2 Objetivo	37
1.2.1 Ley constructal	37
1.2.2 Adaptación a la investigación	37
1.3 Hipótesis general	37
1.3.1 Evaluación	38
1.3.2 Identificación de potenciadores	38
1.3.3 Consumo de energía	38
1.3.4 Aspectos relevantes	38
1.4 Modelo de visualización	39
1.5 Marco teórico	40
1.5.1 Tendencia mundial de generación de energía	40
1.5.2 Políticas públicas en la Union Europea	40
1.5.3 Balance de sustentabilidad en México	41
1.5.4 Estadísticas mundiales de generación de energía no renovable	41
1.5.5 Consumos mundiales estimados	42
1.5.6 Consumo de combustibles fósiles	42
1.5.7 Emisión de gases y humos contaminates	43
1.5.8 Consumo de energía en México	43
1.5.9 Balance en el uso de energías renovables en México	44
1.5.9.1 Potencial solar en México	45
1.5.9.2 Parques eólicos en México	46
1.5.9.3 Programa especial de cambio climático	47

1.5.10 Daño ambiental	48
1.5.11 Problemática de vivienda en México	49
1.5.11.1 Crecimiento poblacional	50
1.5.11.2 Crecimiento en la Ciudad de México	50
1.5.11.3 Consideración de variables bioclimáticas	52

Capítulo 2

Marco Metodológico

2.1 Metodología de visualización	54
2.1.1 Caso de estudio	54
2.1.2 Identificación de la poligonal	56
2.1.3 Análisis del entorno inmediato	58
2.1.4 Datos climáticos	62
2.1.4.1 Temperatura	64
2.1.4.2 Humedad relativa	64
2.1.4.3 Nubosidad	66
2.1.4.4 Asoleamiento	68
2.1.4.5 Insolación	68
2.1.5 Confort higrotérmico	69
2.1.5.1 Temperatura del aire	69
2.1.5.2 Humedad relativa	69
2.1.5.3 Movimiento del aire	69
2.1.5.4 Temperatura radiante media	69
2.1.5.5 Temperatura operativa	69
2.1.5.6 Criterios de desempeño del confort	70
2.1.6 Monitoreos	72
2.1.6.1 Encuestas	73

2.1.6.2 Resultado de mediciones	74
2.1.6.3 Criterio de selección por departamentos críticos	76
2.1.7 Análisis de viento en el Conjunto	77
2.1.7.1 Resultado de análisis experimental	80
2.1.8 Graficas solares por estación astronómica	81
2.1.8.1 Resultado de análisis experimental	84

Capítulo 3

Aplicación del Modelo

3.1 Metodología de aplicación	86
3.1.1 Selección de niveles	86
3.1.2. Análisis del Estado Actual	87
3.1.3 Análisis con Estrategia Doble Cristal	87
3.1.4 Aislamiento térmico al Interior del Departamento	87
3.1.5 Aislamiento térmico al Exterior del Departamento	87
3.1.6 Análisis de Combinación de Estrategias	88
3.1.6.1 Doble Cristal + Aislamiento Interior	88
3.1.6.2 Doble Cristal + Aislamiento Exterior	88
3.2 Iluminación	89
3.2.1 Iluminación Natural	89
3.2.2 Resultado del análisis	94
3.2.3 Iluminación Artificial	94
3.3 Análisis comparativo	95
3.3.1 Cálculo de perfil de temperatura ambiente	96
3.3.1.1 Resultado del análisis en día más caluroso	96
3.3.1.2 Resultado del análisis en día más frío	98

3.3.2 Cálculo de cargas térmicas/mes (kW/h)	100
3.3.2.1 Cálculo de cargas térmicas/mes (kW/h)	100
3.3.3 Cálculo de ganancias térmicas por conducción y radiación	101
3.3.3.1 Resultado del análisis	101
3.3.4 Cálculo de ganancias térmicas por ventilación-infiltración (Qv)	102
3.3.4.1 Resultado del análisis	102
3.3.5 Cálculo de ganancias térmicas internas (Qi)	103
3.3.5.1 Resultado del análisis	103
3.3.6 Cálculo de ganancias térmicas pasivas	104
3.3.6.1 Resultado del análisis	104
Conclusiones	
Modelo de visualización	107
Viento	112
Asoleamiento	113
Iluminación	113
Temperaturas	115
La visualización de la información vs las acciones experimentales	116
Fuentes de consulta	
Bibliografía	119
Referencias institucionales de consulta	121
Referencias de Internet	122
Sistemas potenciadores de diseño	124
Anexos	124

Índice de figuras	pag
Figura 1. Conjunto Residencial “La Enramada”, fotografía de Internet.	6
Figura 2 . ‘La Enramada” residencial complex, fotografía de Internet.	8
Figura 3. Gran Esfinge de Guiza y Pirámide de Keops, fotografía de Jorge Pérez-Grovas.	22
Figura 4. Panteón de Agripa, Roma, fotografía de Jorge Pérez-Grovas.	23
Figura 5. Sainte-Chapelle, Paris, fotografía de Internet.	24
Figura 6. Palenque, Chiapas, fotografía de Jorge Pérez-Grovas.	25
Figura 7. Londres, Gran Bretaña, grabado, siglo XIX, fotografía de Internet.	27
Figura 8. Ferrocarril “El Mexicano”, siglo XIX, fotografía de Internet.	28
Figura 9. Edificio Bauhaus, Dessau, Alemania, fotografía de Internet.	29
Figura 10. Plaza de las Tres Culturas, Tlateloco, Mexico, fotografía de Jorge Pérez-Grovas.	30
Figura 11. Contaminación industrial por emisión de gases, fotografía de Internet.	31
Foto 12. Parque de generación eólica, fotografía de Internet.	32
Figura 13. El tubo de la información digital, fotografía de Internet.	33
Figura 14. Bosque de Chapultepec, Ciudad de México, fotografía de Jorge Pérez-Grovas.	36
Figura 15. Diagrama de Modelo .	39
Figura 16. Balance de Sustentabilidad Energética	41
Figura 17. Generación eléctrica con paneles solares, fotografía de Internet.	45
Figura 18. Parque Eólico “La Venta”, Oaxaca, México, fotografía de Internet.	46
Figura 19. Contaminación industrial y torres de transmisión eléctrica, fotografía de Internet.	47
Figura 20. Contaminación de mantos acuíferos, fotografía de Internet.	48
Figura 21. Multifamiliar “Miguel Alemán”, Ciudad de México, fotografía de Jorge Pérez-Grovas.	49

Índice de figuras	pag
Figura 22. Áreas de entretenimiento de “La Enramada”, fotografía de Internet.	55
Figura 23. Identificación de la poligonal, Google Maps, fotografía de Internet.	56
Figura 24. Perfiles de elevación en el conjunto, fotografía de Internet.	57
Figura 25. Perspectiva Google Earth 1 desde el Suroeste, fotografía de Internet.	58
Figura 26. Perspectiva Google Earth 2 desde el Norte, fotografía de Internet.	59
Figura 27. Planta Arquitectónica de “Edificio Tipo”.	61
Figura 28. Ubicación del sitio de análisis y su estación climatológica más cercana.	62
Figura 29. Variables bioclimáticas, referencia de Internet.	71
Figura 30 . Planta arquitectónica de monitoreos.	72
Figura 31. Departamentos elegidos como resultado de los monitoreos.	76
Figura 32. Niveles seleccionados para simulaciones en planta baja, 7º piso y planta alta.	86

Índice de videos

Video 1. Diversidad en la Generación de Energía México	44
Video 2. Planta de Conjunto	60
Video 3. Resultados de mediciones de temperatura y humedad relativa en Estancia	74
Video 4. Resultados de mediciones de temperatura y humedad relativa en cuarto T.V.	75
Video 5. Resultados de mediciones de temperatura y humedad relativa en Rec. principal	75
Video 6. Simulación de viento a 10 metros	77
Video 7. Simulación de viento a 25 metros	78
Video 8. Simulación de viento a 50 metros	79
Video 9. Simulación de trayectoria solar: equinoccios	82
Video 10. Simulación de trayectoria solar: solsticio de verano	82
Video 11. Simulación de trayectoria solar: solsticio de invierno	83

Video 12. Introducción a la metodología de análisis	89
Video 13. Simulación de penetración de rayos solares en el cuarto de TV Este	90
Video 14. Simulación de penetración de rayos solares en recámara Este	90
Video 15. Simulación de penetración de rayos solares en estancia Este (más cálido) Ecotect.	91
Video 16. Cálculo anual de iluminación natural Este (más cálido) usando Ecotect.	91
Video 17. Simulación de penetración de rayos solares en el cuarto de TV Norte	92
Video 18. Simulación de penetración de rayos solares en recámara Norte	92
Video 19. Simulación de penetración de rayos solares en estancia Norte	93
Video 20. Cálculo anual de iluminación natural Norte	93

Índice de tablas

Tabla 1. Normales climatológicas	63
Tabla 2 . Temperaturas horarias	64
Tabla 3 . Humedades relativas horarias	65
Tabla 4, Asoleamiento	68
Tabla 5. Consumo de energía eléctrica	73

Índice de gráficas

Gráfica 1. Temperatura	64
Gráfica 2. Humedad	65
Gráfica 3. Nubosidad	66
Gráfica 4. Duración de insolación	67
Gráfica 5. 1aC) Perfil de temperatura ambiente en el día más caluroso (Edo. Actual-Norte-PH)	96
Gráfica 6. 1eC) Perfil de temperatura ambiente en el día más caluroso (estrategia Norte-PH)	96
Gráfica 7.1aF) Perfil de temperatura ambiente en el día más frío (Edo. Actual-Norte-PH).	98



Gráfica 8. 1eF) Perfil de temperatura ambiente en el día más frío (Estrategia-Norte-PH).	98
Gráfica 9. 2) Cargas térmicas por mes (Edo. Actual-Norte-PH)	100
Gráfica 10. 2e) Cargas térmicas por mes (Estrategia-Norte-PH)	100
Gráfica 11. 3) Ganancias térmicas por conducción y radiación (Q_c y Q_s) (Edo. Actual-Norte-PH)	101
Gráfica 12. 3e) Ganancias térmicas por conducción y radiación (Q_c y Q_s) (Estrategia-Norte-PH)	101
Gráfica 13. 4) Ganancias térmicas por ventilación (Q_v) (Edo. Actual-Norte-PH)	102
Gráfica 14. 4e) Ganancias térmicas por ventilación (Q_v) (Estrategia-Norte-PH)	102
Gráfica 15. 5) Ganancias térmicas internas (Q_i) (Edo. Actual-Norte-PH)	103
Gráfica 16. 5e) Ganancias térmicas internas (Q_i) (Estrategia-Norte-PH)	103
Gráfica 17. 6) Ganancias térmicas pasivas (Edo. Actual-Norte-PH)	104
Gráfica 18. 6e) Ganancias térmicas pasivas (Estrategia-Norte-PH)	104

Introducción

Se viven momentos de cambio, en donde el tema del medio ambiente ha cobrado gran importancia, ocasionado por el gran deterioro que el planeta ha sufrido en las últimas décadas, derivado del uso indiscriminado de combustibles fósiles, principalmente para la generación de energía eléctrica y el transporte, lo que ha originado altos niveles de desperdicio y contaminación con los que se vive, principalmente en las zonas urbanas.

En la actualidad, la eficiencia energética y la sustentabilidad son temas que han ido tomando primordial importancia, en la búsqueda fundamental de recuperar la pureza de las condiciones ambientales globales. Por lo que se vuelve imperativo generar proyectos cuyos diseños maximicen el aprovechamiento del uso de energías limpias que ofrece la naturaleza y minimizar el uso de energías generadas por medios contaminantes, con el objetivo de lograr **sustentabilidad**, mayor salud, bienestar, calidad de vida, así como eficientar el uso y la habitabilidad de sus residentes.

Estos diseños suponen el análisis bioclimático del sitio en donde se desarrollará un proyecto, pues al conocer al detalle el desempeño de las condiciones climáticas y biológicas del proyecto arquitectónico, dicho espacio resultara en un proyecto sustentable, ya que con potenciadores de diseño obtenidos de un análisis físico-climático, se eficientará el uso de la energía eléctrica, mejorando también su habitabilidad en beneficio del usuario.

La cultura de diseño “moderno” y el uso de artefactos para lograr ambientes en donde la habitabilidad se logra de manera artificial y por medios altamente contaminantes, obliga a generar conciencia en la forma y calidad en la que se vive, lo que lleva a reconocer que se ha mandado a segundo nivel de prioridades, la salud y el bienestar.

Los costos de mantenimiento de los espacios habitacionales y urbanos han ido incrementando de manera alarmante, derivado de esta falta de conciencia en diseñar de manera eficiente y sustentable éstos espacios, haciendo que la salud, el confort y la habitabilidad sean cualidades secundarias en el proceso de diseño.

Lo anterior obliga, como sociedad, a tomar acciones correctivas y a actuar con responsabilidad, haciendo primordial el uso de tecnologías limpias o verdes para generar energía, como son; la solar, eólica, hidráulica, etc., así como las nuevas tecnologías de transporte como son los automóviles híbridos y totalmente eléctricos, con el espíritu fundamental de eficiencia y **sustentabilidad**.

Estas acciones impactarán en la reducción paulatina de gases contaminantes de efecto invernadero. Uno de ellos, el bióxido de carbono (CO₂), que representa el 70% de la emisión de estos gases e impacta de manera dramática en la reducción de la capa de ozono del planeta.

Es momento de visualizar que no solo se puede lograr mejorar las condiciones ambientales con la aplicación de políticas públicas en el uso responsable del transporte, sino que se tiene la responsabilidad como gremio de generar conciencia al diseñar proyectos sin importar su uso o escala, tomando en consideración que la generación de contaminación que emana de las casas, es mayor que la que se genera por el transporte en general, esto obliga a tomar acciones inmediatas para buscar resultados que permitan recuperar y mejorar las condiciones de habitabilidad en las casas, comunidades y ciudades.

Es necesario identificar las oportunidades para lograr la eficiencia y **sustentabilidad** en el lugar en donde se vive. La calidad de los proyectos arquitectónicos habitacionales que se han construido en el último siglo, se han enfocado a resolver el problema de la altísima demanda de vivienda, sin darle importancia a las condiciones naturales mínimas de habitabilidad y bienestar.

Lo antes mencionado, ha derivado en el uso de sistemas eléctricos y mecánicos para el control de temperatura, ventilación, humedad e iluminación, en el interior de las viviendas, con el objeto de adaptar artefactos que son ineficientes, logrando ambientes muy fríos, húmedos y poco confortables, lo que no solo deriva en más contaminación y grandes desperdicios de energía, sino también compromete la salud de sus habitantes.

Derivado de lo anteriormente expuesto y fundamentado en la línea de investigación, se propone un “Modelo de Visualización y Análisis de Información Bioclimática” como potenciador de diseño para aplicarlo a desarrollos habitacionales verticales, con la intención de evaluar el desempeño del proyecto y el estado de satisfacción de sus habitantes.

Capítulo 1

Antecedentes

Antecedentes

1.1 Evolución histórica

Haciendo una revisión de la historia de la humanidad, sus civilizaciones y culturas, podemos advertir que los asentamientos humanos han sufrido grandes cambios morfológicos, marcando claramente sus tendencias de crecimiento y generando nuevas formas urbanas, dando como resultado, cambios importantes en sus densidades de población, en busca de desarrollo económico, servicios, modernidad y bienestar.

Para entender las razones que derivaron en la selección del **caso de estudio**, es necesario apoyarnos en una narrativa histórica en donde se revisen conceptos, principios y teorías que permitan comprender de una manera clara y concisa, la evolución y desviaciones que el diseño arquitectónico ha venido sufriendo en diferentes épocas de la historia de la humanidad, haciendo énfasis en el abandono, en el proceso de diseño, de la consideración de las variables bioclimáticas que permiten la habitabilidad del espacio proyectado.

1.1.1 Diversas civilizaciones

En la antigüedad, diversas civilizaciones avanzadas poseían una concepción profunda de su origen, relacionándolo al sol, la evolución de los periodos estacionales y su contexto geográfico. Utilizaban una adecuada integración de los materiales de construcción, la orientación, la temperatura, la ventilación, la humedad, la iluminación en la arquitectura, principios de eficiencia energética que se abandonaron en épocas en que el foco de atención estuvo centrado en aspectos formales y/o funcionales.

Gracias al uso y conocimiento de las formas de energía, de los materiales y del entorno geográfico, se era capaz de cubrir necesidades básicas: luz, calor, movimiento, fuerza, y alcanzar mayores condiciones de habitabilidad y bienestar para obtener una vida más cómoda y saludable.

A través de la historia, en las civilizaciones más sobresalientes, el concepto general del uso eficiente de la energía fue una piedra angular en la arquitectura.

1.1.2 Antiguo Egipto



Figura 3. Gran Esfinge de Guiza y Pirámide de Keops

En el antiguo Egipto, por ejemplo, las creencias religiosas relacionadas con el dios Ra, reverenciado como el dios sol responsable de toda creación, influyeron en la planeación y lineamientos de las ciudades. Existen templos significativos diseñados en reverencia al dios Ra, como las pirámides de Giza, edificadas con referencia a las alineaciones astrales, los movimientos del sol y el cambio de estaciones.

En la arquitectura egipcia, el sol radiante, la vegetación sólo perceptible en las orillas del Nilo y el deslumbramiento en las áridas superficies, limitaban las aberturas en paredes. El empleo de materiales adecuados, así como la masividad de la mampostería, bloqueaban el ingreso de la luz natural, refrescando los espacios habitables. El uso de espejos, fabricados con plata muy pulida, como medio reflectante para obtener luz solar en el interior, proyectaba una conexión solar desde el exterior, hasta las cámaras interiores, las cuales estaban debidamente ventiladas.

1.1.3 Grecia

En Grecia la aplicación solar era útil y necesaria para lograr la habitabilidad y el bienestar en la arquitectura de uso diario, ya que los edificios eran construidos con materiales adecuados y muros gruesos que transmitían el calor recibido del sol en invierno y el fresco de las noches de verano al interior, lo que hoy conocemos como masividad térmica.

1.1.4 Roma



Figura 4. Panteón de Agripa, Roma

En Roma, los adelantos constructivos desarrollados por sus arquitectos hicieron posible que el uso de la energía hidráulica, de la luz natural y el calentamiento solar pasivo se incrementara. El empleo de la bóveda de cañón corrido y la cúpula, hicieron posibles grandes avances en la arquitectura, al usar la mampostería a compresión. Esto permitía, por primera vez, el uso de grandes vanos logrando introducir más luz natural al interior de los espacios.

Muchas de las casas romanas tenían una caldera solar conocida como “heliocaminus” que consistía en un espacio separado dentro del conjunto donde se almacenaba el calor para ser redistribuido a otras áreas.

Existen ejemplos de la arquitectura romana, en los que lograron efectos maravillosos con el uso de la iluminación natural como en el Panteón de Agripa. Los romanos fueron pioneros en la utilización de ventanas de vidrio, usadas en la arquitectura para atrapar el calor y así calentar sus edificaciones de manera pasiva.

1.1.5 Período gótico



Figura 5. Sainte-Chapelle, Paris

El periodo gótico elevó la concepción de la construcción en piedra a su mayor grado de sofisticación estructural. La ligereza estructural con el uso de ases de columnas y la aparición del marco rígido y de grandes ventanales en vitrales como concepción de iluminación espiritual en las naves del interior de los edificios, permitió abrir vanos vidriados de considerable tamaño, fomentando el uso de la iluminación natural más allá de la necesidad de iluminar los espacios.

1.1.6 Mundo prehispánico



Figura 6. Yaxché, Chiapas

En el mundo prehispánico, el uso eficiente de la energía no fue la excepción, pues existía la noción de **sustentabilidad** desde sus orígenes y es evidente que tenían una distinta concepción del sol. Según Miguel León Portilla “para los mesoamericanos, el universo guarda relación fundamental con el sol y se explica con un vocablo cuya raíz significa luz-calor”. El concepto de **sustentabilidad** en la América antigua, partía de la concepción de equilibrio entre las tres familias del mundo: la comunidad natural, la comunidad humana y la comunidad de las deidades.

La naturaleza era sacralizada y por ello era protegida. El diseño arquitectónico de las ciudades y monumentos prehispánicos, se realizaba con un conocimiento profundo del movimiento de los astros, la evolución de las estaciones, y el entorno geográfico: un ejemplo notable es “la Gran Tenochtitlan”, edificada sobre un lago con una **sustentabilidad** prodigiosa que sin embargo fue quebrantada por la conquista.

En suma; las civilizaciones antiguas supieron emplear de forma eficiente el conocimiento de su entorno y la energía que les proporcionaba.

En relación al desempeño bioclimático en las diferentes civilizaciones de la humanidad y las soluciones adoptadas en su arquitectura popular, principalmente en sus espacios habitables, fueron resultado de su adaptación a las distintas geografías, topografías y climas.

Los asentamiento humanos más remotos, aprovecharon las cuevas naturales, debido a su gran inercia térmica, ya que mantenían condiciones de temperatura similar en invierno y verano, cercana a la temperatura media anual del aire exterior.

Con el desarrollo de los primeros sistemas constructivos y las primeras ciudades, su habitabilidad se logró en primer lugar, analizando su orientación para aprovechar al máximo las cualidades térmicas y lumínicas generadas por el sol.

Por otro lado, descubrieron sistemas de captación solar directa a través de huecos (puertas y ventanas), utilizando el efecto invernadero, muros exteriores de gran inercia térmica, para estabilizar las temperaturas interiores en los ciclos día-noche, tanto en épocas frías como cálidas.

En lo relacionado a la iluminación, con la evolución de los sistemas constructivos, con la introducción del vidrio emplomado en la Roma antigua y la invención de los marcos de madera para darles soporte, se desarrollaron galerías acristaladas con la orientación adecuada, así como el aprovechamiento de las áreas sombreadas a base de cubiertas, mediante toldos o persianas externas.

El tema de ventilación fue aprovechado utilizando la ventilación natural simple y cruzada, durante el día o la noche, lo que derivó en la construcción de patios interiores para captación solar en épocas frías y para refrigeración natural en las cálidas.

La humedad fue controlada construyendo fuentes o láminas de agua para aumentar la humedad relativa en zonas secas y disminuir la sensación térmica, además del aprovechamiento de las corrientes de aire en zonas húmedas para disminuir la humedad relativa y la sensación térmica, con la utilización de chimeneas o torres de viento para extraer aire caliente o introducir aire fresco en el interior de los espacios habitables.

1.1.7 Primera Revolución Industrial



Figura 7. Londres, Gran Bretaña, grabado, siglo XIX

Por otro lado, se sabe que el factor clave que detonó la productividad y la competitividad, tanto del capital como del trabajo, fue el desarrollo del conocimiento, propulsados por la máquina de vapor y la mecanización de los telares y que se transformó en la herramienta principal para gestionar la primera Revolución industrial, detonando crecimiento y desarrollo.

Lo anterior representó de cierta forma un rompimiento con las consideraciones de diseño que hasta ese momento habían sido fundamentales en la arquitectura, pasándolas a segundo plano, la utilización y aprovechamiento de los elementos naturales para el diseño de los espacios habitables.

Esta revolución se diferencia de otras épocas, por el conjunto de transformaciones técnicas y económicas que resultaron de la sustitución de la fuerza física del hombre, por la energía mecánica.

Las fábricas, al utilizar máquinas de vapor y no necesitar la fuerza hidráulica se instalaron en las ciudades y alrededor de ellas surgieron los barrios obreros en los que se acumulaba el proletariado en casas estrechas, pequeñas y húmedas.

Este fenómeno social se experimenta a partir de la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX y se intensifica con la invención de las lámparas incandescentes en 1879. En 1915 se inauguró la primera fábrica de aires acondicionados de Willis Haviland Carrier.

Los ferrocarriles detonaron principalmente el desarrollo de sistemas como el carretero y el de distribución eléctrica, este último ya indispensable para energizar la maquinaria de producción, originó que a principios del siglo XX se tendieran las primeras redes de distribución de energía eléctrica y aparecen entre otros, las lámparas fluorescentes en 1939, el empleo de nuevos materiales de construcción como el acero, los acrílicos y elementos modulares prefabricados, así como con la popularización de los sistemas de clima artificial, a partir de 1940, lo que deriva en el uso desmesurado de la energía eléctrica en sistemas energéticos artificiales.



Figura 6. Ferrocarril "El Mexicano", siglo XIX

1.1.8 Movimientos arquitectónicos del siglo XX

Es importante destacar que los movimientos arquitectónicos del siglo XX, tales como el modernismo que surge de la tendencia a crear una arquitectura propia de la época y no heredada de modelos antiguos, dio como resultado una modificación de las técnicas constructivas y el empleo de nuevos materiales para alcanzar la funcionalidad requerida.

1.1.8.1 Modernismo, modernismo tardío (high tech) y post modernismo

Por su parte, estos movimientos generaron respuestas formales de diseño tales como: unidad, simetría, equilibrio, contraste y proporción de los espacios proyectados. También el tardo modernismo o high tech, el postmodernismo que cuestionaba al movimiento modernista como una corriente únicamente estilística, el funcionalismo y hasta el deconstructivismo, concentraron su atención en aspectos de carácter formal, funcional, plástico y estructural, dejando a un lado aspectos esenciales de diseño relacionados a la habitabilidad y al bienestar del usuario, como son la orientación, la luminosidad, la temperatura, la ventilación y el empleo de materiales amigables con el ambiente.

La formación académica en escuelas como el Bauhaus, orientaban al diseño de lo simple, de lo estructural, que combinado con lo funcional, también descuidaron aspectos elementales de bienestar y de habitabilidad de los espacios. Estos se fueron minimizando con la aparición de nuevas tecnologías para lograr ambientes y climas interiores de manera artificial, mostrando indiferencia a los aspectos bioclimáticos del sitio.



Foto: Bauhaus Dessau, Alemania



Figura 10. Plaza de las Tres Culturas, Tlatelolco, Mexico

En México, si bien existe una tradición arquitectónica propia heredada del mundo prehispánico y de la colonia, con ejemplos muy sobresalientes, al inicio del siglo veinte se adopta la tendencia a imitar la arquitectura europea, principalmente de influencia francesa.

En el periodo post-revolucionario, surge la influencia del funcionalismo de Le Corbusier, que se destaca en la construcción de grandes conjuntos habitacionales, como el Multifamiliar Miguel Alemán, la Unidad Independencia, Tlatelolco, entre los más importantes. En estos, los aspectos formales y funcionales, y el empleo de nuevos materiales y sistemas constructivos, son los que sobresalen, dejando en segundo plano los aspectos bioclimáticos.

1.1.9 Segunda Revolución Industrial

En la primera década del siglo XX, la comunicación eléctrica convergió con el motor de combustión interna, propulsada por combustibles fósiles, principalmente de derivados del petróleo, dando lugar a la Segunda Revolución Industrial. La electrificación de las fábricas inició la era de la producción masiva de bienes manufacturados, siendo el más importante de ellos el automóvil. Henry Ford comenzó a producir en masa el coche de motor de gasolina Modelo T, alterando la dinámica espacial y temporal de la sociedad, sin perjuicio de la falta de **sustentabilidad** que iba a ocasionar el transporte individual mediante motor de combustión.



Figura 11. Contaminación industrial por emisión de gases

México comenzó a construir plantas generadoras de electricidad y a ampliar las redes de transmisión y distribución, para posibilitar el bombeo de agua de riego y la molienda, así como mayor alumbrado público y electrificación de comunidades.

Sin embargo y a pesar de todos los adelantos en materia de generación, existen turbo generadores que forman parte de la infraestructura de generación eléctrica, que son altamente contaminantes ya que son operados con turbinas que consumen grandes cantidades de combustibles fósiles, generando altos índices de contaminación, lo que hace necesario la sustitución gradual por generadores de energías limpias.



Figura 12. Parque de generación eólica

Las nuevas tecnologías de generación de electricidad, como son; la eólica, la hidráulica y la solar principalmente, ahora también conocidas como energías renovables o limpias, tenderán a ir reemplazando ineludiblemente a las generadoras altamente contaminantes.

Estos grandes retos y transformaciones, han provocado cambios vertiginosos, originados principalmente por nuevos descubrimientos científicos, la producción en serie, así como el desarrollo continuo de nuevas tecnologías para facilitar las tareas cotidianas de trabajo, en una búsqueda de mejorar el desempeño de artefactos y así ofrecer una mejor calidad de vida a la sociedad.

Hoy, somos protagonistas de una nueva Revolución Industrial. Un concepto y una visión esbozada en “La tercera revolución industrial”, (Rifkin, 2013) quien investiga el impacto de los cambios científicos y tecnológicos en la economía, la fuerza de trabajo, la sociedad y el medio ambiente. Rifkin dice que las transformaciones económicas ocurren cuando convergen las nuevas tecnologías de la comunicación con los nuevos sistemas de energía.

1.1.10 Tercera Revolución Industrial

Las nuevas formas de comunicación se han convertido en el medio de organización y gestión de las civilizaciones más complejas, mediante nuevas fuentes de generación de energía. La conjunción de la tecnología de comunicación de Internet y las energías renovables en el siglo XXI, están dando lugar a la llamada Tercera Revolución Industrial.

La revolución de la comunicación y de la informática, en la que las redes sociales, los portales y el comercio electrónico son elementos que han venido rompiendo paradigmas, así como acelerando la manera de como interactúa y se relaciona la sociedad moderna.

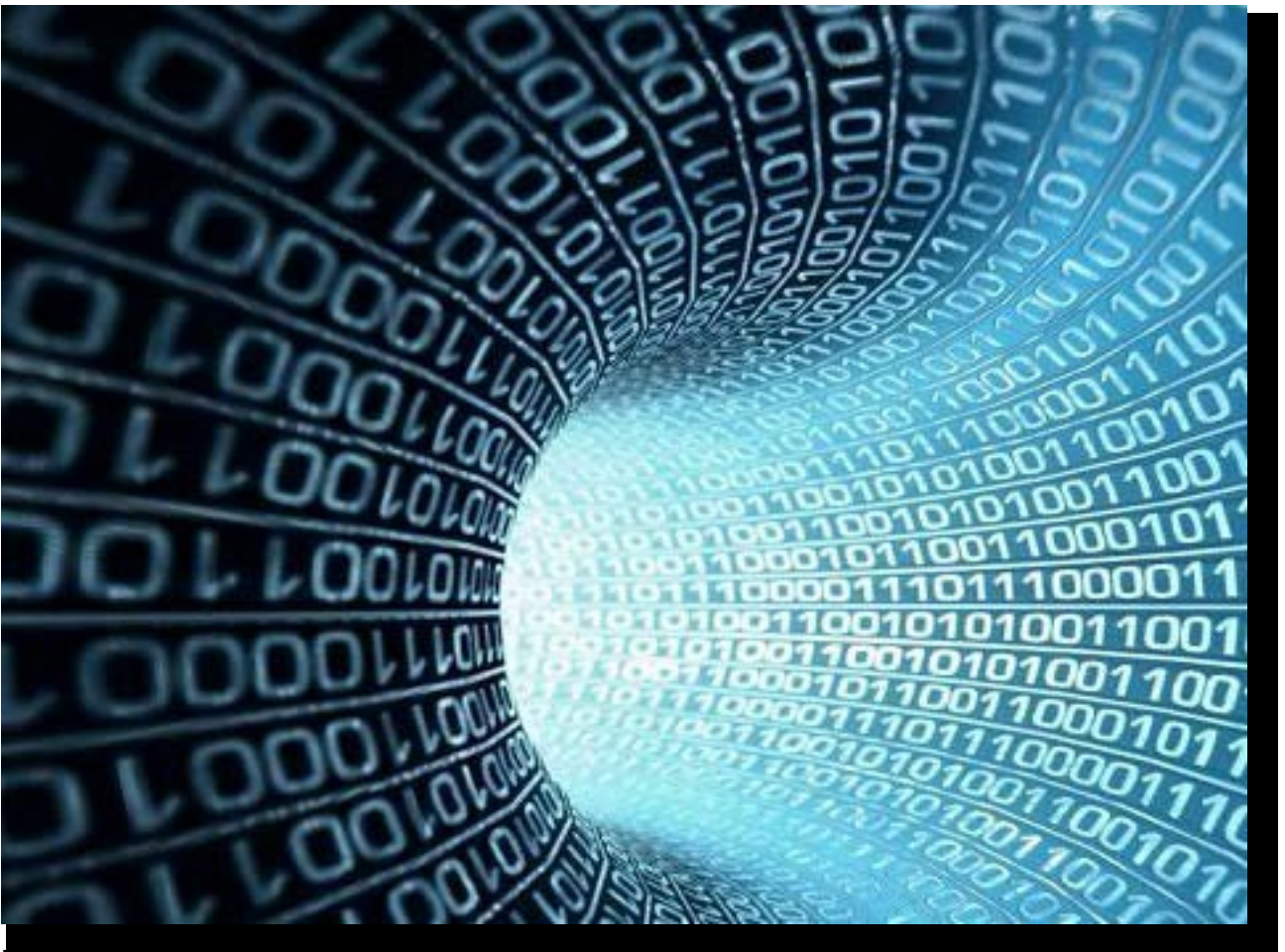


Figura 13. El tubo de la Información digital

En resumen, estas revoluciones han sido percutoras del progreso humano, acelerando su desarrollo y productividad. Sin embargo, también han generado desorden, contaminación y desperdicio, poniendo en riesgo la estabilidad de nuestro medio ambiente y sus ecosistemas.

Este progreso vertiginoso nos ha llevado al despilfarro y descuido de nuestros recursos naturales, dañando nuestros bosques y ecosistemas donde la vegetación predominante la constituyen los árboles, así como las comunidades de plantas que cubren grandes extensiones del globo terráqueo y funcionan como hábitats animales, moduladores de flujos hidrológicos y conservadores del suelo, constituyendo uno de los aspectos más importantes de la biosfera de la tierra, así como fuente fundamental de generación de oxígeno y de nuestros bancos y mantos acuíferos.

Sin embargo y aunque no parece importante, el desarrollo histórico de proyectos y recientemente los relacionados a vivienda, han tenido en su mayoría, como espíritu fundamental de diseño, lo estéticamente atractivo sin importar sus condiciones geográficas, biológicas y climáticas, tales como sus condiciones térmicas, iluminación, humedad, ventilación, ni su habitabilidad.

Lo que ha originado que se ignore el análisis bioclimático del sitio, o se considere como información de importancia secundaria, potencializando problemas de salud y espacios no confortables.

Esto último ha derivado en proyectos arquitectónicos muy atractivos por su diseño formal, sin darle la importancia necesaria a toda la información física de la zona. Lo que conlleva a resolver problemas internos de habitabilidad y bienestar, utilizando medios artificiales para el control de temperaturas internas, humedad e iluminación, por no hacer un análisis profundo de la información disponible para tomar decisiones fundamentales de diseño.

Es por ello que surge la necesidad de incorporar potenciadores en el proceso de diseño que nos permitan concientizarnos de la importancia del uso eficiente de las energías renovables. Desde el siglo pasado, los arquitectos hemos sido formados con conceptos básicos de diseño, como el equilibrio entre función y forma, el contraste, el fondo-figura, los colores, etc. Elementos del lenguaje de diseño que son esenciales para lograr un buen producto.

1.1.11 Desempeño bioclimático

No obstante, el análisis bioclimático del sitio en donde se desarrollará un proyecto, debe formar parte primordial de dicho lenguaje, lo que no ha ocurrido y ha sido ignorado en el proceso de proyección arquitectónica.

Conocer el desempeño bioclimático de un espacio arquitectónico nos permite potenciar

y proyectar de manera integral, incorporando todos los elementos que conforman nuestro lenguaje de diseño, lo que resultara en un diseño que será sustentable de origen, con un profundo conocimiento del potencial energético, es decir, que hará más eficiente el uso de la energía en el proyecto y por ende su habitabilidad se lograra sin la ayuda de artefactos de alto consumo energético. Éstos últimos no solo se transforman en un alto costo de operación del proyecto, sino también derivan en una alta emisión de gases de efecto invernadero.

En síntesis, debemos ingresar a una era de arquitectura sustentable, para lo cual se vuelve imperativo generar conciencia de cómo concebimos nuestros diseños, para hacerlos sustentables, con el uso de potenciadores de diseño y visualización de la información del estado bioclimático del sitio, que reconozcan y analicen las variables del desempeño energético, que nos permitan, en un corto plazo, recuperar nuestro medio ambiente.

Vale la pena destacar, que se han venido implementando políticas públicas orientadas a impulsar la generación de energías limpias o verdes, lo que ha sido el principal impulsor del desarrollo de nuevas tecnologías, para la generación de energía eléctrica, a través de la transformación de otras energías como son: la eólica, la geotérmica, la electromagnética, la hidráulica y la solar. Todos estos adelantos tecnológicos nos brindan la esperanza de un futuro más limpio, más libre de contaminantes.

Así también, el reciclado de desechos principalmente inorgánicos, el tratamiento de aguas residuales, la utilización de calentadores solares para agua y calefacción, por decir algunos de los principales ejemplos, son oportunidades para contrarrestar esta gran amenaza y buscar su rápida implementación para así ir logrando la **sustentabilidad** de los espacios habitables.

1.1.12 Implementación de potenciadores de diseño

El gran reto será, implementar potenciadores de diseño simulando y diagnosticando el desempeño de los proyectos nuevos como de los existentes con el objeto de lograr su **sustentabilidad**.

Estos esfuerzos nos permitirán, a través de la innovación, obtener en las áreas de trabajo, de esparcimiento y en nuestros propios hogares, una mayor habitabilidad, bienestar y en consecuencia, una mejor calidad de vida.

A pesar de los altos precios del petróleo, derivados de su difícil y costosa exploración y explotación, resulta innegable que la energía eléctrica y el transporte en general, seguirán siendo momentáneamente generados, propulsados y operados con combustibles fósiles.

Por lo anterior, si no tomamos acciones inmediatas, dicha mega-combustión se seguirá transformando en altos índices de contaminación y desequilibrio ecológico, ocasionando problemas de salud física y emocional, lo que nos obliga a utilizar tecnologías limpias, para incluirlas en los nuevos proyectos, logrando no solo su **sustentabilidad** y eficiencia, sino también el bienestar de sus habitantes.

De ésta manera, el uso de potenciadores de diseño a través del empleo del análisis bioclimático, la aplicación de eco tecnologías y el uso de materiales de construcción térmicamente eficientes, propiciará espacios arquitectónicos más habitables para el usuario.

Adicionalmente, dependeremos cada vez menos de energías generadas con tecnologías obsoletas y altamente contaminantes, permitiendo así un uso más eficiente de los espacios urbanos, para aprovecharlos y transformarlos en áreas verdes, con el objeto primordial de lograr un medio ambiente más limpio y libre de contaminación para las futuras generaciones.



Figura 14. Bosque de Chapultepec, Ciudad de México

1.2 Objetivo

El objetivo fundamental de esta investigación es el de diseñar un Modelo de Visualización y Análisis Bioclimático, cuya aplicación a casos de estudio reales en cualquier desarrollo habitacional vertical, ayudará a identificar las deficiencias cualitativas del proyecto para potenciar su diseño y determinar en el **caso de estudio** seleccionado, las acciones correctivas necesarias para mejorar su habitabilidad así como minimizar los desperdicios en el consumo de energía eléctrica y aumentar su **sustentabilidad**. Además de potenciar en el proceso de diseño el desempeño climático espacial de cualquier proyecto nuevo para lograr su habitabilidad de manera natural, minimizando la dependencia del uso de artefactos eléctricos y lograr los rangos y estándares de confort.

Para ello será necesario entender cómo se genera, transmite, distribuye y utiliza esta energía en el **caso de estudio** seleccionado.

1.2.1 Ley constructal

Como lo enuncia la Ley Constructal en el libro *Design with nature...* "idear y proyectar imágenes y relaciones hacia planos nuevos y más desarrollados. Ya que si se sabe qué es lo que se mueve en un sistema de flujo se puede predecir la secuencia de diseños que surgirá y evolucionará, para facilitar las corrientes que fluyen a través de ese sistema", (Bejan, 2012), pues si se conocen los flujos bioclimáticos se podrá potenciar el diseño de proyectos habitacionales, para lograr su eficiencia energética.

1.2.2 Adaptación a la investigación

Derivado de esta Ley Constructal, adaptándola a esta investigación y con el objeto de efficientar el flujo de acciones de operación de las variables bioclimáticas de un proyecto, primero se deben identificar sus imperfecciones y desperdicios, determinar el origen sistémico de estos, cuantificarlos y dimensionarlos para dirigir las líneas de acción a minimizarlos o desaparecerlos y así, lograr al máximo posible su óptimo desempeño, **sustentabilidad** y eficiencia.

1.3 Hipótesis general

En los próximos 30 años, las zonas urbanas y rurales necesitarán adaptarse y equiparse con nuevas tecnologías para la generación y el consumo de energías limpias o verdes, de última generación. Cobrará principal importancia el diseño sustentable en proyectos

donde se desarrollará el proyecto arquitectónico, con el objetivo principal de que todo el diseño gire alrededor de su eficiencia y el análisis cualitativo de sus espacios interiores, con el apoyo de la visualización de la información bioclimática como potenciador de diseño, para resolver como prioridad su **sustentabilidad** y habitabilidad.

1.3.1 Evaluación

Evaluar el funcionamiento y desempeño bioclimático de un edificio habitacional, identificando sus desperdicios e ineficiencias energéticas, así como los atributos y aciertos arquitectónicos, con el objetivo de determinar las acciones correctivas para lograr un desempeño eficiente, lo que dará como resultado la habitabilidad y **sustentabilidad** del proyecto.

1.3.2 Identificación de potenciadores

Identificar y enumerar los potenciadores de diseño que deben ser analizados y desarrollados para, monitorear y cuantificar los desperdicios de energía térmica pasiva, activa y lumínica seleccionando las mejores alternativas tecnológicas para alcanzar su **sustentabilidad** y así lograr utilizar al máximo de su potencial, la energía natural disponible.

1.3.3 Consumo de energía

Dimensionar el consumo de energía eléctrica por unidad de investigación, para evaluar que tecnología será la más adecuada para la autogeneración eléctrica, con el objeto de lograr la autonomía en el consumo de energía eléctrica del proyecto.

1.3.4 Aspectos relevantes

Identificar los aspectos más relevantes de la investigación, para recomendar la implementación de políticas públicas que nos permitan certeza en el logro de nuestro objetivo principal.

1.4 Propuesta de modelo de visualización

El **modelo** que se diseñó para evaluar el estado bioclimático del **caso de estudio** con el propósito de identificar las ineficiencias en el proyecto y sus causas sistémicas es el siguiente:

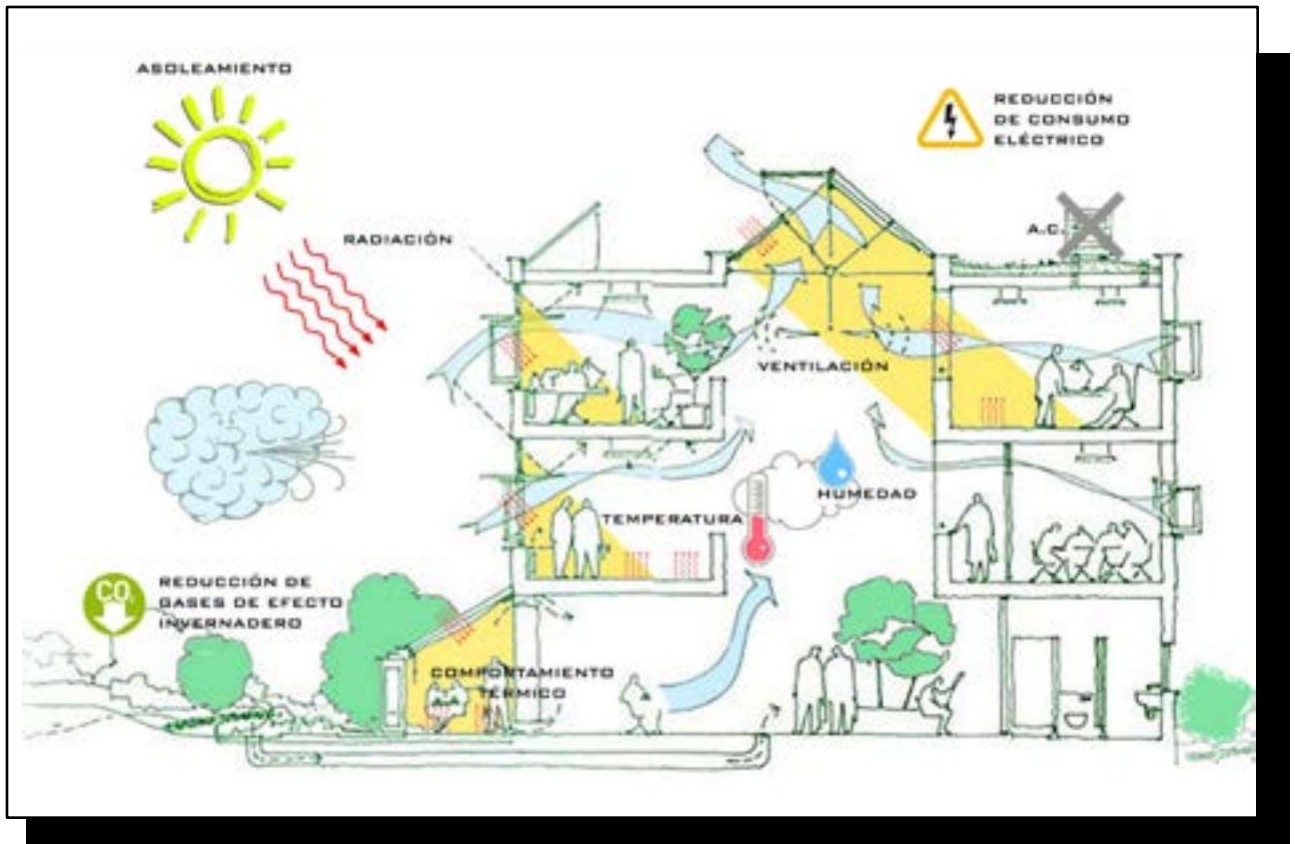


Figura 15. Diagrama de Modelo

1.5 Marco teórico

Según el World Energy Council (Consejo Mundial de Energía, CME, institución del sector de energía acreditada ante la ONU), quien ha impulsado acciones en todo el mundo para conseguir que todos puedan acceder a una energía sostenible y asequible, éstas son las tendencias y políticas públicas de generación a nivel mundial.

1.5.1 Tendencia mundial de generación de energía

“La tendencia mundial de generación de energía en los próximos 30 años estará dominada por combustibles fósiles, originado principalmente por el descubrimiento de nuevos yacimientos petrolíferos a nivel global, además del desarrollo de tecnologías que han permitido la explotación del denominado Shale Gas, principalmente en los países del norte del continente americano (Canadá y Estados Unidos de América), cuya extracción se logra por medio de fracturar las capas rocosas del subsuelo para permitir que el gas que se encuentra en cavidades subterráneas, salga a la superficie y pueda ser colectado, distribuido y almacenado”.¹

Derivado de lo anterior, el sector del transporte, que históricamente ha consumido estos combustibles, seguirá consumiéndolos debido a la infraestructura que durante más de un siglo se ha venido construyendo y desarrollando, haciendo que las energías renovables sean una alternativa todavía muy lejana para ser usada como prioritaria en las economías desarrolladas, marcando a las energías limpias, como un objetivo económicamente muy difícil de integrar a la maquina productiva del mundo.

Los sistemas de suministro de energía a nivel mundial se encuentran en un punto de inflexión, por lo que las decisiones que se tomen hoy afectaran nuestras vidas durante varias décadas.

Para los legisladores o ejecutivos del sector ¿qué nuevas oportunidades, tecnologías, recursos e infraestructuras podrían invertir para gestionar la demanda a largo plazo? Y ¿cómo podría hacerlo de forma sustentable?

1.5.2 Políticas públicas en la Union Europea

En Europa, por ejemplo, “la Unión Europea ha aprobado políticas públicas encaminadas al uso de energías renovables, siendo la más reciente la denominada “20-20”

¹ World Energy Council, Tendencias Mundiales de Energía, 2015.

que marca como objetivo regional, que para el año 2020, se genere el 20% de la energía, con tecnologías sustentables o limpias”², como la hidráulica, solar o eólica, detonando el desarrollo y modernización de sus tecnologías para hacerlas más accesibles.

1.5.3 Balance de sustentabilidad en México

Según un estudio del mismo World Energy Council (2015), los países que más han invertido en el desarrollo de estas energías renovables o energías limpias son: Alemania liderando en la producción de energía solar y eólica, China en la producción de energía eólica e hidráulica y E.U.A. en la producción de energía eólica, solar y geotérmica. En México el Balance **Sustentabilidad** Energética es el siguiente:

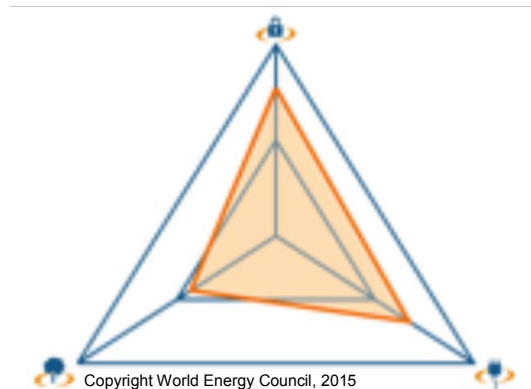


Figura 16. Balance de Sustentabilidad Energética en México

Esta grafica nos permite identificar los tres grandes actores para dimensionar el Balance de **Sustentabilidad** Energética de nuestro país.

1. Seguridad de la energía (candado); el suministro está suficientemente garantizado.
2. Equidad energética (enchufe); la cobertura está al 75% de lo óptimo.
3. **Sustentabilidad** ambiental (árbol); es el aspecto que debe atenderse con prioridad.

1.5.4 Estadísticas mundiales de generación de energía no renovable

En 2015 la *International Energy Agency* (IEA) estimó que el consumo mundial de energía en ese año fue de 189,516 terawatt/hr (TWh) de donde la energía generada con carbón fue la que reflejó el mayor crecimiento, seguida por petróleo y gas. Hablando de la producción de energías renovables, lidera la hidráulica seguida de la eólica y solar.

² *Idem.*

La energía eléctrica generada a nivel mundial en 2015 fue 23,619 TWh, de los cuales 27% fue consumida en Europa, 25% en Estados Unidos de América y el 6% en Centro y Sudamérica.

Cabe destacar que las energías renovables han registrado el mayor crecimiento y desarrollo, en relación a cualquier otro tipo de generación de energía en la historia de la humanidad, lo que se puede explicar con las grandes sumas invertidas recientemente en energías limpias por la comunidad internacional, para tratar de contrarrestar la cada vez más amenazante devastación ambiental.

Sin embargo el incremento en la producción de gas y petróleo también han crecido rápidamente, inclusive, a niveles mayores a los reflejados por las energías renovables.

De acuerdo a la *International Energy Agency* (IEA), el consumo de energía per cápita se ha incrementado en los últimos años hasta en 10%, mientras que la población mundial se ha incrementado en un 24% en el mismo periodo.

1.5.5 Consumos mundiales estimados

Los consumos mundiales estimados de energías renovables están en el siguiente orden:

- Energía Solar 437,500 TWh
- Energía Eólica 180,000 TWh
- Energía Geotérmica 5,000 TWh
- Energía Hidráulica 14,000 TWh

1.5.6 Consumo de combustibles fósiles

Como resultado de los altísimos consumos de combustibles fósiles, se generó un calentamiento global, debido a las emisiones originadas principalmente por los países industrializados, lo que ha derivado en el fenómeno de calentamiento global, además de una pérdida de la capa de ozono que protege a nuestro planeta de los rayos infrarrojos y ultravioleta que ha generado un serio problema de salud pública.

1.5.7 Emisión de gases y humos contaminantes

Según la *World Health Organization* (WHO, 2015), “las emisiones de gases y humos contaminantes, aparte del problema de calentamiento global, han originado un cambio significativo al clima global y variaciones en el comportamiento meteorológico”.³

También, estas emisiones contaminantes, han generado un incremento de casos de cáncer cutáneo principalmente por los hoyos que estas emisiones han afectado a la capa de ozono en la atmosfera.

1.5.8 Consumo de energía en México

En México, según la *International Energy Agency* (2015) “el 82% de la energía que se consume en el país, actualmente es generada por combustibles fósiles, lo que significa un impacto negativo sobre el medio ambiente, principalmente originadas por las emisiones contaminantes que la combustión de ellos origina”.⁴

El incremento del consumo de combustibles fósiles, así como de carbón en el siglo XX, han sido los principales recursos no renovables utilizados para la generación de energía eléctrica a nivel mundial. Solo de combustibles fósiles, se generó el 86% de electricidad consumida.

En este contexto, México es de los principales productores de petróleo a nivel mundial con 146 Mt (megatoneladas), es decir el 4% de la producción mundial, lo que se traduce a 3.96 millones de barriles/día de petróleo. En relación a gas natural, la producción se ha ido incrementando en alrededor de 6.92 millones de pies cúbicos /día, lo que significa un incremento del 14% de producción.

En el año 2015, México produjo 243 TWh (terawatts/hora), de los cuales 102 TWh se generaron por plantas termo-eléctricas (gas), 78 TWh por hidrogenación, 18 TWh producidos por combustión de carbón, 13.8 TWh de Energía Nuclear, 8 TWh por plantas geotérmicas y 455 GWh generados por energía eólica.

En contraste, se han venido desarrollando parques Eólicos para la generación de energía eléctrica, y se han incorporado al sistema de transmisión de la CFE, lo que contribuye a

³ *World Health Organization* (2015): Variaciones en el comportamiento meteorológico.

⁴ *International Energy Agency* (2015): Generación de Energía en México.

Lo antes mencionado nos obliga a tomar conciencia en la importancia de hacer de las energías renovables una opción prioritaria para la generación de energía eléctrica en el país.

La planeación energética del país está basada en metodologías que evalúan sólo el costo económico de corto plazo de la generación de energía. La falta de valoración de los beneficios que las energías renovables aportan a la economía nacional, tales como la estabilidad de precios de la energía en largo plazo, y la reducción de riesgos en el abasto energético, aunado al hecho de contar con importantes recursos energéticos fósiles nacionales, hace que las políticas y perspectivas energéticas nacionales sigan basándose en combustibles fósiles.

1.5.9 Balance en el uso de energías renovables en México

En años recientes, México se ha incorporado a la tarea global de implementar políticas públicas y desarrollar infraestructura para la generación de energías renovables, con el espíritu de reducir la emisión de gases contaminantes.

La diversidad en la generación de energía eléctrica en México se puede observar en la siguiente grafica, en ella, se destaca que la generación por medio de termoeléctricas convencionales significa cerca del 81%, dejando solamente el 16% de la generación a energías renovables en el 2010.



Copyright World Energy Council, 2015

Video 1. Diversidad en la Generación de Energía México

Actualmente la generación de las energías renovables alternativas en México representan cerca del +/- 21 % (Secretaría de Energía, México, reporte oficial de la CFE 2016).

Con respecto a la energía solar, cerca del 90% del territorio nacional presenta una irradiación solar que al día fluctúa entre 5 y 6 KWh por metro cuadrado, que representa hasta un 70% más alto comparado con los grandes desarrollos de aprovechamiento solar a nivel global (Atlas de Recursos Renovables Eólicos y Solares, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Secretaría de Energía, México, 2015).

1.5.9.1 Potencial solar en México

Nuestro territorio forma parte del llamado “cinturón solar” que lo ubica entre los principales países con un alto potencial solar, con lo que podría generar grandes cantidades de energía para autoabastecimiento y exportación (Unlocking the Sunbelt Potential of Photovoltaics, European Photovoltaic Industry Association, Septiembre 2010).

México tiene una importante base para la manufactura de módulos solares fotovoltaicos en América Latina, con una capacidad de producción de 245 MW por encima de Brasil, Chile y Argentina (Unlocking the Sunbelt Potential of Photovoltaics, European Photovoltaic Industry Association, Septiembre 2010).



1.5.9.2 Parques eólicos en México

Actualmente se destinará inversión a proyectos de energías alternativas en México que van desde la construcción de una planta de manufactura de aisladores en Monterrey, Nuevo León, hasta el desarrollo de parques eólicos en La Ventosa, Oaxaca.

Se han presentado propuestas para incentivar el uso de tecnologías limpias, una de estas iniciativas fue abordada durante el panel denominado “Agenda Verde B20” de Cannes a México, donde participantes, como Luis Farías, Vicepresidente de CEMEX, se pronunciaron por aplicar un “impuesto verde” a aquellas empresas o instituciones contaminantes.

De igual manera, el almacenamiento masivo de energía es un factor que permitirá diferir y optimizar los flujos de energía, disminuyendo las emisiones de las empresas proveedoras, que en este caso en particular se ubican en los estados de California, Estados Unidos y en Baja California y Sonora, del lado mexicano.



Figura 18. Parque Eólico “La Venta”, Oaxaca, México

El estado de Oaxaca en México, es uno de los estados más privilegiadas del mundo, en cuanto a potencial eólico (cerca a los 6,000 MW), debido a su ubicación geográfica y favorables condiciones climatológicas (Atlas de Recursos Eólicos de Oaxaca, National Renewable Energy Laboratory/ Asociación Mexicana de Energía Eólica, 2015).

En el caso del estado de Baja California se construyen varias granjas eólicas, con un potencial de entre 4,000 y 8,000 Megawatts de electricidad y requiere un sistema de almacenaje para contar con disponibilidad permanente y atender con regularidad las necesidades de energía.

Esto muestra el gran potencial de las energías renovables en nuestro país. México está cada vez más fuerte, construyendo su futuro de la mano de la innovación y con el compromiso fuerte y decidido de mitigar el deterioro medioambiental que está dañando al planeta.



Figura 19. Contaminación industrial y torres de trasmisión eléctrica

1.5.9.3 Programa especial de cambio climático

Este esfuerzo por adquirir un compromiso con la **sustentabilidad** se ha visto reflejado en diversas Leyes e iniciativas que se han estado presentando en los últimos años, como el Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012, la Ley para el aprovechamiento de energías renovables en México, el Financiamiento de la transición energética y las hipotecas verdes del INFONAVIT entre otras.

También se tendrá la capacidad de vender excedentes de energía generada, la posibilidad de crear parques de energías renovables para la distribución de energía. Con todo esto, se espera que para el año 2017, 10% de la energía producida en el país sea generada con fuentes renovables desarrolladas con recursos privados.

Por ello la importancia de coadyuvar con este objetivo, haciendo que nuestro gremio participe, desde su diseño, en proyectos habitacionales que aporten al esfuerzo nacional de generar energías renovables a escala habitacional, es decir que se evalúen los ahorros utilizando nuevas tecnologías para generar energías limpias a partir de una unidad de vivienda, que por su efecto multiplicador se vuelve un aspecto primordial para alcanzar porcentajes más elevados de generación de energías limpias.

1.5.10 Daño ambiental

El 77% del territorio mexicano está seco debido a la sobreexplotación del agua, la tala clandestina inmoderada, la erosión del suelo, entre otros factores. México tiene una de las zonas más secas de América del Norte, que es la delta del Rio Colorado, donde solo llueve 30 milímetros al año, según autoridades federales de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2015).

Los pronósticos señalan que para el año 2050 se incrementara la temperatura hasta en 2 grados Celsius en el país y se prevé que el aumento de temperatura traerá como consecuencia, la perdida de bosques que se harán más vulnerables ante el cambio climático, lo que generará escasez de agua, presencia de plagas y enfermedades para la población.

Lo más grave está en que no se han creado políticas ni programas para mitigar la problemática del cambio climático, lo que originara menos recarga de mantos acuíferos y por ende menos agua para consumo humano y ante la falta de precipitación pluvial, mayor demanda de agua para las ciudades, el sector agrícola e industrial.

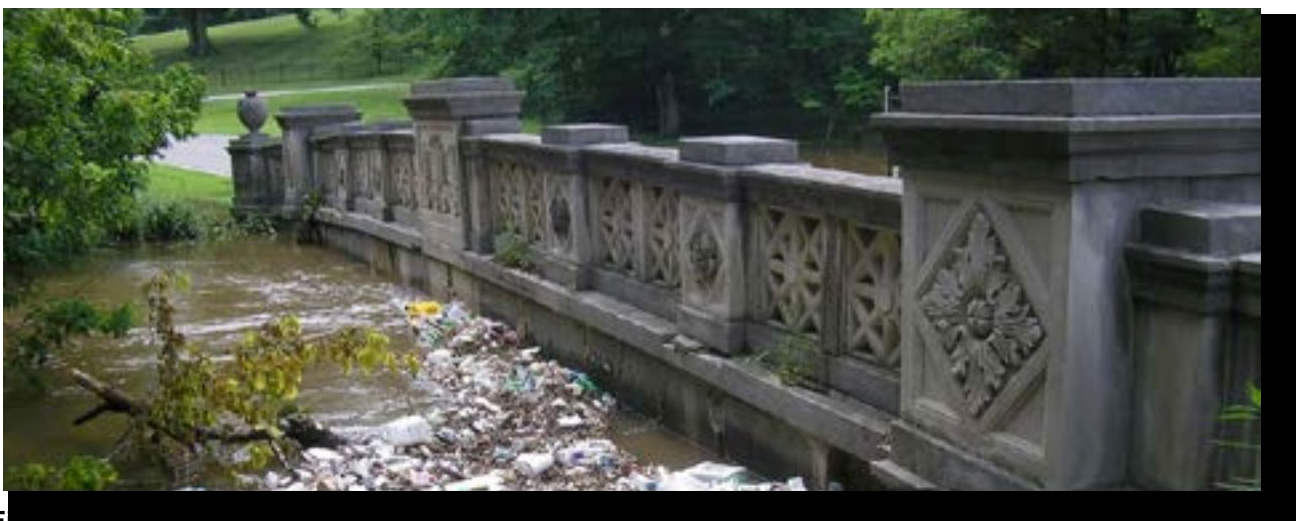


Figura 20. Contaminación de mantos acuíferos

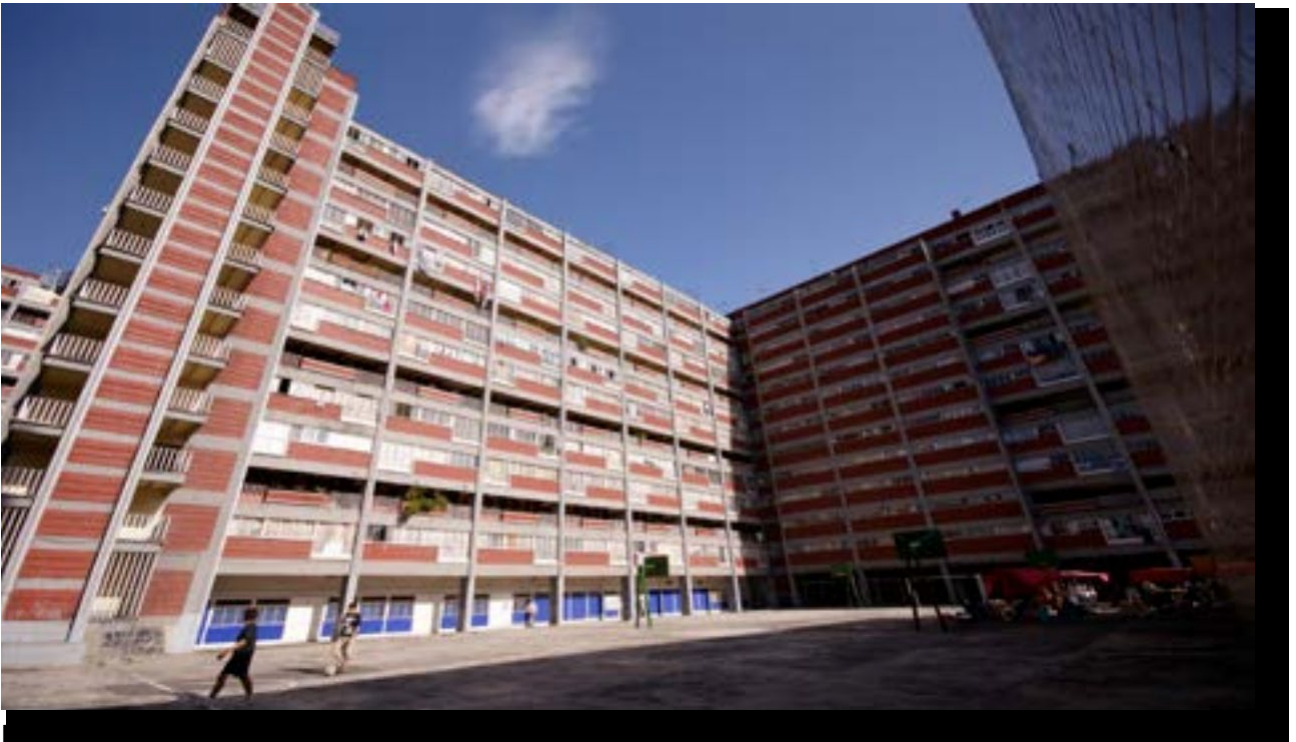
1.5.11 Problemática de vivienda en México

La situación de la vivienda en México se relaciona de manera directa con la preparación académica multidisciplinar de profesionistas, ya que éstos podrían influir en la solución de este problema.

De acuerdo con la propuesta del profesor Cortés Salgado, la vivienda está íntimamente relacionada con la arquitectura, el urbanismo, el diseño, la ingeniería, la salud, la economía, la sociología, la política, las leyes, la contabilidad, la geografía, la ecología, la cultura, la filosofía, la historia y muchas otras disciplinas.

Es necesario comprender el marco histórico del proceso de urbanización y la evolución del fenómeno demográfico que se ha presentado en el país en los últimos cincuenta años y vislumbrar cuál será el desafío en los próximos cincuenta años.

Después de la Segunda Guerra Mundial el crecimiento demográfico registró un ritmo muy acelerado y representó, a su vez, el inicio formal del proceso de industrialización, trayendo consigo una gran transformación en el ámbito urbano. Tomando como punto de partida 1950, con una visión prospectiva hasta 2050, se puede establecer que en este periodo se han desarrollado los profesionales, usuarios y demás actores que en la actualidad enfrentan el problema de la vivienda.



1.5.11.1 Crecimiento poblacional

“En 1950 el país tenía 25 millones de habitantes; para 1970 la población ascendía al doble, y en 2000, cuatro veces más. De 1950 a 1970 se creció a una tasa de natalidad de 3.2% anual; de 1970 a 1990, 2.6%, y en la última década del siglo pasado, alrededor de 2%”.

“Aunque el incremento ha sido considerable, no fue homogéneo dentro del territorio. En términos generales, ha habido una gran diferencia entre el crecimiento rural y el urbano. De los 25 millones de habitantes que había en 1950, alrededor de 70% vivía en el medio rural y el restante, en el urbano”.

“Para 2000 el fenómeno se invirtió: más de 70% de la población es urbana y menos de 30% vive en el medio rural. Esto significa que el núcleo urbano pasó en 50 años de 7.5 millones a casi 75 millones de personas, es decir, creció 10 veces. Lo anterior ha rebasado la capacidad del Estado y de la sociedad civil para darle asentamiento a la población en las ciudades de manera satisfactoria y dotarla de una vivienda digna, con infraestructura, equipamiento y demás servicios necesarios”.

“En el periodo comprendido entre 1950 y 2050 se estima que el país habrá crecido seis veces en población, de 25 a 150 millones, llegando muy probablemente a ese monto tope de población”. (INEGI 2015).

1.5.11.2 Crecimiento en la Ciudad de México

Según la Organización de las Naciones Unidas: población mundial, 2015: “el caso más dramático es el de la ciudad de México y su zona metropolitana, porque crece al doble cada diez años. En 1960 vivían ahí poco más de cuatro millones de habitantes; para 1970 eran ocho millones y en 2000 son casi 20 millones. Es decir, nos enfrentamos a la necesidad de construir una ciudad cada diez años, de tamaño similar a la que se edificó durante más de 400 años”. Según la ONU la población mundial 56% habita en zonas urbanas y se espera que para el año 2050 este porcentaje alcance el 66%, lo que hace imperativo el enfocar todos nuestros esfuerzos a hacer que nuestras viviendas sean desde su concepción en viviendas sustentables.

Este es un desafío enorme, pues hay que dotarlos de redes de agua potable, drenaje, electricidad, gas, telefonía, acceso a comunicaciones, así como escuelas, clínicas, instalaciones para la recreación y el deporte y equipamiento en general, con servicios de pavimentación, alumbrado, seguridad, etcétera.

En los próximos diez años habrá que construir, como mínimo, cinco millones de viviendas para cubrir las necesidades de estas personas, además de los rezagos acumulados.

No es aceptable seguir destruyendo la naturaleza, continuar contaminando el ambiente, construir en lugares inadecuados y con materiales no apropiados, diseñar sin sentido y hacer viviendas efímeras.

La expectativa de crecimiento estimado de población al año 2050, aunado a la necesidad de vivienda para satisfacer dicha expectativa, deriva en un pronóstico de consumo de energía eléctrica de dimensiones brutales.

La vivienda que actualmente se construye no considera de manera consciente y responsable las variables bioclimáticas que podrían reflejar una reducción considerable en el consumo de energía eléctrica.

El consumo promedio de una vivienda encuestada con 5 habitantes es de 500 kW/h por bimestre, que comparados con una vivienda diseñada considerando una solución bioclimática sistémica permite ahorros considerables de hasta el 80% simplemente generando conciencia de la importancia que esta consideración conlleva.

Es indispensable romper paradigmas y patrones de diseño, para incorporar el tema bioclimático de manera sistémica, cambiando el modo de diseñar vivienda, principalmente vivienda vertical multifamiliar por su efecto multiplicador.

La necesidad de construir 5´000,000 de viviendas en los próximos 10 años nos obliga a tomar acciones, desde el momento de su planeación, utilizando la información bioclimática de los sitios a desarrollar, como el factor potenciador en el proceso de diseño de este colosal reto, con el propósito fundamental de lograr, desde su concepción, considerables ahorros en el consumo de energía eléctrica.

Se vuelve imperativo generar conciencia de la importancia de considerar desde el inicio de un proyecto habitacional, todas las variables bioclimáticas con el propósito primordial de lograr su eficiencia energética y por ende sustentabilidad.



1.5.11.3 Consideración de variables bioclimáticas

Por lo anterior adquiere primordial importancia el diseño que considere las variables bioclimáticas de los nuevos proyectos habitacionales además de generar conciencia del consumo eficiente de la energía, para incrementar calidad de vida, **sustentabilidad** y habitabilidad de sus residentes. Además de que es necesario proyectar vivienda en sentido vertical por la cada vez más difícil disponibilidad de terrenos y reducir los consumos ineficientes de energía eléctrica en desarrollos multifamiliares, aprovechando su efecto multiplicador.

Capítulo 2

Marco metodológico

2.1 Metodología de visualización

La metodología que se siguió para evaluar el estado bioclimático del sitio e identificar las ineficiencias, los consumos, desperdicios y sus causas sistémicas.

Esta la selección del **caso de estudio**, su descripción considerando las características geométricas, físicas y de vocación, el análisis de su entorno, sus datos climáticos, así como los parámetros de confort.

La parte experimental utilizando sensores de temperatura, humedad, así como la utilización de anemómetros para medir la velocidad del viento.

La selección de los departamentos con temperaturas críticas (más frío-más caliente).

Por último la simulación en el conjunto de viento en 3 diferentes alturas y la simulación de asoleamiento en las estaciones del año (equinoccios y solsticios), para identificar visualmente el desempeño del viento y del sol en el conjunto y analizar las trayectorias de los vientos, sus turbulencias, así como las proyecciones de las sombras.

2.1.1 Caso de estudio

“Residencial La Enramada” ubicado al poniente de la Ciudad de México, en la zona de Interlomas, dentro del Lomas Country Club en el Municipio de Huixquilucan, Estado de México.

El Residencial se encuentra sembrado sobre un terreno de aproximadamente 7 hectáreas (70,000 m²), con una topografía conformada por lomas de pendientes suaves rodeado en sus linderos por viviendas de interés social en sus colindancias norte y oriente.

Fue proyectado para la construcción de 8 torres de 60 departamentos c/u de interés medio alto. Cada torre tiene 15 niveles con 4 departamentos por piso y cada edificio cuenta con 3 niveles para estacionamiento.

Además cuenta con áreas de entretenimiento, conformadas por un edificio para áreas comunes que alberga: 2 salones multiusos con cocina y baños incluidos, uno con capacidad para 250 personas y el otro con capacidad para 100 personas, además de un

Gimnasio, Baños y SPA para hombres y mujeres, una alberca de aproximadamente 1200 m³ y un lago artificial, 4 canchas de tenis y 2 de paddle tenis.

Cuenta también con áreas jardinadas y una importante zona boscosa (5 hectáreas), todas interconectado por un circuito interno de circulación vehicular.

Cada torre cuenta con 3 elevadores (uno de ellos de servicio), una planta redundante de emergencia de combustión interna, un cuarto refrigerado concentrador de basura, 7 bombas de agua, 4 de 5hp, y 3 de 3hp para cisternas, alumbrado en Lobby principal, estacionamientos y pasillos, activado con sensores de movimiento. Cuenta con supresores de picos y 2 tierras físicas, 4 luces de aproximación para helipuerto y 2 aparta rayos.



Figura 22. Areas de entretenimiento de “La Enramada”.

2.1.2 Identificación de la poligonal

Tomando en cuenta todas estas condiciones generales, se desarrolló un diagnóstico del estado bioclimático en el que se encuentra el **residencial**, para visualizar y medir la eficiencia de su desempeño, para lo cual practicamos un análisis del sitio con las siguientes acciones:

Figura 23. Identification de la poligonal, Google Maps

Identificación de sus coordenadas geográficas, topografía y orientación.

Latitud: 19° 24` 51`` N Longitud: 99° 16`37`` O

Altura sobre el nivel del mar: 2483 m

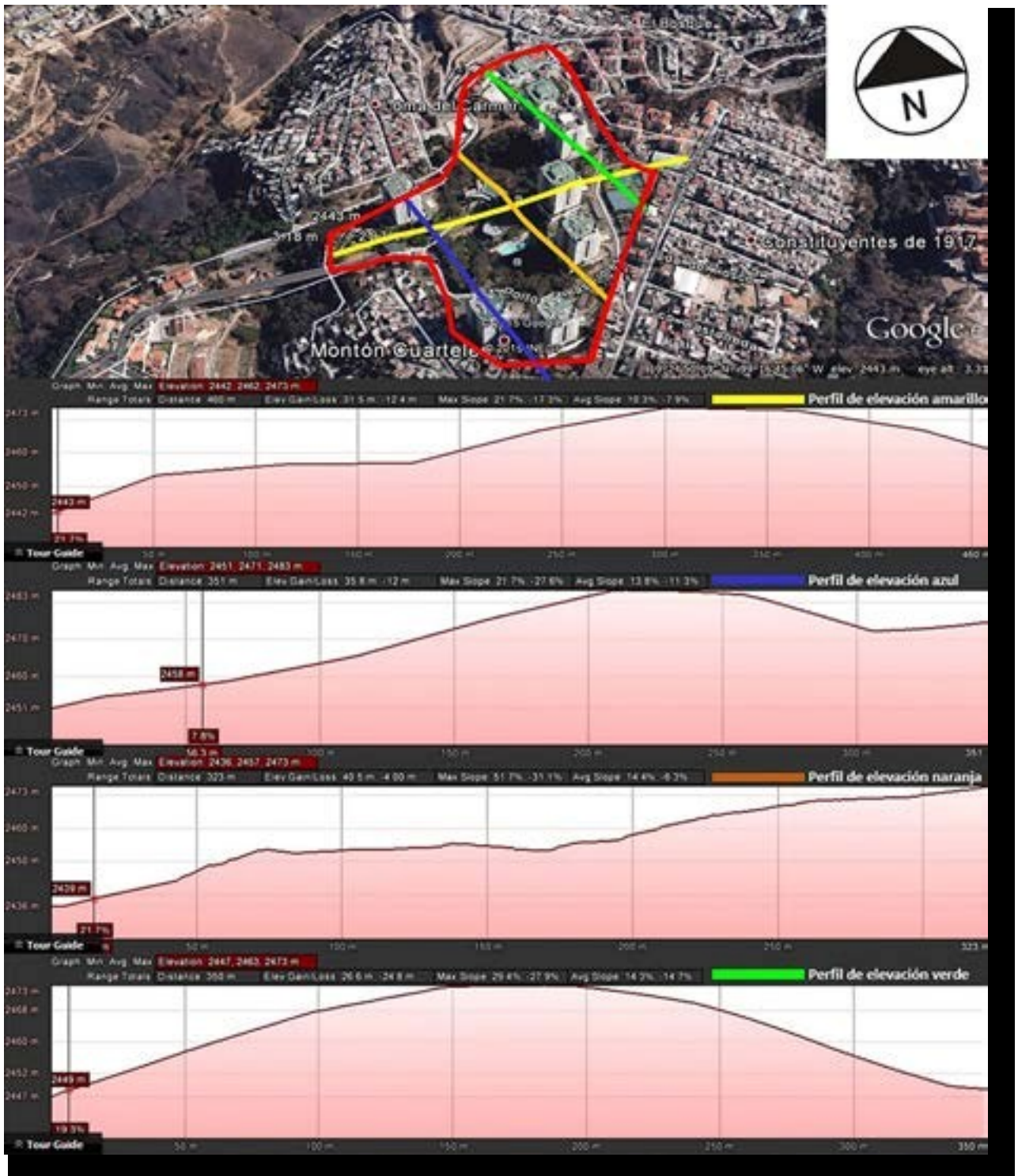


Figura 24. Perfiles de elevación en el conjunto

2.1.3 Análisis del entorno inmediato

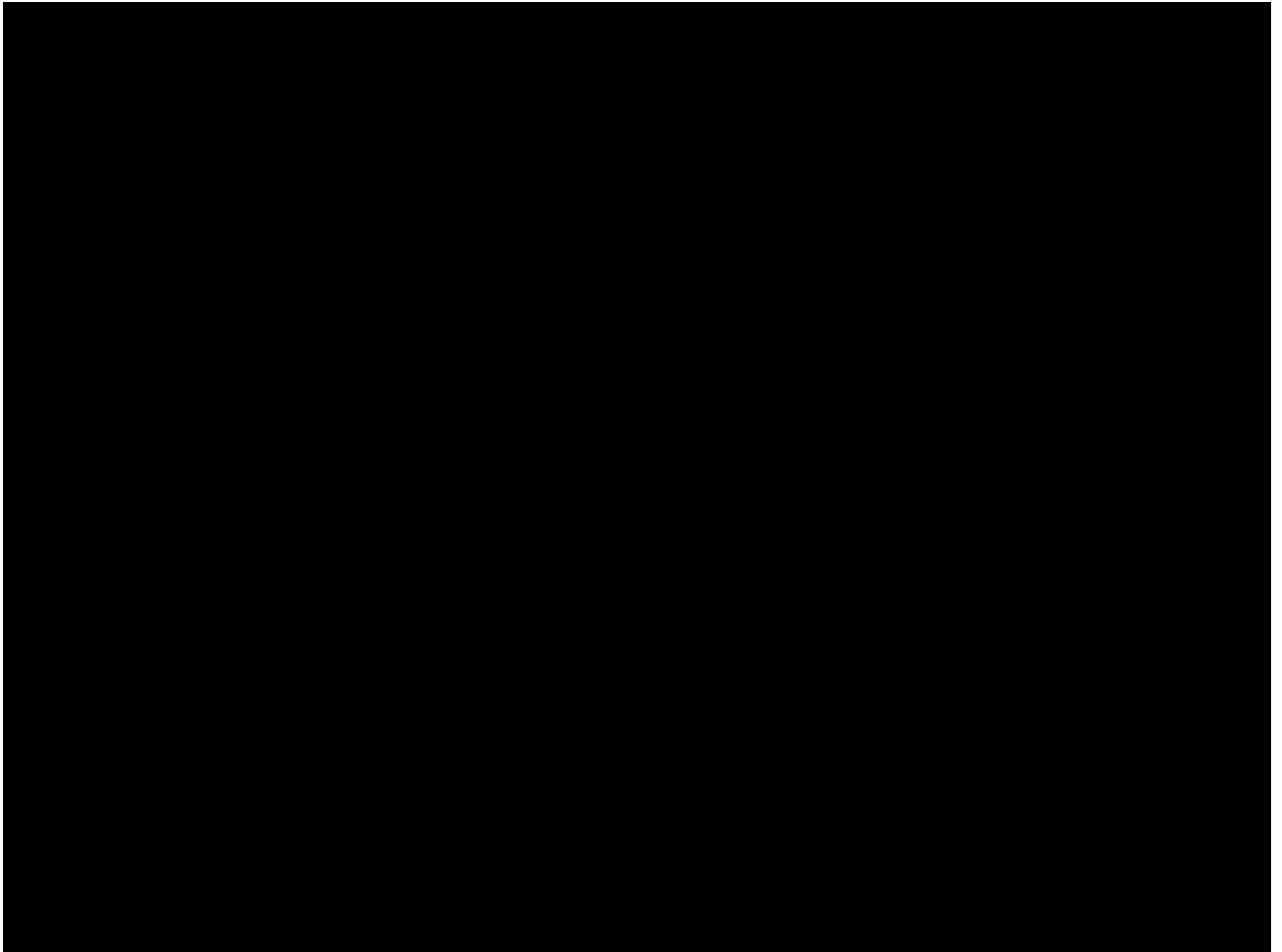
La zona de estudio cuenta con una buena accesibilidad y en este análisis de entorno mediato, el estudio se encuentra en los límites con el distrito federal y a una gran altura sobre el nivel del mar (2450m). El conjunto se desplanta sobre una superficie irregular de 7 hectáreas aproximadamente y con varias pendientes como se observa en el perfil de elevación (Google Earth) con diferencias de hasta 47 metros de altura de un punto a otro y; con una desviación de 77° respecto al Norte verdadero, hacia el Oeste.



Figura 25. Perspectiva Google Earth 1 desde el Suroeste



Figura 26. Perspectiva Google Earth 2 desde el Norte



Video 2. Planta de Conjunto

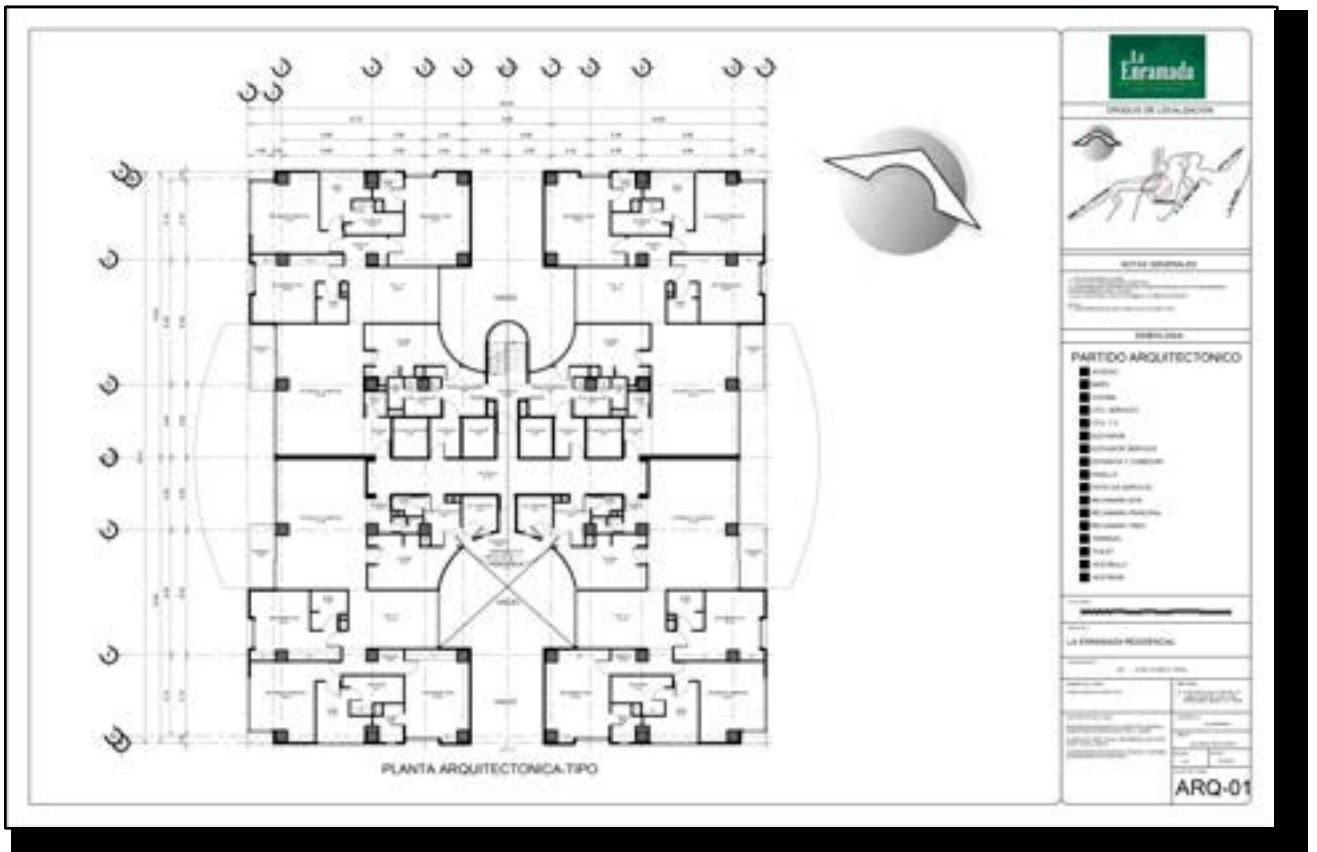


Figura 27. Planta Arquitectónica de “Edificio Tipo”

2.1.4 Datos climáticos

En este punto se dan a conocer las normales climatológicas del Sistema Meteorológico Nacional; para lo cual, la estación más cercana al proyecto de estudio (4.36 km) es la No.15077 “Presa Totolica” con datos de 1981-2010.

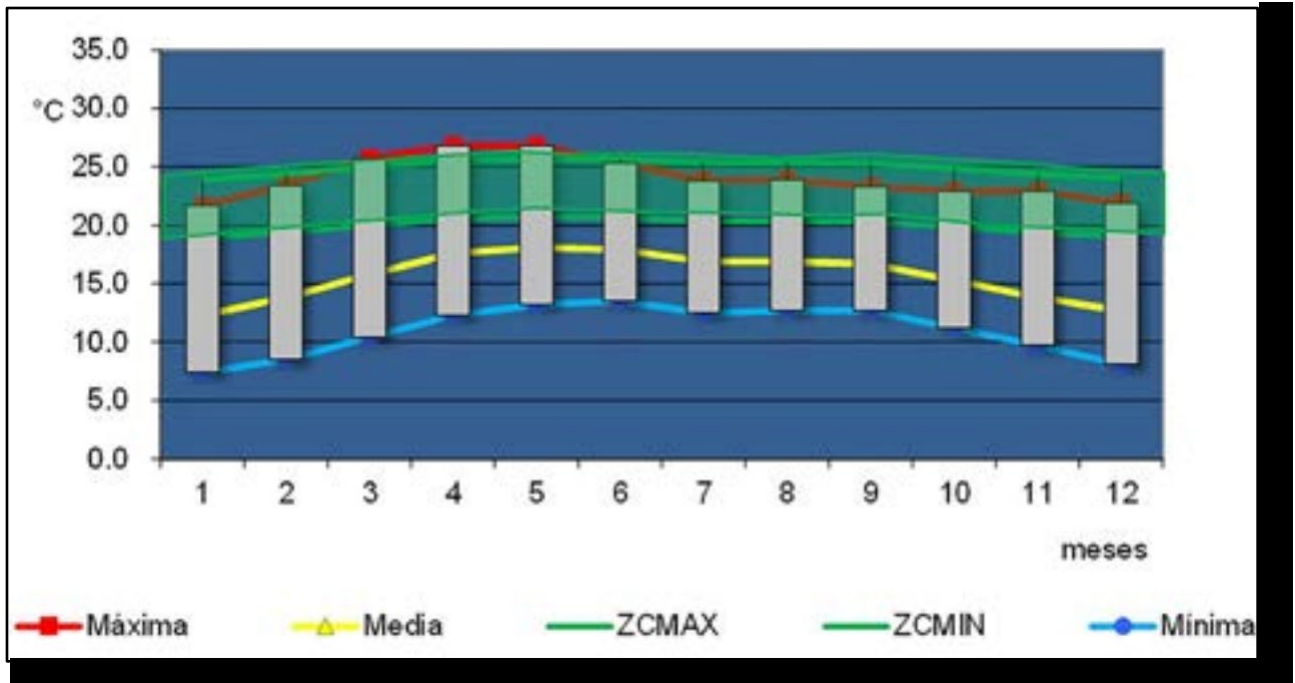


Figura 28. Ubicación del sitio de análisis y su estación climatológica más cercana.

Tabla 1. Normales climatológicas

Se llegó a los siguientes resultados “parciales” en base a los datos estadísticos de la zona de análisis por medio de hojas de cálculo del Dr. Víctor A. Fuentes Freixanet, 2015, evaluando las temperaturas, humedad relativa, nubosidad y radiación solar (Google Earth y estación Meteorológica Útil del SMN).

2.1.4.1 Temperatura



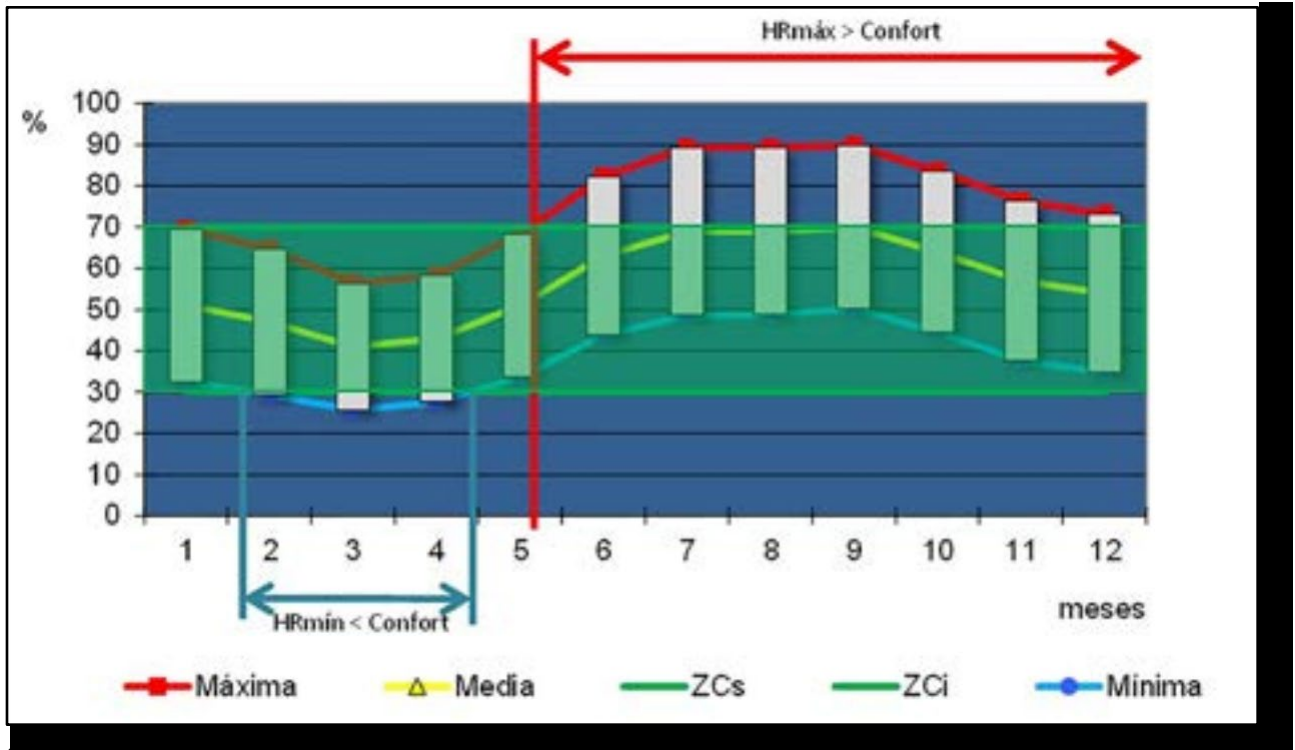
Gráfica 1. Temperatura

1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr	7 hr	8 hr	9 hr	10 hr	11 hr	12 hr	13 hr	14 hr	15 hr	16 hr	17 hr	18 hr	19 hr	20 hr	21 hr	22 hr	23 hr	24 hr	MMF5	PBO
7.6	7.7	7.6	7.5	7.4	7.4	7.5	7.6	7.8	8.1	85.6	15.0	18.6	20.9	21.7	21.4	20.5	19.5	17.1	15.0	13.0	9.7	8.3	8.0	ENE	12.3
8.3	8.0	8.8	8.6	8.5	8.5	8.6	8.8	9.2	9.7	12.3	16.7	20.3	22.6	23.4	23.1	22.2	20.8	19.0	16.7	14.2	11.4	8.9	9.5	FEV	13.8
11.1	10.9	10.7	10.6	10.4	10.4	10.6	10.7	11.1	11.8	14.2	18.7	22.4	24.9	26.7	26.4	24.6	23.1	21.1	18.8	16.1	13.3	11.7	11.4	MAR	15.8
13.2	12.9	12.7	12.6	12.3	12.3	12.4	12.7	13.2	13.8	16.3	20.5	23.9	26.8	26.8	26.5	25.7	24.4	22.4	20.4	18.1	16.4	14.0	13.6	ABR	17.6
14.0	13.7	13.5	13.3	13.2	13.2	13.3	13.6	14.0	14.6	16.8	20.8	24.0	26.1	26.8	26.5	25.8	24.5	22.8	20.8	19.3	16.9	14.6	14.3	MAY	18.1
14.4	14.1	13.8	13.7	13.5	13.5	13.6	13.9	14.4	14.9	17.0	20.3	22.9	24.7	25.3	25.1	24.4	22.4	20.4	18.3	16.4	14.3	13.1	14.7	JUN	17.9
15.0	15.2	15.5	15.2	15.5	15.5	15.6	15.8	15.6	16.3	16.3	19.2	21.7	23.2	23.8	23.6	23.0	21.0	19.1	16.9	14.6	12.7	11.5	14.8	JUL	16.9
15.6	15.3	15.0	14.9	14.7	14.7	14.8	15.1	15.6	16.1	16.1	18.2	21.7	23.3	23.9	23.7	23.1	21.1	19.0	16.2	14.4	12.4	11.5	13.9	AGO	16.9
15.6	15.3	15.0	14.8	14.7	14.7	14.8	15.1	15.6	16.1	16.9	18.8	21.2	22.8	23.3	23.1	22.5	21.6	20.4	18.9	17.2	14.3	13.2	13.9	SEP	16.7
11.7	11.6	11.4	11.3	11.2	11.2	11.3	11.6	11.7	12.0	14.0	17.6	20.1	22.3	22.9	22.7	22.0	20.9	19.2	17.6	15.6	13.3	12.1	11.9	OCT	16.3
9.5	9.6	9.6	9.7	9.7	9.7	9.7	9.6	9.5	9.4	11.7	16.1	19.7	22.1	22.9	22.6	21.7	20.3	18.4	16.2	13.6	10.8	9.4	9.5	NOV	13.8
8.4	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.2	8.4	8.5	10.9	15.2	18.9	21.1	21.9	21.6	20.9	19.4	17.5	15.2	12.7	10.0	8.6	8.5	DIC	12.7
11.1	11.5	11.3	11.4	11.6	11.6	11.5	11.5	11.2	11.6	14.4	18.2	21.2	23.1	23.8	23.8	23.0	21.0	19.2	16.6	13.6	12.2	11.8	11.8	ANUAL	16.1

Tabla 2. Temperaturas horarias

El color blanco indica zona de **confort**, el color amarillo indica cuando se sobrepasa el rango de confort establecido (24.95°C) y el azul cuando está por debajo del rango de confort (19.95°C) con un modelo de 5K para el caso de temperaturas.

2.1.4.2 Humedad relativa



Gráfica 2. Humedad

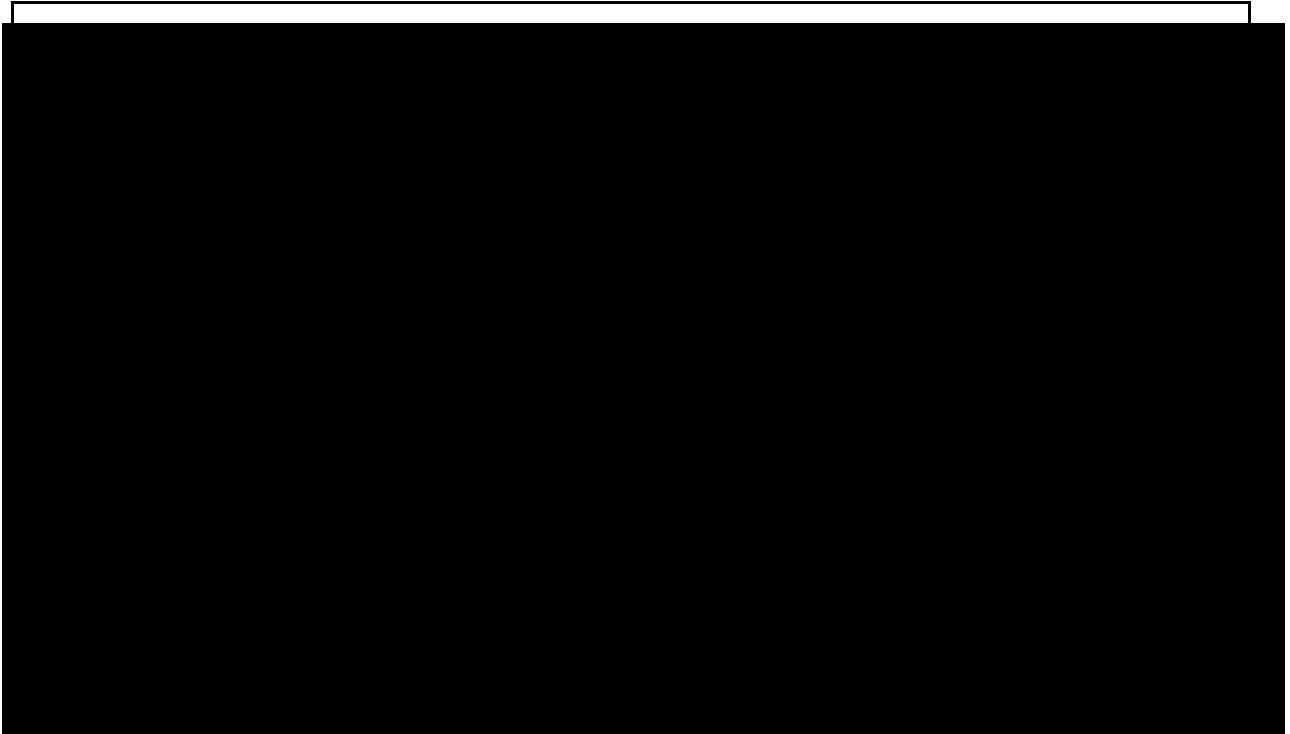
LEYENDA:		Más de 70%							de 20% a 70%							Menos de 20%							MESES	PRO		
1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr	7 hr	8 hr	9 hr	10 hr	11 hr	12 hr	13 hr	14 hr	15 hr	16 hr	17 hr	18 hr	19 hr	20 hr	21 hr	22 hr	23 hr	24 hr			
60	63	66	68	69	70	68	65	60	54	48	42	37	34	32	31	34	36	39	41	45	49	53	57	57	FEB	51
58	58	61	63	64	65	64	61	56	50	44	38	33	30	29	28	31	33	36	38	42	46	49	52	52	FEB	47
49	51	53	55	56	56	55	53	48	44	38	33	29	27	26	26	27	29	31	33	36	39	43	46	46	MAR	61
51	53	55	57	58	58	57	55	51	46	40	35	31	29	28	28	29	31	33	35	38	41	45	48	48	ABR	67
50	53	55	57	58	58	57	54	50	44	38	32	28	26	24	24	26	27	29	32	36	40	43	46	46	MAY	51
72	75	79	81	82	82	81	78	73	66	60	53	48	45	44	44	45	47	50	53	57	61	65	69	69	JUN	63
79	83	86	88	89	89	88	85	79	72	65	59	52	48	46	46	48	50	53	56	60	63	67	71	75	JUL	59
79	83	86	88	89	89	88	85	79	72	65	59	52	48	46	46	48	50	53	56	60	63	67	71	75	AGO	68
80	83	86	88	89	89	88	85	80	73	67	60	55	51	50	51	52	54	57	60	64	68	72	76	76	SEP	79
84	87	90	92	93	94	92	89	84	77	71	64	59	55	54	55	56	58	61	64	68	72	76	79	79	OCT	84
67	70	73	75	76	76	75	72	67	60	54	47	42	39	38	38	39	41	44	47	51	55	59	63	63	NOV	57
64	67	70	72	73	73	72	69	64	57	51	44	39	36	35	35	36	38	41	44	48	52	56	60	60	DIC	64
66	69	72	74	75	75	74	71	66	60	53	47	42	39	38	38	40	42	44	47	51	55	59	63	63	ENE	57

Tabla 3. Humedades relativas horarias

En cuanto a humedades el límite superior de confort es sobre el 70% y un límite inferior debajo del 30%.

El color blanco indica zona de **confort**, el azul indica cuando se sobrepasa el rango de confort establecido y el color amarillo cuando está por debajo del rango de **confort**.

2.1.4.3 Nubosidad



Gráfica 3. Nubosidad

En cuanto a Nubosidad se puede observar el comportamiento de días/mes despejados en blanco, días/mes semi-nublados en morado y los días/mes totalmente nublados. Estos datos nos permiten identificar los días de mayor iluminación y luminancia durante el año.

Derivado del análisis de estos gráficos podemos concluir:

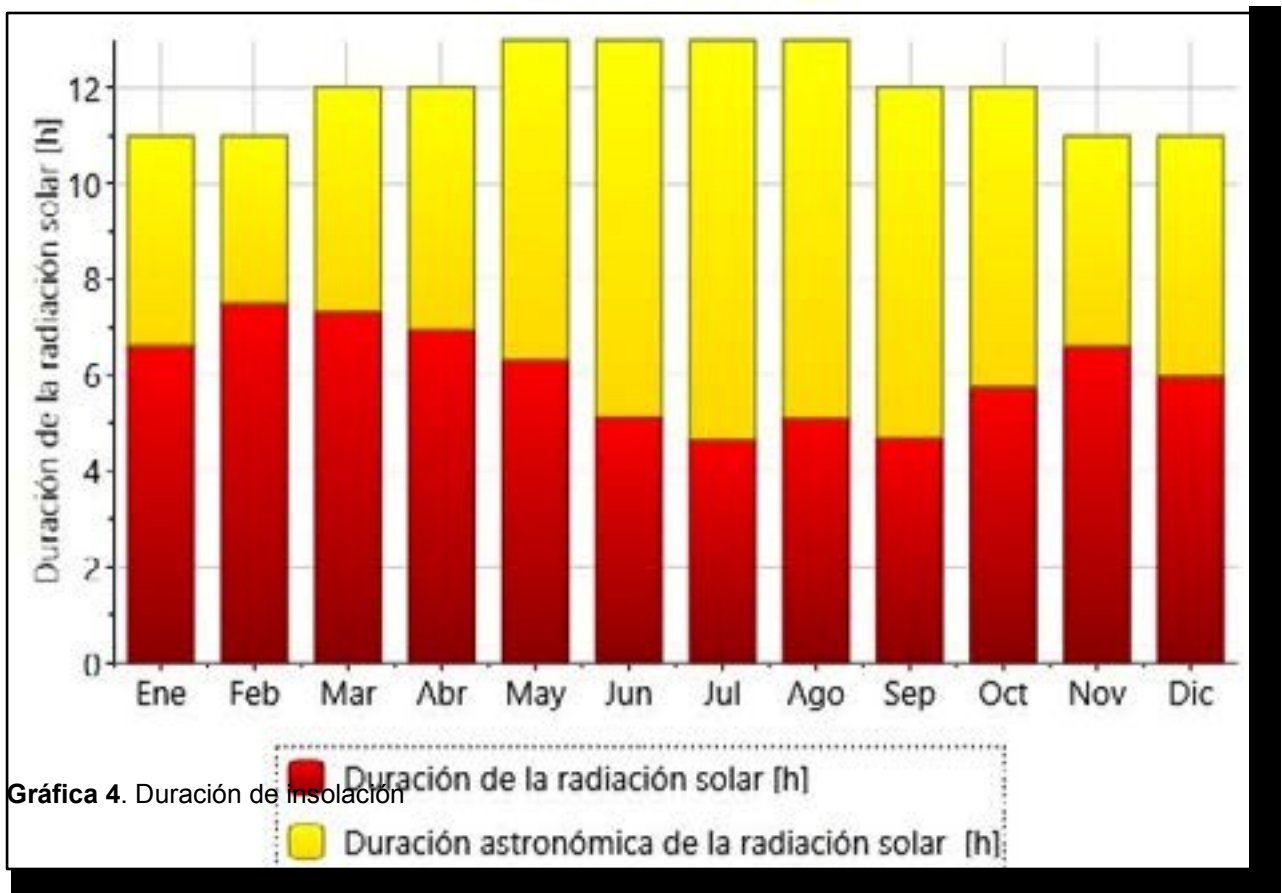
- Que las temperaturas en general, están por debajo de niveles de **confort** prácticamente todo el año.
- Que la humedad relativa esta en niveles de **confort** durante gran parte del año principalmente en el día, sin embargo en las noches de la mitad de los meses del año está por debajo de los límites de zona de **confort**.
- Que la iluminación natural directa que se obtiene de los días despejados es muy reducida en la gran parte del año, haciendo que el porcentaje de días de mediana y baja luminancia durante el año sea muy alto.

Sin embargo, existen condiciones particulares del sitio como son la topografía, el sembrado de los edificios, las alturas, los materiales seleccionados, la vegetación, las proporciones de los sistemas de ventanería, los que determinan la calidad y desempeño bioclimático y cómo influyen al bienestar de sus usuarios.

Por lo que debemos identificar, por medio del monitoreo con sensores de temperatura y humedad en diferentes departamentos del Residencial, seleccionando uno por cada orientación y en los espacios internos seleccionados por departamento, para saber las condiciones bioclimáticas **reales** y así llegar a conclusiones más precisas.

Derivado de estas, podremos recomendar las acciones correctivas para cada espacio analizado y así lograr su habitabilidad.

Para ello debemos identificar y enmarcar cual será nuestra delimitación o zona de **confort**, para que derivado de la lectura e interpretación de las mediciones practicadas, podamos determinar si están o no estos espacios en rango de **confort**, el cual lo definiremos como zona "K".



2.1.4.4 Asoleamiento

El soleamiento es solo uno de los factores bioclimáticos a tomar en cuenta durante el diseño de nuevas edificaciones o modificaciones de edificios existentes: la protección de vientos, el aprovechamiento de brisas, la iluminación natural y la protección solar son variables que contribuyen a potenciar en el proceso de diseño, la conceptualización de un proyecto.

Se muestra en la siguiente tabla, las estaciones del año, la duración de soleamiento y el número de días que corresponden para los equinoccios y solsticios.

día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE
1	1	32	66	91	121	152	182	211	244	274	305	335
2	2	33	61	82	122	163	193	214	244	274	304	334
3	3	34	62	83	123	164	194	215	246	277	307	337
4	4	35	63	84	124	165	195	216	247	277	308	338
5	5	36	64	85	125	166	196	217	248	278	309	339
6	6	37	65	86	126	167	197	218	249	279	310	340
7	7	38	66	87	127	168	198	219	250	280	311	341
8	8	39	67	88	128	169	199	220	251	281	312	342
9	9	40	68	89	129	170	200	221	252	282	313	343
10	10	41	69	90	130	171	201	222	253	283	314	344
11	11	42	70	91	131	172	202	223	254	284	315	345
12	12	43	71	92	132	173	203	224	255	285	316	346
13	13	44	72	93	133	174	204	225	256	286	317	347
14	14	45	73	94	134	175	205	226	257	287	318	348
15	15	46	74	95	135	176	206	227	258	288	319	349
16	16	47	75	96	136	177	207	228	259	289	320	350
17	17	48	76	97	137	178	208	229	260	290	321	351
18	18	49	77	98	138	179	209	230	261	291	322	352
19	19	50	78	99	139	180	210	231	262	292	323	353
20	20	51	79	100	140	181	211	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29		88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31		90		151		212	243		304		365

Tabla 4. Asoleamiento

2.1.4.5 Insolación

También es necesario hacer un análisis dinámico del **caso de estudio** con el propósito de visualizar no solo la penetración de rayos solares en los espacios de investigación, sino también, como impactan las proyecciones de las sombras en el conjunto Residencial.

2.1.5 Confort higrotérmico

El confort higrotérmico, consiste en la ausencia de malestar térmico. En el caso particular del diseño o arquitectura bioclimática, este se considera como un parámetro de control de las condiciones de habitabilidad de los espacios interiores.

Para conseguir un nivel óptimo de **confort** térmico, es necesario realizar un estudio de los materiales de construcción y los factores de acondicionamiento que determine todas las variables que pudieran afectar el ambiente.

Los factores que influyen en el clima interno de los edificios son:

2.1.5.1 Temperatura del aire

Para indicar el **confort** térmico, la humedad, la velocidad del aire y el calor, no debe influir en el clima interior y el rango óptimo se considera desde 20°C en invierno a 25°C en verano. El gradiente térmico vertical (desde la cabeza a los pies de la persona) no debe superar 3° Kelvin.

2.1.5.2 Humedad relativa

Básicamente la función de la humedad corresponde a evaporarse por medio de la piel, ser absorbida por el aire seco y enfriar el cuerpo. La recomendación para la salud humana consiste en una humedad relativa de entre 30% a 40% como mínimo y de 60% a 70% como máximo.

2.1.5.3 Movimiento del aire

Influye en la pérdida del calor del cuerpo por convección y evaporación. Usualmente los movimientos de 0.1 a 0.2 m/s son agradables, sin embargo cuando éstos movimientos enfrían más de lo deseado se denominan corrientes y se vuelven un problema serio para el confort térmico. Sobre los 37°C el aire en movimiento calienta la piel por convección y a la vez enfría por medio de evaporación, pero a mayor temperatura menor es el efecto refrigerante.

2.1.5.4 Temperatura radiante media

Es el calor emitido en forma de radiación por elementos del entorno, sumado al promedio de las temperaturas superficiales de todos los cerramientos.

2.1.5.5 Temperatura operativa

Es el valor medio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media. En invierno puede ser entre 20°C a 22°C y en verano entre 25°C y 27°C. Aunque en invierno

son aceptables niveles un poco más bajos, los cuartos de baño y dormitorios de personas enfermas deben tener una temperatura mayor.

Debido a los múltiples factores que interactúan en la sensación térmica, como la vestimenta de las personas o incluso la estación del año y la hora del día, se recomienda considerar elementos que apoyen el **confort** térmico, como la calefacción ambiental o sistemas de ventilación adicionales, lo que en este estudio pretendemos reducir buscando eliminar cualquier apoyo externo.

Según los parámetros definidos en las cartas bioclimáticas, los intervalos de valor que permiten el confort térmico corresponden a:

- Temperatura del aire ambiente: entre 18° y 26°C.
- Temperatura radiante media superficie del local: entre 18° y 26°C.
- Velocidad del aire: entre 0 y 2 m/s.
- Humedad relativa: entre 40% y 65%.

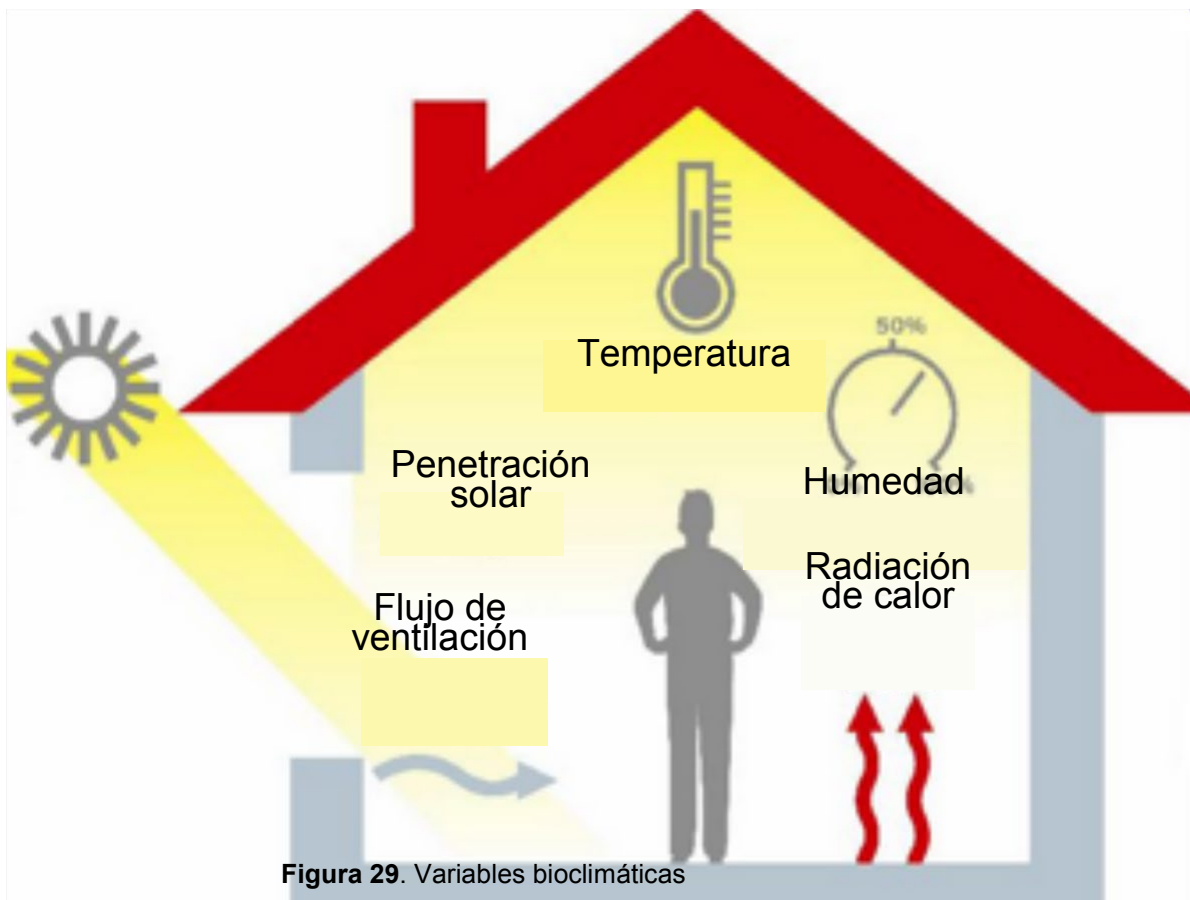
2.1.5.6 Criterios de desempeño del confort

Los criterios de desempeño están definidos en dos categorías, según las condiciones de operación del edificio.

En edificios pasivos se debe regir por las **características del diseño**, respondiendo a las condiciones bioclimáticas para adaptarse a ellas.

En edificios calefaccionados y/o refrigerados el rango de **confort** se establece como condición de operación de los sistemas activos en el edificio y además se utilizan como parámetros de simulación para la determinación de la demanda de energía.

Croquis esquemático de todas las variables a considerar en un análisis bioclimático para medir su desempeño y eficiencia.



2.1.6 Monitoreos

Se hicieron mediciones de Temperatura Interna para determinar por medio de cálculos matemáticos la Temperatura Neutra: fórmula, $17.6^\circ + (0.31) * TA$ (Temperatura Media), Auliciems y Szokolay, Thermal **Confort**, 1997), así como la Humedad Relativa, durante 7 días, en 3 espacios diferentes dentro de cada departamento.

El propósito es el de identificar las variaciones internas por departamento. Se utilizaron 3 Sensores (temperatura y humedad) tomando datos cada 30 min en cada departamento. Por lo que se tomaron mediciones por cada orientación. Los resultados se digitalizaron con ayuda de (Excel, Revit, Photoshop y Camtasia) ®.

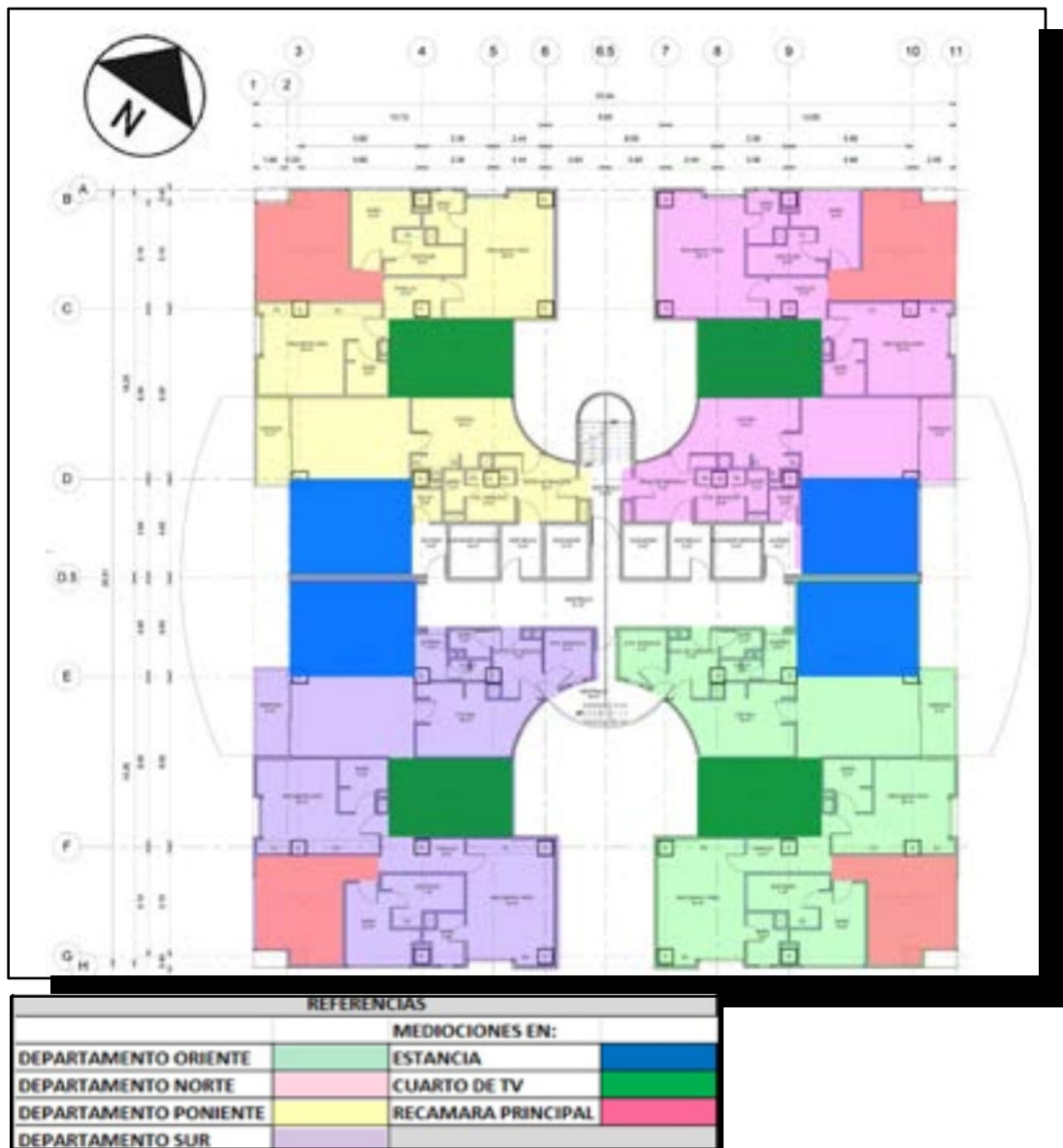


Figura 30. Planta arquitectónica de monitoreos

2.1.6.1 Encuestas

Asimismo, se realizaron encuestas a los habitantes de los departamentos donde se practicaron las mediciones de temperatura y humedad, con el propósito de llevar un registro de sus horarios de ocupación, uso, grado de bienestar o **comfort**.

También se les solicitó una copia de sus recibos de CFE de todos los bimestres del último año para identificar sus consumos de energía eléctrica.

A continuación se presenta la tabla de registro de los resultados de la información dura derivada de los recibos de consumo de energía eléctrica.

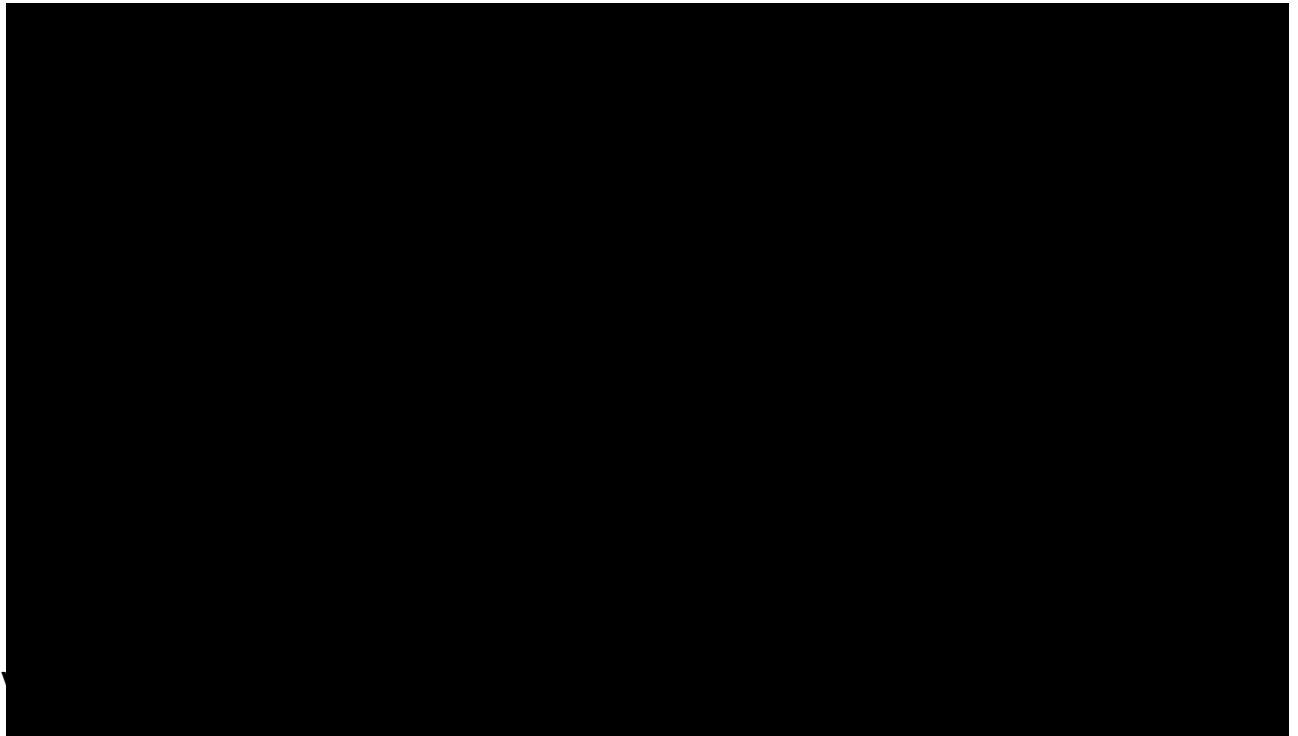
MEDICIONES DE CONSUMO ELÉCTRICO POR DEPARTAMENTO MUESTRA											
DEPARTAMENTO	N° HABITANTES	ORIENTACION	NIVEL	TORRE	BIMESTRE	USO	TARIFA	CONS. kWh	PROM./AÑO	kWh/m2	OC
NT4	2	SUR	PB	B	1er/2015	D	1	409	405	1.45	
					2do/2015			351			
					3er/2015			372			
					4to/2015			430			
					5to/2015			465			
903	1	ORIENTE	9	A	1er/2015	D	1	292	288	1.20	
					2do/2015			271			
					3er/2015			294			
					4to/2015			316			
					5to/2015			268			
503	3	PONIENTE	5	B	1er/2015	D	1	581	520	2.16	
					2do/2015			544			
					3er/2015			467			
					4to/2015			483			
					5to/2015			527			
301	2	NORTE	3	F	1er/2015	D	1	279	294	1.13	
					2do/2015			270			
					3er/2015			316			
					4to/2015			322			
					5to/2015			285			
*D=Domestic											

Tabla 5. Consumo de energía eléctrica

Las mediciones de consumo eléctrico/departamento, nos arrojan información que nos permite calcular el consumo de kW/h/m² por cada unidad. Esta será una variable que comparada con las demás variables analizadas nos ayudara a visualizar el consumo total de kW/h, que con acciones correctivas de proyecto, así como en el consumo eléctrico, se traducirán en ahorros económicos importantes de consumo y nos permitirán determinar que tecnologías podemos implementar para lograr la sustentabilidad del departamento, además del impacto que estas tendrán en la reducción de emisión de gases efecto invernadero.

2.1.6.2 Resultado de mediciones

Se presentan los resultados por cada espacio de análisis y por cada orientación graficando el rango de confort en base a una Temperatura Neutra (5K-Modelo de control estático), que es el rango o franja de **confort** que resulta de fijar los límites 2.5K arriba y 2.5K abajo de esta Temperatura Neutra, así como de la Humedad Relativa.





Video 4. Resultados de mediciones de temperatura y humedad relativa en Cuarto de TV

Video 5. Resultados de mediciones de temperatura y humedad relativa en Rec. Principal

2.1.6.3 Criterio de selección por departamentos críticos

Como resultado de las mediciones practicadas en cada departamento, se eligieron las de los departamentos con temperaturas extremas, es decir las del departamento más caliente y las del más frío, resultando las orientaciones (Norte y Oriente).

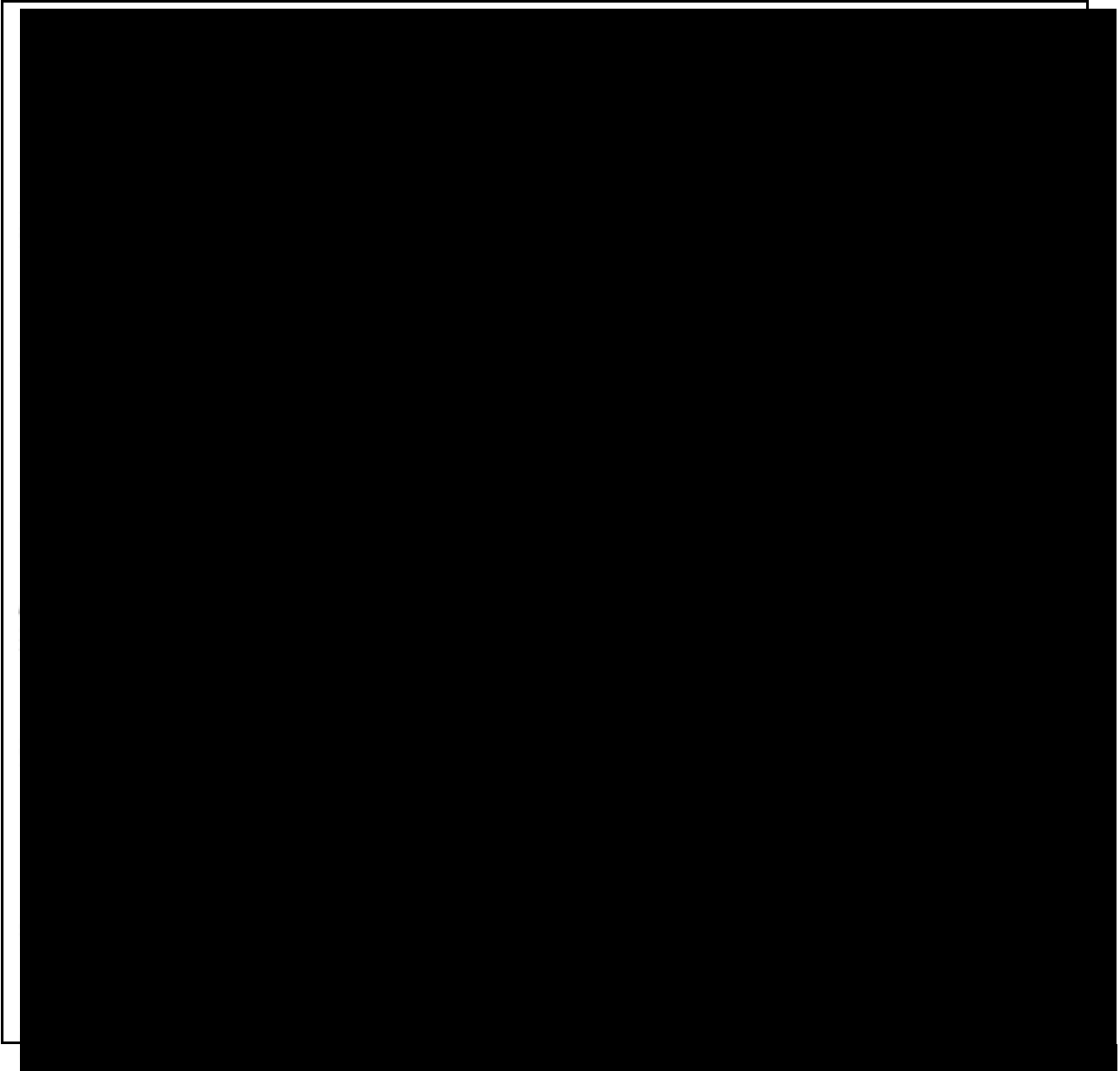
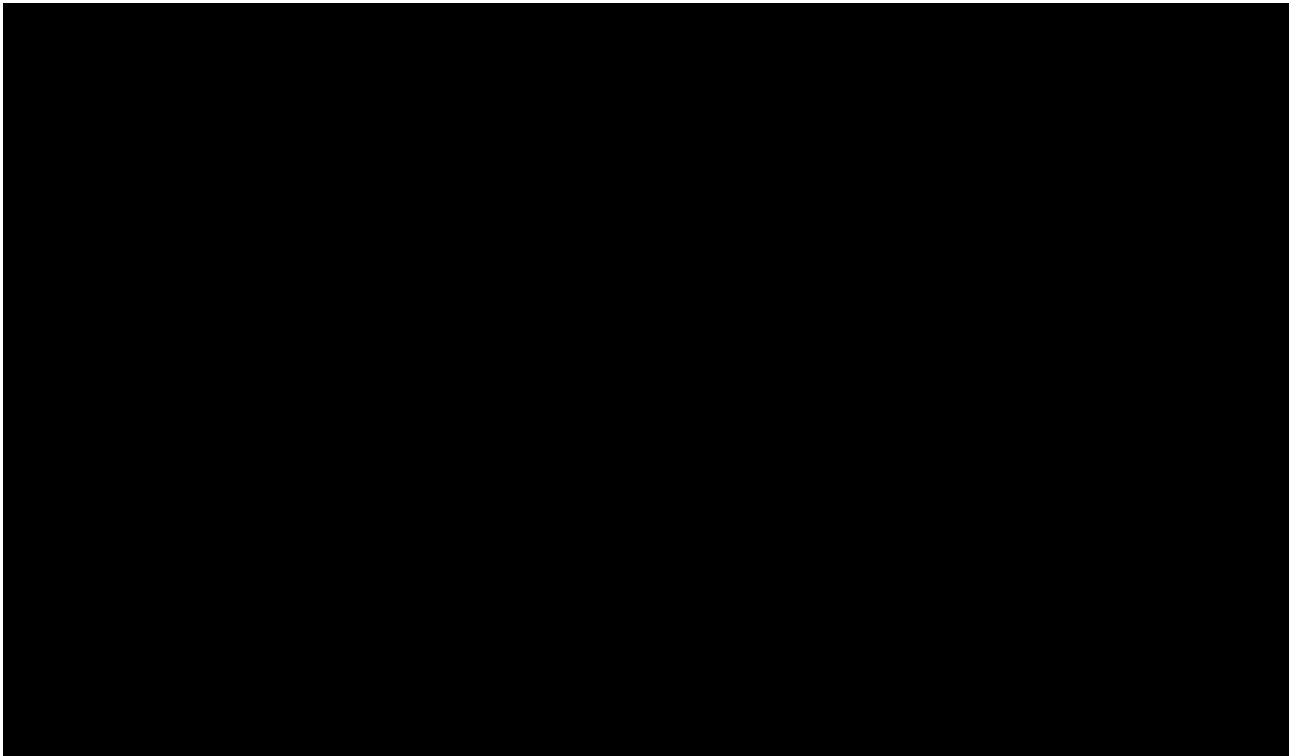


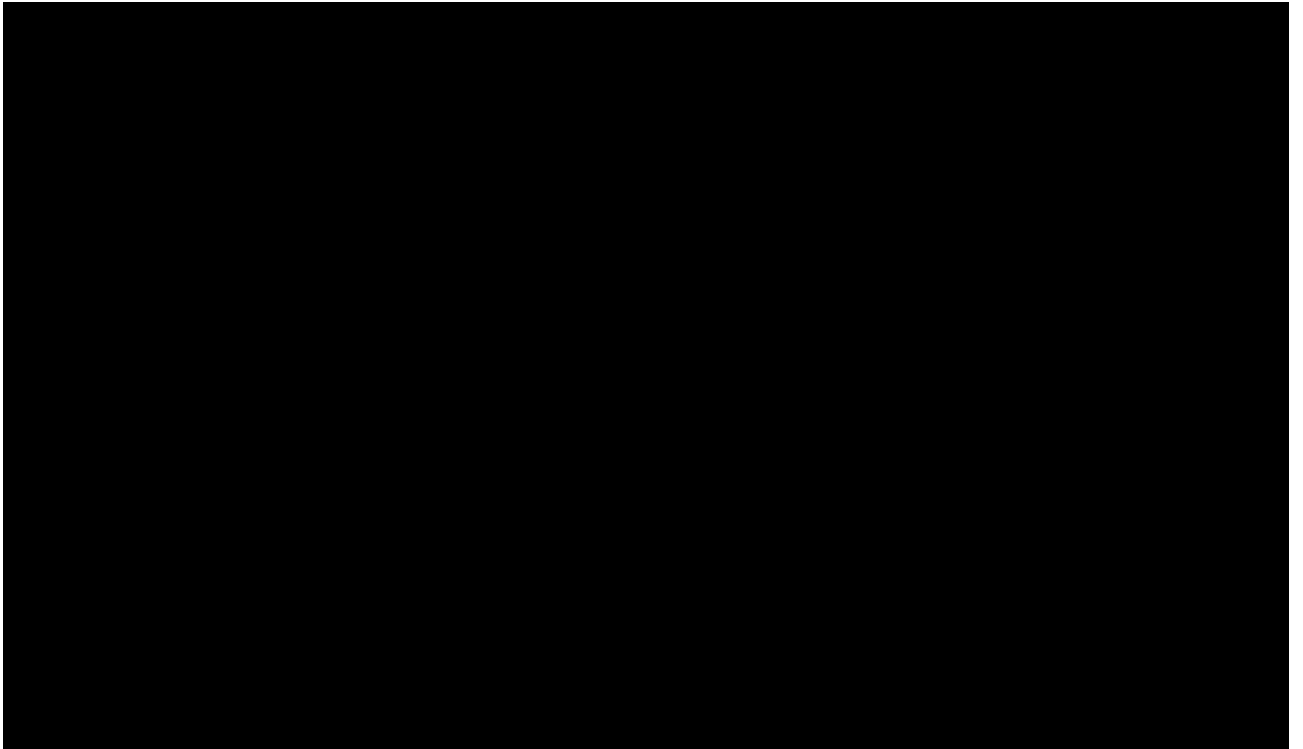
Figura 31. Departamentos elegidos como resultado de los monitoreos

2.1.7 Análisis de viento en el Conjunto

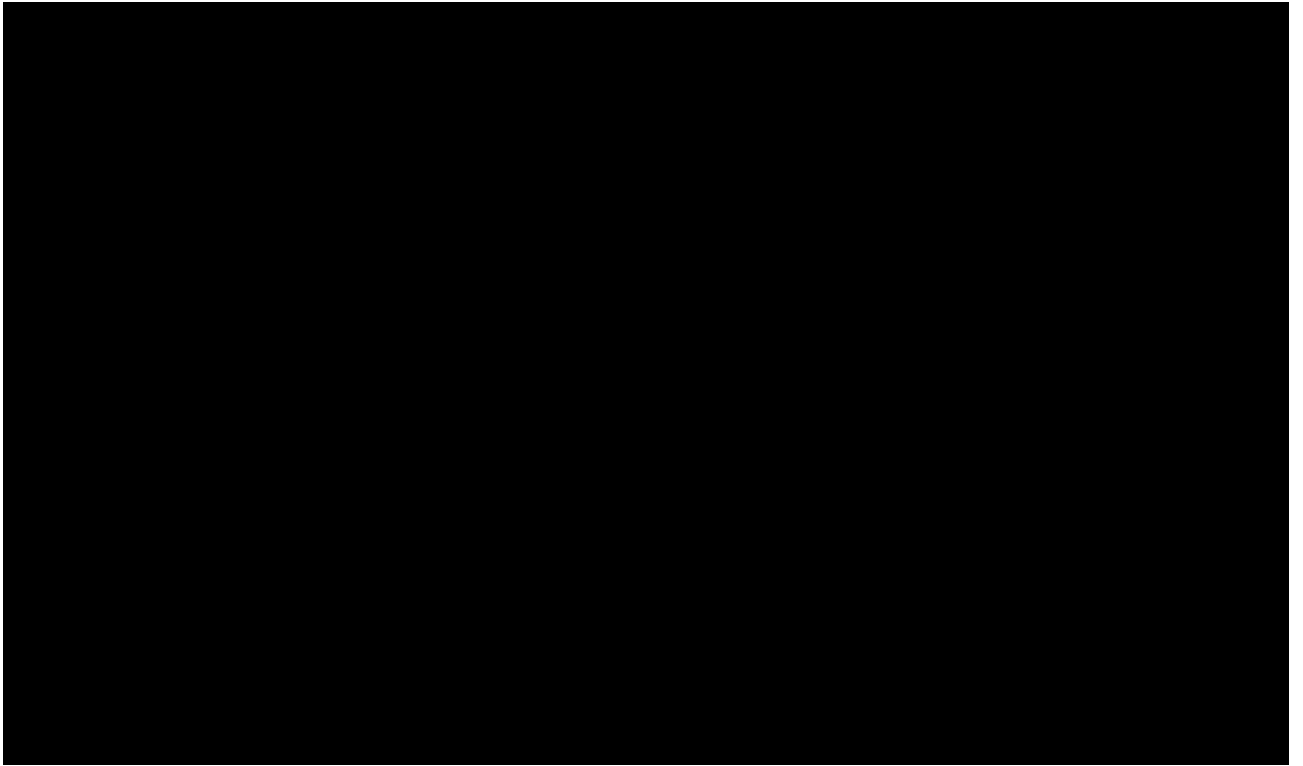
Se evaluaron y simularon los vientos dominantes provenientes del noreste haciendo mediciones por capas (10m, 25m y 50m), registrando sus velocidades apoyado de programas de análisis como son: Revit-3ds®, Max-Sketchup-Flow Design® y Camtasia®, así como de las fuentes de información de la Comisión Nacional del Agua, Google Earth y del Observatorio Nacional de México.



video 6. Simulación de viento a 10 metros



Video 7. Simulación de viento a 25 metros



Video 8. Simulación de viento a 50 metros

2.1.7.1 Resultado de análisis experimental

De las simulaciones de flujo de los vientos dominantes (NE), podemos observar lo siguiente:

Que a mayor altura, da como resultado mayor velocidad y menor temperatura. Los vientos alcanzan velocidades de hasta 45 km/h y temperaturas que fluctúan entre los -2° y los 10° los cuales impactan en las temperaturas internas.

Que los vientos influyen de manera directa principalmente en los departamentos que se encuentran en los pisos superiores (7° al 15°), de los edificios "C", "D", "E", "F", "G" y "H" con orientación norte y oriente, generando una variación en la temperatura interna de estos en 4° lo que se transforma en un mayor consumo de 200 kwh por bimestre.

Que los edificios "A" y "B" reciben de manera indirecta los vientos, derivado de las turbulencias generadas por el sembrado de los otros edificios y por encontrarse topográficamente a una menor altura que los demás lo que impacta en los pisos superiores (10° al 15°), con orientación poniente, norte y oriente, lo que influye en un mayor consumo de kw/h.

Que debido a que en las azoteas de todos los edificios, la velocidad promedio/día es de 14 km/h, lo que significa que son potencialmente adecuados para la instalación de generadores eólicos de electricidad, que permitirán la autosuficiencia eléctrica para el consumo de aéreas comunes de los edificios del Residencial (Lobby, pasillos, elevadores y estacionamientos).

2.1.8 Graficas solares por estación astronómica

Un astro está en el orto (amanecer) cuando atraviesa el plano del horizonte y pasa al hemisferio visible. Es decir, cuando su altura astronómica, respecto a un observador, es cero pasando de negativa a positiva. Mientras que un astro y en particular el Sol, están en el ocaso cuando, por efecto de la rotación de la Tierra, atraviesa el plano del horizonte y pasa del hemisferio visible al no visible. Es decir, cuando su altura es cero, pasando de positiva a negativa. En el caso del Sol, ello determina el fin del día, llamado también anochecer. En primavera y verano para el hemisferio norte se pone entre el oeste y el norte (declinación positiva); en otoño e invierno su ocaso es entre el oeste y el sur (declinación negativa).

Por ello, para evaluar el comportamiento Solar en el conjunto Residencial, debemos visualizar su trayectoria apoyados con graficas Solares para cada estación, registrando las mediciones por hora. Estos registros los haremos en los equinoccios, solsticio de verano y solsticio de invierno (Ecotect, Revit y Autocad y Camtasia), con el objeto de hacer dinámicos los registros (video) para identificar las posibles obstrucciones de la radiación solar entre edificios en las diferentes estaciones del año y como impactan las sombras sobre los mismos edificios.

De igual manera registrar el comportamiento Solar en los departamentos seleccionados, los dos departamentos con temperaturas extremas (norte y este), para identificar de la misma manera (video), como, donde y a que horas penetra el Sol en los diferentes espacios seleccionados.

Estos registros por departamento los mostraremos más adelante, con el objeto de integrar esta información a la derivada de la visualización de mediciones de otras variables, con el objeto de identificar como influyen en la carga térmica total y determinar acciones correctivas para lograr su habitabilidad de manera pasiva.

A continuación se muestra una modelo del recorrido aparente en la bóveda celeste del Sol en el conjunto Residencial, para el equinoccio de primavera y otoño.

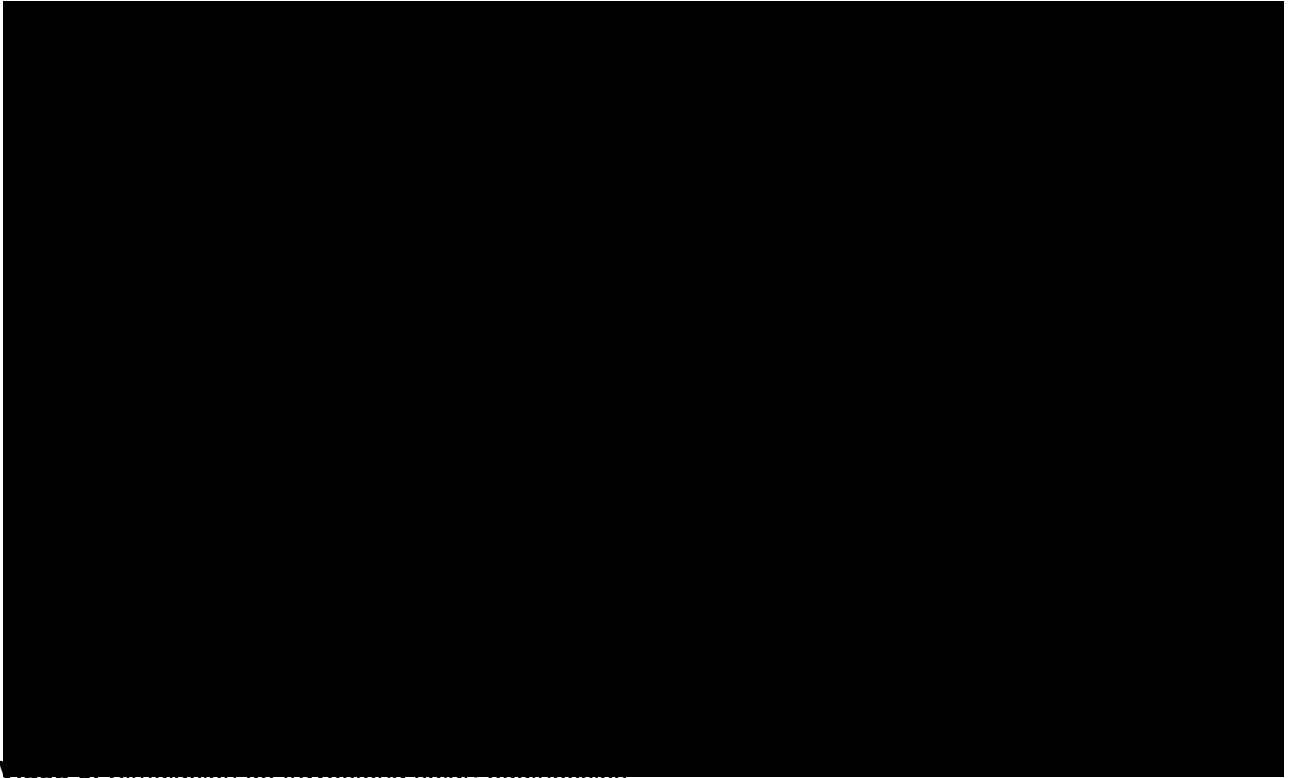
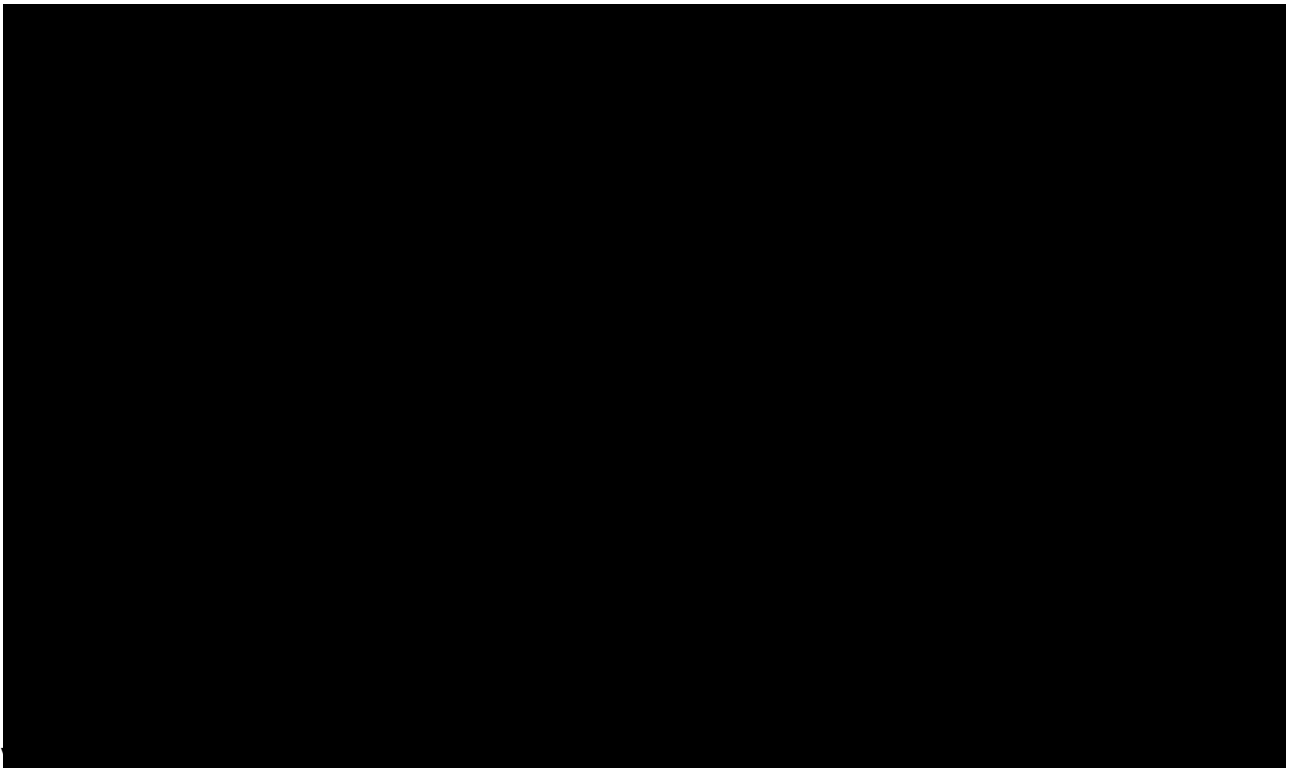


Figura 3. Simulación de trayectoria solar, equinoccios

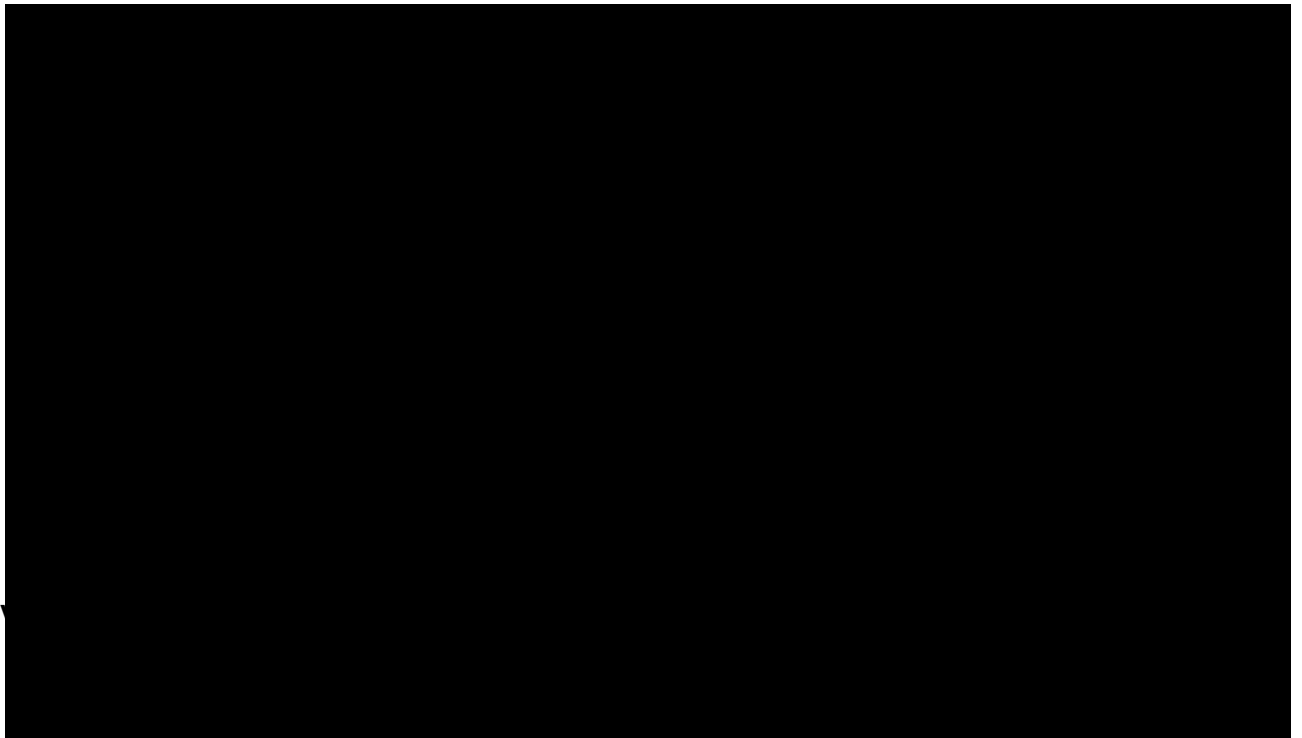




El orto en estas estaciones, es decir, cuando el sol pasa del plano del horizonte al plano visible ocurre aproximadamente a las 6:40 horas y el ocaso tiene presencia a las 18:47 horas teniendo una duración del día de 12 horas.

Para el caso de Verano, el orto, es decir, cuando el sol pasa del plano del horizonte al plano visible ocurre aproximadamente a las 5:59 horas y el ocaso tiene presencia a las 19:17 horas teniendo una duración del día de 13.18 horas teniendo los días más largos del año y podemos observarlo en el video previo de la trayectoria aparente del sol.

Y por último para el solsticio de invierno, el orto ocurre aproximadamente a las 7:06 horas y el ocaso tiene presencia a las 18:02 horas teniendo una duración del día de 10.82 horas teniendo los días más cortos en el año como se ve en el siguiente video:



2.1.8.1 Resultado de análisis experimental

Una vez analizado de manera general el conjunto Residencial por medio de *Ecotect Analysis* ® y observado como durante todo el año, las proyecciones de las sombras de los edificios cubren en gran medida la superficie del terreno, es preciso concluir en este punto, que por la disposición de los edificios, la topografía, la orientación, así como por la altura, estas sombras influyen en gran medida en las temperaturas interiores de los departamentos afectados ocasionando que sean fríos prácticamente todo el año, además de la considerable disminución de Iluminación natural que podrían recibir algunos departamentos, afectando también la cantidad de luminosidad en cualquier punto de trabajo, lo que resulta en el uso necesario pero excesivo de energía eléctrica para iluminarlos, originando altos costos por consumo y como consecuencia de esto una alta emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Capítulo 3

Aplicación del Modelo

3.1 Metodología de aplicación

Para evaluar el desempeño de la temperatura así como de otros factores climáticos que influyen en el **caso de estudio** se hicieron cálculos en departamentos con las dos orientaciones críticas (Norte Y Este) en 3 alturas diferentes. Las alturas seleccionadas fueron: Planta Baja, 7° piso y Planta Alta para identificar las variaciones de temperatura por la incidencia de viento y del impacto de la radiación solar según los datos precargados en Ecotect Analysis.

Una vez que se integraron los registros de Temperatura Neutra de cada departamento en los monitoreos **reales** en el Residencial por cada orientación crítica y en los niveles antes mencionados, se efectuó un levantamiento de los materiales y acabados por departamento con el objeto calcular la carga térmica del estado actual por departamento.

3.1.1 Selección de niveles

Posteriormente se plantearon posibles estrategias de solución para aplicarse en los departamentos más críticos, para mejorar el bienestar y habitabilidad de los usuarios, derivando en la selección de los siguientes análisis de investigación.

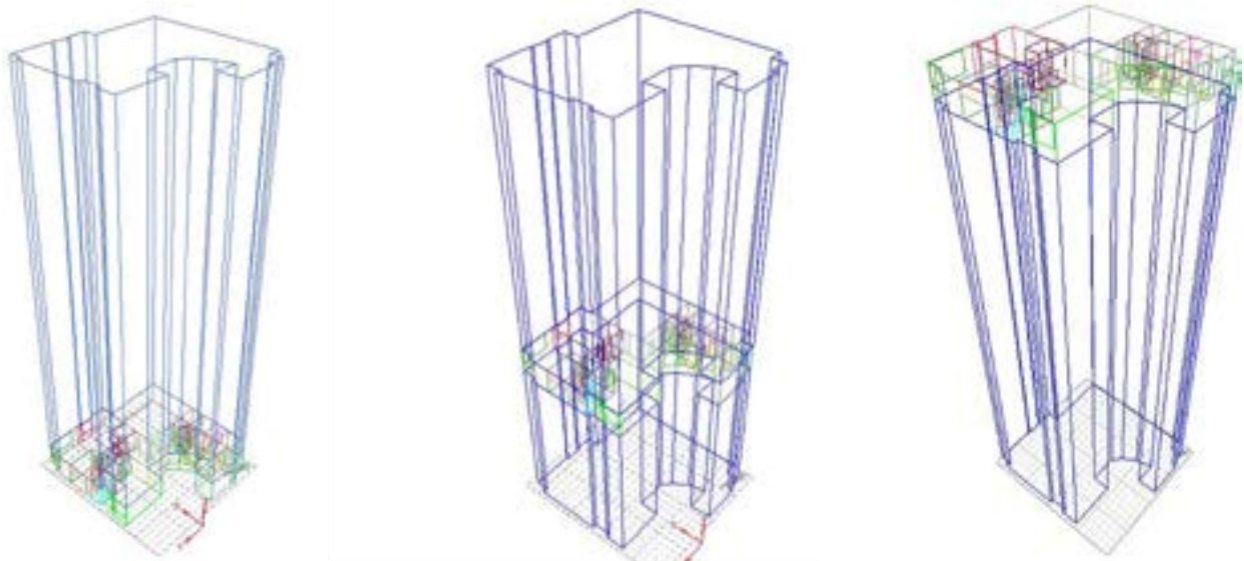


Figura 32. Niveles seleccionados para simulaciones en planta baja, 7° piso y planta alta.

3.1.2. Análisis del Estado Actual

Se practicaron varias mediciones de cargas térmicas en los departamentos seleccionados, identificando su desempeño en los equinoccios y solsticios para evaluar si las mediciones registradas se ubicaban en la franja de confort térmico (5K) previamente calculada.

Los resultados arrojaron que solo la recamara principal del departamento **Este** en solsticio de verano, se encontró en zona de **confort** térmico. Este análisis nos ayudo a determinar estrategias para buscar elevar el desempeño térmico de los departamentos durante todo el año.

3.1.3 Análisis con Estrategia Doble Cristal

Después de calcular la relación de masividad y transparencia de los departamentos, se identificaron altas pérdidas térmicas derivadas del alto porcentaje de transparencia (54%) sobre el de muros de fachadas exteriores e interiores. Este factor derivó en seleccionar la primera estrategia de **doble cristal** para aumentar el aislamiento térmico del departamento. Dicha estrategia se fundamenta en la sustitución de la cancelería existente por cancelería con **doble cristal**, cuya conformación consiste en una cámara plena de 2" entre cristales de 6mm. Los resultados derivados de los cálculos practicados arrojaron una importante mejoría en las condiciones térmicas, sin resolver la necesidad de confort térmico (5K)

3.1.4 Aislamiento térmico al Interior del Departamento

Los departamentos fueron proyectados con falso plafón y muros divisorios construidos con tabla-roca. Los muros están conformados por bastidores de canaleta y hojas de tabla-roca por ambas caras de 11cm de espesor, sin aislamiento. Por lo que se propuso como segunda estrategia, instalar colchoneta de poliestireno de 3" de espesor entre las hojas de tabla-roca, así como simplemente puesta arriba del falso plafón. Los resultados derivados de los cálculos practicados arrojaron una ligera mejoría en las condiciones térmicas, sin resolver la necesidad de confort térmico (5K).

3.1.5 Aislamiento térmico al Exterior del Departamento

Los departamentos fueron construidos a base de estructura y losas de concreto armado y muros de block de concreto 15x20 x40, en muros exteriores los cuales tienen un acabado

de pasta con color. Por lo que se propuso como tercera estrategia, instalar colchoneta de poliestireno de 1/2" de espesor y hojas de Durock simplemente fijado a los muros exteriores. Los resultados derivados de los cálculos practicados arrojaron una mejoría importante en las condiciones térmicas, sin resolver, por si sola, la necesidad de confort térmico (5K).

3.1.6 Análisis de Combinación de Estrategias

Derivado del resultado del análisis térmico de las estrategias propuestas, se examinó la combinación de estrategias con el objeto de analizar el desempeño térmico de estas combinaciones, cuyos resultados finales se presentan en el capítulo de conclusiones.

3.1.6.1 Doble Cristal + Aislamiento Interior

Como resultado de analizar la combinación de estrategias (**doble cristal + aislamiento Interior**), éste arrojó que se alcanzaron los niveles de confort térmico, en los tres espacios analizados, en los equinoccios y solsticios. Por lo que esta estrategia nos permite de manera pasiva lograr la habitabilidad del departamento crítico orientación Norte.

3.1.6.2 Doble Cristal + Aislamiento Exterior

Como resultado de analizar la combinación de estrategias (**doble cristal + aislamiento exterior**), éste arrojó que se alcanzaron niveles de confort térmico, en los tres espacios analizados, en los equinoccios y solsticios. Por lo que esta estrategia nos permite de manera pasiva lograr la habitabilidad del departamento Norte. Sin embargo ésta estrategia resulta ser muy costosa.

3.2 Iluminación

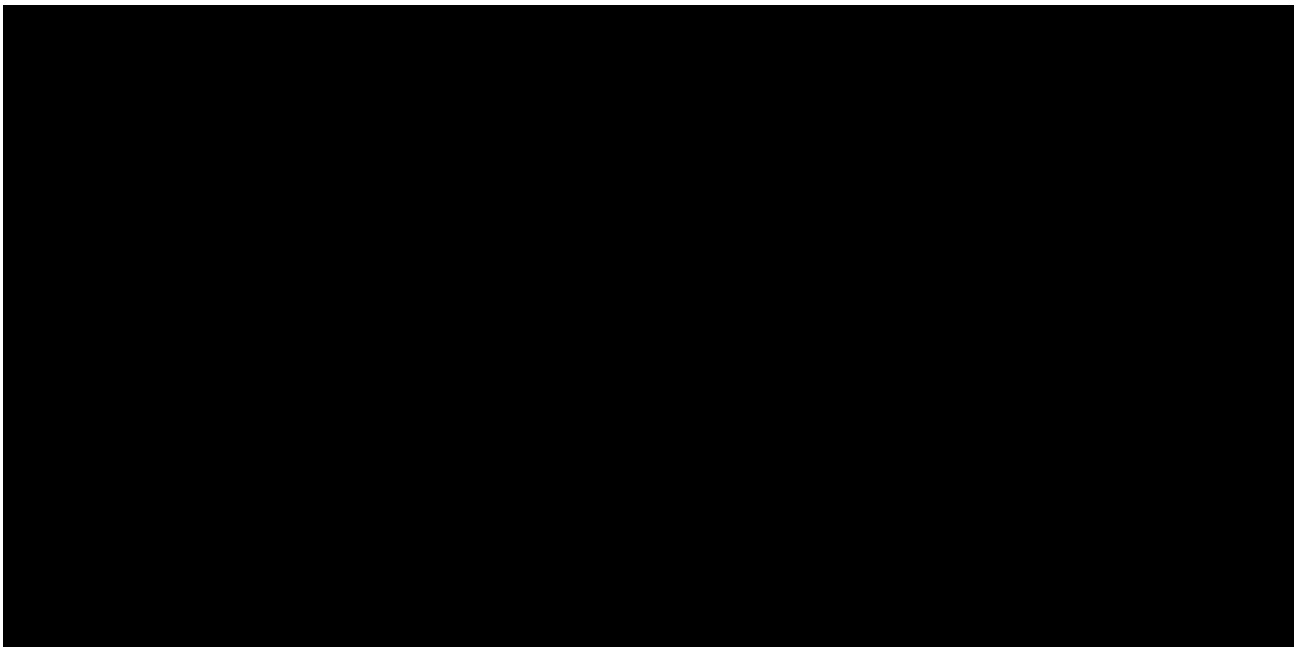
3.2.1 Iluminación Natural

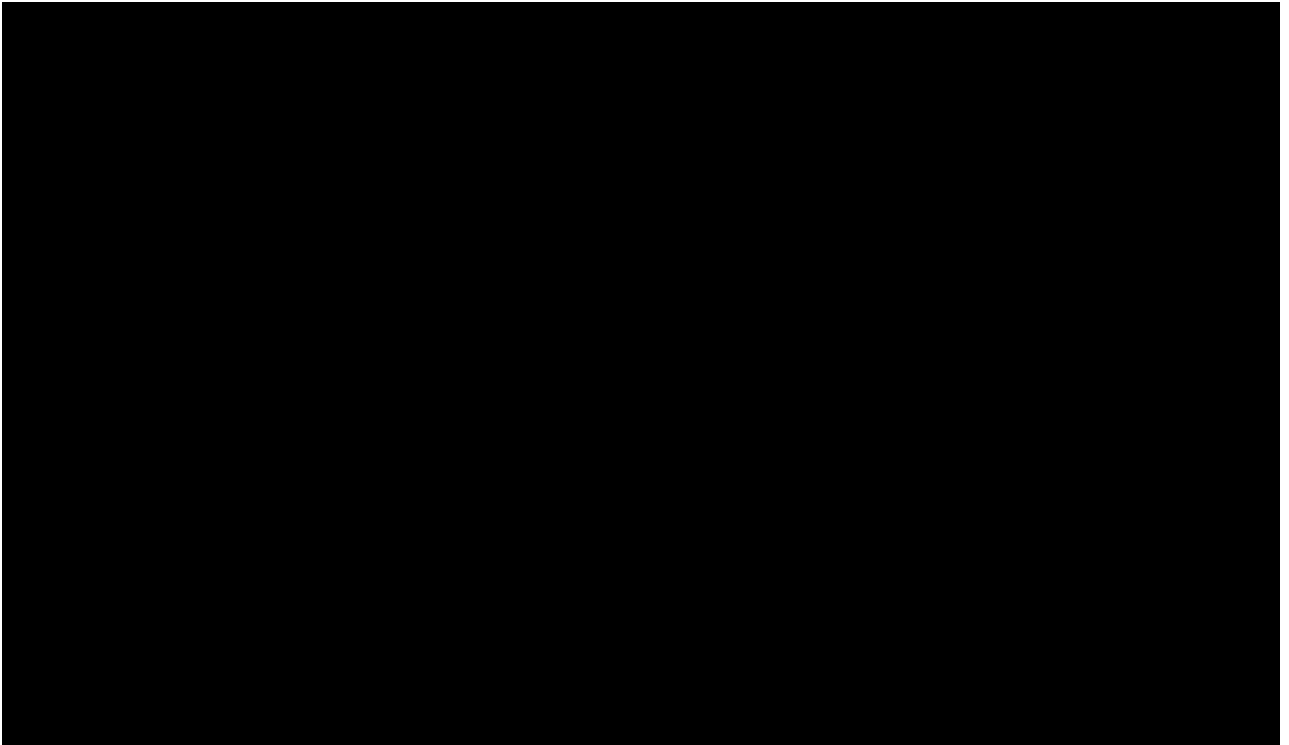
Se calculó, por medio de simulaciones en Ecotect Analysis, el estado actual del estado en que se encuentra la iluminación natural del **caso de estudio**, para determinar la penetración del sol por departamento en sus orientaciones (Este y Norte) en el nivel PH, por ser la más críticas, con el propósito de identificar que superficies interiores, tanto verticales como horizontales, tienen incidencia directa de radiación solar y por cuánto tiempo.

El objetivo principal es potenciar el diseño y la selección de acabados, para que éstos tengan una segunda función y sirvan de radiadores térmicos pasivos en los espacios de mayores pérdidas térmicas. Sumando a las demás acciones correctivas con el propósito de entrar en niveles 5K de rango de **confort** térmico.

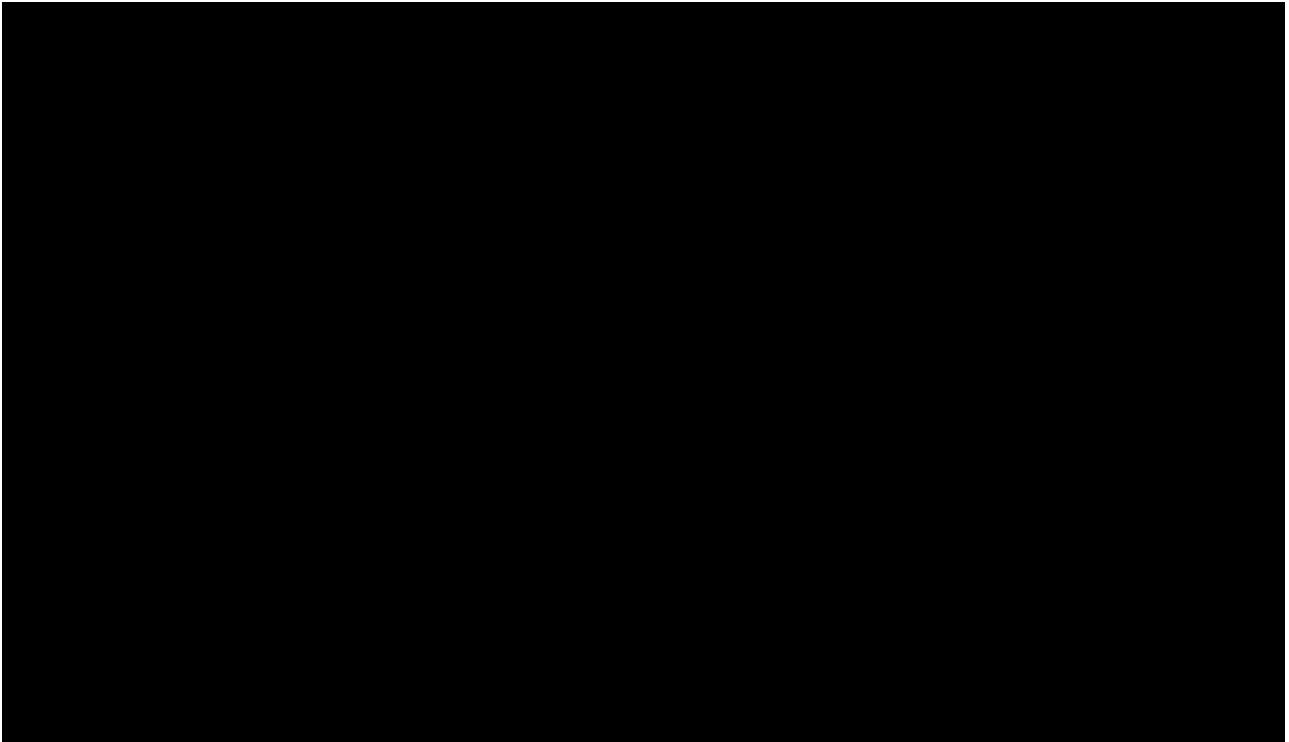
Estas acciones correctivas derivan en una reducción en el uso de artefactos de alto consumo eléctrico, como son calefactores o enfriadores eléctricos, para controlar las condiciones térmicas internas del espacio analizado y como consecuencia, reduciendo el gasto eléctrico generado por dichos artefactos.

Por lo anterior, podemos concluir, que este análisis de penetración de la radiación solar, potencia en el proceso de diseño, la orientación, la selección, las dimensiones y características físicas de los acabados a proponer en un proyecto, permitiendo que de manera simulada se pueda revisar el desempeño térmico de los acabados interiores.

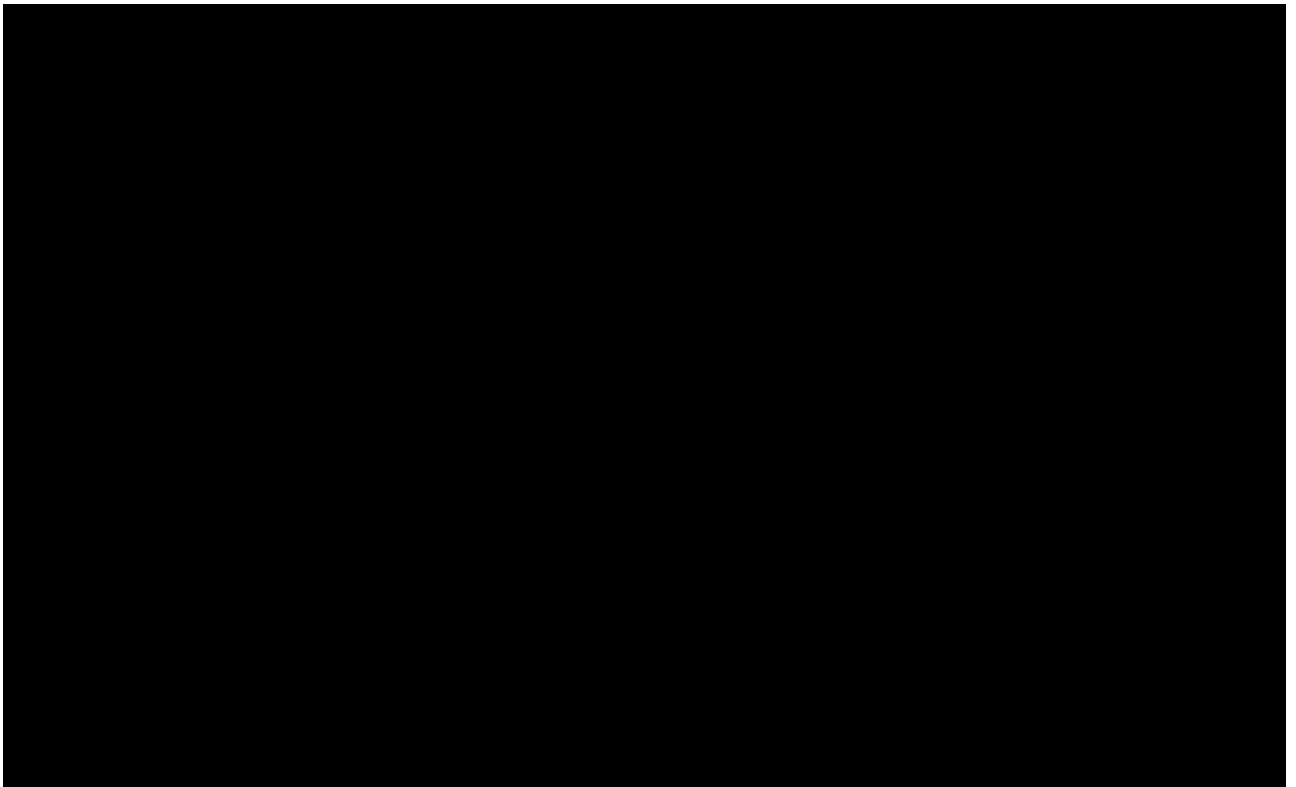




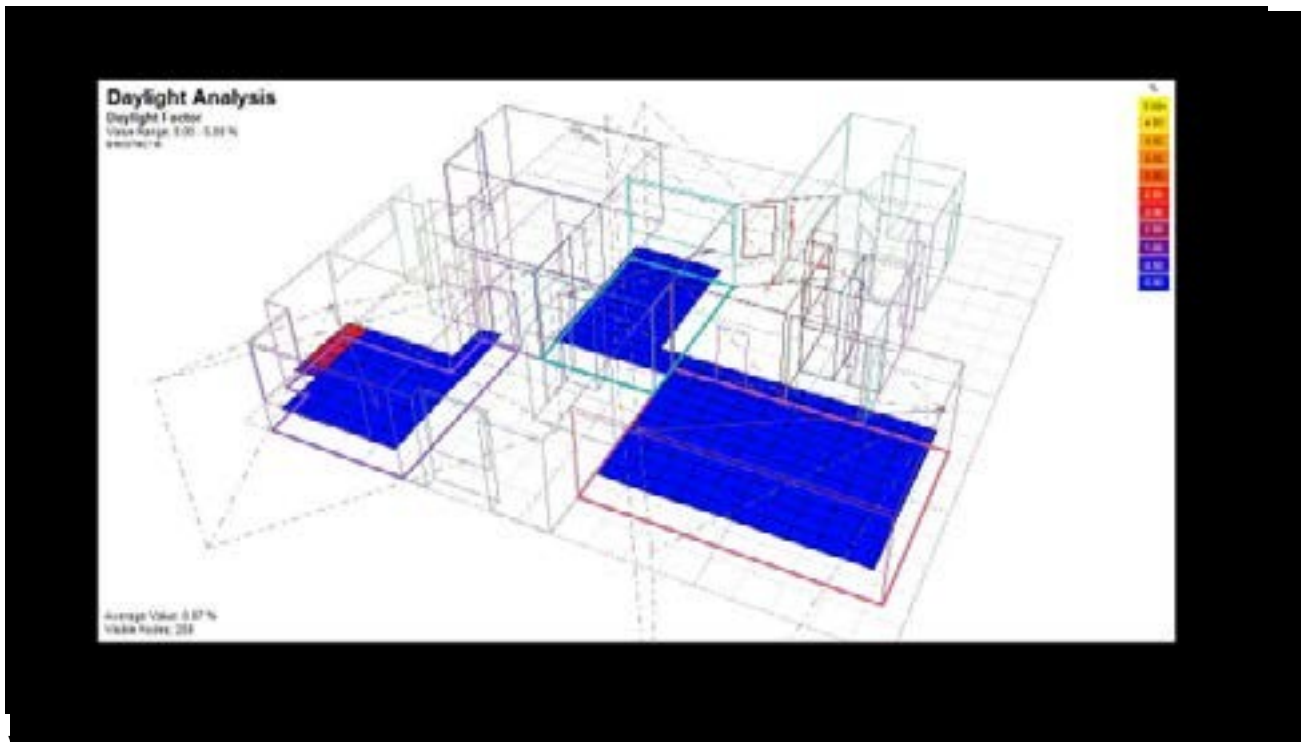
video 13. Simulación de penetración de rayos solares en el cuarto de TV Este (más cálido) usando Ecotect.



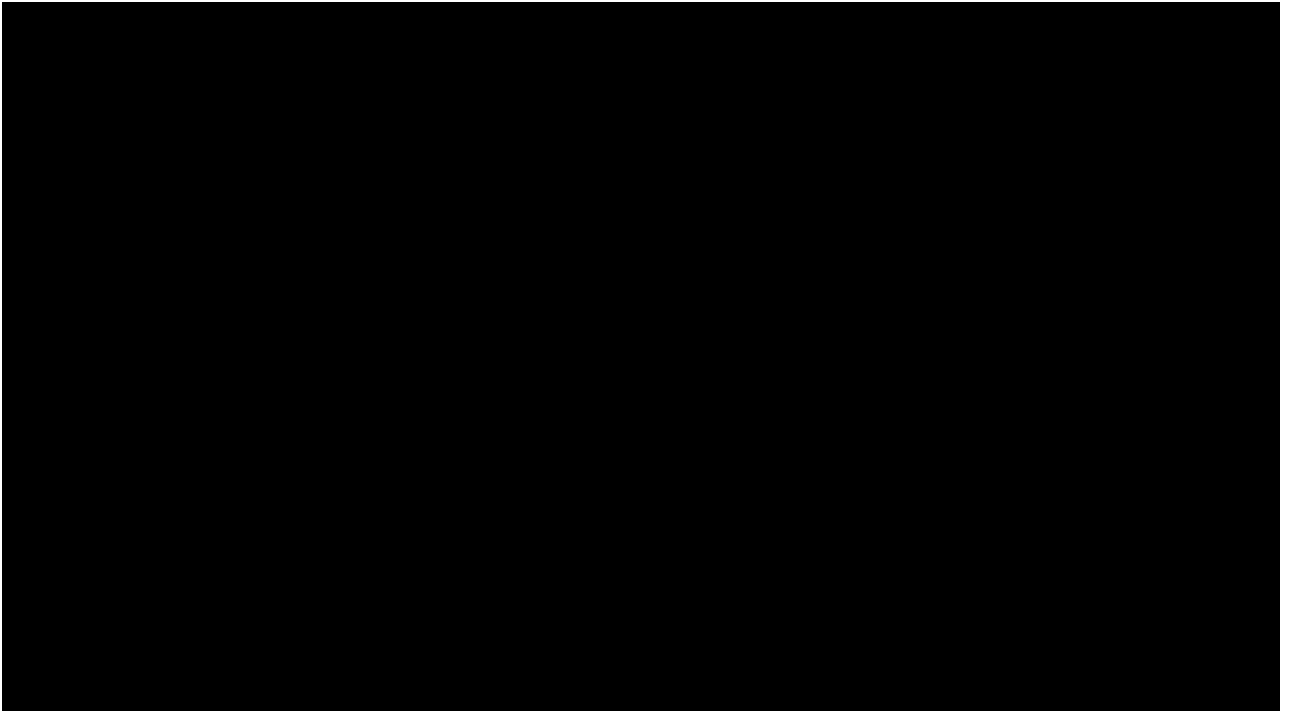
video 14. Simulación de penetración de rayos solares en recámara Este (más cálido) usando Ecotect.



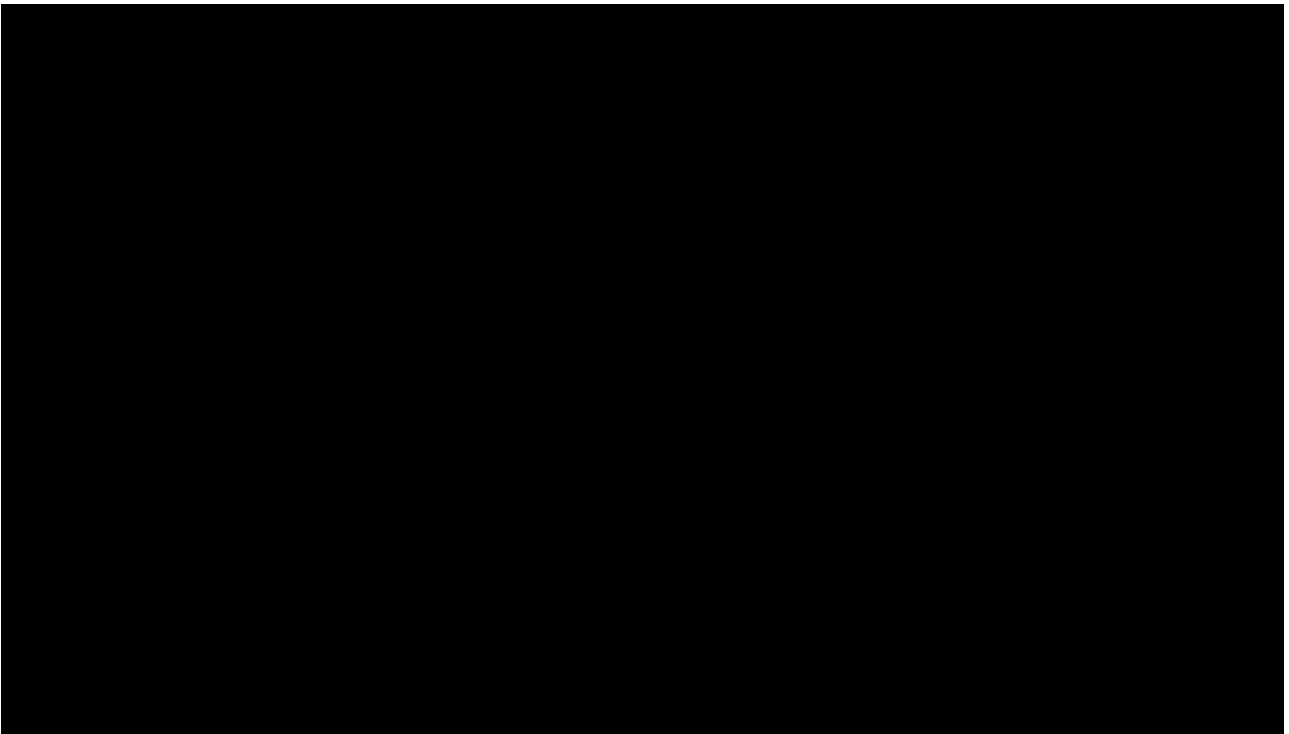
Video 15. Simulacion de penetracion de rayos solares en estancia Este (mas calido) usando Ecotect.



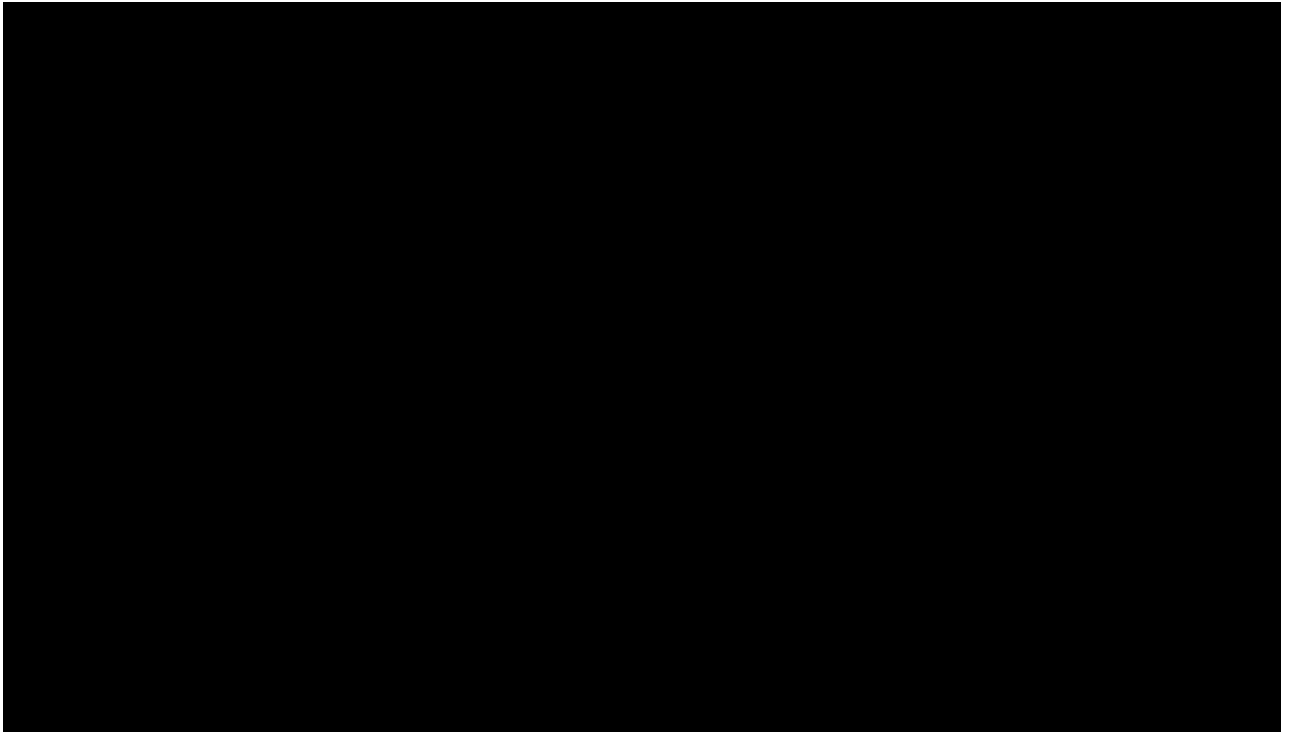
Video 16. Calculo anual de iluminacion natural Este (mas calido) usando Ecotect.



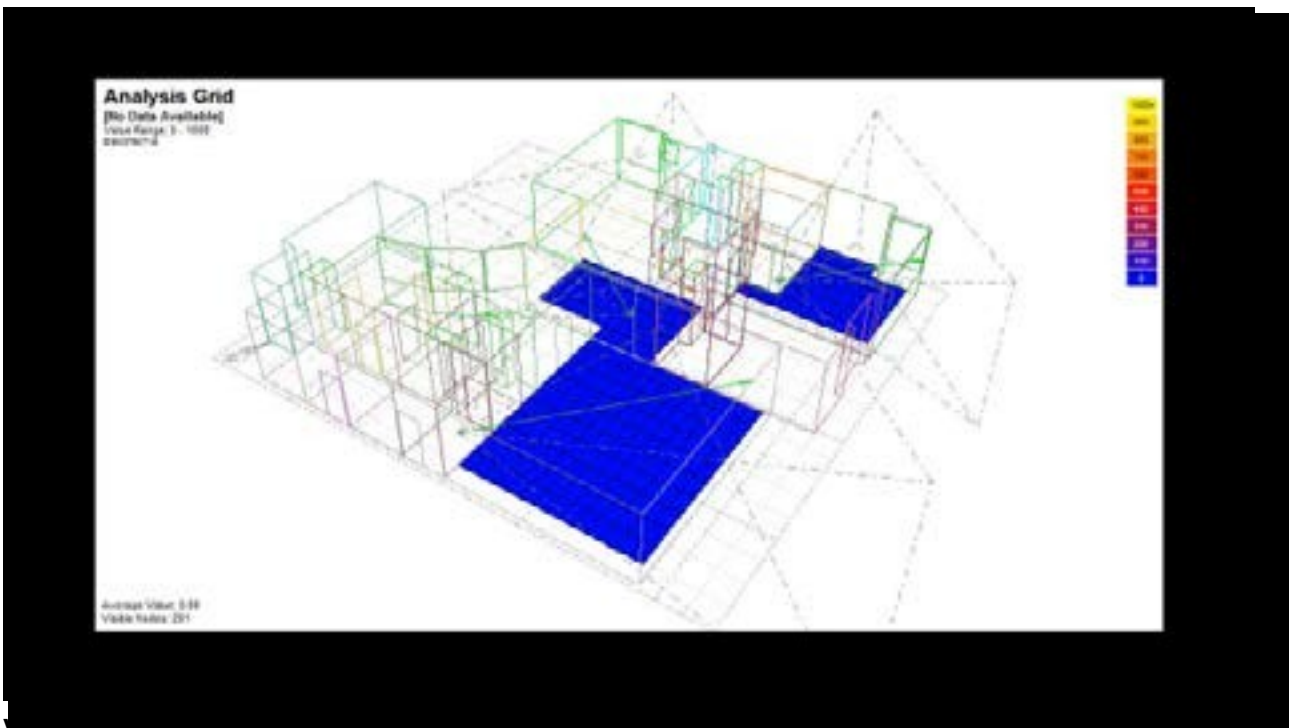
Video 17. Simulación de penetración de rayos solares en el cuarto de TV Norte (más frío) Ecotect.



Video18. Simulación de penetración de rayos solares en recámara Norte (más frío) usando Ecotect.



Video 19, Simulación de penetración de rayos solares en estancia Norte (más frío) usando Ecotect.



Video 20, Cálculo anual de iluminación natural Norte (más frío) usando Ecotect.

3.2.2 Resultado del análisis

De las simulaciones anteriores, se pudo graficar el desempeño de las variables analizadas y visualizar sus desviaciones para determinar si los resultados de las mediciones tomadas, tanto de temperaturas como de humedad relativa, lograban los rangos de **comfort**. Bbasadas en las gráficas solares del sitio de estudio se observó lo siguiente:

- En los equinoccios el día dura exactamente igual que la noche (12.00 horas) y tiene una declinación de 0° .
- En el solsticio de verano el día es más largo (13.18 horas) y su declinación es de $23^\circ 45'$.
- El solsticio de invierno cuenta con el día más corto (10.82 horas) con una declinación de $-23^\circ 45'$.

3.2.3 Iluminación Artificial

De acuerdo a los resultados obtenidos de la medición de consumos derivados del alumbrado eléctrico actual, se propusieron alternativas ahorradoras de energía eléctrica, utilizando las nuevas tecnologías de alumbrado existentes en el mercado nacional y se calcularon los consumos para identificar los ahorros de las nuevas propuestas de alumbrado con el objeto de efficientar y optimizar dicho consumo eléctrico, el cual puede llegar a lograr ahorros hasta del 75% de los consumos registrados, fundamentando la información de consumo eléctrico con los históricos de consumo de cada departamento muestra (Recibos de CFE).

3.3 Análisis comparativo

El Análisis nos arrojó una gran cantidad de resultados los cuales se pueden resumir de la siguiente manera:

1) Se calculó el perfil de temperatura ambiente por hora, en los puntos de medición por departamento, por orientación crítica y por nivel ($^{\circ}\text{C}$), calculados en el día más frío y el más cálido, con el objeto de identificar las horas en las que se encuentren temperaturas en rango de confort. (Ecotect Analysis).

2) Se calcularon las cargas térmicas, por mes, por departamento, por orientación crítica y por nivel, con el objeto de determinar los consumos eléctricos necesarios para calefacción o enfriamiento (KW) necesarios para entrar en rango de confort y calcular el costo de energía eléctrica para lograrlo. (Ecotect Analysis).

3) Se calcularon las ganancias térmicas por conducción y radiación, por mes, por departamento, por orientación y por nivel, que serán necesarias para incluirlas en el cálculo final (Q_c y Q_s). (Ecotect Analysis).

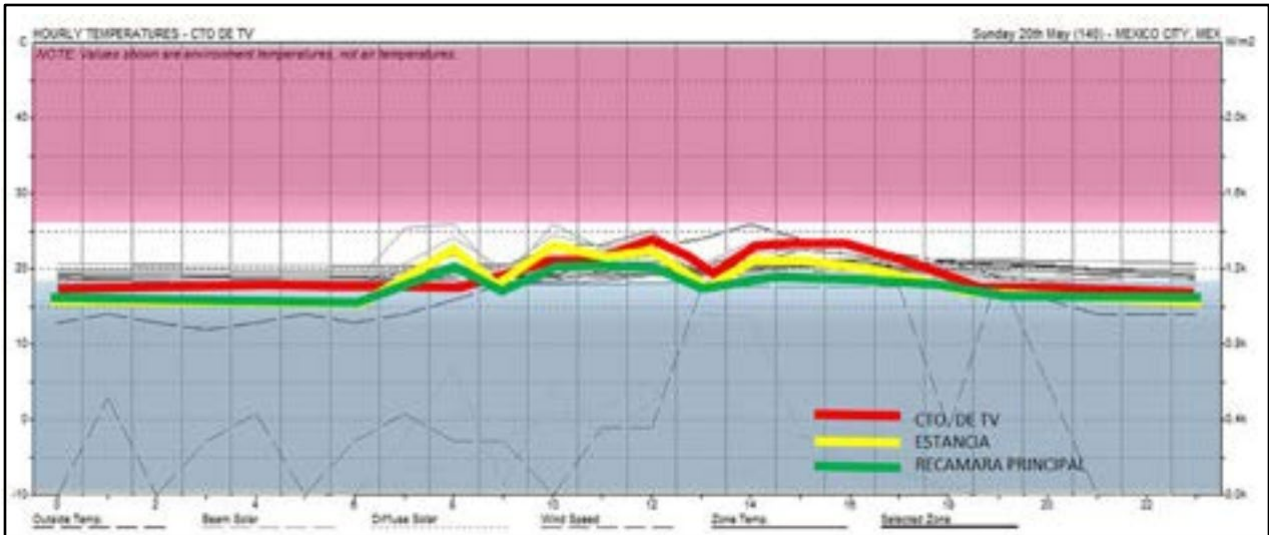
4) Se calcularon las ganancias térmicas por ventilación (infiltración), por mes, por departamento, por orientación crítica y por nivel, que serán necesarias para incluirlas en el cálculo final (Q_v). (Ecotect Analysis).

5) Se calcularon las ganancias térmicas internas, por mes, por departamento, por orientación crítica y por nivel, que serán necesarias para incluirlas en el cálculo final (Q_i), que se integran con: las ganancias térmicas de ocupantes, equipos electrodomésticos y alumbrado. Estas cargas internas se establecieron de acuerdo a los horarios de ocupación y uso en cada departamento y se calcularon para cada orientación crítica. (Ecotect Analysis).

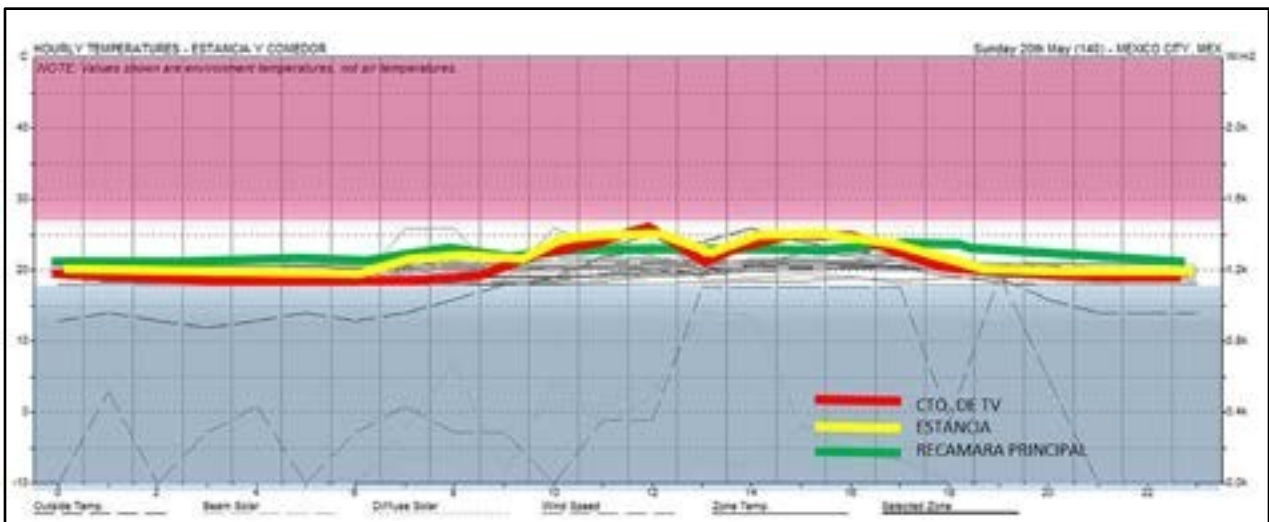
6) Se calcularon las ganancias térmicas pasivas. Este cálculo se desglosa en: conducción, externa del aire, incidencia solar, ventilación, interna y la intrazona, por mes, por departamento, por orientación crítica y por nivel, que serán necesarias para integrarlas en el cálculo final. (Ecotect Analysis).

Debido a la gran cantidad de casos y variables analizadas, solo mostraremos los dos casos de estudio que nos permitan comparar de manera gráfica las condiciones actuales del caso más desfavorable y las condiciones correctivas propuestas, con el objeto de facilitar la visualización e interpretación de los resultados y así poder llegar a las conclusiones de esta investigación. Las demás gráficas y resultados de todos los casos de estudio se adjuntan de manera externa a este archivo digital para su consulta.

3.3.1 Cálculo de perfil de temperatura ambiente



Gráfica 3. 1aC). Perfil de temperatura ambiente en el día más caluroso con rango de confort de los 3 espacios de análisis (Edo. Actual-Norte-PH)



espacios de análisis (estrategia Norte-PH)

3.3.1.1 Resultado del análisis

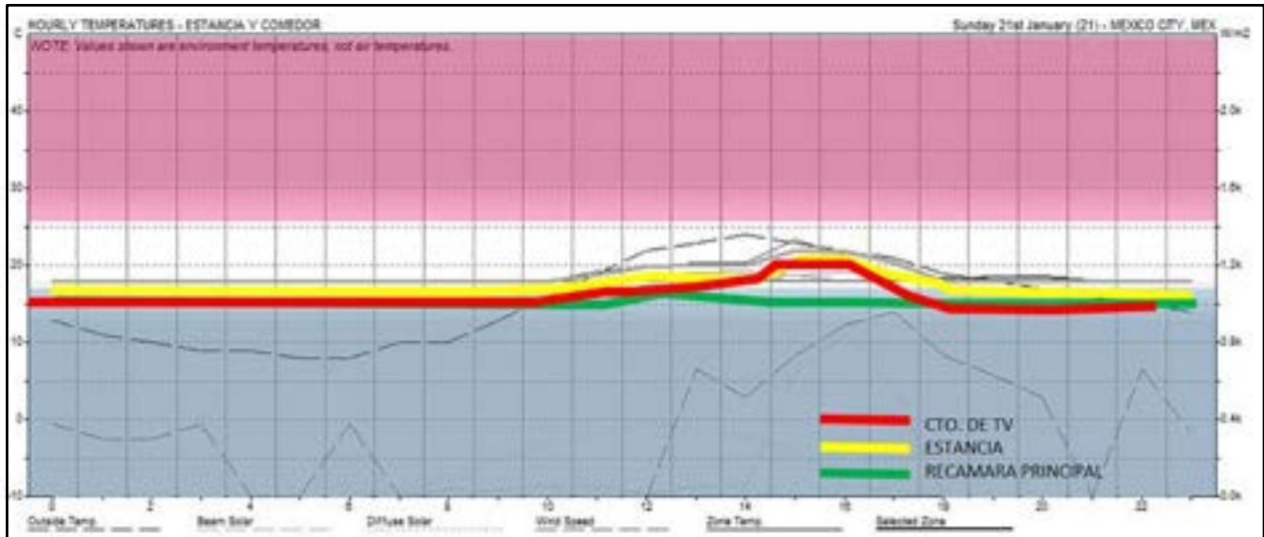
Como resultado del análisis, después de comparar las tablas anteriores, es evidente que las acciones correctivas propuestas, nos permiten mejorar de manera natural, la habitabilidad de los espacios analizados del departamento con orientación crítica.

Se puede visualizar en la primera tabla (1aC) que a pesar que hay 2 meses en verano, en los que los tres espacios del departamento de orientación crítica analizado, se

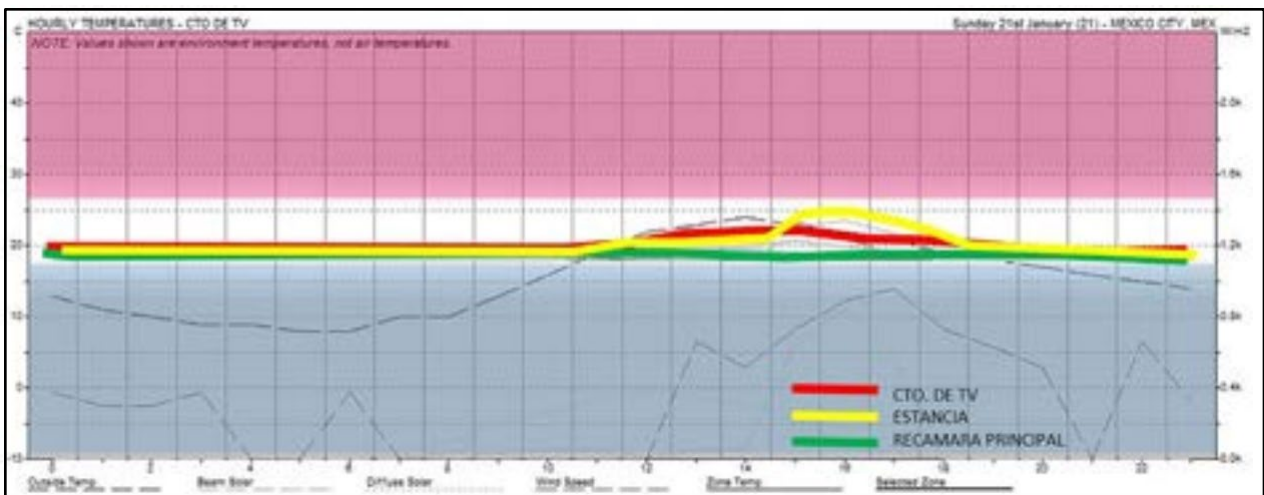


encuentran en zona de **confort**, los demás meses se encuentran por debajo de la banda 5K, es decir, que están por debajo de estándares de habitabilidad.

Es importante destacar que en los días más calurosos, no será necesario utilizar equipos de aire acondicionado para refrescar los espacios analizados, debido a que éstos espacios estarán en la banda de **confort 5K**, lo que permitirá la reducción de consumo eléctrico, que sería necesario para energizar estos artefactos con un alto consumo de energía eléctrica.



El rango de temperatura ambiente en el día más frío con rango de confort (Ea del 17 hasta 21 Norte-PH).



Norte-PH).

3.3.1.2 Resultado del análisis

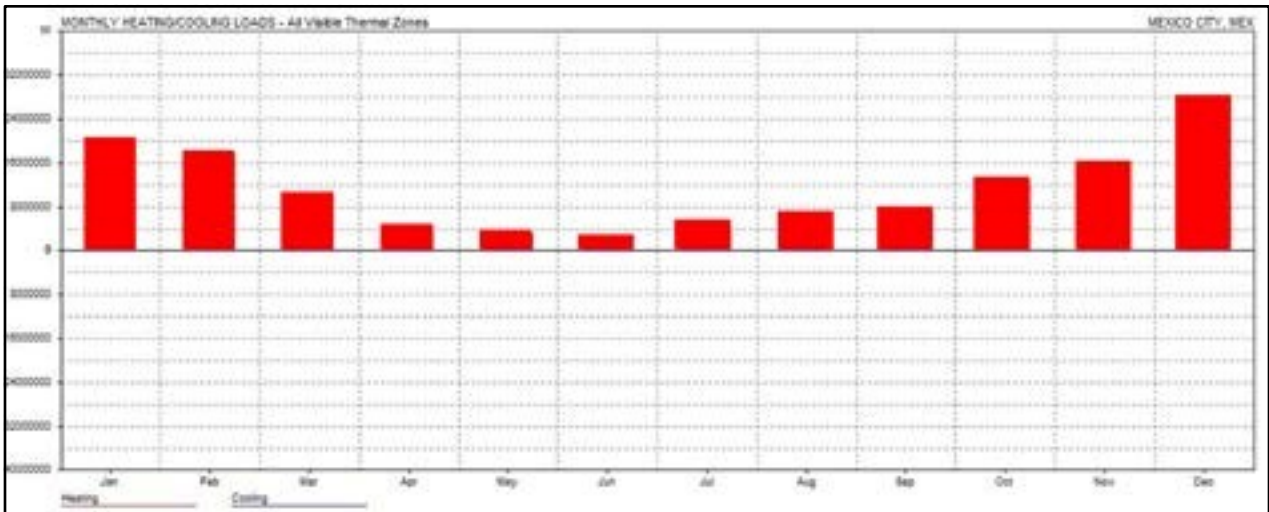
Como resultado del análisis, después de comparar las tablas anteriores, es evidente que las acciones correctivas propuestas, nos permiten mejorar de manera natural, la habitabilidad de los espacios analizados del departamento con orientación crítica.

Vale la pena mencionar que como consecuencia de las acciones correctivas propuestas, también se reducirá de manera substancial el consumo eléctrico, ya que para mantener el departamento en niveles de **confort** y como resultado de las encuestas que fueron aplicadas, es imprescindible la utilización de calentadores eléctricos, uno por cada uno de los espacios más utilizados, en cada departamento analizado.

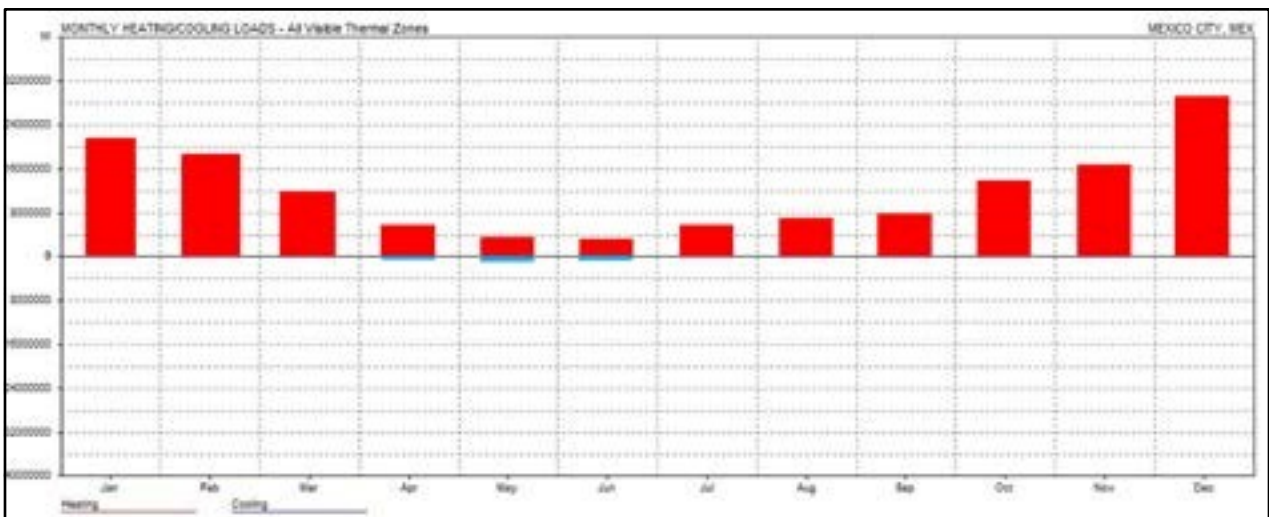
Esto se traduce en ahorros muy significativos en el consumo eléctrico ya que cada calentador consume hasta 1.5 kW/h, es decir que en los meses mas fríos se lograrían ahorros promedio de hasta 3 kW/h.

En la inteligencia que para generar 1 kW/h, se emiten 683 gr de CO₂ que representa, del total de gases efecto invernadero, el 70% de ellos. Si este dato lo multiplicamos por los 480 departamentos que conforman el **caso de estudio**, éste nos arroja una cantidad muy importante de gases que dejaran de contaminar, derivado de los ahorros logrados en el Residencial. Y si al dato anterior lo multiplicamos por los todos los multifamiliares registrados en el área metropolitana que está conformada por 16 delegaciones y 58 municipios del Edo de Mex y 1 del Edo de Hidalgo, la reducción de consumo de energía eléctrica y de la emisión de gases de efecto invernadero se vuelve un factor determinante para lograr un impacto visible y medible de mejoramiento de la calidad del aire, del mejoramiento de la capa de ozono e impactan en el mejoramiento progresivo del medio ambiente de la **gran metrópolis**.

3.3.2 Cálculo de cargas térmicas/mes (kW/h)



Gráfica 9. 2) Cargas térmicas por mes (Edo. Actual-Norte-PH)

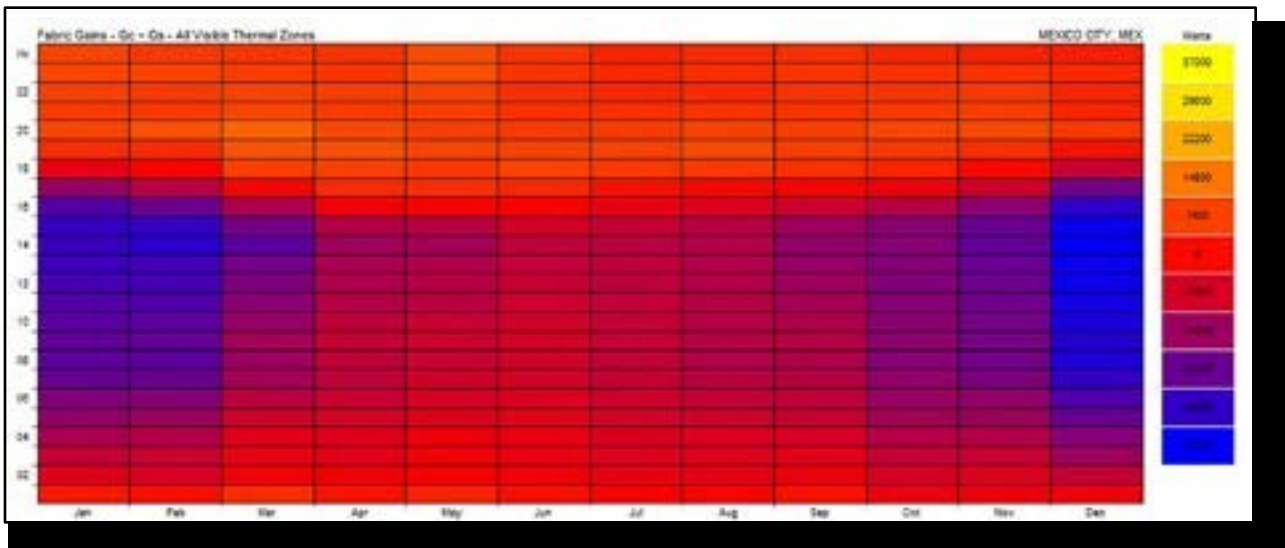


Gráfica 10. 2e) Cargas térmicas por mes (Estrategia-Norte-PH)

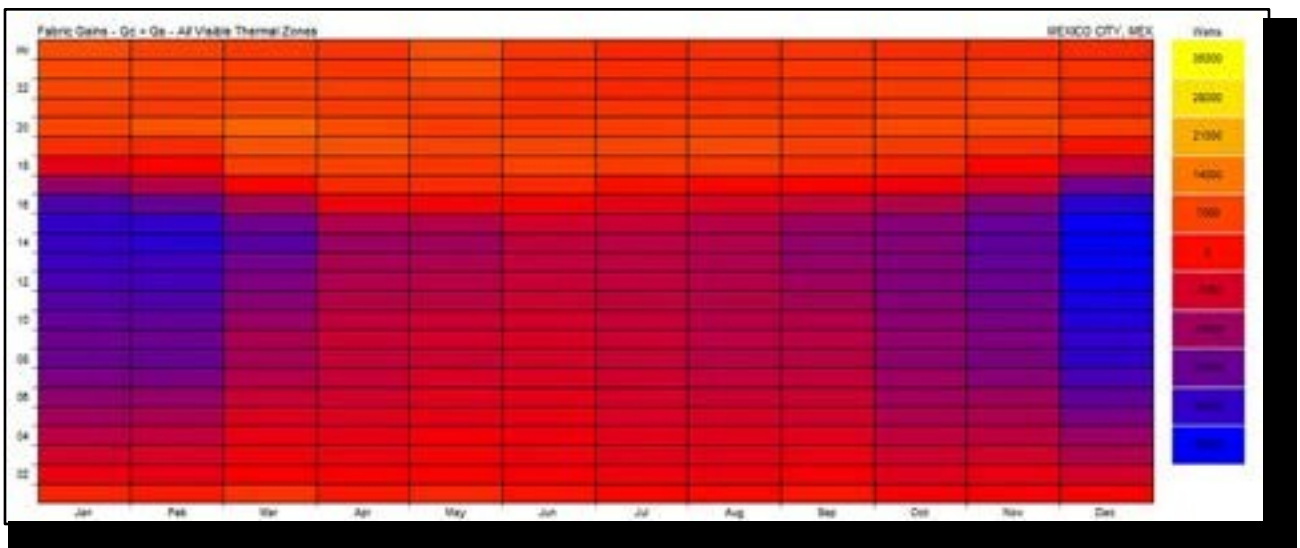
3.3.2.1 Cálculo de cargas térmicas/mes (kW/h)

De las tablas anteriores podemos afirmar que las cargas térmicas/mes resultantes reflejan una variación de aproximadamente 1000 kW/mes, en los primeros y últimos meses del año, por lo que será necesario identificar, con el apoyo de la simulación de asoleamiento, que acabados con alta carga térmica pasiva se recomiendan, para acercarnos a rangos de CONFORT y habitabilidad. Aunado a una reducción considerable en el uso de artefactos para calentar o refrescar el ambiente interno del departamento analizado, reduciendo el consumo de energía eléctrica.

3.3.3 Cálculo de ganancias térmicas por conducción y radiación (Qc y Qs)



Gráfica 11. 3) Ganancias térmicas por conducción y radiación (Qc y Qs) (Edo. Actual-Norte-PH)

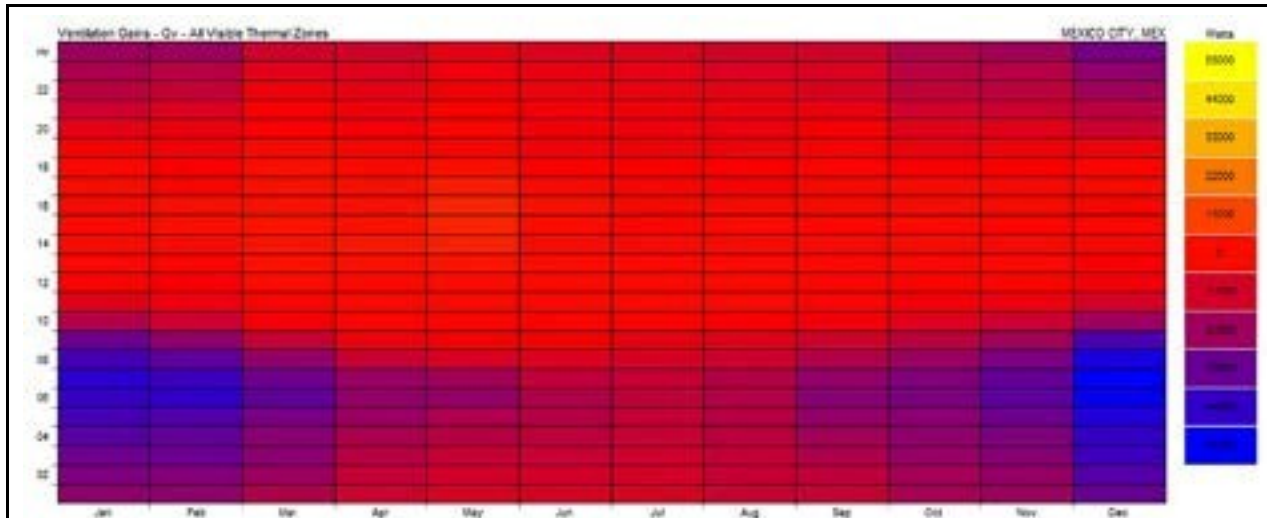


Gráfica 12. 3e) Ganancias térmicas por conducción y radiación (Qc y Qs) (Estrategia-Norte-PH)

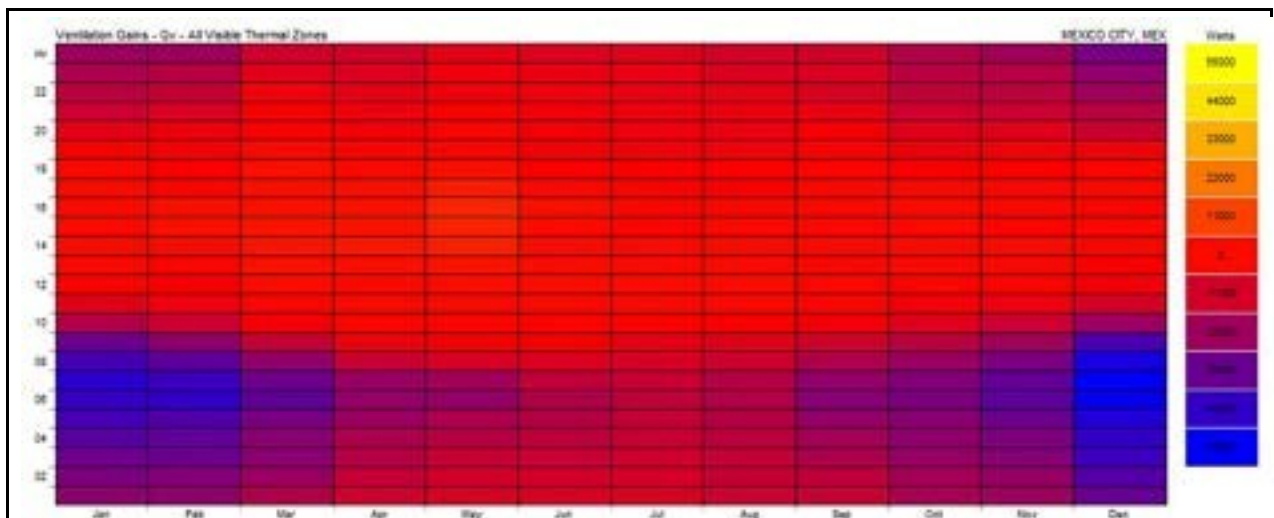
3.3.3.1 Resultado del análisis

Después de analizar las tablas de ganancias térmicas por conducción y radiación podemos afirmar que no hay diferencias en los registros cromáticos, destacando que a pesar de buscar un aumento en la eficiencia térmica Qc y Qs aplicando la estrategia correctiva, no se observan mejoras. Sin embargo, se visualiza que en los horarios de mayor asoleamiento no hay un solo mes con ganancias (Watts).

3.3.4 Cálculo de ganancias térmicas por ventilación-infiltración (Q_v)



Gráfica 13. 4) Ganancias térmicas por ventilación (Q_v) (Edo. Actual-Norte-PH)

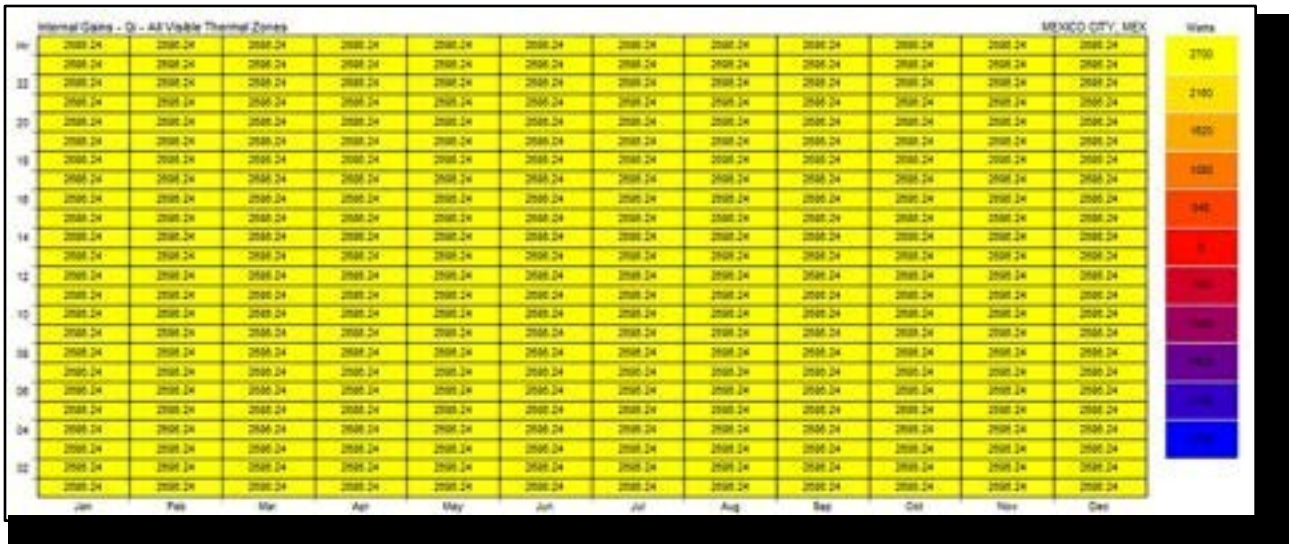


Gráfica 14. 4e) Ganancias térmicas por ventilación (Q_v) (Estrategia-Norte-PH)

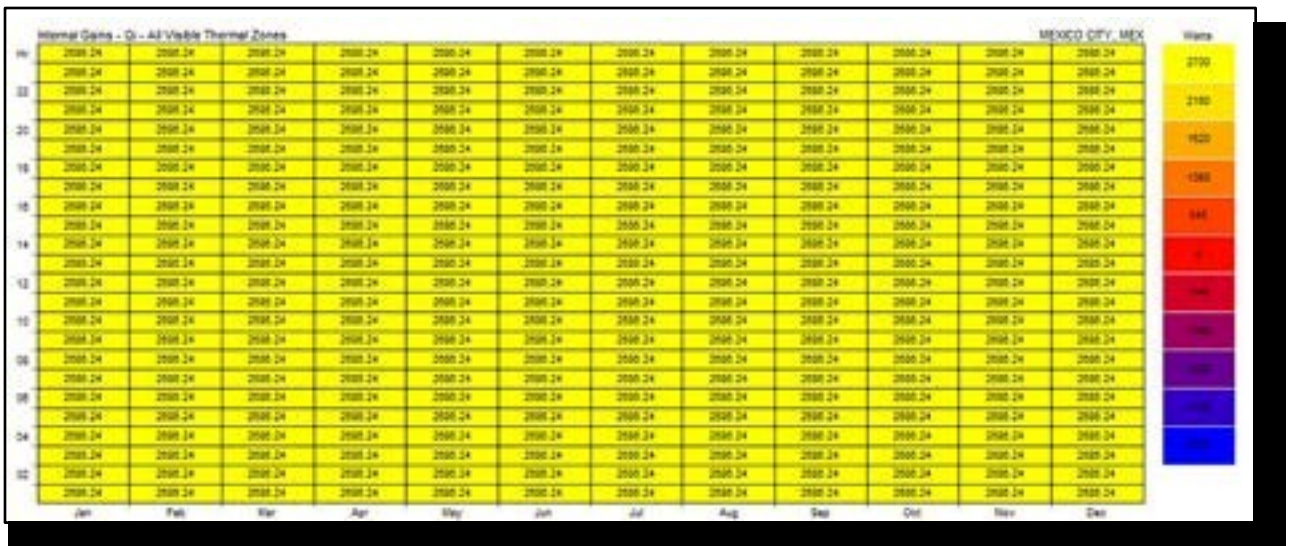
3.3.4.1 Resultado del análisis

Después de analizar las tablas de ganancias térmicas por conducción y radiación podemos afirmar que no hay diferencias en los registros cromáticos, destacando que a pesar de buscar un aumento en la eficiencia térmica Q_v aplicando la estrategia correctiva, no se observan mejoras. Sin embargo, se visualiza que en los horarios de mayor asoleamiento no hay un solo mes con ganancias (Watts).

3.3.5 Cálculo de ganancias térmicas internas (Qi)



Gráfica 15. 5) Ganancias térmicas internas (Qi) (Edo. Actual-Norte-PH)

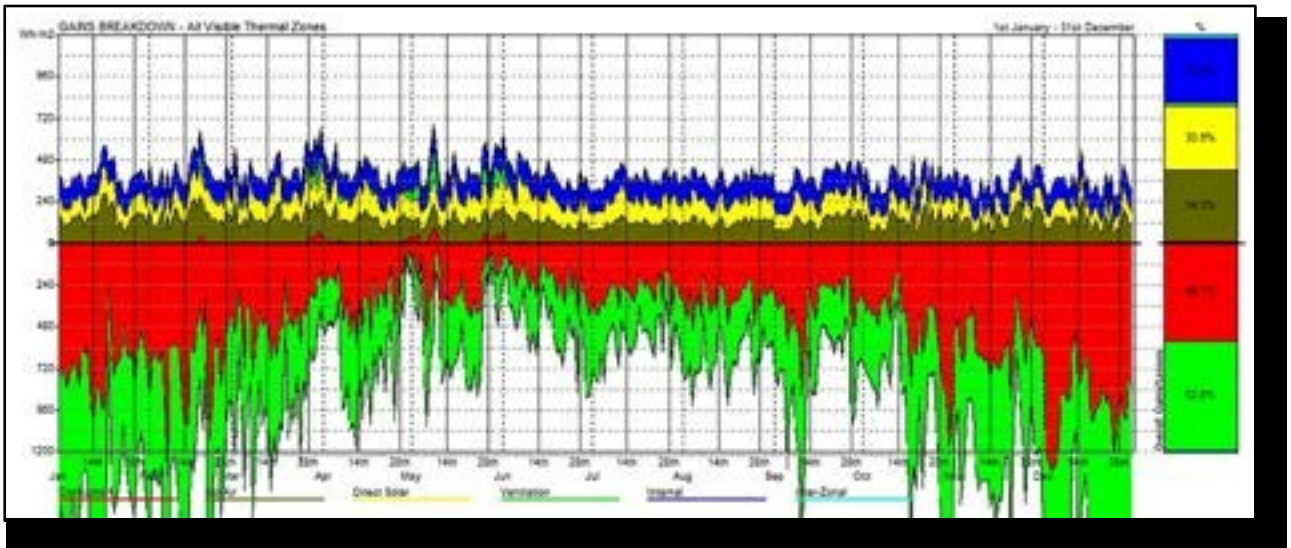


Gráfica 16. 5e) Ganancias térmicas internas (Qi) (Estrategia-Norte-PH)

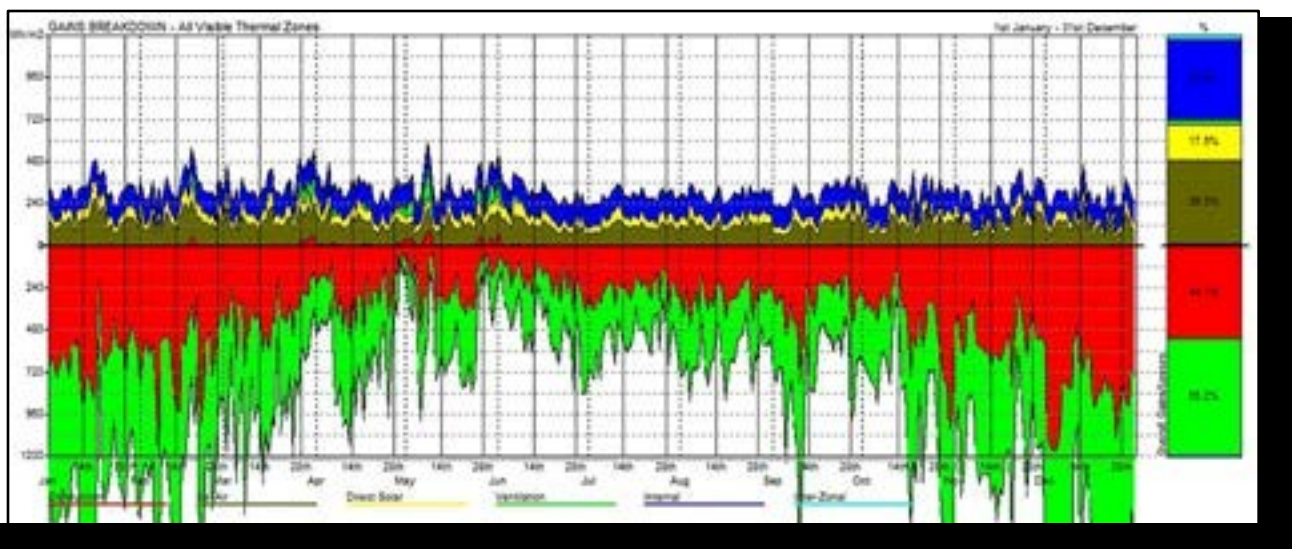
3.3.5.1 Resultado del análisis

Después de analizar las tablas de ganancias térmicas por conducción y radiación podemos afirmar que no hay diferencias en los registros cromáticos, destacando que a pesar de buscar un aumento en la eficiencia térmica Qi aplicando la estrategia correctiva, no se observan mejoras.

3.3.6 Cálculo de ganancias térmicas pasivas



Gráfica 17. 6) Ganancias térmicas pasivas (Edo. Actual-Norte-PH)



Gráfica 18. 6e) Ganancias térmicas pasivas (Estrategia-Norte-PH)

3.3.6.1 Resultado del análisis

De las ganancias térmicas pasivas anuales visualizadas, podemos afirmar que existen variaciones de consideración, principalmente comparándolas con las pérdidas térmicas derivadas de la baja conducción de los acabados externos existentes y de la ventilación. Del análisis anual de ganancias y pérdidas, las ganancias se mantienen por debajo de los 400 Wh/m² integradas por las ganancias por asoleamiento, por la temperatura interna del aire y por la temperatura del mobiliario.

Del análisis anual de ganancias y pérdidas, las ganancias se mantienen por debajo de los 400 Wh/m² integradas por las ganancias por asoleamiento, por la temperatura interna del aire y por la temperatura del mobiliario.

Si comparamos éstas ganancias con las pérdidas, resulta claro que las pérdidas térmicas hacen que las ganancias sean aparentemente insuficientes, sin embargo es evidente que hay un aumento importante en ganancias térmicas aplicando la estrategia de aislamiento interno y del doble cristal. Superando los rangos mínimos de habitabilidad.

Como se puede visualizar de la información que resulta de la comparación de las graficas anteriores, son evidentes las condiciones bioclimáticas desfavorables, como se observa en las mediciones de su estado **actual** del **caso de estudio**, es decir, bajo estas condiciones, el PH, orientación Norte y con materiales constructivos de proyecto de bajo factor térmico pasivo, se puede concluir que las condiciones de **confort** y habitabilidad están muy por debajo de los recomendados, por lo que derivado de estas condiciones se pone en riesgo la salud de sus residentes, los espacios ofrecen una baja calidad de vida y por lo anterior, se incrementa considerablemente el consumo eléctrico, con el objeto de lograr de manera artificial, un estado de habitabilidad.

Una de las formas en que se puede corregir este problema es modificando los acabados de los espacios interiores del departamento, para permitir un desempeño térmico pasivo adecuado (doble cristal + aislamiento al interior), de ésta forma se logrará incrementar las temperaturas ambientales internas, mejorando así, sus condiciones de habitabilidad.

Conclusiones

Modelo de visualización

Es indudable que el diseño y utilización de un **Modelo de Visualización Bioclimática**, permitirá partir de una recopilación de datos, integrarlos, para convertirlos en información y a través de un propósito específico transformarlos en **conocimiento**.

Este **Modelo de Visualización** se diseñó para potenciar proyectos multifamiliares verticales, con el espíritu primordial de mejorar la salud y calidad de vida de sus habitantes, apoyado en un conocimiento profundo del desempeño y flujo de las variables bioclimáticas de los espacios analizados del **caso de estudio**.

El **modelo** permitió potenciar, en el proceso de diseño, la eficiencia bioclimática del proyecto, logrando un producto altamente sustentable. Lo anterior repercute en reducir de manera sustancial el consumo de energía eléctrica, no solo en el control de temperatura y humedad, sino también en la iluminación artificial, reduciendo el uso de artefactos eléctricos, luminarias ineficientes, optimizando su desempeño y habitabilidad.

Este **conocimiento** se obtuvo con éste **Modelo de Visualización** de la información bioclimática, a través de programas seleccionados de simulación gráfica de desempeño de las diferentes variables.

Estos potenciadores de diseño, permitieron identificar de manera anticipada el desempeño de las variables analizadas, para determinar entre otros, su correcta orientación, temperatura, humedad relativa, iluminación, ventilación, etc., de los espacios analizados. Así como las características formales, como son la relación entre masividad vs transparencia, las dimensiones y alturas ideales de proyecto.

De esta forma se pudieron contrastar los resultados del análisis con las características bioclimáticas existentes y así determinar las acciones correctivas de diseño que serán necesarias para lograr la habitabilidad y sustentabilidad del proyecto en estudio.

Las variables analizadas fueron:

Viento.- se analizó el viento con el apoyo de simuladores animados para identificar sus flujos, dirección, temperatura y velocidad en cualquier hora de cualquier día del año, con el objeto de valorar que características físicas y térmicas se deben considerar para aislar las fachadas de los edificios y de los cambios térmicos que el viento puede ocasionar al interior de los departamentos y espacios analizados.

Asoleamiento.- se analizó con el apoyo de graficas solares animadas, la trayectoria e inclinación del sol en cualquier hora de cualquier día del año, con el objeto de conocer cómo influye la radiación solar tanto en penetración de luz solar como en cargas térmicas en las superficies externas y espacios internos de los departamentos y espacios analizados. También como afectaron las sombras proyectadas entre edificios el desempeño térmico y lumínico interno de los departamentos y espacios analizados.

Iluminancia.- se analizó con el apoyo de simuladores animados, la duración y áreas de contacto de los rayos solares en un espacio seleccionado, con el objeto de determinar las superficies internas, tanto verticales como horizontales, que son bañadas por estos rayos, en cualquier hora de cualquier día del año. Se identificaron las superficies con la mayor exposición de radiación durante el año con el objeto de seleccionar los materiales y/o acabados que por sus características de masa térmica permitan una radiación pasiva nocturna e inducir a entrar en rango 5K de **confort** térmico.

Luminancia.- se analizó con el apoyo de simuladores animados, para identificar superficies que permitan reflejar los rayos del sol en zonas donde no haya penetración directa, en cualquier hora de luz de día en el año con el objeto de mejorar la calidad de la luz en el interior de los espacios analizados y también nos permitió identificar las aéreas más apropiadas para trabajar con suficiente luminosidad, así como la posibilidad de deslumbramientos en el interior de los espacios analizados.

Además, se utilizaron sensores para medir las temperaturas y la humedad relativa de los espacios seleccionados, en cualquier día del año, lo que nos permitió tomar registros de estas variables, cada 30 minutos durante un tiempo específico, para que una vez terminado el plazo experimental, se alimentaran los datos registrados a un programa especializado de procesamiento de la información resultante.

De esta manera se pudo graficar el desempeño de las variables analizadas y visualizar sus desviaciones para determinar si los resultados de las mediciones tomadas, tanto de temperaturas como de humedad relativa, estaban en rangos de **confort**.

En éste **caso de estudio**, fue necesario averiguar qué materiales y/o acabados fueron seleccionados para ser instalados en el interior y exterior del proyecto, con el propósito de identificar sus ineficiencias térmicas y la posibilidad de sustituirlos por materiales con condiciones más acordes a la masa térmica requerida.

Lo anterior permitirá, como acción correctiva, que las temperaturas internas sean más uniformes y generen mejor sensación de bienestar en los espacios seleccionados, principalmente en las estaciones críticas del año (verano e invierno).

El impacto que produce una buena selección de materiales y/o acabados en las superficies envolventes externas en edificios ya construidos, es sin duda alguna, la opción ideal y repercute directamente en lograr los parámetros bioclimáticos deseados, lo que lo ubica como un proyecto eficiente. Sin embargo, en el caso de no haber seleccionado los materiales y/o acabados térmicamente adecuados en un proyecto existente, origina la necesidad de sustituir los materiales ineficientes en la envolvente exterior del edificio.

Los altos costos económicos que esto implica, hacen de esta alternativa una acción muy poco probable de realizar, aunada a los altos riesgos y tiempos de ejecución que se corren al trabajar en alturas considerables, para demoler e instalar materiales y/o acabados en superficies exteriores de un edificio multifamiliar.

En contraste, sustituir materiales y/o acabados al interior de los departamentos nos permite, de una manera más práctica, influir en el diseño y selección de estos materiales y/o acabados que sumará al reto de lograr temperaturas internas más adecuadas a los estándares y rangos de **confort**.

Por otro lado, la relación de ventanas vs muros (transparencia vs masividad) en un edificio ya construido, no puede ser modificada fácilmente y afectaría sustancialmente el diseño original del proyecto, además de que generaría altos costos de ejecución, diferentes criterios de solución y caos en el proceso de decisión entre sus habitantes.

Derivado de lo antes mencionado, la opción del doble cristal en ventanas, se presenta como una alternativa que no solo aísla térmicamente los espacios con deficiencias de diseño, sino también permite aislar acústicamente los espacios y tener un mayor control de la penetración solar (iluminancia y luminancia). Esto se logra con la aplicación de filtros solares en una o varias de sus capas (entendiendo como capas las cuatro caras que conforman el sistema de doble cristal), haciendo de esta acción correctiva una opción muy favorable.

Como consecuencia de las acciones correctivas en proyectos existentes, así como la aplicación en nuevos proyectos de multifamiliares verticales, se podrá reducir, con estas acciones, el uso de artefactos eléctricos ineficientes.

También el **Modelo de Visualización** se podrá aplicar en proyectos multifamiliares verticales, a nivel nacional, adaptándose a las variables bioclimáticas de todo el territorio nacional, lo que indudablemente se volverá un factor a considerar, para que entre otros, se logren los objetivos de independencia energética y de mejoramiento al medio ambiente que se han trazado como objetivos a lograr en nuestro país.

Es de destacarse que el efecto multiplicador derivado de aplicar este **Modelo de Visualización** a conjuntos habitacionales similares al **caso de estudio**, permitirá un importantísimo ahorro de energía eléctrica, que a su vez repercutirá en una reducción considerable de emisión de gases efecto invernadero, lo que resultará en mejor **salud** y calidad de vida para todos.

Esto permitirá coadyuvar para recuperar las condiciones naturales de nuestro medio ambiente, en un mundo que ha estado deteriorándose por la gran contaminación originada principalmente, por el uso indiscriminado de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica y el transporte a nivel mundial.

Se podrá participar en éste esfuerzo global, aplicando este **Modelo de Visualización** en proyectos similares al **caso de estudio**, por el impacto que significa el efecto multiplicador, antes mencionado, aunado a la cada vez más apremiante necesidad de generar energía eléctrica, a través de la transformación de energías verdes, como la eólica y la solar, por decir las más utilizadas, para que en un plazo relativamente corto se logren condiciones más favorables y vivibles en nuestro tan castigado planeta.

De esta manera se lograrán ambientes más confortables y colaborar para lograr de una forma responsable, un aire más limpio, recuperar la capa de ozono y coadyuvar en la reforestación de nuestros bosques, regresando a espacios urbanos más sustentables.

Por otro lado, las expectativas de crecimiento de la población en áreas urbanas son alarmantes, por lo que el uso de este **Modelo de Visualización** se volverá una importante oportunidad para contrarrestar el gran despilfarro de energía eléctrica que estos proyectos multifamiliares generan, aunado a los ya preocupantes problemas de **salud** y contaminación, característicos de las grandes urbes.

Lo anterior, sumado a la gran ignorancia que el gremio de arquitectos proyectistas ha demostrado al dejar de considerar desde hace más de un siglo, todas estas variables bioclimáticas en proyectos multifamiliares verticales, lo que repercute directamente en la calidad de vida de sus residentes.

Es importante mencionar que del último censo del INEGI (2015) en materia de Vivienda a nivel nacional y según sus cifras publicadas, se observa que de las cerca de 32'000,000 de viviendas registradas en la Republica Mexicana, aproximadamente un 20%, es decir, alrededor de 6'000,000 de viviendas, corresponden al área Metropolitana de la Ciudad de México.

El 43% de estas viviendas, son multifamiliares que han sido construidos tanto con recursos públicos como privados. Es decir que en el área metropolitana de la Ciudad de México, cerca de 2'600,000 viviendas se encuentran construidas en conjuntos multifamiliares verticales.

Considerando que en la actualidad y según la ONU (2015), el 56% de la población mundial habita en áreas urbanas y que se pronostica que para el año 2050 este porcentaje podría alcanzar hasta el 66% de la población mundial.

Éstos hechos obligan a suponer que serán necesarios reordenamientos y cambios de vocación en el uso del suelo, en la búsqueda de ciudades más sustentables, multiplicando las zonas verdes existentes, proyectando grandes pulmones para mejorar la calidad de vida y las condiciones de habitabilidad de los habitantes de las grandes ciudades.

Lo anterior originará la necesidad de construir desarrollos más verticales, similares al **caso de estudio**, para sustituir de manera paulatina pero constante, las zonas con asentamientos unifamiliares por proyectos multifamiliares con altas densidades de población.

Esto último derivará necesariamente en la proyectación de desarrollos verticales, para poder resolver, por un lado el problema de la escasa oferta de espacios verdes y por otra la imperiosa necesidad de satisfacer la altísima demanda de vivienda.

De lo anterior se genera la necesidad de diseñar proyectos multifamiliares verticales más eficientes y sustentables, por lo que la aplicación del **Modelo de Visualización** desarrollado adquiere una gran importancia. Además el **modelo** está principalmente diseñado y orientado a la **salud** y bienestar de los habitantes de éste tipo de proyectos habitacionales. Desde la etapa de proyecto, todas las variables bioclimáticas deberán ser consideradas.

El objetivo fundamental de los arquitectos proyectistas será el de utilizar estos potenciadores de diseño y visualizar, desde su concepción, los factores cualitativos que se deberán incluir en un proyecto multifamiliar vertical para hacer de este un proyecto de calidad.

Con la aplicación de este **modelo** y de estos simples criterios de análisis se podrá lograr, antes que nada, la sustentabilidad del proyecto, lo que derivará en nuevas formas arquitectónicas cuyo objeto fundamental será el de adaptarse a las condiciones geográficas y bioclimáticas del sitio donde se desarrollara un proyecto determinado con el objetivo principal de lograr el bienestar y la **salud** de sus residentes.

De esta forma se podrán alcanzar los estándares de habitabilidad y **confort** de los espacios proyectados, lo que derivará en espacios y ambientes más agradables y habitables para sus residentes. En una acción paralela, se podrá reducir de manera significativa, la dependencia del uso de artefactos eléctricos ineficientes y con altos consumos de energía, lo que se traducirá en un ahorro de operación muy importante.

Lo anterior repercute de manera significativa en la economía (\$) de las familias que conforman las comunidades multifamiliares, al reducir de forma importante el gasto energético de cada núcleo familiar. Aunado esta, la disminución de la emisión de gases contaminantes de efecto invernadero, que también contribuye en mejorar sustancialmente la **salud** y bienestar de dichas comunidades.

Cabe destacar la importancia del diseño de cuestionarios y encuestas bien dirigidos a identificar con el apoyo de tablas y graficas, cuáles son los principales factores de habitabilidad que deben ser considerados para lograr satisfacer las necesidades de bienestar y **confort**. De esta forma se lograra diseñar espacios bioclimáticamente balanceados lo que los hará más habitables para sus habitantes.

La información generada permitirá visualizar de manera anticipada las tendencias, actividades y espacios más utilizados, para poderlos considerar en las decisiones y las acciones correctivas, que se implementaran en los espacios habitados.

También se convertirá en información fundamental para ser considerada en los proyectos nuevos, potenciando desde su concepción todos los factores cualitativos que deberán ser incluidos para garantizar que todos los espacios habitables logren los niveles de habitabilidad y sustentabilidad.

Viento

Hay dos ecuaciones derivadas de estudios meteorológicos relacionadas con el viento que generaron conocimiento. La primera que dice que a mayor altura, la velocidad de los vientos dominantes es mayor. También lo es que, a mayor velocidad de viento se origina una baja importante en la temperatura del aire.

Lo anterior, forzosamente afecta térmicamente las superficies que son impactadas por el viento, mientras más alto sea un edificio, la temperatura será más baja y la velocidad del viento será mayor lo que repercutirá en cambios internos de temperatura.

El software conocido como **Flow Design** de **AUTODESK**®, permitió simular los flujos de los vientos, manejando un código de colores para identificar las trayectorias de los flujos, así como las velocidades de este.

Además permitió simular planos diferentes tanto en sentido vertical como horizontal lo que hace de este programa un extraordinario potenciador de diseño al permitir visualizar de manera muy simple el desempeño de los flujos de viento, sus trayectorias, sus velocidades y las turbulencias que se generan.

Estas dos ecuaciones fueron demostradas gráficamente, simulando en la maqueta electrónica de conjunto, como fluye el viento en 3 diferentes alturas, consideradas en los tercios del conjunto analizado.

La conclusión más importante y trascendente derivada de la visualización de la simulación practicada a 50 mts de altura, es que arrojó información de las diferentes mediciones de la velocidad de vientos en las azoteas de los edificios del conjunto, principalmente en las horas de obscuridad, que permitirá considerar la posibilidad de instalar generadores de energía eólicos, en cada edificio, para lograr la autosuficiencia energética en áreas comunes en cada edificio del multifamiliar.

Asoleamiento

Fundamentado en las simulaciones del comportamiento del sol (gráficas solares) que se generan con **Ecotect Analysis** de **AUTODESK**® nos permitió visualizar tanto a nivel de conjunto como a nivel de espacio particular, los ángulos de penetración (azimut) así como la cantidad de luz que incide dentro de los espacios.

Hay dos consideraciones que deben analizarse al visualizar las proyecciones de luz y sombras en el conjunto multifamiliar. La primera es que en el proyecto hay edificios que fueron afectados por las sombras proyectadas, ya que no sólo son obstruidos visualmente, sino también son afectados en las fachadas sombreadas, provocando variaciones térmicas muy importantes al interior de estos departamentos por la falta de radiación solar.

La segunda es que los departamentos afectados solo reciben luz solar reflejada (luminancia) y no la iluminancia necesaria en estas fachadas, derivado de las obstrucciones por los volúmenes de los edificios indebidamente sembrados, lo que repercute directamente en la calidad de la iluminación, lo que provoca que estos departamentos tengan niveles bajos que los hacen salir de rangos de **confort** visual.

Por lo que este potenciador de diseño, permitirá proyectar el sembrado de los edificios de un multifamiliar, con la certeza de que no habrá ni obstrucciones visuales ni proyecciones de sombras que afecten las temperaturas internas, ni los niveles adecuados de iluminación de los departamentos afectados.

Iluminación

En cualquier proyecto arquitectónico, los requisitos que un sistema de iluminación deberá cumplir para proporcionar las condiciones necesarias para el **confort** visual son: Iluminación uniforme, iluminancia óptima de acuerdo a la actividad a realizar, ausencia de brillos deslumbrantes, condiciones de contraste adecuadas y colores correctos que puedan ser analizados con criterios cuantitativos y cualitativos.

Esta comprensión del objetivo de **confort** visual, comienza con el conocimiento de su desempeño; su ubicación, el traslado del sol y sus radiaciones, el entorno mediato e inmediato y sobre todo, el tipo de usuario que vivirá nuestro proyecto.

Una vez concluida la fase de experimentación, se obtuvieron resultados tanto en su presentación como interpretación, puesto que presentan pequeñas diferencias entre sí, todas ellas enfocadas a aplicar el **Modelo de Visualización** y de análisis bioclimático para identificar las deficiencias cualitativas del proyecto, conocimiento que fue utilizado como potenciador de diseño del proyecto analizado.

Queda claro que cuando se evalúa la iluminación interior, dichos valores deben ser contrastados con los niveles recomendados para la actividad visual a desarrollarse en el espacio analizado, de modo que se asegure la realización de esta tarea con eficiencia y **confort** visual.

Los métodos de cálculo (hojas de cálculo y monitoreos en sitio) que se analizaron en este **caso de estudio**, pueden ser utilizados como potenciadores en el proceso de diseño de cualquier espacio, debido a que proporcionan resultados que pueden ser revisados de forma cualitativa y cuantitativa.

También fueron comparados entre ellos. Se sabe que las variables climáticas cambian dependiendo de la región, pero esto no es un impedimento para utilizar estos métodos analíticos en hoja de cálculo como potenciadores que permitirán generar una gama muy variada de posibles soluciones.

Concretamente el Factor de Luz de Día obtenido por las simulaciones, presentó pequeñas diferencias al compararlo con los datos generados por mediciones directas.

Sin embargo, no es motivo para descartarlo como uno de muchos parámetros a considerar en el diseño de iluminación. Es difícil que un **Modelo de Visualización** pueda simular de forma precisa un fenómeno natural y más aún, cuando el fenómeno es tan cambiante debido a su naturaleza como lo es la luz.

A pesar de todo lo anterior, el método para determinar el Factor de Luz de Día puede ser utilizado como un parámetro en el diseño de proyectos multifamiliares verticales, puesto que los resultados obtenidos son relativos y son confiables.

Los programas de cómputo presentan diferencias al compararlos con las mediciones y los métodos de cálculo manuales. El problema radica en que estos programas impiden conocer los algoritmos y/o variables a partir de los cuales se generan los resultados. No obstante se trató de simular con exactitud las mismas variables de forma digital, sin embargo, el desconocimiento de esos algoritmos pone en duda la validez y confiabilidad de los resultados.

A pesar de esta situación, es posible considerar estos programas como un potenciador útil por la manifestación gráfica en que se presentan los resultados, además de que son más rápidos y sencillos de utilizar.

Al generarse imágenes que pueden ser interpretadas de forma más directa y más fácil como lo son las rejillas 2d de iluminancia o luminancia, es posible visualizar otro tipo de información que sería difícil de apreciar mediante los métodos manuales, los cuales únicamente arrojan datos numéricos como resultado.

Por todo lo anterior podemos concluir que **Ecotect Analysis 2011** de **AUTODESK**®, es un verdadero potenciador de diseño. Aunque no es 100% confiable en cuanto a sus análisis cuantitativos, si tiene un registro muy cercano del comportamiento lumínico del espacio analizado.

Estos potenciadores son más útiles para realizar estudios de tipo cualitativo (distribución luminosa, deslumbramientos y brillantez excesiva) puesto que son más visuales por encima de estudios cuantitativos (cálculo de los niveles de iluminación) y por ello, se observaron las penetraciones de los rayos solares en los videos, así como también las proyecciones de las sombras de los espacios analizados para poder determinar valiosas acciones correctivas de diseño.

Las estrategias correctivas de diseño fueron planteadas con el objetivo de demostrar mediante ejercicios prácticos, cómo y cuándo se pueden utilizar estas estrategias a fin de ser repetidas y tropicalizadas para mejorar las condiciones lumínicas en cualquier proyecto seleccionado.

Aunque cada uno de los potenciadores de diseño es distinto, persiguen por lo menos uno de los siguientes aspectos:

- Permitir la visualización del comportamiento lumínico de un espacio que utiliza luz natural.
- Estimar valores de iluminancia, luminancia o factor de luz de día.
- Evaluar el grado de **confort** visual que se puede presentar en el espacio.
- Determinar el potencial de ahorro de energía mediante el uso de luz natural.
- Visualizar el comportamiento dinámico de la luz natural a lo largo de un tiempo determinado.

Temperaturas

Como resultado de los cálculos que se aplicaron para comparar el estado térmico actual vs la estrategia sugerida en el departamento con condiciones térmicas críticas podemos

Se compararon las ganancias térmicas pasivas anuales, y como resultado se puede observar que existen variaciones de consideración, principalmente si las contrastamos con las pérdidas térmicas derivadas de la baja conducción (Q_c) y por el impacto del viento (Q_v), además de la ineficiencia térmica de los materiales externos del edificio.

Del análisis anual de ganancias y pérdidas térmicas, se observa que las ganancias se observaron por debajo de los 400 Wh/m² las cuales son integradas por ganancias por asoleamiento (Q_s), la temperatura interna del aire y por la temperatura del mobiliario (Q_i).

Si se compara éstas ganancias con las pérdidas, la información que resultó de analizar visualmente las graficas, mostró que las ganancias térmicas fueran aparentemente insuficientes, sin embargo, es evidente que hay un aumento importante en ganancias, ya que es una diferencia cuantitativa (numérica) que no es tan clara si simplemente la analizamos visualmente.

Como se pudo observar, derivado de la información que resultó de la comparación de las graficas elaboradas para medir el desempeño térmico, son evidentes las condiciones bioclimáticas desfavorables del estado actual vs las resultantes del desempeño con la estrategia de aislamiento interno y doble cristal.

Por lo que resulta claro que aplicando la estrategia de cambio de materiales existentes por materiales con aislamiento térmico al interior de los departamentos, junto con la estrategia de instalar cancelería con doble cristal, repercutirá en una ganancia térmica suficiente ($Q_c+Q_s+Q_v+Q_i$) para lograr entrar en rangos 5K de **confort** garantizando la habitabilidad del departamento analizado.

Si se considera que se analizo el departamento critico por orientación y altura, resulta claro que se podrá aplicar este criterio a los demás departamentos, para ubicarlos en rangos de **confort**.

La visualización de la información vs las acciones experimentales

Vale la pena destacar las ventajas que tienen las nuevas tecnologías de visualización de información como son **Ecotect Analysis** de **AUTODESK**®, **Flow Design**®, **Revit**®, **Camtasia**®, entre otros. El uso de programas de simulación de variables bioclimáticas, nos permiten, a través de la visualización de un evento programado, identificar aspectos que de otra forma se pasarían por alto. Su limitación es que los resultados son hipotéticos y no reales.

Sin embargo, los resultados no necesariamente son tan precisos como los datos duros

La utilización de sensores e instrumentos de medición (termómetros, barómetros, medidores de intensidad lumínica, etc.), obliga a elaborar hojas de cálculo para registrar los datos y transformarlos en graficas o tablas, haciendo de esta alternativa de análisis un recurso para obtener resultados duros (numéricos).

Lo anterior, hace pensar que las acciones experimentales son una opción mucho más elaborada y no necesariamente tan clara como lo es la visualización de la información, ya que ésta permite de manera casi inmediata, identificar un problema, analizar sus flujos, conocerlos y entenderlos, lo que derivará en acciones correctivas para resolver un problema específico.

Específicamente en el **caso de estudio**, se practicaron las mediciones y cálculos experimentales, con los sensores antes mencionados, los cuales arrojaron información numérica, que fue comparada con la arrojada por las simulaciones practicadas.

Como consecuencia de dicha comparativa se advirtió que los resultados arrojados tuvieron variaciones muy pequeñas.

Lo antes mencionado hace llegar a la conclusión que, el utilizar ambos procedimientos, el experimental (sensores) y el virtual (programas de simulación), nos sirven para verificar si los datos adquiridos son veraces y confiables.

Por lo que las mediciones y cálculos efectuados, ratifican de manera contundente, los resultados de las simulaciones practicadas.

Por último, es importante destacar que los beneficios derivados del efecto multiplicador que este tipo de proyectos generan, no solo permiten efficientar el consumo de energía eléctrica, sino también permiten reducir el costo del kW/h reflejando ahorros económicos muy importantes.

Además, el beneficio ambiental que se puede lograr es de consideración, ya que este efecto multiplicador, si se lleva a nivel regional, se traduce en una trascendente reducción de emisión de gases de efecto invernadero, lo que se traducirá en aire más puro y una considerable recuperación de la capa de ozono.

Fuentes de consulta

Bibliografía

1. Adrian Bejan. (2012). *Design in Nature*. Random House.
2. Arias Orozco, Silvia y Ávila Ramírez David, 2004. La Iluminación natural en la Arquitectura en climas semitemplados Guadalajara: s.n.
3. Armando Leyva C., 1986. Principios Físicos de la Radiación Solar. Laboratorio de Energía Solar del I.I.M. de la UNAM ed. Temixco, Morelos: Memorias del curso de actualización en Energía Solar.
4. Auliciems y Szokolay, (1997) *Thermal CONFORT*, la Temperatura Media (fórmula).
5. Barchiesi, R., 2007. Asoleamiento en Arquitectura, Temas del curso de Acondicionamiento Térmico. Oficina del Libro CEDA, Ed. Montevideo: Facultad de Arquitectura.
6. Christopher Alexander. (1977). *A Pattern Language, with Ishikawa and Silverstein*, Oxford University Press.
7. Communities, C. o. t. E., s.f. *European Reference Book on Daylighting*. s.l.: s.n.
8. Czajkowski, Jorge y Gómez Analía (1994) Diseño bioclimático y economía energética edilicia. Fundamentos y métodos. Edit UNLP, La Plata Argentina.
9. Edwards S. Cassedy, Peter Grosmann, 1990. *Introduction to energy: resources, technology and society*. s.l.: Cambridge: Cambridge University Press.
10. García Chávez, J.R., 1999. Arquitectura, Medio ambiente y Desarrollo Sustentable. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
11. Garcia Chavez, J.R. & Fuentes Freixanet, V.A., 2005. Viento y Arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico. México: Ed. Trillas.
12. García Chávez, J.R. et al. Introducción a la Arquitectura Bioclimática. Editorial Limusa. México, D.F. 2005.
13. García Chávez, J.R. et al. Manual de Arquitectura Solar Sustentable. Editorial Trillas. México, 2014.

14. Gibson, J.J. (1977). *The Theory of Affordances*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
15. Gibson, J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston Mass. Houghton Mifflin.
16. Givoni B, A. (1976) *Man Climate and Architecture*, Architectural Science Services. Publishers. Ltd. London.
17. Gould, S.J. (1982) *Exaptation A missing term in the science of form. Paleobiology*, Vol 8, N°1, 4-15.
18. Granados H., 2006. Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. Eficiencia energética. España: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España.
19. Herbert Simon (1996) *The Sciences of Artificial* , MIT Press.
20. Jenkins, H., (2006) *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*. Amazon. com Revised Edition.
21. Jeremy Rifkin. (2013). *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the economy and the world*. Palgrave MacMillan.
22. M. Boubekri, 2008. *Daylighting, Architecture and Health: Building design Strategies*. s.l.:s.l.:Architectural.
23. McLuhan, M. (1964). *Understanding Media: The Extensions of man*. New York: New American Library, Times Mirror.
24. Moles, A., Rohmer, E. (1983) *Teoría de los Actos. Hacia una Ecología de las Acciones*. Ed.Trillas.
25. Moore, F., 1991. *Concepts and Practice of architectural Daylighting*. New York: Van Nostrand Reinhold.
26. Olgayay, Victor (1998) *Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona.
27. Otl Aicher (2001). *Analógico y Digital*, Ed.Gustavo Gili.
28. Piscitelli, A. (2005) *Internet la Imprenta del Siglo XXI*. Barcelona: Editorial Gedisa.

29. Postman, N. (1993). *Technopoly: The Surrender of Culture to Technology*. New York: Vintage Books.
30. Ramirez, D. & Arias, S., 2004. *La Iluminación Natural en la Arquitectura*. Coordinación editorial ed. Guadalajara Jalisco. Universidad de Guadalajara.
31. Ristinien, R. A., 1999. *Energy and Environment*. s.l.: New York: John Wiley & Sons.
32. Sanchez de Antuñano, J. (2014). *Apuntes del Seminario de Investigación del Doctorado de Diseño*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño CyAD.
33. Steven D. Levitt y Stephen J. Dubner, (2006). *Freakonomics*. Barcelona, Ediciones
34. Toffler, Alvin & Heidi. (2006). *Revolutionary Wealth*, New York. Random House.
35. Toffler, Alvin (1970). *Future Shock*. New York: Random House.
36. Vaqueira, M. R., 2011, *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México: Limusa, S.A. de C.V.
37. Toffler, Alvin (1980). *The Third Wave*. Bantam Book, University of Queensland, Brisbane Australia.

Referencias institucionales de consulta

1. Atlas de Recursos Eólicos de Oaxaca, *National Renewable Energy Laboratory* Asociación Mexicana de Energía Eólica.
2. Autodesk, 2012. *Sustainability Workshop*
3. Comisión Federal de Electricidad (CFE), México.
4. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), México.
5. *European Photovoltaic Industry Association*, (Septiembre 2010).
6. Figueroa, A.G., 2005 México- El culto al sol en las culturas prehispanicas
7. Google Earth, Fuente de información Satelital.

8. Hipotecas verdes del INFONAVIT). México.
9. Hojas de Cálculo, Dr. Víctor A. Fuentes Freixanet (investigador de la UAM-A).
10. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI), México.
11. *International Energy Agency* (IEA) Agencia Internacional de Energía.
12. Ley Federal para el aprovechamiento de energías renovables en México.
13. Observatorio Nacional de México.
14. Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012.
15. Secretaría de Energía (SE), México.
16. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México.
17. Sistema Meteorológico Nacional (SMN), Estación Util No.15077 “Presa Totolica” con datos de 1981-2010. Estado de México.
18. *World Energy Council* (WEC) Consejo Mundial de Energía Acreditado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).
19. *World Health Organization* (WHO) Organización Mundial de la Salud (OMS).

Referencias de Internet

1. Ares, N., 2000. La Iluminación en el Antiguo Egipto. [En línea] : <http://www.nachoares.com/html/articulos/iluminacion-antiguo-egipto.html>
2. Arquitectura, A., 2012. La luz, importancia en la Arquitectura. [En línea] <http://www.arghys.com/articulos/luzarquitectura.html>
3. AUTODESK, 2012. Sustainability Workshop (Taller de sustentabilidad). [En línea] <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/fundamentals/building-orientation>
4. Cabello, F. J. A., s.f. LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE. [En línea] Available at: <http://huespedes.cica.es/aliens/gimadus/17/03/materiales.html>
5. CEI-IDAE, 2005. Iluminación en edificios. [En línea]: <http://www.idae.es/index.php/>

- [id.36/reلمenu.354/mod.pags/mem.detalle](#)
6. David Valenzuela-Fisic, s.f. Teorias de la luz. [En línea]: <http://www.fisic.ch/cursos/primeromedio/teor%C3%ADas-de-la-luz/>
 7. ENERGIA, S. D., s.f. NORMAS OFICIALES MEXICANAS. [En línea]: http://www.sener.gob.mx/portal/normas_oficiales_mexicanas.html
 8. Energy Agency (IEA) 2009 [En línea]: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.1...>
 9. Figueroa, A. G., 2005. México - El culto al sol en las culturas prehispánicas. [En línea]: http://www.latinoamerica-online.info/cult05/arti05.21_gaitano_puertasol.html
 10. Illuminating Engineering Society of North America IESNA, 1999. Recommended Practice of Daylighting. Daylighting 11. ONU poblacion mundial [En línea]: <https://actualidad.rt.com/.../97314-poblacion-mundial-crecimiento-onu>
 11. SEGUN EL INEGI 2015 CONAPO. Proyecciones de la población 2010-2050. [En línea]: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>
 12. Committee.. [En línea] Available at: http://www.iesna.org/about/what_is_iesna.cfm
 10. SENER, 2013. Balance Nacional de Energia. [En línea]: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/BNE_2011.pdf
 13. SENER-AIE, 2011. INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGETICA EN MEXICO: 5 SECTORES, 5 RETOS. [En línea]: http://www.energia.gob.mx/webSener/taller/res/1858/IEE_Mexico.pdf
 14. Tecno Lite. La luz es tuya, 2013. Iluminación y arquitectura, un diálogo de emociones. [En línea]: <http://www.tecnolite.com.mx/pro/area-de-profesionales/iluminacion-y-arquitectura-un-dialogo-de-emociones/>
 15. Union Europea energias renovables [En línea]: https://europa.eu/european-union/topics/energy_es
 16. World Energy Council (Acreditado por la ONU) [En línea]: https://en.wikipedia.org/wiki/World_Energy_Council

Sistemas potenciadores de diseño

1. AUTOCAD, Autodesk ®, Maqueta electrónica 2015
2. CAMPTASIA Studio 8.1 ®, TechSMITH ® diseño de videos
3. ECOTECT ANALYSIS, Autodesk ®, simulador bioclimático 2011
4. FLOW DESIGN, Autodesk ®, simulador de vientos
5. Google Earth ® 2016
6. REVIT, Autodesk ®, simulador de imágenes tridimensionales 2016

Anexos

Capítulo 2: marco metodológico

1. Modelado en *Revit*.
2. Viento en *Flow design*.
3. Soleamiento en *Ecotect*.
4. Soleamiento en *Revit*.

Capítulo 3: aplicación del modelo

1. Iluminación natural en *Ecotect*.
2. Simulaciones térmicas en *Ecotect*.
3. Simulaciones térmicas de estrategia combinada caso 1 al exterior.
4. Simulaciones térmicas de estrategia combinada caso 2 al interior.
5. Simulaciones térmicas de estrategia combinada caso 3 interior / exterior.

Currículum Vitae

Estudios

Alonso Aguirre Le Vinson concluye estudios doctorales de Diseño y Visualización de la Información (2012-2017), en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Azcapotzalco) Ciudad de México.

Es Maestro en Comunicación Institucional (2000-2002) por la Universidad Panamericana, Ciudad de México.

Es Maestro en Ciencias, con especialidad en Estudios Urbanos y del Medio Ambiente (1982-1983), por el Rensselaer Politechnic Instiyute, Troy, N.Y., E.U.A.

Es Maestro en Administración de Empresas (1982-1983), por el Rensselaer Politechnic Instiyute, Troy, N.Y., E.U.A.

Es Maestro en Arquitectura con especialidad en Aprovechamiento de Energías Naturales (1981-1983), por el Rensselaer Politechnic Instiyute, Troy, N.Y., E.U.A.

Es primera generación de Arquitectura (1974-1979) por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Azcapotzalco) Ciudad de México.

Actividades docentes

Profesor de Urbanismo, en la Escuela militar de Ingenieros (1984-1985), Secretaria de la Defensa Nacional, Ciudad de México.

Profesor de Eslabón Operativo, Diseño (1980-1981), en el Departamento de Ciencias y Artes para el Diseño, en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Azcapotzalco) Ciudad de México.

Profesor de Eslabón Teórico, Historia del Arte (1980-1981), en el Departamento de Ciencias y Artes para el Diseño, en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Azcapotzalco) Ciudad de México.

Profesor de Eslabón Teórico, Historia de la Arquitectura (1980-1981), en el Departamento de Ciencias y Artes para el Diseño, en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Azcapotzalco) Ciudad de México.

Ha participado en actividades académicas como conferencista en diferentes universidades del país con temas relacionados a la industria petrolera y edificios sustentables.

Actividades profesionales

Actualmente es Presidente del Consejo de Administración y Socio Fundador de TECHMAN GROUP S.A de C.V. Empresa dedicada a la construcción, supervisión y control de proyectos, principalmente en el Sector Energético.

Ha participado como Director de Proyecto en varias obras para la Secretaria de la Defensa Nacional. Además ha desarrollado proyectos arquitectónicos en el Sector Privado, tanto Institucionales como Residenciales.

Ha participado en *Joint Venture* para la Consultoría y Asistencia en la Administración Monitoreo y Coordinación General en la reconfiguración de las Refinerías “Francisco I. Madero” ubicada en Cd. Madero, Tamaulipas y “Miguel Hidalgo” ubicada el Tula, Hidalgo, para PEMEX Refinación. Así como, en la Supervisión Técnica y Administrativa de 14 Plataformas Marinas, como son las estructuras de conexión entre plataformas, además de plataformas de Producción, Perforación, de Telecomunicaciones y Habitacionales, para PEMEX PEP.

Actividades gremiales

Pertenece a la Cámara Nacional de Manufactureros Eléctricos CANAME en la que ha desempeñado varios cargos. También pertenece a la Cámara Nacional de Empresas de Consultoría CNEC, así como a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción CMIC.

El diseño electrónico interactivo y
formación de esta tesis doctoral, fue
realizado por Jorge Pérez-Grovas
www.entretiempos.com
Junio de 2017



