



ANALISIS DE UNA VIVIENDA EFICIENTE Y SUSTENTABLE

Universidad Nacional de Mar del Plata – Facultad de Ingeniería



Integrantes:

Ganim Esteban Ismael
Perez Cristian Marcelo
Scolarici Juan Sebastián

Tutor:

Ing. Ferreyra Ruben

Comisión evaluadora:

Mg. Ing. Claudio Oscar Di Menna
Ing. Juan Carlos Stecca
Mg. Ing. Susana Jacob



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Contenido

Resumen:	4
Introducción:	5
Capítulo 1: Aprovechamiento del agua de lluvia.....	9
Aprovechamiento de agua de lluvia: Introducción:	9
OSSE	10
Aprovechamiento del agua de lluvia	14
Ejemplo de aplicación:.....	15
Aprovechamiento de agua de lluvia: Marco teórico:.....	20
Aprovechamiento de agua de lluvia: Desarrollo:	21
Definición de parámetros:.....	23
Costos del servicio:	28
Aprovechamiento de agua de lluvia: Estimación de Costos:	32
Aprovechamiento de agua de lluvia: conclusión:.....	36
Capítulo 2: Verificación térmica de la vivienda	37
Verificación térmica de la vivienda: Introducción:.....	37
Problemática:.....	38
Verificación térmica de la vivienda: Marco teórico:	38
Conductancia térmica:.....	43
Resistencia térmica:.....	44
Confort térmico:	44
Calefacción residencial:	45
Tipos de calefacción central:	46
Tipo de aislantes para vivienda:	52
Verificación térmica de la vivienda: Desarrollo:.....	64
Planilla de cálculos:.....	69

Verificación térmica de la vivienda: Cálculo económico	77
Verificación térmica de la vivienda: Conclusión	78
Capítulo 3: Iluminación	79
Iluminación: Introducción:	79
Los tres foto-receptores del ojo:	79
La iluminación en instalaciones:	81
Iluminación: Marco teórico:	82
Definiciones:	82
El espectro electromagnético	83
Propiedades ópticas de los cuerpos:	83
Magnitudes y unidades luminosas:	84
Curvas fotocromáticas:	85
Tipos de lámparas:	86
Iluminación: Desarrollo:	94
Iluminación: Cálculo económico:	121
Iluminación: Conclusión:	121
Capítulo 4: Energía solar	122
Energía solar: Introducción:	122
Energía solar: Marco teórico:	123
Transformación de energía solar a eléctrica	128
Equipos de la instalación fotovoltaica	143
Energía solar: Desarrollo:	167
Estimación del consumo	167
Dimensionamiento del generador fotovoltaico	181
Energía solar: cálculo económico:	184
Energía Solar: Conclusión:	189

Energía Solar: Posibles mejoras:.....	190
Capítulo 5 Análisis económico.....	192
Flujo de caja.....	192
Valor presente	193
Cálculos.....	193
Análisis económico: Conclusión:	196
Capítulo 6: Agradecimientos:	196
Capítulo 7: Bibliografía utilizada:.....	197

Resumen:

En el presente proyecto final de grado se diseñó una vivienda sustentable. Para lo cual se analizaron las condiciones ambientales, y las distintas energías disponibles para una vivienda en la localidad de Mar del Plata.

Inicialmente se analizó el consumo de agua de vivienda familiar tipo y la capacidad de recuperar agua de lluvia, como método de reducción del consumo de agua potable de la red. Para el mismo se consideró únicamente el uso de agua de lluvia sin fines de consumo. Se tomó como base el promedio de precipitaciones mensuales, correspondientes a la ciudad de Mar del Plata, realizando un análisis de la reducción del consumo.

Proseguimos realizando un análisis térmico de la vivienda, partiendo de los datos brindados por el servicio meteorológico nacional. Se seleccionaron los materiales de construcción para la vivienda, haciendo especial énfasis en su capacidad aislante y costos. Definidas estas variables, se simuló y calculó el consumo energético para cada tipo de calefacción de la vivienda y del agua. Se seleccionó el más apto y se realizaron los análisis de costos y medioambientales correspondientes.

Otro eje analizado, fue la utilización de energía solar, a fin de reducir el consumo de electricidad y de gas. Para lo cual, se estudiaron, las distintas alternativas y se adoptaron sistemas de generación fotovoltaica y colectores solares. Se utilizó la información climatológica de la ciudad para obtener datos de radiación solar para el dimensionamiento de los equipos. Además se realizó la iluminación de la vivienda mediante simulación en computadora, para disminuir el consumo. A su vez, se consideró la vida útil de los distintos componentes, como así también, el impacto ambiental que causan los mismos.

A su vez se realizó un estudio económico de la misma, buscando generar un sistema de créditos que pueda aplicarse a la construcción de las mismas.

Introducción:

Según lo expresado por Gerónimo J. Cárdenas, el desarrollo de un país está hoy estrechamente ligado a la energía con la que pueda contar para desarrollar sus actividades productivas, de transporte y de construcción de infraestructuras, entre otras necesidades de la vida moderna.

Además, hay que tener presente que los lugares que carezcan de energía eléctrica, estarán impedidos de utilizar modernas herramientas de comunicación tales como Internet y la telefonía celular. Pero no sólo hay que considerar la disponibilidad energética presente, sino que, para pensar en un desarrollo sostenible, es necesario contar con un horizonte de abastecimiento confiable y que tenga en cuenta los incrementos en la demanda de energía que plantea una economía en crecimiento.

Las principales fuentes de energía con que cuenta hoy el mundo, petróleo, gas natural y carbón mineral, son de carácter no renovable; es decir que a medida que se van consumiendo disminuyen sus reservas sin posible reposición, salvo que se descubran nuevos yacimientos. Esto último si ocurre, aunque lo que se descubre es menos de lo que se consume y generalmente su explotación requiere tecnologías más complejas y costosas, ejemplo de lo cual es la extracción de petróleo en los mares en la demanda de energía que plantea una economía en crecimiento.

Las fuentes de energía se denominan primarias cuando se extraen o capturan de la naturaleza, sea en forma directa, como en el caso de la energía hidráulica, eólica, solar, o después de un proceso de extracción o recolección, como el petróleo, el carbón mineral, la leña, etc; es decir que no han sido sometidas a ninguna modificación. Las secundarias son las que resultan de un proceso de transformación por medio de la aplicación de alguna tecnología, como sería el caso de la electricidad o las motonaftas.

Con las energías primarias se construye la matriz energética de un país, estableciéndose las diferentes fuentes energéticas de las que se dispone y su incidencia relativa en el total de la oferta. Las matrices se recalculan anualmente y sirven para posibles comparaciones a lo largo de los años, como así también, con referencia a un momento determinado, con otros países de la región o a nivel mundial.

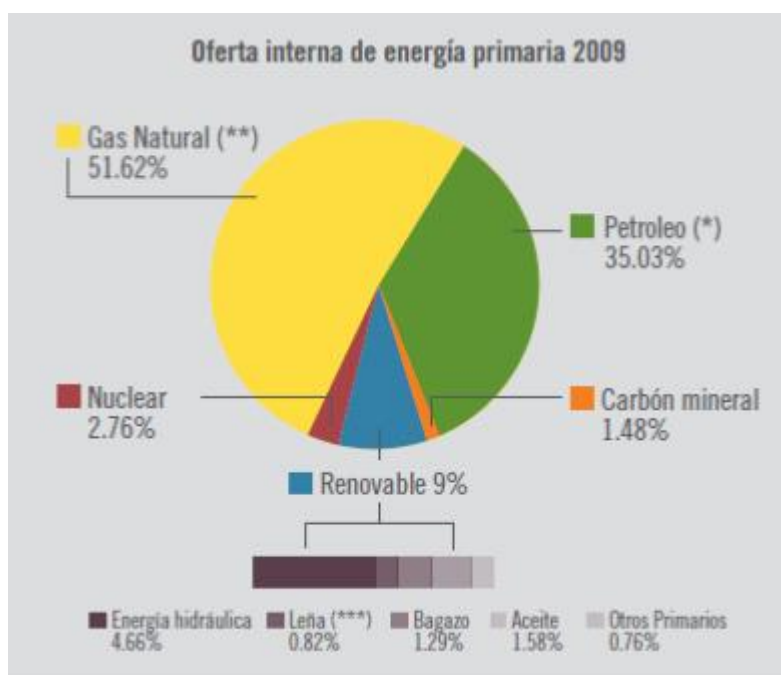


Figura: 0.1 .Matriz energética argentina.

Cualquier fuente de energía de origen renovable que se incorpore, además de ayudar a mantener la independencia energética, es decir no depender de la importación de combustibles que se encarecen permanentemente, tiene como consecuencia aportes positivos en la lucha contra el calentamiento global. Ningún país puede dejar de prestar atención al calentamiento global, ya que, como sus efectos afectan a todo el planeta sin reconocer fronteras geográficas, es de esperar que la comunidad internacional responsable presione para que nadie quede ajeno a esta lucha.

Pero no sólo es necesario diversificar fuentes y hacer crecer la oferta, es muy importante además mejorar la eficiencia con que se usa la energía, lo que constituye toda una tarea encarada con diferentes grados de intensidad en el mundo y en la que Argentina está trabajando a través del Pronure (Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía).

La elección de equipos más apropiados para reducir el uso de energía y eliminar consumos innecesarios, contribuye a disminuir el gasto individual sin afectar la satisfacción personal obtenida en los servicios que demandan su utilización. Pero hay que tener presente que medidas individuales de uso de energía más eficiente en

viviendas o procesos industriales, pueden no resultar en mejoras de eficiencia energética a nivel de país, ya que muchas veces estos procedimientos deben generalizarse para alcanzar repercusión nacional. Para que esto se refleje en los consumos del país, es necesario que diversos sectores productivos de nuestra sociedad y los ciudadanos individualmente se planteen la eficiencia energética como un objetivo. Esto se puede lograr concientizando a sus habitantes sobre el complejo futuro que nos acecha si no logramos usar eficientemente la energía, diversificar nuestra matriz incorporando energías renovables y reemplazar el uso de combustibles fósiles, como manera de aportar además al cuidado del medio ambiente.ⁱ

Este proyecto, se realizó teniendo en cuenta las diversas ventajas que tendría la aplicación del mismo en nuestra sociedad. En primera instancia, la aplicación del mismo, tiene un impacto positivo en el medio ambiente, ya que se utilizan y aprovechan las energías renovables disponibles, para reducir el consumo de los mismos.

En segundo lugar, la reducción del consumo mensual de la vivienda, tanto en uso de agua, electricidad y gas. Lo cual se traduce en un menor gasto mensual por parte de los usuarios.

Para este proyecto, se eligió utilizar como casa modelo, una correspondiente al plan PROCREAR. La elección de la misma, se realizó teniendo en cuenta las siguientes consideraciones. Se tomó en cuenta el tiempo de pago de crédito a largo plazo, para tener un mayor tiempo de repago para el proyecto a realizar.

Otro motivo de esta selección, es que, al tratarse de la construcción de una vivienda, facilita el diseño de las modificaciones necesarias para aplicar los sistemas que serán los responsables de la captación de recursos reutilizables. A continuación, se adjuntan renders de la casa seleccionada para el caso a analizar.



Figura: 0.2. Vista posterior de la vivienda



Figura: 0.3. Vista frontal de la vivienda

Capítulo 1: Aprovechamiento del agua de lluvia

Aprovechamiento de agua de lluvia: Introducción:

“El agua es un recurso vital y su escasez afecta todas las posibilidades de desarrollo y bienestar para cualquier población.

Con el cambio climático, la escasez de agua tiende a aumentar en aquellas regiones donde es deficiente, alcanzando también las zonas húmedas. Para ayudar a mejorar las condiciones de disponibilidad del agua, es necesario promover el uso responsable, racional y optimizado de todos los recursos hídricos.

La captación y aprovechamiento del agua lluvia, es una de las prácticas más antiguas, desarrolladas para contrarrestar el déficit hídrico por medio de diferentes técnicas:

Micro captación o captación in situ: consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, en áreas contiguas al área sembrada o plantada, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos.

Macro captación: consiste en captar la escorrentía superficial generada en áreas más grandes, ubicadas contiguas al cultivo (macro captación interna) o apartadas del área de cultivo (macro captación externa), para hacerla infiltrar en el área de cultivo y ser aprovechada por las plantas.

Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables: es la modalidad más conocida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como techos de viviendas y establos, superficies rocosas, hormigón, mampostería o plástico y permite obtener agua de mejor calidad para el consumo doméstico.

Los sistemas de captación de agua de lluvia requieren de una estructura para almacenar el agua captada, que debe cumplir con estos requisitos:

Responder a las necesidades de uso (doméstico, animal o vegetal).

Mantener, alterar mínimamente y mejorar la calidad del agua captada por medio de sistemas de filtro, decantación u otro mecanismo.

Segura y fácil de manejar y mantener.

Bajo costo y fácil de construir.

Para lograr buen resultado de cualquiera de las técnicas de captación y aprovechamiento de agua lluvia, es necesario acompañarlas de medidas de utilización responsable del agua. Igualmente se requiere un proceso educativo para que la población conozca y comprenda el ciclo hidrológico de la zona donde vive, y pueda implementar estrategias que contribuyan a mejorar sus condiciones de vida.”ⁱⁱ

OSSE

Recursos Hídricos:

“Para el manejo de los Recursos Hídricos en el partido de Gral. Pueyrredón, OSSE ha implementado la metodología de manejo sustentable del acuífero, que fundamentalmente consiste en considerar potencialmente explotables sólo aquellos volúmenes que anualmente se recargan en cada una de las cuencas hidrológicas, evitándose extraer más agua que la disponible. Es decir, la extracción y transporte del agua se realiza permitiendo un balance equilibrado dentro del ciclo hidrológico.

Para esta tarea OSSE dispone de programas específicos tanto para monitorear el acuífero como para determinar la eficiencia de la producción de los pozos. Con base al estudio de los niveles y caudales se establece el volumen a explotar en forma segura.”ⁱⁱⁱ

Red de Agua

Según los datos provistos por OSSE:

Producción anual promedio de agua: 139.000.000 m³

Radio servido de agua: 2.288,52 kilómetros de conductos

(Mar del Plata-Batán-Est.Chapadmalal)

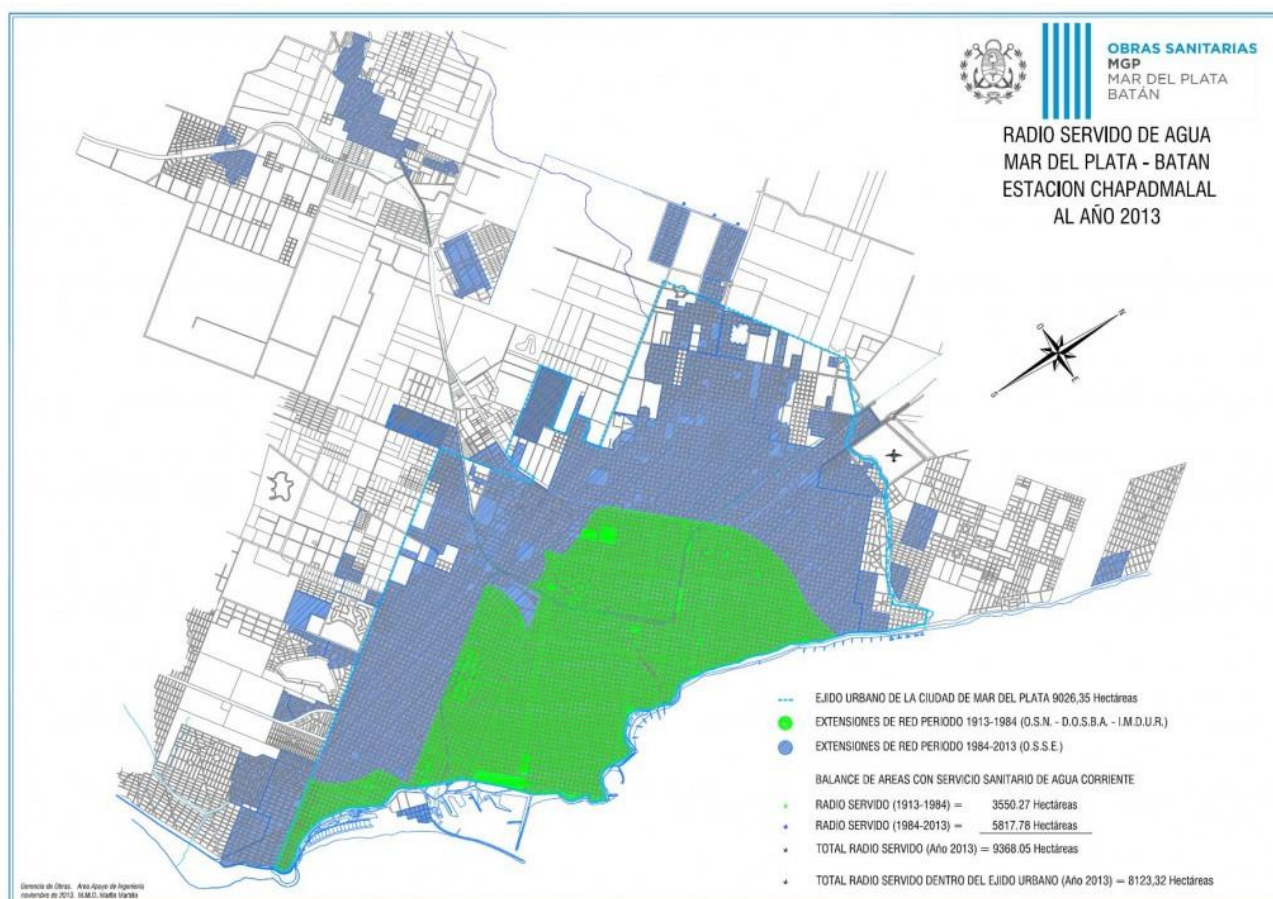


Figura: 1.1. Red de agua de Mar del Plata

Proyectos desarrollados

Con fondos propios se ha realizado una importante inversión en los últimos años, teniendo en cuenta los proyectos:

“Programa Pérdida Cero” (en 2013 se ejecutaron 8.900 tareas para la eliminación de fugas)

“Recambio de Cañerías” (cañerías, conexiones domiciliarias y válvulas recambiadas a nuevo en zona de Loma de Santa Cecilia y actualmente en barrio “Vieja Terminal)

“Plan Piloto de Micromedición”

Todos coincidiendo en reducir el nivel de pérdidas.

Se lanzó el Proyecto Educativo 2014 “¿Nos lavamos las manos?” profundizando desafíos en orden a tres ejes: reducción del consumo de agua, no más grasas en las cañerías y no más basura en la vía pública.

Sistema de abastecimiento de agua potable

Compuesto por tres subsistemas:

1) Acueducto Norte

El Sistema Acueducto Norte cuenta con una capacidad de extracción de agua instalada de 6600 m³/h.

Se abastece por medio de 96 pozos de extracción.

Tiene una longitud de 24,5 Km.

Su diámetro varía entre 600 y 2000 mm.

El pozo de extracción más lejano se ubica en el límite con el Partido de Mar Chiquita, el Acueducto Norte corre paralelo a la Ruta Nacional Nº 2, finalizando en Avda. Colón y San Luis.

El agua de las perforaciones es captada e impulsada hacia el acueducto norte, luego es rebombada desde 5 Estaciones Elevadoras.

1.1) Centro de Abastecimiento Szpyrnal

1.2) Estación Elevadora Uruguay y Ayacucho

1.3) Estación Elevadora Plaza Mitre

1.4) Estación Elevadora Torre Tanque Falucho

1.5) Estación Elevadora Tucumán y Almafuerde

2) Acueducto Sur

El Sistema Acueducto Sur se abastece por medio de 26 pozos de extracción que se ubican en la zona de Parque Industrial, Paraje San Francisco y Ruta Nº 88. Estos bombean al acueducto a presión.

El diámetro del acueducto varía entre 500 y 800 mm. y su longitud es de 15 Km.

La zona comprendida por las calles Vertiz, La Costa, M. Bravo y Ruta 88 es abastecida por el Acueducto Sur mediante 13 válvulas derivadoras a red. La zona entre J.B. Justo, Vertiz, Ruta 88 y La Costa cuenta con pozos de red para suministro directo.

Existen dos partes altas en la zona del Acueducto Sur alimentadas por rebombéo.

En el extremo del Acueducto Sur se ubica la Estación Elevadora Mario Bravo que cuenta con un tanque elevado y una cisterna, donde se almacena el agua no consumida en el acueducto a través de sus derivadoras.

2.1) Mario Bravo

2.2) Tapia

2.3) Talcahuano

La estación Elevadora Talcahuano cuenta con 2 bombas capaces de impulsar un caudal total 330 m³/h.

3) Pozos en red

Aquellas zonas en las cuales no es posible su alimentación desde las estaciones elevadoras se abastecen desde pozos en red.

El total de pozos que abastecen la red en la ciudad de Mar del Plata es de 97.

El caudal capaz de suministrar por el conjunto de pozos es de aproximadamente 6200 m³/h

4) Operación

La operación del sistema Acueducto Norte se realiza a través de sus 5 estaciones elevadoras y sus sistemas de captación.

Parte de la operación de sus pozos semisurgentes se realiza a través del sistema de telemetría.

Debido a su sentido de circulación, el agua del Acueducto Norte es recibida primeramente en forma parcial por el C.A.S. (Centro de Abastecimiento Szpyrnal), es almacenada en sus 2 cisternas para luego ser bombeada a la red.

En segundo lugar parte del agua del Acueducto Norte es captada a través de su obra de toma por la estación Uruguay y Ayacucho, desde la cual se abastece la red por rebombeo.

El excedente, alrededor del 85% del total, llega a Plaza Mitre para almacenarse en sus cisternas, luego es bombeada a la red (50%) y a las estaciones elevadoras Tucumán y Almafuerite (25%) y Torre Tanque Falucho (25%).

El agua se distribuye por medio de cuatro cañerías de impulsión de 800 mm, dos de las cuales alimentan directamente a la red y las dos restantes una para cada estación.

Del agua recibida en la torre tanque Falucho una parte abastece al tanque elevado con suministro directo a la zona alta (40%) y otra parte desde la cisterna abastece a la zona baja (60%).

La estación Tucumán y Almafuerite recibe por bombeo directo de Plaza Mitre e impulsa a la red.^{iv}

Aprovechamiento del agua de lluvia



Figura 1.2. Ejemplo de aprovechamiento.

“Utilizando la infraestructura existente y después de un proceso de limpieza, se puede aprovechar el agua de lluvia para diversos usos y procesos. Promoviendo el ahorro de agua a la vez que se evitan los problemas generados por inundaciones.”

v

Datos interesantes sobre el consumo en el mundo:

Argentina: 685 lt por hab/día.

EEUU: 300 lt por hab/día.

Japón: 284 lt por hab/día.

Unión Europea: 150 lt por hab/día.

Argelia: 95 lt por hab/día.

India: 25 lt por hab/día.

Según la OMS, deberíamos utilizar unos 200 lt por día y por persona.

En Mar del Plata el consumo es de 600 lt por persona. ^{vi}

Si bien no es el más alto de la región, se observa que consumimos más del doble que Estados Unidos, y más del triple que en la Unión Europea y lo recomendado por la OMS. Esto motiva que se busque llegar a un consumo dentro del límite de la razonabilidad durante este proyecto.

Ejemplo de aplicación:

“Creíamos que el agua no se agotaría nunca. La hemos consumido descontroladamente (se calcula que el consumo medio diario es de unos 685 litros por persona). Hemos crecido, pero el agua es siempre la misma. Estamos abusando de ella. El mundo se encuentra al límite de sus posibilidades, y en Argentina estamos viviendo la terrible experiencia de las restricciones de agua. Ha llegado el momento de plantearnos un nuevo consumo, más racional, más inteligente, más solidario.

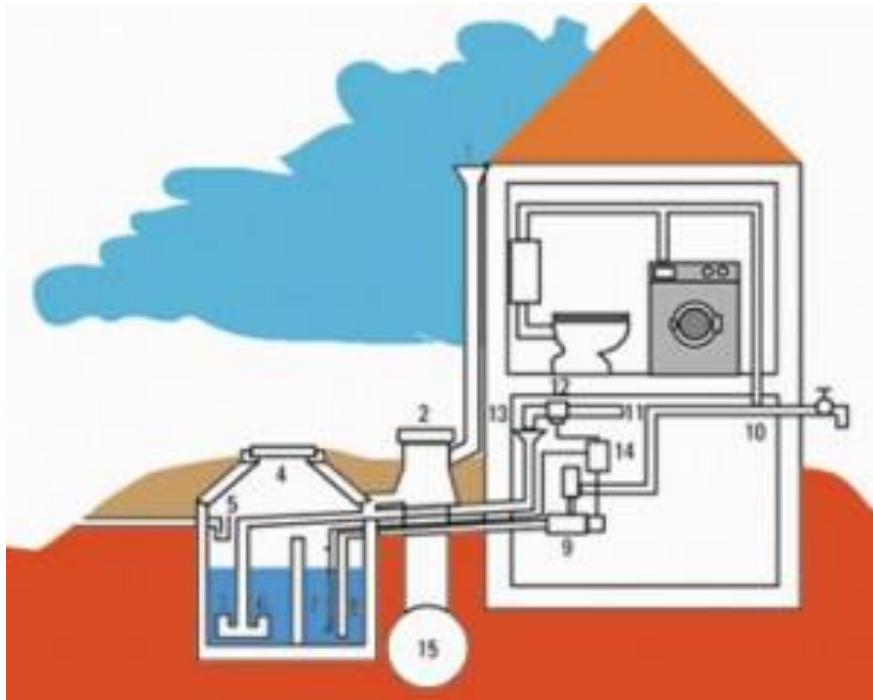


Figura 1.3. Esquema de recolección de agua.

Así se recoge la lluvia: 1 canalón 2 caja de filtro con filtro de torbellino 3 entrada 4 almacén 5 rebosadero 6 pared separadora 7 electrodos 8 tubo de aspiración 9 bomba 10 conductos agua útil 11 conductos agua potable 12 válvula magnética 13 salida libre 14 aparato de distribución con indicación de nivel de agua 15 alcantarilla

Lo cierto es que en nuestro país, especialmente en el mundo rural, existía una sólida tradición de recogida de aguas pluviales. Rara es la vivienda, con más de 100 años, que no tenga su propio aljibe. Así es que, nos permitimos hacer un humilde llamamiento para la recuperación de tan provechosa costumbre, especialmente en esta época abocada definitivamente al cuidado y ahorro de las aguas.

Las características del agua de lluvia la hacen perfectamente utilizable para uso doméstico e industrial. Es un agua que nos cae del cielo de forma gratuita, y que es conducida sistemáticamente al alcantarillado, y desperdiciada. ¿Por qué no aprovecharla?

Hay países pioneros en Sistemas de recogida de agua de lluvia, como Alemania, donde algunos distritos incluso, subvencionan estas instalaciones, ya que la oferta de agua no crece al ritmo de las aglomeraciones urbanas. Los Berlineses consumen 400

millones de metros cúbicos de agua, una vez y media más agua de la que cae por precipitaciones.

Las consecuencias ecológicas de estos consumos desmesurados ya son notables en muchos sitios. La exagerada extracción de agua, es un tema de preocupación constante en todo el mundo, ya que la salinización de los pozos de las zonas es bien conocida, y de difícil solución. Capitales tan importantes como Buenos Aires, están sufriendo una alta salinización del agua de consumo. Prácticamente en todos los países se están secando fuentes, arroyos y praderas, se mueren bosques y las casas se agrietan, como consecuencia de la drástica disminución de agua en las capas freáticas.

Si a esto añadimos que ya la mitad de los gastos para la canalización de aguas residuales se derivan de la canalización del agua de lluvia. Debido a la enorme edificación de las ciudades: casas, fábricas, calles, etc., después de cada tormenta fluye un inmenso aluvión de agua hacia las depuradoras. En consecuencia hay que gastar millones para grandes alcantarillados o pozos de retención.

En este punto cabe destacar que las cisternas particulares podrían aliviar de manera importante las depuradoras.

Debemos reconocer que para muchos usos caseros no se necesita la calidad de agua potable, por ejemplo en el inodoro, gastamos alrededor 40 litros de agua potable a diario, consumo éste fácilmente reemplazable por agua de lluvia, al igual que la limpieza general de la casa y el funcionamiento de lavadoras. No sólo dejamos de malgastar agua potable, sino que, al ser el agua de lluvia mucho más blanda que la del grifo, estamos ahorrando hasta un 50% de detergente. Según cálculos del ministerio del medio ambiente en Hessen (Alemania), se pueden sustituir, en un hogar medio, 50.000 litros anuales de agua potable, por agua de lluvia.

Para poder conseguir una buena recogida de agua se deben considerar algunas reglas básicas. La premisa será:

-“Cuanto más simple y menos mantenimiento, mejor”-

Y se debe evitar especialmente:

- la suciedad
- la luz
- el calor excesivo

Estos factores pueden convertir el agua almacenada en un caldo maloliente. La condición previa para que una instalación funcione bien, es una buena planificación, y la selección cuidadosa de los diferentes elementos constructivos. Un punto importante que deben tener en cuenta propietarios y arquitectos, es decidir de dónde se recogerá el agua de la lluvia:

- Techos verdes y superficies de patios no son idóneos, porque conllevan demasiada biomasa.
- Techos de tela asfáltica tiñen el agua de amarillo
- Techos de fibrocemento (Uralita) desprenden fibras de amianto.
- Cualquier otro tipo de cubierta es apto.

Lo siguiente, que se necesita antes de la entrada a la cisterna, es un buen filtro, para que lleguen al depósito la mínima cantidad de materias indeseadas posibles. No es aconsejable la descarga del agua de lluvia al aljibe, sin filtros.

Si el agua es recogida sin un filtro, es desaconsejable su utilización para las instalaciones de dentro de las casas, en todo caso podrían servir para instalaciones simples en jardines.

Las instalaciones para el aprovechamiento del agua de lluvia tienen que estar aseguradas contra reflujos, gases de la alcantarilla y animales, por ejemplo contra ratas, a quienes les gusta moverse por el agua de las cisternas.

Si se instala un sistema de recogida de agua pluvial en una casa ya construida, se aconseja utilizar depósitos de polietileno en el sótano. Los más convenientes son de formas delgadas y altas, porque el rebosadero tiene que estar encima de la altura del reflujo de la alcantarilla. Un material compatible con el medio ambiente es el polietileno reciclado. No se recomiendan, por razones ecológicas, los depósitos de PVC o los plásticos reforzados con fibra de vidrio.

El depósito, en ningún caso, debería dejar pasar la luz, ya que ésta podría producir crecimiento de algas. Es importante considerar la ubicación del mismo, ya que situarlo cerca de fuentes de calor (calefacción, caldera, etc.) aumentaría considerablemente el riesgo de proliferación de bacterias, de manera descontrolada. La temperatura de almacenamiento ideal es por debajo de 12 °C. Ésta se logra, en la mayoría de los casos, con un depósito exterior enterrado.

Si se comienza una nueva edificación, siempre se recomienda un depósito enterrado, la excavadora ya está en el sitio para los trabajos de excavación y será sencillo adaptar un buen emplazamiento para el depósito de recogida.

El corazón de la instalación es la bomba. La menor potencia posible y una óptima calidad, son las premisas para su elección. Las mejores para esta aplicación son las de plástico (polietileno), económicas, y mucho más duraderas en este tipo de agua, que las de acero inoxidable.

Respecto a las tuberías, al no tener que cumplir necesariamente las estrictas normas para agua potable, pueden ser empleadas de plástico, entre ellos el polietileno.

El agua de lluvia, al ser blanda, no los agrede. La llave principal se ubicará en el sótano, y conviene indicar en cada toma su procedencia: “aguas pluviales”.

Para mayor seguridad, se recomienda instalar un sistema de desinfección por rayos ultravioleta, antes de la entrada del agua de recogida en las instalaciones de la vivienda. Esto evitará la presencia de bacterias, asegurando su potabilidad microbiológica, por lo cual ya no serán necesarias precauciones adicionales en cuanto a su posible consumo.

Aprovechamiento de agua de lluvia: Marco teórico:

Si tenemos en casa una cisterna para recogida de aguas pluviales, el sol continuo durante semanas será motivo de preocupación. Los tanques de almacenamiento dependen del depósito de agua de lluvia, por lo cual necesitaremos del agua allí almacenada. Si alguna vez no llueve suficiente deberemos rellenar la cisterna con agua potable. En este caso, se deja correr el agua potable libremente de un grifo al depósito. Normalmente esa entrada suplementaria está regulada por flotadores. Avisan si está vacío el depósito, abriendo el grifo de agua potable y apagan la bomba automáticamente, cuando éste se llena. Se recomienda la instalación de un dispositivo de interrupción electrónico, que puede indicar también el nivel de agua de la cisterna.

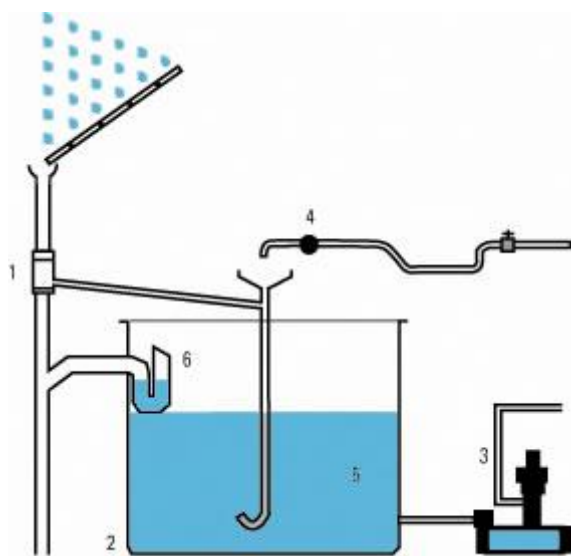


Figura 1.4. Esquema del tanque de almacenamiento.

- 1- FILTRADO. Se efectúa antes de que el agua llegue al depósito de recogida, de forma que la suciedad no entre en el mismo.
- 2- DEPÓSITO DE RECOGIDA. Donde se almacena el agua que se escurre del techo ya filtrada. Los depósitos se eligen en función de la vivienda, ya sea construida o de nueva construcción.
- 3- BOMBEO. Imprescindible para la distribución de agua a través de todo el circuito del sistema. Se instala una Electrobomba Centrífuga Multicelular de altas prestaciones y bajo consumo eléctrico; silencioso y de dimensiones reducidas.
- 4- REALIMENTACIÓN DEL AGUA POTABLE. El sistema prevé el abastecimiento de agua potable a través de una válvula magnética, en épocas de escasez de agua de lluvia.
- 5- INTERRUPTOR DE NIVEL. Acciona la válvula magnética para el relleno del depósito con agua potable, en tiempos de poca lluvia.
- 6- SIFÓN DE DESCARGA. Para evitar derrames en caso de sobrecarga del depósito. ^{vii}

Aprovechamiento de agua de lluvia: Desarrollo:

El diseño adoptado por lo integrantes se muestra en el siguiente plano:

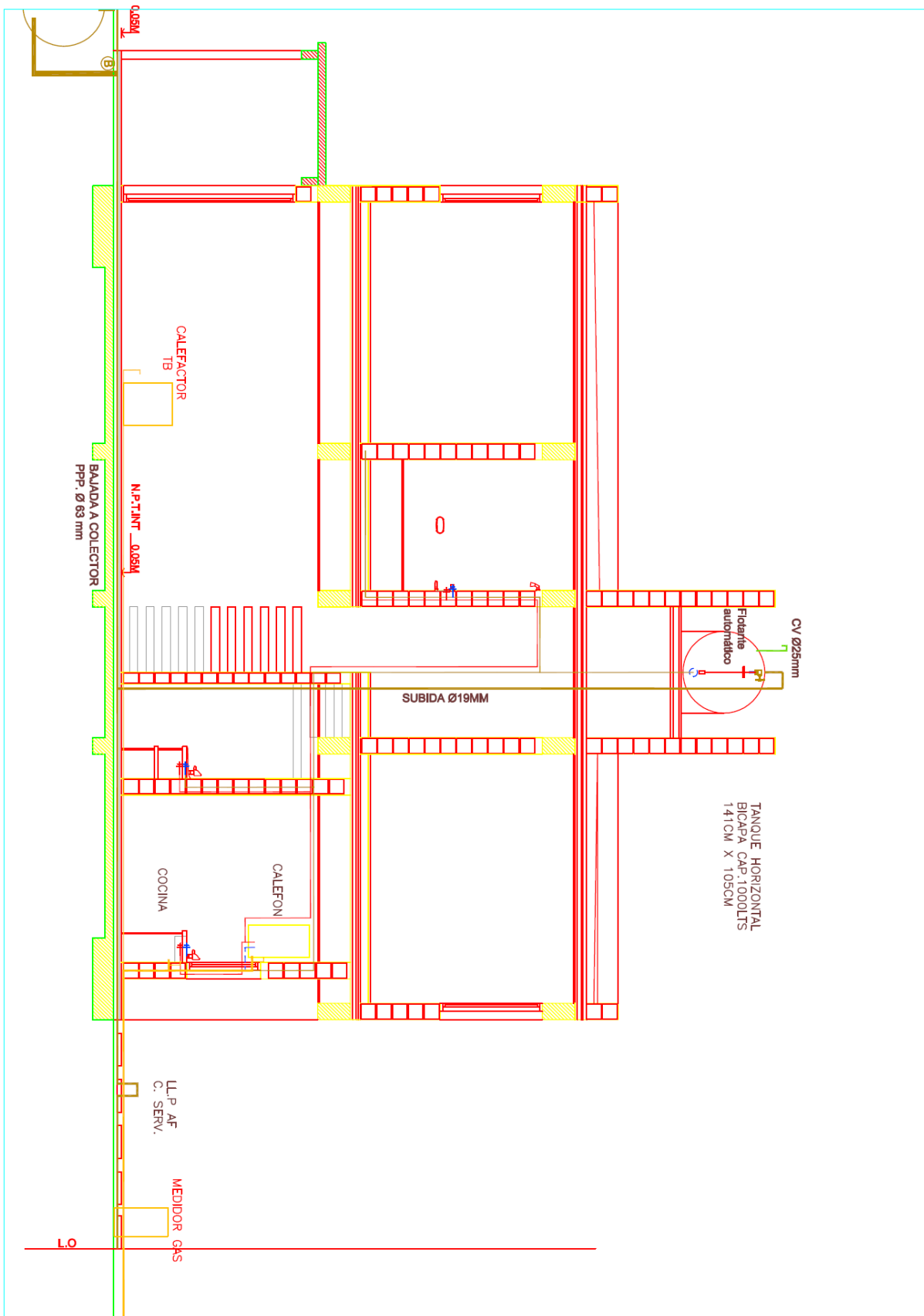


Figura 1.5. Plano vivienda lateral

Como puede observarse se utiliza un tanque superior el cual servirá para alimentar la vivienda de agua no potable.

Los sistemas alimentados por el agua de lluvia son:

- Inodoros
- Lavarropas
- Canilla externa

Definición de parámetros:

Área colectora: se define como área colectora, a la superficie útil, para la captación de agua de lluvia, del techo de la vivienda.

Usando para calcular la misma, las dimensiones del techo de la vivienda sumadas a las del garaje.

$$L_{garage} = 8.85[m]$$

$$A_{garage} = 2.6[m]$$

$$L_{techo} = 10.2[m]$$

$$A_{techo} = 4.2[m]$$

$$Area_{colectora} = L_{garage} * A_{garage} + L_{techo} * A_{techo} \quad [1.1]$$

$$Area_{colectora} = 65.85[m^2] \quad [1.2]$$

Consumo diario: Es el consumo estipulado de una vivienda tipo para la ciudad de Mar del Plata. El mismo se extrae en promedio, de acuerdo a los datos estadísticos suministrados por OSSE, el mismo, para una vivienda tipo, es de 685 litros diarios por habitante.

Se considera una vivienda tipo aquella que cuenta con la capacidad de albergar a una familia compuesta por dos adultos, y dos menor. Siendo la cantidad de ambientes irrelevantes a la hora de calcular el consumo de agua, ya que el mismo se realiza per cápita.

Consumo mensual total: Dicho consumo surge de multiplicar el consumo diario por la cantidad de días al mes.

$$\text{Consumo}_{\text{mensual}} = \text{Consumo}_{\text{diario}} * N_{\text{días}} \text{ [1.3]}$$

Agua recolectada: Es la cantidad de agua, medida en litros, que puede captarse con nuestro sistema de recolección. Teniendo en cuenta, para ello, que se puede recolectar un litro de agua por cada metro cuadrado de superficie de recolección, por mm de lluvia.

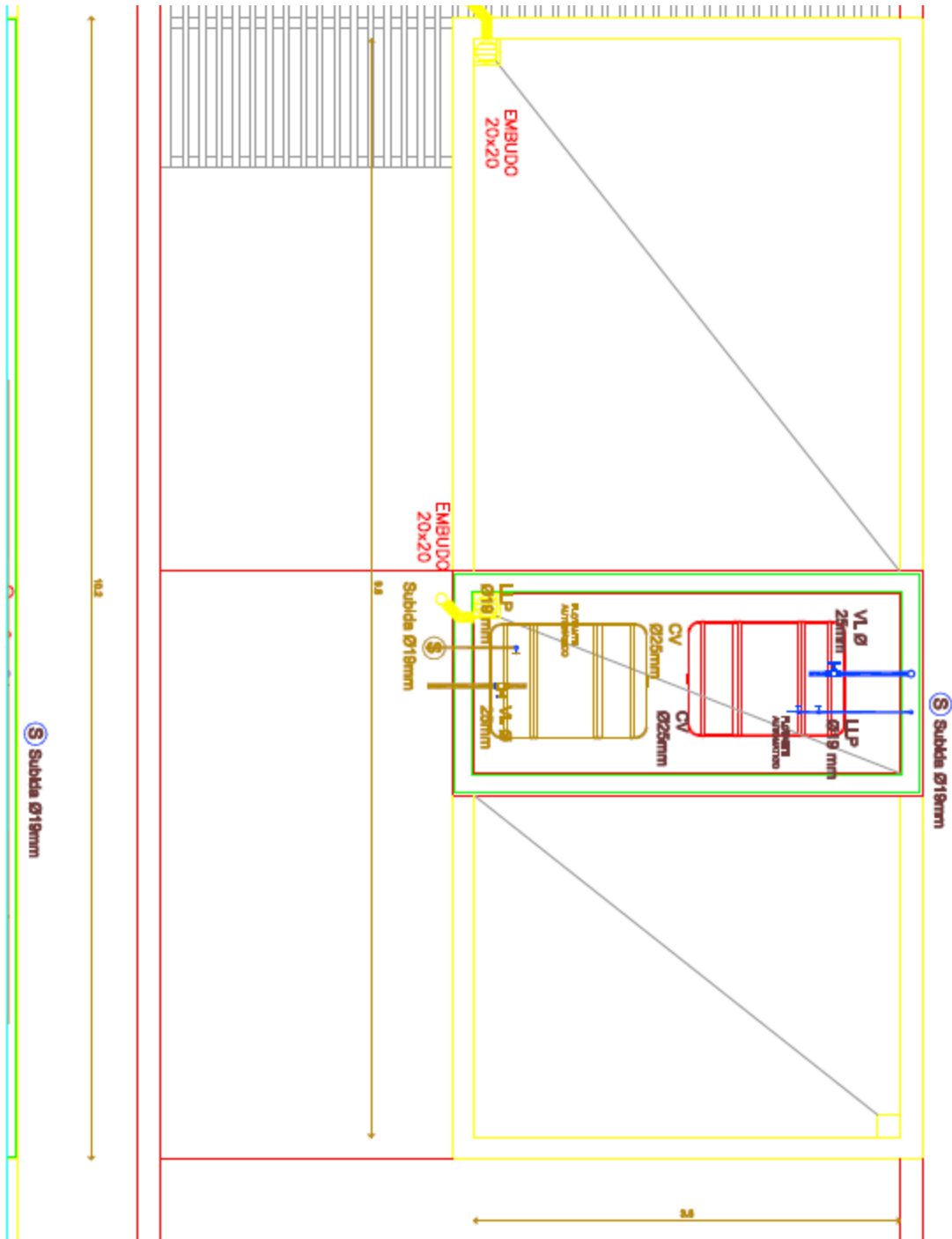


Figura 1.6. Plano vista superior de la vivienda

Tabla de precipitaciones anuales:

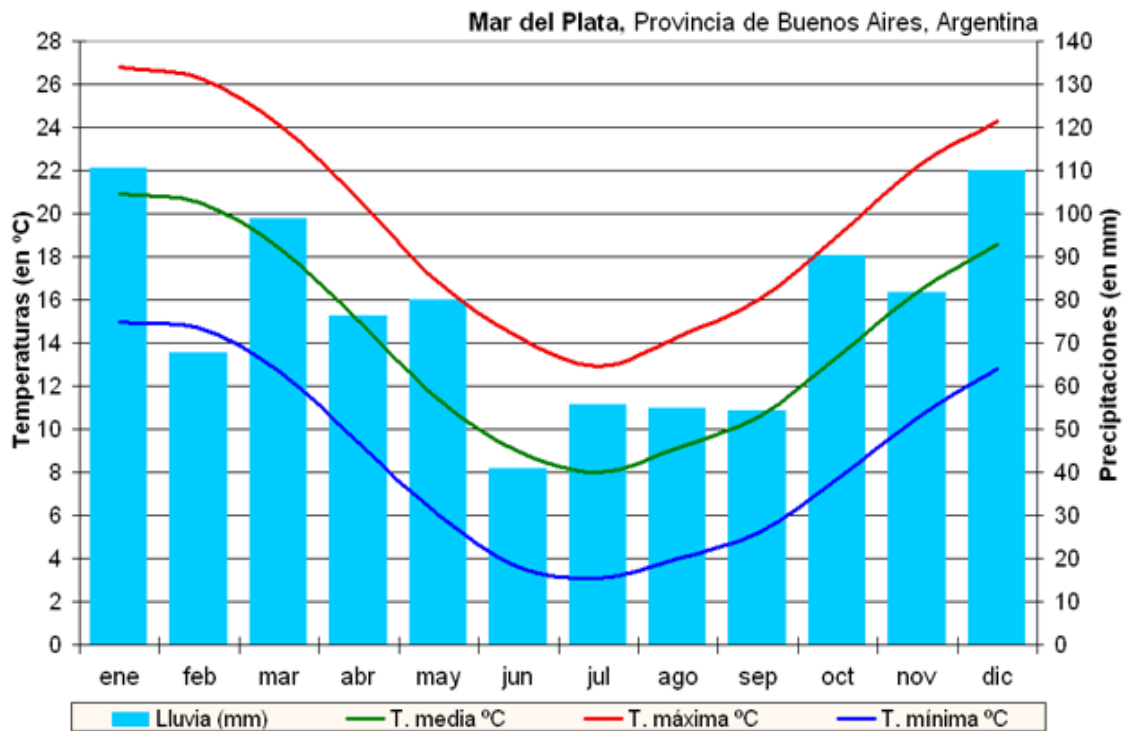


Figura 1.7. Temperaturas y precipitaciones locales

En base a la Eq [1.3] se calcula el consumo mensual.

En base al área colectora [1.2] multiplicada por las precipitaciones mensuales se obtiene las aguas recolectadas. Finalmente el consumo de agua de la red surge de realizar la diferencia entre el consumo mensual y las aguas recolectadas.

Tabla 1.1. Consumo y recolección anual de agua.

Mes	Consumo Mensual [L]	Aguas Recolectadas[L]	Consumo de agua de red[L]	Porcentual (%)
ENERO	84940	7244	77697	8,5
FEBRERO	79460	4478	74982	5,6
MARZO	84940	6519	78421	7,7
ABRIL	82200	5136	77064	6,2
MAYO	84940	5268	79672	6,2
JUNIO	82200	2634	79566	3,2
JULIO	84940	3622	81318	4,3
AGOSTO	84940	3556	81384	4,2
SEPTIEMBRE	82200	3556	78644	4,3
OCTUBRE	84940	5927	79014	7,0
NOVIEMBRE	82200	5400	76800	6,6
DICIEMBRE	84940	7244	77697	8,5
Total	1002840	60582	942258	6,0

En base a la tabla 1.1 se construyen las siguientes gráficas:

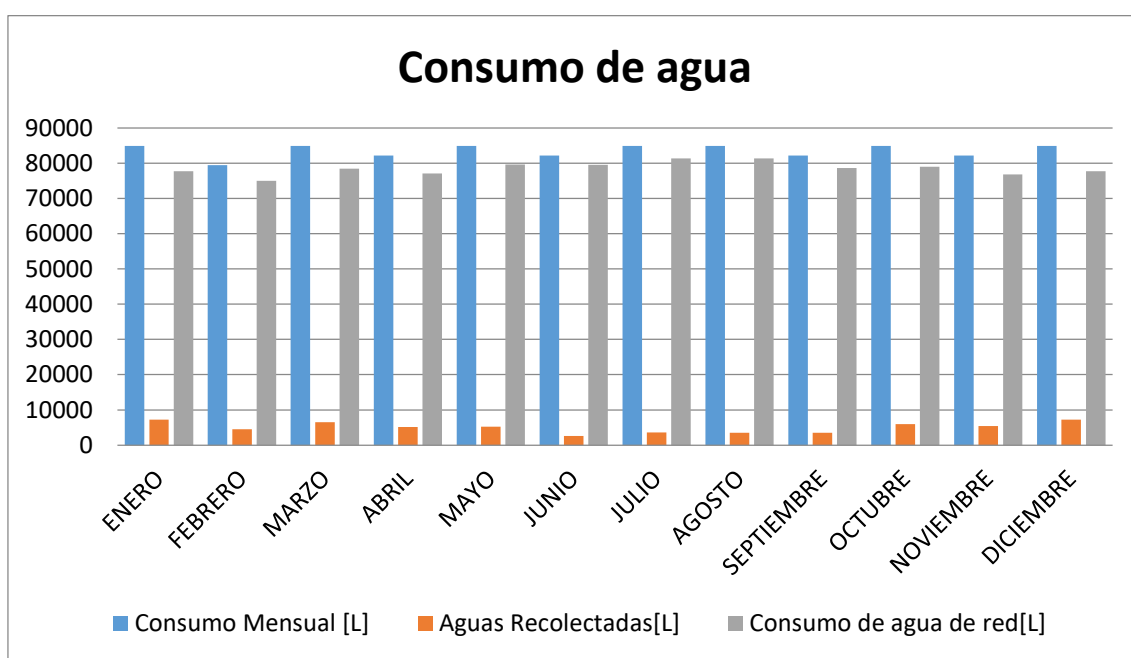


Figura 1.8. Consumo mensual de agua

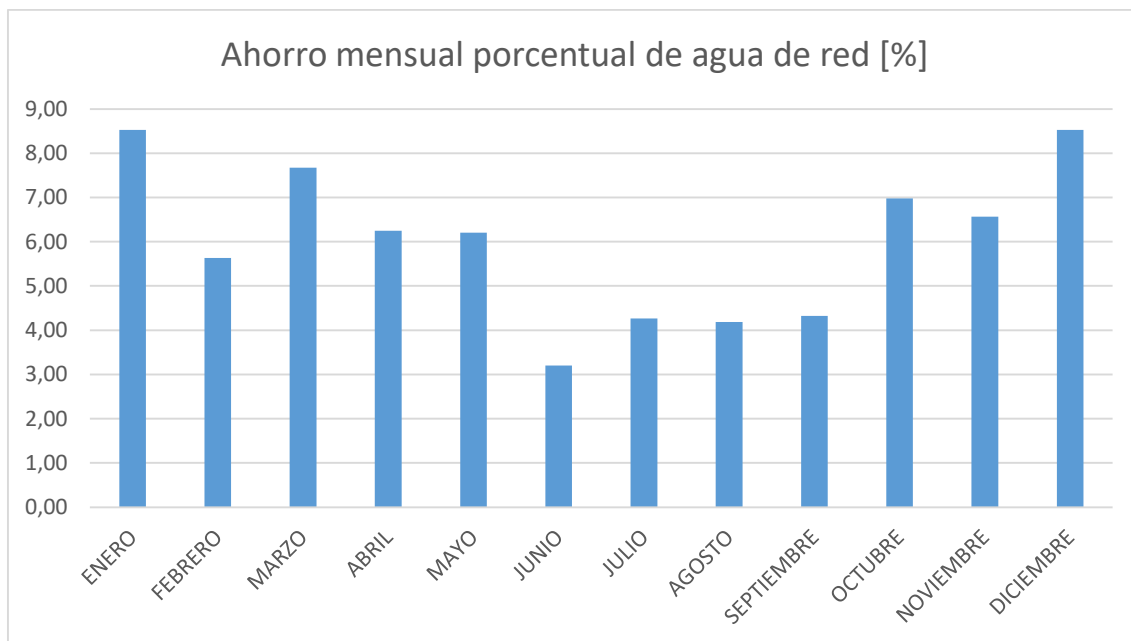


Figura 1.9. Ahorro porcentual

Se observa de la tabla y gráficos, que mediante el sistema actual de captación de agua de lluvia se logra un ahorro en el consumo del 6% anual.

Si se tiene en cuenta que la red actual abastece a más de un millón de personas. Dicho ahorro nos permitiría suministrar agua potable a aprox 60000 personas más.


Costos del servicio:

Actualmente el costo de agua de red es fijo, es decir, que cada habitante paga una suma de dinero fija. Dicho sistema se encuentra en proceso de desaparecer, esto se debe a que se aprobó una nueva normativa. Dicha normativa ya se encuentra aprobada por el honorable consejo deliberantes de la municipalidad de General Pueyrredón, en la ordenanza municipal número 22612.

La ordenanza establece el uso de sistemas de micro medición, para de esta manera tener un sistema, más justo, y establecer un control sobre cada uno de los consumidores.

Si bien actualmente no se encuentra implementado, dado que los cambios en los medidores se harán paulatinamente, es interesante analizar cómo repercutirá esto en

nuestra vivienda, ya que será el sistema que se utilice a la brevedad en la ciudad de Mar del Plata. Es por esto que adoptamos este sistema para el cálculo económico.



OBRAS
SANITARIAS
MGP
MAR DEL PLATA
BATÁN

Tarifa por servicio sanitario
French 6737
7600 - Mar del Plata
Centro de atención al cliente
0810 666 2424

CORREO ARGENTINO Franqueo a Pagar Cta. Nro. 11703

(7600) MAR DEL PLATA


LC 2
REMESA 1/003/1009/0072
Rubro: 0056 LOCAL DE COMERCIO

Cód. Servicio: MC08 - MC - AGUA, CLOACA Y PLUVIAL

IVA: Resp.Insc. CUIT: 23-12130424-4 IB: RESP. NRO.IB: 23121304244

Para Cualquier Trámite su Número de Cuenta es:

Factura Nro: 00/051.132.625/22
Fecha Emisión: 25/10/2016



00/051132625/22/00075504004

Vencimiento 10/11/2016

Sistema Facturación	Categoría	Frecuencia	Periodo
Servicio Medido	C	MENSUAL	11/2016

Total a Pagar \$ 390,10

Sr. Usuario, en caso de no atenderse su reclamo en forma satisfactoria Ud. podrá comunicarse con el O.C.A.B.A. al TE. 0800-666-2482.
Visto la Ord. 22.354, ante casos de Inseguridad llamar al 147, opción 9 para consultar el celular del móvil del CPC correspondiente a su barrio o al 911 ante situaciones de delitos graves

Conceptos facturados

CARGO FIJO AGUA	\$ 66,00
CARGO FIJO CLOACA	\$ 66,00
CARGO FIJO PLUVIAL	\$ 33,25
FDO INFRAEST. ORD 22612 ART. 101	\$ 191,35
GIRSU POR CTA. Y ORDEN ENOSUR	\$ 34,50

Total a pagar hasta el 10/11/2016 \$ 390,10
El cupo diario asignado de consumo conforme al RGSS, para agua de red es de 1,00 m3/día, para vuelco de colectora es de 1,00 m3/día.

PC Medidor	T Diám.	Fec. Ant.	Lec. Ant.	Fec. Act.	Lect. Act.	%Vco.	%Comp.	Días Consumo	
1	30119171	R	13 15/09/2016	79	14/10/2016	79	100,00	100,00	29


Totales de Consumos Facturados: Red = 0 m3

Codigo de LINK PAGOS 0490075504004
Codigo de PAGO BANELCO 11170075504004
Informamos a Ud. que al 10/10/2016 NO registra deuda en mora

La próxima factura vence el 12/12/2016 De no recibirla 10 días antes de la fecha indicada llame al Centro de Atención al Cliente 0810-666-2424 o concorra a Nuestras Oficinas Comerciales.

Entidad:
Nro. Cheque/Tarjeta :
Tipo: Corriente () Diferido ()

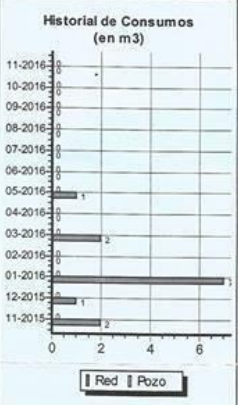
1er. Vencimiento 10/11/2016 Importe \$ 390,10



00/051132625/22/101116/00039010/000000/000000000/63046762

1er. Vencimiento 10/11/2016 Importe \$ 390,10

Historial de Consumos (en m3)



0 2 4 6

Red Pozo

Figura 1.10. Consumo de agua de una vivienda sin micromedición

Algunos artículos de interés son los siguientes:

Artículo 30º.- Categorías de servicios. Existirán cuatro categorías de servicios determinadas por O.S.S.E. según el uso del agua:

- a) Categoría A: Se considerarán comprendidos en esta categoría aquellos servicios en los que el agua sea utilizada para usos ordinarios de bebida, higiene y elaboración doméstica de alimentos, siempre que no corresponda su inclusión en la Categoría B.
- b) Categoría B: Se considerarán comprendidos en esta categoría aquellos servicios en los que el agua sea utilizada para usos ordinarios de bebida e higiene vinculados a la prestación de servicios de salud pública, educación pública o asistencia pública.
- c) Categoría C: Se considerarán comprendidos en esta categoría aquellos servicios en los que el agua sea utilizada como elemento necesario o accesorio del comercio, la educación privada y la salud privada.
- d) Categoría D: Se considerarán comprendidos en esta categoría aquellos servicios en los que el agua sea utilizada como elemento necesario o accesorio de la industria. Se entiende en estos casos que el agua interviene en el proceso de transformación de la materia prima.
- e) Categoría E: Corresponde a los servicios a la Municipalidad de Mar Chiquita.

Cuando de conformidad con el uso del agua corresponda considerar a los servicios comprendidos en más de una categoría, la misma será determinada en función del uso principal

Artículo 47º.- Servicio de agua. La liquidación del servicio de agua se efectuará aplicando las tarifas del metro cúbico de agua fijadas para cada categoría según la siguiente tabla:

Categoría	Tarifa por m³ de agua
A	\$ 2.15
B	\$ 1.37
C	\$ 3.30
D	\$ 3.76
E	\$ 2.62

viii

En nuestro caso por tratarse de categoría A se tiene que el costo en \$/L será de:
0.00215 [\$/L]

Tabla 1.2. Ahorro anual

Mes	Costo sin ahorro [\$]	Costo con ahorro [\$]	Porcentaje [%]
ENERO	221	202	8,53
FEBRERO	207	195	5,64
MARZO	221	204	7,68
ABRIL	214	200	6,25
MAYO	221	207	6,20
JUNIO	214	207	3,20
JULIO	221	212	4,26
AGOSTO	221	212	4,19
SEPTIEMBRE	214	205	4,33
OCTUBRE	221	206	6,98
NOVIEMBRE	214	200	6,57
DICIEMBRE	221	202	8,53
Total	2609	2451	6,04
Diferencia	158		

Se observa un ahorro anual de 158 pesos en agua. Si bien este valor no parece ser importante en valor monetario. Al recordar su magnitud en volumen y lo que ellos significan, se aprecia mejor la utilidad de este sistema.

Aprovechamiento de agua de lluvia: Estimación de Costos:

Tabla 1.3. Costos

Producto	Cantidad[u]*	Costo unitario [\$/u]	Costo total [\$/]
Caño 19mm (3/4") termofusión	18	9,5	171
Caño 25mm (1") termofusión	2	31,25	63
Caño 12,5mm (1/2") termofusión	60	25,33	1520
Codo 19mm(3/4")	6	3	18
Codo 25 a 12,5 (1" a 1/2")	2	17	34
Codo 12,5 mm (1/2")	13	4	52
T reductora 25 a 12,5 mm (1" a 1/2")	2	2	4
T 25mm (1")	1	12	12
Tanque Almacenamiento 1000 lts	2	1590	3180
Bomba 1/2HP centrífuga	1	750	750
Válvula de 19mm(3/4")	2	70	140
Válvula de 25mm(1")	1	45	45
Válvula de 12,5mm(1/2")	4	65	260
Filtro Universal agua de lluvia	1	1260	1260
Electroválvula	1	820	820
Sensor de Nivel	1	329	329
Transformador 220/24 V	1	280	280
Mano de Obra	-	-	8000
Total			16938

*Se toma como unidad, al metro lineal para el caso de las cañerías, mientras que para el resto de los componentes se toma como unidad a la cantidad de elementos requeridos.

La mano de obra se estimó a partir de los datos extraídos del Colegio de Arquitectos de la provincia de Córdoba. Utilizando esta información, se valoró el costo de mano de obra, en 8000 pesos. ^{ix}

Se detallan a continuación los materiales más importantes para el correcto desarrollo del sistema:

Bomba de agua Hypermark:

BOMBA PERIFÉRICA 1/2 HP MONOFÁSICA



CARACTERÍSTICAS

- > Voltaje: 220V 50hz
- > Potencia: 1/2 HP
- > Altura máxima: 25mts
- > Succión máxima: 8mts
- > Peso: 5kg

BAJO CONSUMO ELÉCTRICO

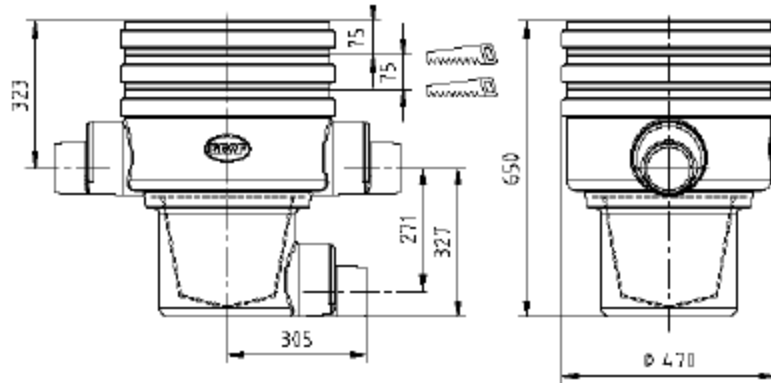
Figura 1.11. Bomba

Filtro de agua:

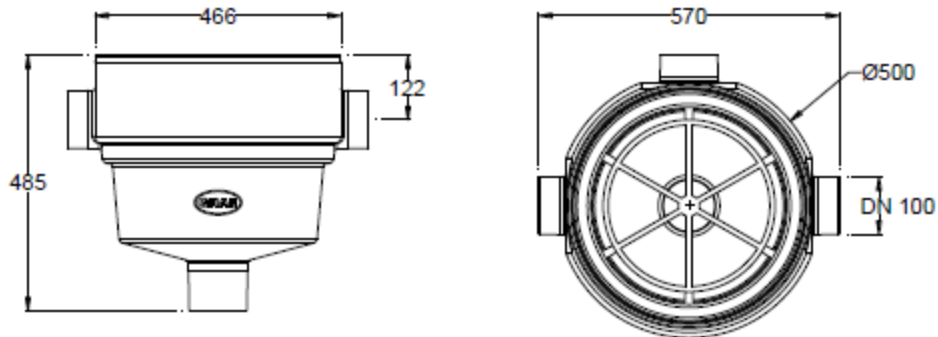


Figura 1.12. Filtro

Filtro universal 3 externo



Filtro universal 3 interno – conexión DN 100



Filtro universal 3 XL interno – conexión DN 150

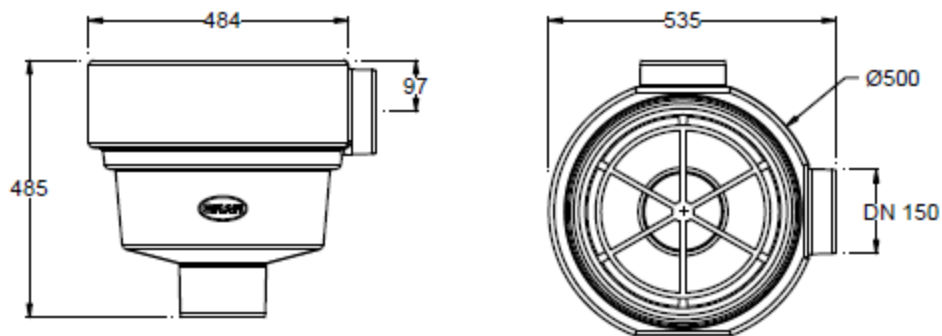


Figura 1.13. Esquema filtro

El filtro se ubica en la entrada al tanque para de esta manera eliminar las impurezas. El mismo se limpiará según normas del fabricante.

6. Instalación / montaje universal interno

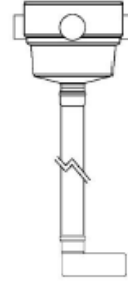
6.1 Preparación en el filtro

Antes de la instalación en el tanque, se debe preparar el filtro como se indica en la figura de al lado.

Longitud del tubo de unión (a colocar durante el montaje) del filtro para la zapata de entrada:

Carat volumen (litro)	Filtro universal conexión DN 100*	Filtro universal XL conexión DN 150*
2.700	1274 mm	1308 mm
3.750	1454 mm	1498 mm
4.800	1684 mm	1728 mm
6.500	1974 mm	2008 mm
8.500	1957 mm	1991 mm
10.000	2157 mm	2191 mm
de 16.000	2417 mm	2451 mm

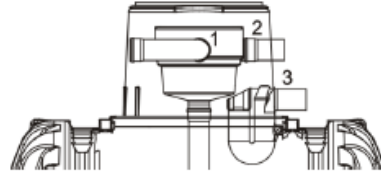
* (+ / - 10 mm)



6.2 Preparación en el tanque:

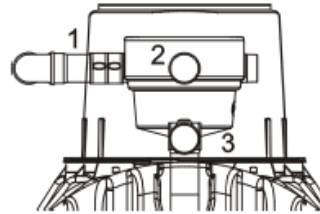
Colocar el sifón en la junta más inferior (3) de la cúpula del tanque. Montar la entrada en el orificio lateral (1), e introducir el tubo desde fuera hacia dentro. Insertar el desagüe auxiliar (2) arriba del sifón (3) desde dentro hacia fuera.

Importante: Extraer la junta del manguito del tubo del desagüe auxiliar (2).



6.3 Colocación del filtro

Introducir el manguito de sujeción por tensión sobre el tubo de entrada montado en la cúpula del tanque. A continuación introducir el filtro desde arriba por la cúpula del tanque, colocarlo en la salida del desagüe y conectarlo con el manguito de sujeción por tensión. Se trata de una conexión por empuje, es decir, sin manguito.



6.4 Montaje del asa de la cesta

Desmontar la junta de la cesta del filtro y desplazar el ángulo metálico del asa sobre el borde como se ilustra.

A continuación colocar nuevamente la junta sobre el borde y el ángulo de metal.



7. Puesta en marcha y mantenimiento

Colocar el dispositivo de descarga antes de la puesta en marcha y después de cada mantenimiento en un ángulo de 90° hacia la entrada, de manera que en la manecilla no se enreden partículas de suciedad. Extraer el filtro recambiable para realizar la limpieza, limpiar a fondo la cesta con agua hasta que todos los poros estén abiertos. Se recomienda realizar una limpieza cada 4-5 semanas (durante el otoño realizarlo más a menudo por las grandes caídas de hojas), o acorde a la suciedad.

Después de cada limpieza presionar suavemente hacia abajo el tambor de manera que la junta circular se adapte exactamente.

En cada mantenimiento controlar el sifón de desagüe y en caso de necesidad limpiarlo.

Figura 1.14. Montaje del Filtro

Aprovechamiento de agua de lluvia: conclusión:

Podemos ver, la capacidad de ahorro en cuanto al consumo mensual de agua. Reduciendo el mismo 6%. También podemos ver, que los meses donde se produce un mayor aprovechamiento, coincide con los meses de verano, los cuales presentan, en nuestra ciudad debido al efluente turístico, los consumos más elevados.

Por otra parte, el porcentaje de ahorro, representa un importante alivio a las solicitudes del acuífero de la ciudad, ayudando de esta forma a evitar tener que recurrir a la compra de agua potable a otras ciudades a un costo más elevado.

Desde un punto de vista económico, la misma será analizada junto al total de la vivienda en la última sección de este trabajo. Considerando inversiones y flujos de caja de ambas alternativas. (con y sin sistema de captación de agua de lluvia)

Finalmente al analizar los datos de otros países, se determina que el principal problema es el consumo desmedido por parte de los habitantes de la ciudad. Es necesario realizar campañas de concientización y regular estrictamente el consumo.

Capítulo 2: Verificación térmica de la vivienda

Verificación térmica de la vivienda: Introducción:

Aislamiento térmico es el conjunto de materiales y técnicas de instalación que se aplican a un elemento o a un espacio calientes para minimizar la transmisión de calor hacia otros elementos o espacios no convenientes. También se aplica a la acción y efecto de aislar térmicamente.

“Existen muchas situaciones en las que es conveniente reducir el flujo de calor en una dirección determinada. El caso más común es el aislamiento de edificios para minimizar las pérdidas de calor en invierno y las ganancias en verano, aunque existen otros muchos como; el aislamiento de cámaras frigoríficas, de tuberías de distribución de líquidos calientes o fríos, de hornos y calderas y en general de todos aquellos aparatos, elementos o espacios, en los que se utiliza energía y en los que se necesita mejorar la eficiencia en su consumo.

Los materiales a utilizar son los aislantes térmicos que se caracterizan por su baja conductividad térmica.

Aunque existen muchos aislantes, se pueden simplificar o englobar en tres tipos de materiales:

- **Fibrosos.** Se componen de filamentos con partículas pequeñas o de baja densidad. Se colocan como relleno en aberturas o como cobertores en forma de tablas o mantas. Tienen una porosidad muy alta de alrededor del 90%. Se usan, en función de la temperatura; la fibra de vidrio para temperaturas hasta 200°C, la lana mineral hasta 700°C y las fibras de alúmina o sílice entre 700 y 1700°C.
- **Celulares.** Son materiales que se conforman en celdas cerradas o abiertas, por lo general formando tableros rígidos o flexibles, aunque también se pueden conformar in situ por proyección o riego. Sus ventajas son; su baja densidad,

baja capacidad de calentamiento y resistencia a la compresión aceptable. Los más usados son el poliuretano y el poliestireno expandido.

- Granulares: Son pequeñas partículas de materiales inorgánicos aglomeradas en formas prefabricadas o utilizadas sueltas, como la perlita y la vermiculita.”

x

Problemática:

El consumo energético en la Argentina, ha aumentado significativamente, durante las últimas décadas, hecho que no ha sido acompañado de una correcta eficiencia en el uso de la energía. Las variaciones térmicas durante el transcurso del día y de la noche, ha producido pérdidas y ganancias importantes de calor debido al insuficiente aislamiento e inadecuado diseño que no considera las condiciones climáticas locales y el uso eficiente de los materiales en cuanto a la elección de los mismos y su comportamiento frente al clima local.

Verificación térmica de la vivienda: Marco teórico:

La energía es la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo, ya sea trabajo mecánico, emisión de luz, generación de calor, etc. Existen múltiples formas en las que la energía puede manifestarse, existiendo la posibilidad de que se transformen entre sí, pero siempre ha de cumplirse el principio de conservación de la energía, el cual afirma que “La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”.

Las energías no renovables son aquellas fuentes de energía que tienen un carácter limitado en el tiempo, y que debido a su uso, en algún momento se agotarán. Suponen en torno al 90% de la energía mundial. Las principales son la energía nuclear y los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón).

Energías no renovables:

- **Carbón:** Combustible fósil que se encuentra en estado sólido. Es la fuente energética característica de la revolución industrial que se ha ido sustituyendo durante el siglo XX por fuentes no renovables como el petróleo. Tienen un factor de emisión de CO₂ muy elevados y es el principal causante de la conocida lluvia ácida.
- **Petróleo:** Combustible fósil en estado líquido, es la fuente energética más utilizada a nivel mundial en la actualidad. Sus reservas están cerca de agotarse y su acaparamiento por parte de pocos países genera enormes tensiones. También tiene elevados efectos contaminantes.
- **Gas natural:** Es el más nuevo entre los diferentes combustibles fósiles y se encuentra en estado gaseoso. Sus dificultades para ser almacenado y transportado hicieron que no se considerase en un principio aunque la necesidad de investigar energías alternativas hizo posible su utilización. Desde el punto de vista contaminante, está considerado como el combustible fósil más limpio y el que menor cantidad de emisiones de CO₂ emite.
- **Energía nuclear:** El principal uso que se le da a esta energía es el de generación de energía eléctrica. En la actualidad, todas las centrales nucleares utilizan la fisión nuclear ya que la fusión es actualmente inviable. El principal problema que presenta esta energía, son los residuos nucleares, que tardas miles de años en desaparecer y mucho tiempo en perder su radioactividad. Por esto, este tipo de energía no está bien vista por la sociedad y es causante de numerosos debates en cuanto a su utilización.

Las energías renovables también denominadas como energías alternativas o energías limpias. Se denominan con este nombre a las diferentes energías que son producidas continuamente por la naturaleza y que no se agotan por su uso. Suponen en torno al 10% de la energía mundial pero su utilización y su desarrollo está en constante crecimiento debido al agotamiento de los recursos no renovables. Sus principales características son:

- Su utilización es ilimitada.

- Tienen un gran respeto por el medio ambiente, siendo su contaminación muy inferior a la producida por los combustibles fósiles y en algunos casos esta contaminación es nula.
- Reduce la dependencia energética exterior, ya que los recursos naturales están en todas las partes del planeta.
- Supone una gran creación de puestos de empleo.
- El principal problema que presentan es que su desarrollo aún está en fase de crecimiento, por lo que su instalación no es rentable en comparación con los combustibles fósiles.

Energías renovables:

- Solar: Dentro de este tipo de energía, se pueden tener dos casos:
 - Solar térmica: Consiste en el aprovechamiento de la radiación solar para calentar un fluido que circula por el interior de paneles solares. Este fluido caliente, se emplea posteriormente para calefacción, ACS o para aumentar la temperatura del agua en piscinas.
 - Solar fotovoltaica: Este tipo de energía solar se basa en aprovechar la radiación solar, al igual que en la solar térmica, pero en este caso ésta incide sobre un material semiconductor denominado panel fotovoltaico para obtener electricidad.
- Eólica: Trata de aprovechar el viento para producir electricidad. Su funcionamiento se basa en utilizar la energía eólica proveniente de las corrientes de viento para mover las hélices de los molinos eólicos transformando dicha energía en energía mecánica. Finalmente, ésta se convierte en electricidad mediante un aerogenerador. Este tipo de tecnología está muy avanzada y en España, por ejemplo, es la energía renovable más empleada.
- Hidráulica: Consiste en el aprovechamiento de la energía potencial producida por la caída del agua desde una determinada altura para producir electricidad. Su funcionamiento se basa en hacer pasar el agua por una turbina, convirtiendo la energía

potencial en energía mecánica, y por último la turbina transmite la energía a un generador donde se transforma en electricidad.^{xi}

Resumiendo en el siguiente esquema:

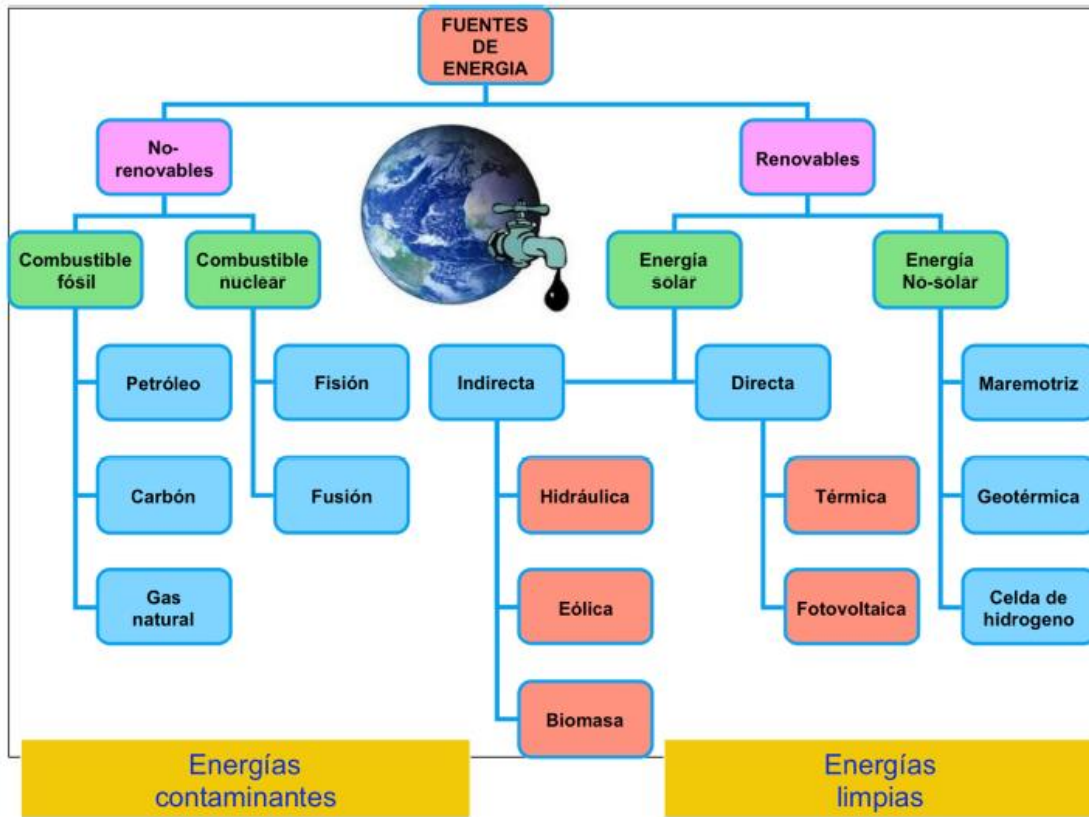


Figura 2.1. Clasificación de energías

De acuerdo a principios físicos básicos, cuando entre dos ambientes existe una diferencia de temperatura, se genera un flujo de calor a través del elemento que los separa, desde el ambiente más caliente al más frío. Este flujo de calor se denomina Flujo Térmico. Se mide en watt [W] en el Sistema Internacional y en kilo calorías por hora [kcal/h] en unidades prácticas (Fig. 1).

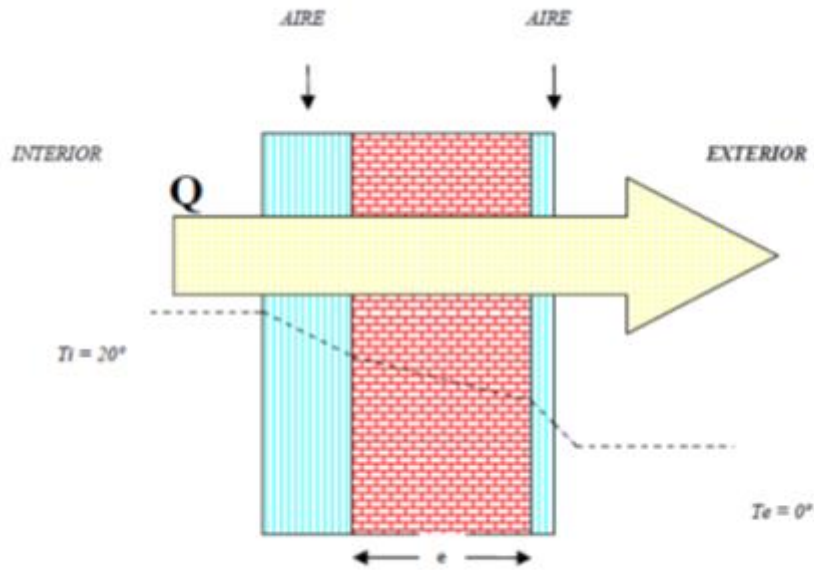


Figura 2.2. Diagrama de flujo térmico a través de una pared de espesor e

El calor se propaga bajo tres formas:

1. Conducción: Es la transmisión de calor desde una partícula de materia a otra, permaneciendo las partículas en posiciones relativas fijas entre sí, tendiendo a igualar la temperatura entre los cuerpos que se encuentren en contacto. La conductividad térmica se define como la velocidad a la cual fluye el calor, por conducción, a través del material por unidad de área de la sección transversal, tomada normalmente a la dirección del flujo de calor y por unidad de gradiente de temperatura, medido en la dirección del flujo de calor en una unidad de tiempo. La conductividad térmica de los materiales depende de la temperatura del material. En algunas ocasiones ésta aumenta a medida que se eleva la temperatura del material; en otros, disminuye. El flujo térmico por conducción a través del muro depende de la superficie, del espesor del muro, de la diferencia de temperatura entre sus caras y de las características del material que conforma el muro. Algunos de los conceptos relacionados con el flujo de calor son los siguientes:
2. Convección: Es la transmisión de calor de una parte de un fluido a otra, debido a la mezcla de las partículas más calientes del fluido con las más

frías. El movimiento del fluido puede originarse por diferencias en la densidad de éste como un agitador. Los fluidos al calentarse aumentan su volumen y disminuyen su densidad, por lo que asciende, desplazando al fluido que se encuentra en la parte superior a menor temperatura.

3. Radiación: Es la transmisión de calor de un cuerpo a otro, como resultado de la emisión y absorción por el cuerpo de una forma de energía llamada energía radiante. Cualquier materia emite energía radiante, y la cantidad de emisión depende de la temperatura y naturaleza de la materia. Al encontrar un material cualquiera, la energía radiante puede ser absorbida en forma parcial por aquél y convertida en energía calorífica; puede ser parcialmente reflejada por el material, o transmitida a través de él.

Si se logra disminuir la transferencia de calor se podrá hacer uso de la energía de manera más eficiente, ya que para calefaccionar o enfriar un ambiente se necesitará menos energía. Se deben elegir soluciones constructivas que disminuyan la transferencia de calor. Las pérdidas por conducción disminuyen con materiales de baja conductividad térmica, las grandes infiltraciones de aire aumentan las pérdidas por convección y para disminuir las pérdidas por radiación se utilizan materiales de baja emisividad. ^{xii}

Conductancia térmica:

Cantidad de calor que pasa a través de un elemento plano de material homogéneo de espesor "e "conocido. Se mide en unidades de [kcal/hm² °C] o en [W/m² K]. Matemáticamente se define como:

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

Donde:

C: Conductancia térmica

λ : Conductividad térmica

e: Espesor del material

Resistencia térmica:

Se define como la resistencia que opone un elemento constructivo al paso del calor. Su valor depende del sentido del flujo de calor y de la situación exterior o interior de las superficies. Se expresa en unidades de $[m^2 K/W]$.

Confort térmico:

Para proyectar edificios con alta calidad ambiental es fundamental planificar los criterios de confort o sensación térmica, que debe ser considerada conjuntamente con otros factores como niveles de luz, la calidad del aire y el control del ruido. La sensación de confort térmico se define como “aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico” (ISO 7730) y depende del calor generado espontáneamente por una persona (calor metabólico) y del que disipa a su entorno. En condiciones de equilibrio se producirá una sensación de confort térmico, pero si la cantidad de calor disipado es excesiva la persona sentirá una sensación de frío, o una sensación de calor si el calor disipado es insuficiente. Cuando se mide el ambiente térmico de una habitación ha de recordarse que el hombre no puede sentir la temperatura del local, sino el calor que pierde su cuerpo. Los parámetros que se deben medir son aquellos que afectan a la pérdida de energía.

El hombre tiene un sistema regulador de temperatura muy efectivo, que garantiza que la temperatura del núcleo del cuerpo se mantenga a $37^{\circ}C$ aproximadamente. Cuando el cuerpo empieza a calentarse demasiado (sobre los $37^{\circ}C$), se inician dos procesos: primero se dilatan los vasos sanguíneos, incrementando el flujo de sangre por la piel, y a continuación uno empieza a sudar. El sudor es un efectivo mecanismo de enfriamiento, porque la energía requerida para evaporar el sudor es tomada de la piel. Bastan unas pocas décimas de grado de incremento de la temperatura del núcleo del cuerpo para estimular la producción de sudor que puede cuadruplicar la pérdida de calor del cuerpo. Si el cuerpo empieza a enfriarse demasiado (a partir de los $34^{\circ}C$), la primera reacción es la vaso-constricción de los conductos sanguíneos, reduciendo el flujo de sangre por la piel. La segunda reacción es incrementar la

producción interna de calor mediante la estimulación de los músculos, pudiendo causar temblores. Este sistema es también muy efectivo, y puede incrementar la producción de calor corporal bruscamente.

Según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios RITE (Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, en el apartado ITE 02.2 Condiciones interiores. ITE 02.2.1 Bienestar térmico, “el ambiente térmico se define por aquellas características que condicionan los intercambios térmicos del cuerpo humano con el ambiente, en función de la actividad de la persona y del aislamiento térmico de su vestimenta, y que afectan a la sensación de bienestar de los ocupantes. Estas características son la temperatura del aire, la temperatura radiante media del recinto, la velocidad media del aire en la zona ocupada y, por último, la presión parcial del vapor de agua o la humedad relativa”. Las condiciones interiores de diseño, en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta. ^{xiii}

Calefacción residencial:

La regulación de las condiciones ambientales dentro de una vivienda, industria o comercio, son procesos que implican sistemas de ventilación o calefacción. Un sistema de calefacción permite elevar la temperatura de determinado espacio en relación con la temperatura ambiental exterior para generar condiciones de confort. Con este objetivo esencial de combatir el frío y permitir un grado elevado de calidad de vida se han desarrollado diversos sistemas de calefacción.

La tendencia en los últimos años evidencia el uso creciente de la calefacción. Esta puede llegar a representar una parte muy importante de la energía consumida en los edificios. Según el tipo de energía utilizado, puede significar más del 50% de los consumos energéticos totales. Para el sector residencial, la calefacción representa el 47% del consumo de energía y este consumo se traduce en: un 41,8% de gas natural, un 34,8% de electricidad, un 20,3% de gasóleo y GLP (butano y propano), un 1,6% de biomasa y un 0,5% de carbón.

Tipos de calefacción central:

Por aire caliente:

La calefacción central por aire caliente se efectúa por caños de aire caliente conectados, también, a una caldera la cual puede o no alimentarse a gas; esta última se instala por debajo del primer piso de la vivienda para así asegurar la circulación natural del agua caliente. El aire frío del interior o del exterior penetrará en la cámara y se convertirá en aire caliente cuando entre en contacto con las paredes calientes de la caldera.

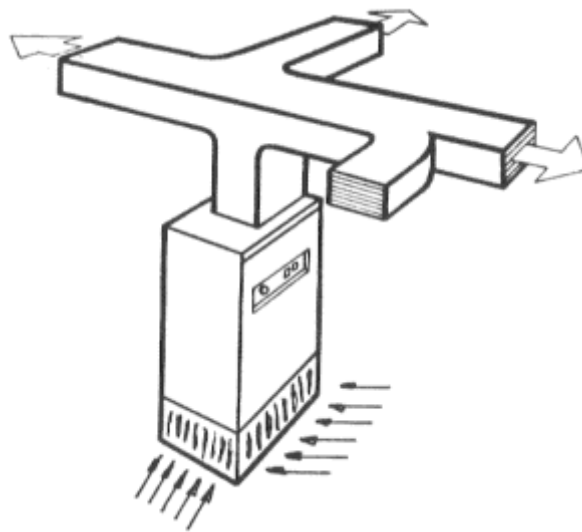


Figura 2.3. Esquema de un sistema de calefacción central por aire

Radiadores:

El sistema de calefacción central más popular, el de radiadores; consta de una caldera que calienta agua a 70°C aproximadamente, la que es llevada a los radiadores por medio de cañerías. Los radiadores se ubican en cada uno de los locales a calefaccionar.

Las calderas pueden ser simples (calientan agua para calefacción) o de doble servicio, que además de calentar agua para los radiadores, proveen agua caliente sanitaria (para lavatorio, piletas de lavar y ducha)

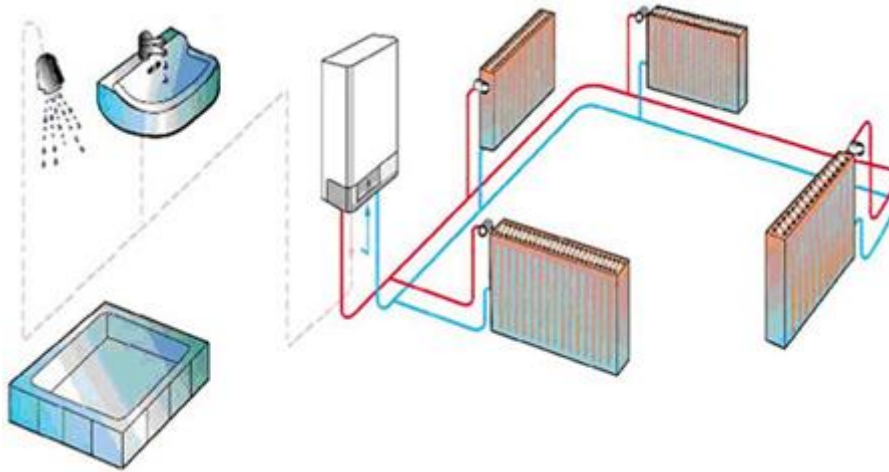


Figura 2.4. Esquema de funcionamiento de calefacción central por radiadores.



Figura 2.5. Radiador toallero

Piso radiante:

El sistema calefacción por piso radiante se basa en la circulación de agua caliente por conductos plásticos especiales ubicados en la estructura del suelo de cada ambiente a calefaccionar y conectados a una central de emisión de calor llamada caldera de agua.

El calor producido en el ambiente es uniforme y evita la generación de zonas frías y calientes en la misma habitación, logrando un ambiente calefaccionado suave y agradable entre 20° y 22°C, regulable según las necesidades de uso.

Los tubos se colocan de 3 a 5 cm, por debajo de la superficie, con una separación de 10 a 30 cm, entre ellos. Haciendo circular por los tubos agua entre 35° y 45 °C, el suelo se mantiene entre 20° y 29 °C y el ambiente entre 18 y 22 °C.

El grado de confort que se consigue con este tipo de calor es ideal. Pensándolo bien, calentamos agua a 40 °C para mantener la casa a 20 °C. Con los sistemas tradicionales quemamos combustible a temperaturas superiores a 800°C, para calentar agua a 70° u 80 °C y mantener la casa a 20 °C. ^{xiv}



Figura 2.6. Esquema de instalación de piso radiante

Ventajas:

- Elevada eficiencia energética: debida por un lado, al hecho de no tener que calefaccionar todo el volumen de aire; además, al trabajar a bajas temperaturas, es el sistema de distribución ideal para los sistemas productores de calefacción de baja temperatura, como las calderas de alta eficiencia, la energía solar o las bombas de calor.

- Invisible y silencioso: Es invisible y no ocupa espacio, por lo que no nos limita a la hora de colocar los muebles de la casa. El hecho de que no tenga aparatos que sobresalgan lo hace ideal para ámbitos en los que se mueve la gente pequeña. Además, a los niños les gusta gatear y tirarse por el suelo. El suelo radiante les asegura que no se revolcarán por un suelo frío.
- Sano: no reseca el ambiente, por lo que se recomienda su instalación en hospitales, residencias de ancianos y guarderías. Otro punto que lo hace sano es que la distribución del calor es mucho más homogénea que en el caso de los radiadores, dado que es toda la superficie del suelo la que emite el calor, y no un único punto focal como en el caso de los radiadores. De esta manera, la parte inferior del cuerpo se mantiene siempre caliente, mientras que la cabeza no recibe directamente el calor de la calefacción.
- Limpio: para los alérgicos al polvo es ideal porque al no haber dispositivos externos, no se acumula el polvo. Además no se queman las partículas de polvo y no se depositan en las paredes
- Seguro: especialmente ventajoso cuando hay niños, porque no corren el riesgo de golpearse contra el radiador
- Reversible: puede utilizarse tanto de calefacción como de aire acondicionado.
- Regulable: se instalan zonas independientes para poder regular la climatización en cada habitación.
- No necesita mantenimiento.

- **Distribución ideal:** El suelo radiante es el sistema de calefacción que más se aproxima a la distribución ideal de la temperatura. El resto, acumulan calor a la altura del techo, lo que provoca unas pérdidas de energía térmica considerables y malestar en los usuarios. Toda la vivienda adquiere una temperatura homogénea. . Desaparecen las zonas frías y calientes. Mantiene los pies calientes y la cabeza fresca.
- **Saludable:** Mantiene la humedad natural del ambiente, desapareciendo así los problemas respiratorios debidos a la calefacción. No reseca las mucosas nasales, ni levanta los ácaros del polvo.
- **Económico:** A la hora de construir una casa, el uso de pisos radiantes implica que los costos sean menores, ya que se requiere una lámina de concreto de poco espesor para la carpeta.

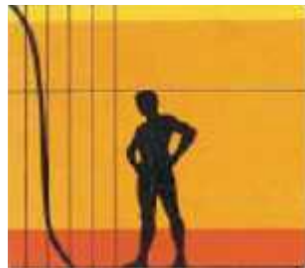


Figura 2.7. Perfil térmico ideal



Figura 2.8. Perfil térmico piso radiante:



Figura 2.9. Perfil térmico por radiadores:



Figura 2.10. Perfil térmico calefactor individual:



Figura 2.11. Perfil térmico calefacción por aire:

Selección de sistema de calefacción:

En base a todo lo anterior descrito se selecciona un sistema de calefacción por piso radiante. Si bien la inversión inicial se incrementa, debido a todas las ventajas previamente nombradas, se torna sumamente favorable su utilización.

Cabe destacar que el objeto de estudio de la tesis es lograr una vivienda sumamente eficiente y amigable con el medio ambiente, por lo que esta opción es la que más destaca entre todas

Tipo de aislantes para vivienda:

Los materiales más utilizados en la actualidad se detallan a continuación, en base a la consejería de economía y hacienda de Madrid. Se escoge esta referencia debido a la enorme profundidad con la cual se desarrolla cada material.

El aislamiento de fachadas, cubiertas y suelos reduce las pérdidas de energía debidas a la diferencia de temperatura entre recintos con independencia de cómo se ha generado el frío o el calor, es decir, independiente de que la fuente de energía sea renovable o no. Algunas de las aplicaciones de los distintos tipos de materiales aislantes utilizados en la edificación son:

Espuma de poliestireno expandido:

El Poliestireno Expandido o EPS es un material plástico espumado utilizado en el sector de la Construcción, principalmente como aislamiento térmico y acústico, en el campo del Envase y Embalaje para diferentes sectores de actividad y en una serie de aplicaciones diversas.

El Poliestireno Expandido - EPS se define técnicamente como: «Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire».

La estructura celular le proporciona sus excelentes prestaciones como aislante térmico y como material aligerante. También destacan dentro de sus cualidades la capacidad para ser moldeado y conseguir, dependiendo de su fabricación, una gran gama de productos con innumerables aplicaciones en edificación y en obra civil.

A continuación se muestra, de manera esquemática, el proceso de fabricación del poliestireno expandido, partiendo de su materia prima: el poliestireno expandible (material granulado con agente expandente en su interior).

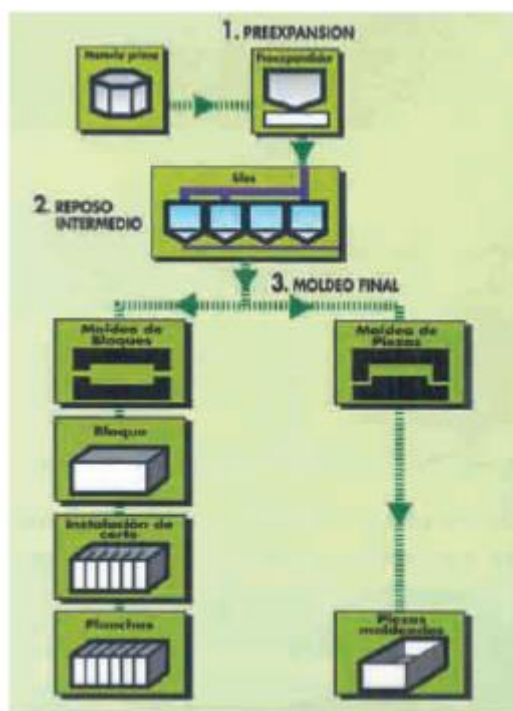


Figura 2.12. Esquema de transformación de poliestireno expandido (EPS)

El proceso de transformación se lleva a cabo únicamente medios físicos (el proceso de obtención de la materia prima es un proceso químico desde el pozo petrolífero hasta el envasado del llamado “Poliestireno expandible”, en cambio, el proceso de transformación se lleva a cabo únicamente por medios físicos), al Poliestireno Expandido: el EPS

A continuación, en la Tabla, se indican los valores más habituales de la conductividad térmica, para una serie de densidades recomendadas.

Tabla 2.1. Conductividad térmica de los EPS

DENSIDAD KG/M ³	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA – W/(m·K)	
	MEDIA	PREVISTA
15	0,038	0,040
18	0,036	0,038
20	0,035	0,037
22	0,034	0,036
25	0,034	0,035
28	0,033	0,035
30	0,033	0,035
32	0,032	0,034
35	0,032	0,034

El poliestireno expandido no constituye sustrato nutritivo alguno para los microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. No obstante, en presencia de mucha suciedad el EPS puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. Los productos de EPS cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas, con lo que pueden utilizarse con total seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio.

El EPS no tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial no es peligroso para las aguas. Se pueden adjuntar a los residuos domésticos o bien ser incinerados. En cuanto al efecto de la temperatura, mantiene las dimensiones estables hasta los 85 °C. No se produce descomposición ni formación de gases nocivos.



Figura 2.13. Cubierta de poliestireno expandido en techos.

Poliuretano proyectado:

La espuma rígida de poliuretano es un material de construcción que se utiliza como aislamiento térmico de alta eficiencia, aislamiento acústico e impermeabilizante, y se fabrica in situ a partir de la reacción de dos componentes.



Figura 2.14. Poliuretano inyectado

Existen dos sistemas de fabricación que conducen a dos productos diferenciados:

- Espuma rígida de poliuretano aplicada in situ por proyección, o poliuretano proyectado, que se obtiene mediante pulverización simultánea de los dos componentes sobre una superficie denominada sustrato.
- Espuma rígida de poliuretano aplicada in situ por colada, o poliuretano inyectado, en el que los dos componentes se mezclan físicamente por batido y se introducen en una cavidad donde se realiza la expansión.

La alta capacidad aislante del poliuretano proyectado no se consigue en la construcción con ningún otro de los materiales aislantes comúnmente empleados. Esta característica especial se debe a la baja conductividad térmica que posee el gas espumante ocluido en el interior de las celdas cerradas.

El poliuretano proyectado no supera el valor de conductividad térmica inicial de $\lambda_{10\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,022 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (calculado según la Norma UNE 92202). Debido a que las celdas no impiden totalmente la difusión de gases a través de sus paredes, este valor de conductividad va aumentando ligeramente con el tiempo hasta llegar finalmente a estabilizarse. En la práctica, se considera como valor de cálculo de conductividad térmica de la espuma el obtenido después de 9 meses de envejecimiento acelerado $\lambda_{10\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,028 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (procedimiento recogido en la Norma UNE 92120-1).

La capacidad de aislamiento del poliuretano proyectado es muy robusta frente a los efectos de envejecimiento a los que están expuestos habitualmente los aislamientos térmicos. Y con el poliuretano proyectado es muy fácil el tratamiento de puentes térmicos.

Conductividad térmica del poliuretano proyectado $\lambda = 0.028 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Gracias a esta baja conductividad térmica, $\lambda_{10^\circ\text{C}} = 0,028 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, el poliuretano proyectado alcanza los valores de aislamiento térmico exigidos en el CTE con el mínimo espesor, lo que permite dejar una mayor superficie habitable, con el consiguiente beneficio económico.

Por otra parte, si se incorporan espesores de poliuretano similares al de otros materiales, se consigue mayor resistencia térmica y mayor ahorro energético, lo que redunda también en un beneficio económico para el usuario.

Tabla 2.2. Resistencia térmica del poliuretano proyectado

ESPESOR (mm)	RESISTENCIA TÉRMICA ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$)
20	0,71
25	0,89
30	1,07
35	1,25
40	1,43
45	1,61
50	1,79
55	1,96
60	2,14
65	2,32
70	2,50
75	2,68
80	2,86
85	3,04
90	3,21
95	3,39
100	3,57

El poliuretano proyectado tradicional es un material compuesto de celdas cerradas (> 90 %) y ligero, de baja densidad. Puede utilizarse combinado con otros materiales para reducir la transmisión del ruido. Podemos señalar como muy positivo el

efecto de sellado que realiza en los cerramientos por ser un Sistema Continuo Estanco, aportando por esta razón un buen resultado en cuanto al aislamiento al ruido aéreo, incrementando este aislamiento, según los casos, entre 7 y 9 dBA.

El poliuretano proyectado actúa como una membrana reguladora de humedad, ya que, siendo impermeable, es permeable al vapor de agua. El grado de permeabilidad al vapor de agua se puede reducir aumentando la densidad de la espuma. Así en cualquier condición climática podremos encontrar el nivel de resistencia al paso de vapor de agua adecuado para evitar condensaciones y permitir el máximo flujo de vapor.

Para el poliuretano proyectado para aislamiento térmico, con densidades comprendidas entre 30 y 60 kg/m³, la resistencia a la transmisión de vapor de agua oscila entre 330 y 825 MN·s/(g·m) (factor de resistencia a la difusión de vapor de agua, μ , entre 60 y 150).

El poliuretano proyectado ofrece un balance positivo en las tres facetas de la sostenibilidad: medioambiente, economía y sociedad. Beneficio medioambiental: La eficiencia térmica del poliuretano, que alcanza mayores aislamientos con menores espesores, permite que la energía necesaria para fabricar, transportar, instalar y tratar los residuos del poliuretano proyectado se compense con la energía ahorrada durante el primer año de uso, y a lo largo de su vida útil el poliuretano proyectado ahorre casi 100 veces la energía utilizada.

Beneficio económico: Reducir las pérdidas energéticas a través de la parte ciega del cerramiento con un aislamiento como el poliuretano, ya sea proyectado o inyectado, es la forma más barata de ahorrar energía, según el Informe CEPS, aparte de revalorizar la vivienda. Además, el aislamiento de poliuretano no tiene gastos de mantenimiento o sustitución a lo largo de toda su vida útil.

Beneficio social: Una adecuada climatización es esencial para garantizar el confort y la salud de las personas que habitan los espacios, y el aislamiento térmico de la envolvente es el mejor modo de asegurar una temperatura de confort uniforme en cualquier lugar del edificio.

Poliestireno extruido:

EL poliestireno extruido, al igual que la mayoría de los materiales aislantes se deben ajustar a una Normativa específica, la cual estipula los parámetros que se deben tener en cuenta, para poder ser competitivos y fiables en el mercado.

Estos materiales aislantes además de ir de la mano de la Normativa, mediante el marcado CE obligatorio, van avalados por certificados voluntarios tanto como españoles como internacionales (AENOR, ACERMI...)

El poliestireno extruido (XPS) es una espuma rígida, aislante, de carácter termoplástico y de estructura celular cerrada. Por su naturaleza y características técnicas, aporta a los elementos constructivos donde se incorpora notables beneficios.

La estructura celular totalmente cerrada del poliestireno extruido le proporciona sus excelentes prestaciones frente a la absorción de agua y como aislante térmico. La elevada rigidez de la estructura celular dada por la gran homogeneidad de las celdas proporciona, a su vez, una altísima capacidad de resistencia mecánica.

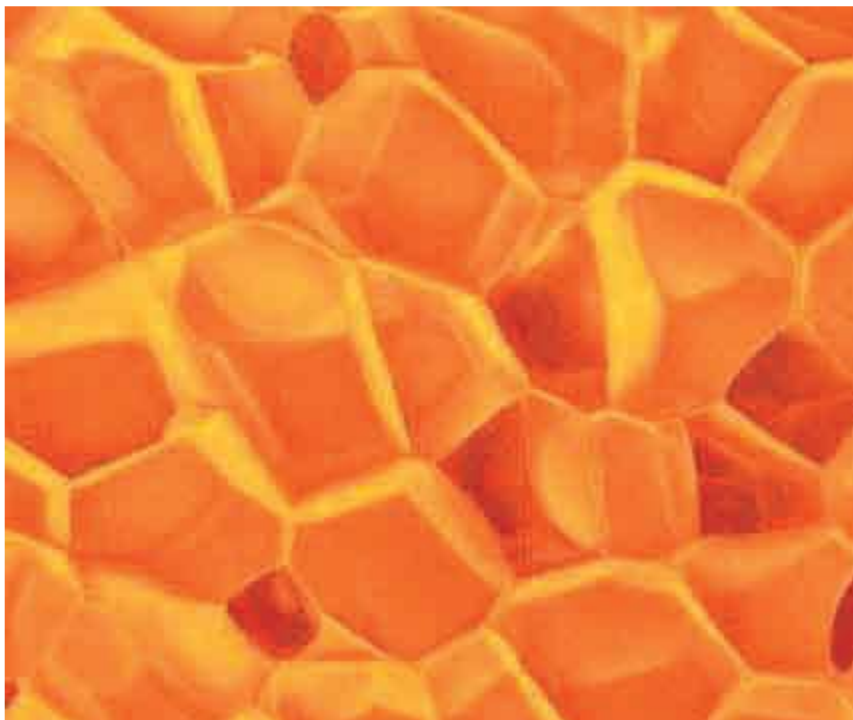


Figura 2.15. Estructura microscópica del XPS

Lanas minerales:

Las Lanas Minerales Aislantes son productos aislantes constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil. Esta estructura permite obtener productos muy ligeros que por su peculiar configuración, ofrecen elevados niveles de protección frente al calor, el ruido y el fuego. Están reconocidas internacionalmente como aislantes acústicos —por su estructura flexible— y térmicos —por el entrelazado que mantiene el aire inmóvil—, siendo, además, incombustibles, dado su origen inorgánico. Son productos naturales (arena silíceo para la lana de vidrio, roca basáltica para la lana de roca) transformados mediante el proceso de producción.

Como materiales de porosidad abierta (gracias a lo cual tienen buenas prestaciones térmicas y acústicas) pueden retener agua líquida en su interior, por lo que deben emplearse en aplicaciones que estén protegidas del contacto directo con el agua. Si accidentalmente la lana mineral se moja, las propiedades térmicas de la misma (poder aislante) se recuperarán hasta alcanzar los valores iniciales, si el agua no ha causado un daño evidente y se puede eliminar por evaporación o drenaje. En consecuencia, si por efecto del agua, la lana mineral no ha perdido su aspecto inicial, espesor, apelmazamiento, desgarró... una vez seca volverá a tener sus prestaciones aislantes iniciales.

Dentro de las Lanas Minerales se distinguen dos familias: las Lanas de Vidrio y las Lanas de Roca, elaboradas fundiendo arena o rocas basálticas, respectivamente.

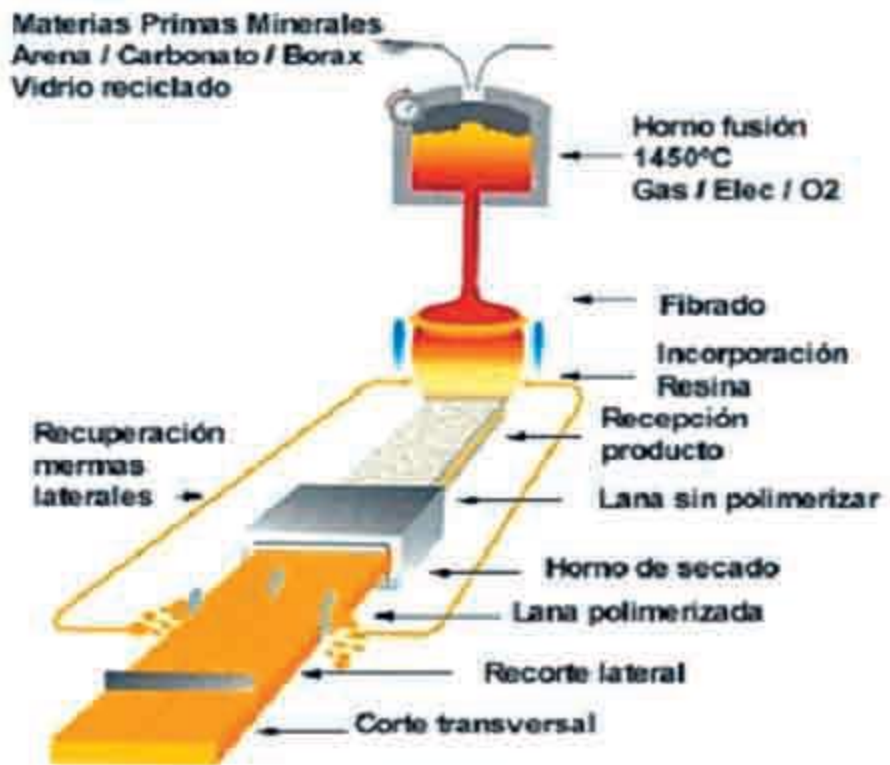


Figura 2.16. Proceso de fabricación de lana de vidrio

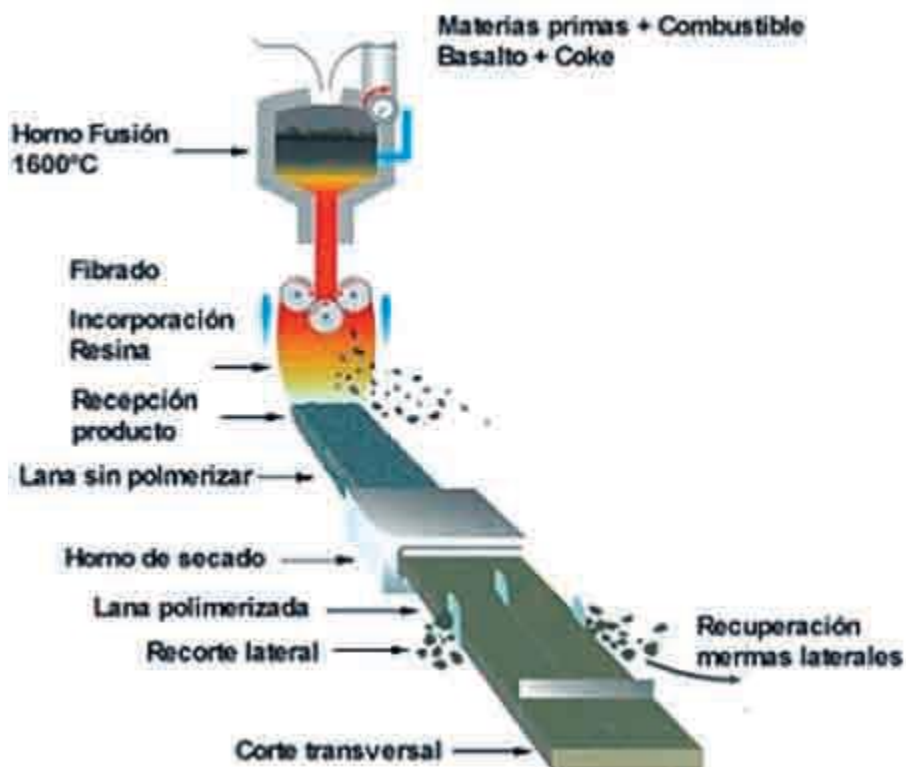


Figura 2.17. Proceso de fabricación de lana de roca

Las Lanás Minerales son el único aislante que cumple con una triple condición: aislamiento acústico, aislamiento térmico y, por su naturaleza incombustible, protección contra el fuego. De este modo, incorporan las características técnicas que más se valoran en la sociedad actual, definida por la preocupación creciente por el hombre y su entorno, orientada hacia la mejora de la calidad de vida y la seguridad de las personas, y atenta e interesada por la conservación del medio ambiente.

Además, el empleo de las Lanás Minerales permite actuar con criterios de eficiencia económica, contribuyendo también al uso racional de la energía.

La población actual pasa la mayor parte de su tiempo (85 %) en espacios cerrados, por lo que el confort térmico en ellos se ha convertido en una demanda esencial. Sin embargo, dicho confort requiere un consumo energético que, en la situación actual, es necesario reducir.

En este contexto, las Lanás Minerales constituyen el aislante ideal al permitir un alto grado de ahorro de energía, reduciendo el consumo energético al mínimo racionalmente posible y disminuyendo así el deterioro del medio ambiente.

En una época como la actual, la eficiencia energética es un valor incuestionable que las Lanás Minerales, como aislante térmico, promueven, favoreciendo la conservación del medio ambiente y la reducción de la factura energética de los edificios.

Por su naturaleza inorgánica, las Lanás Minerales son incombustibles y presentan un alto grado de resistencia al paso del calor, incluso a elevadas temperaturas, disminuyendo los riesgos de incendios y contribuyendo a aumentar la protección de personas y bienes.

Las Lanás Minerales son incombustibles y al entrar en contacto con el fuego no generan ni gases ni humos asfixiantes o tóxicos, lo que facilita la evacuación de los ocupantes de un edificio. Además, por su poder aislante, forman una barrera que protege a los elementos constructivos, aumentando la resistencia al fuego de los mismos y contribuyendo a la seguridad pasiva del edificio.

La velocidad de propagación de un incendio depende de la cantidad de material combustible presente, de ahí la importancia de contar con materiales aislantes adecuados que incrementen la seguridad.

La elección de un buen aislante es fundamental ya que está presente en un gran número de lugares de obra en cantidades muy elevadas. En este contexto, conviene tener en cuenta que la reacción frente al fuego varía en cada aislante, no sólo en lo relativo a la liberación de energía, sino también en lo que a emisiones de humos o formación de gotas se refiere.

Por todo ello, las Lanasy Minerales son materiales que protegen al hombre, elevando su nivel de vida y respetando el medio ambiente.

Las Lanasy Minerales ofrecen una triple rentabilidad:

- Con un sólo producto se satisfacen las exigencias de las normativas acústicas, de seguridad y térmicas y las aspiraciones de calidad de vida de los ciudadanos.
- El aislamiento es una inversión que se amortiza en menos de 5 años, ya que su coste es bajo, no requiere mantenimiento y tiene una duración idéntica a la del edificio.
- Las Lanasy Minerales son el aislante presente en las soluciones constructivas más modernas, tanto en la nueva construcción, como en los procesos de reforma.

El sector de las Lanasy Minerales en la UE ha realizado, de acuerdo con los criterios y los procedimientos prescritos en las normas, los oportunos estudios para comprobar la influencia en el medio ambiente de sus industrias y productos.

En el caso concreto de las Lanasy Minerales se pone en evidencia que una vez considerados los impactos debidos a su uso como aislante, el impacto resultante en todos y cada uno de los indicadores es beneficioso para el medio ambiente, es decir, es un impacto negativo según el Índice del Ciclo de Vida.

Conclusiones de los estudios de impacto ambiental de las lanasy minerales:

- Existen procedimientos técnicos y rigurosos normalizados para ofrecer información sobre las características ambientales de los productos aislantes. La

información que se obtiene es pormenorizada debido al carácter multifacético del medio ambiente, sin que pueda resumirse en un solo valor.

- La declaración ambiental proporciona información transparente y fiable al mercado. El sector de las Lanas Minerales en la UE dispone de los oportunos estudios para sus industrias y productos, de acuerdo con los criterios y los procedimientos prescritos en las normas.
- Los resultados de los estudios demuestran que el impacto de la fabricación y uso de Lanas minerales es muy beneficioso para la protección del medio ambiente.



Figura 2.18. Productos de lana mineral

Vidrios aislantes:

Parece evidente que, en la mayoría de los casos, el hueco acristalado es el elemento térmicamente más débil de la envolvente del edificio tanto si consideramos obra nueva como edificación existente. En este último caso el estado de mantenimiento es fundamental para conservar las características de permeabilidad al aire del cerramiento y así evitar las entradas indeseadas de aire en el interior del edificio. Sin embargo, día a día los huecos arquitectónicos aumentan de dimensiones, favoreciendo la entrada de luz natural y el contacto visual con el exterior. Este aumento de tamaño conlleva un aumento en el nivel de exigencia de las prestaciones relacionadas con el aislamiento térmico, el aislamiento acústico y las condiciones de seguridad de los acristalamientos.

Con una simple termografía puede observarse como las pérdidas de calor a través de los cerramientos acristalados de los huecos son muy superiores a las que se producen por las partes opacas. Los cerramientos acristalados pueden constituir verdaderos puentes térmicos si no son correctamente solucionados.



Figura 2.19. Termografía de una ventana

xv

Verificación térmica de la vivienda: Desarrollo:

En base a lo expuesto anteriormente se decide crear una planilla de datos que permita, evaluar y comparar los distintos tipos de aislantes usados en una vivienda. De esta manera se podrá visualizar las ventajas, o no, de los aislantes modernos frente a las construcciones clásicas utilizadas en la localidad de Mar del Plata.

Se necesita calcular el gasto energético de una vivienda tipo. Se presenta este problema en el contexto de la tesis “Vivienda social sustentable”. La vivienda será calefaccionada mediante caldera eléctrica, suponiendo una eficiencia del 90 % (Datos del fabricante)

A su vez se realiza la suposición de que la vivienda en su interior se encuentra toda a la misma temperatura. Esto quiere decir que se despreja las paredes internas en su interior. Ocurriendo la pérdida de calor únicamente por su periferia.

La idea de la presente sección es comparar la eficiencia térmica de una vivienda de características constructivas tipo húmeda. (Ladrillo, vidrio simple) y una vivienda de construcción en seco (prefabricada con vidriería hermética)

Para el cálculo de pérdidas en las aperturas se opta por realizar un promedio de la superficie de ventanas. Es decir se sumaran todas las superficies y se dividirán por la cantidad.

APERTURA	APERTURA	APERTURA	APERTURA	APERTURA	APERTURA	APERTURA	APERTURA

Figura 2.20. Aperturas de la vivienda

En base a las aperturas de la vivienda, se realizó una aproximación del área de los cristales, mediante la siguiente fórmula. La aproximación de cristales se realiza ya que la planilla de datos calcula la superficie total de cristales como cantidad de aperturas por base por altura. Es decir utiliza un único modelo de ventanas. Podría obviarse este paso y colocar la superficie neta en la hoja de cálculos. Sin embargo a fines ejemplificativos se procede de la siguiente manera:

$$Area_{promedio} = \frac{\sum A_i}{N} = [2.1]$$

$$= \frac{1.8 * 0.7 + 4 * 1.6 * 1.2 + 1.15 * 2.1 + 3.4 * 2.1 + 1.8 * 1.2 + 0.8 * 2.1 + 1.15 * 1.2 + 3.4 * 1.2}{11}$$

$$= 2.53 \text{ m}^2$$

Por lo tanto se toman 11 ventanas de 1m x 2.53m

Si quisiéramos un coeficiente de conductividad térmico para la vivienda de 0.02 W/(K) nos encontraríamos con la siguiente opciones en cuanto a los materiales a emplear:

$$0,02 \left[\frac{W}{\text{°K}} \right] = \frac{\text{Coef. de conductividad}}{\text{Espesor aislante}} \quad [2.2]$$

Lana de vidrio:

$$0,02 \left[\frac{W}{\text{°K}} \right] = \frac{0,038 [W/m \cdot \text{°K}]}{\text{Espesor aislante}} \rightarrow \text{Espesor aislante} = 1,9[m] \quad [2.3]$$

Poliestireno expandido:

$$0,02 \left[\frac{W}{\text{°K}} \right] = \frac{0,0395 [W/m \cdot \text{°K}]}{\text{Espesor aislante}} \rightarrow \text{Espesor aislante} = 1,975[m] \quad [2.4]$$

Espuma de poliuretano

$$0,02 \left[\frac{W}{\text{°K}} \right] = \frac{0,035 [W/m \cdot \text{°K}]}{\text{Espesor aislante}} \rightarrow \text{Espesor aislante} = 1,75[m] \quad [2.5]$$

Ladrillo:

$$0,02 \left[\frac{W}{\text{°K}} \right] = \frac{0,80 [W/m \cdot \text{°K}]}{\text{Espesor aislante}} \rightarrow \text{Espesor aislante} = 40[m] \quad [2.6]$$

Se ve claramente que el ladrillo de construcción es un material pésimo a la hora de aislar una vivienda. Es por esto que se recurre al sistema de casa prefabricado. Se selecciona la fibra de vidrio ya que su sistema de reemplazo, y aplicación es más simple que el de la espuma de poliuretano, si bien esta es mejor aislante.

Respecto de la ventana a utilizar se encuentran diferentes alternativas en el mercado, con mayores y menores niveles de aislación. Se adopta una ventana de doble vidriado hermético, según catalogo adjunto.

A pesar de esto y dado que el ancho de las paredes puede diferir se simulará la vivienda para ambos casos, uso de ladrillo, y lana de vidrio, a fin de comprar el ahorro representado a fin de mes en la factura de gas

Debido a que se situó la vivienda en la ciudad de Mar del Plata. Se recurre a la página del ente municipal en busca de estadísticas del clima en la ciudad. Obteniéndose la siguiente gráfica.

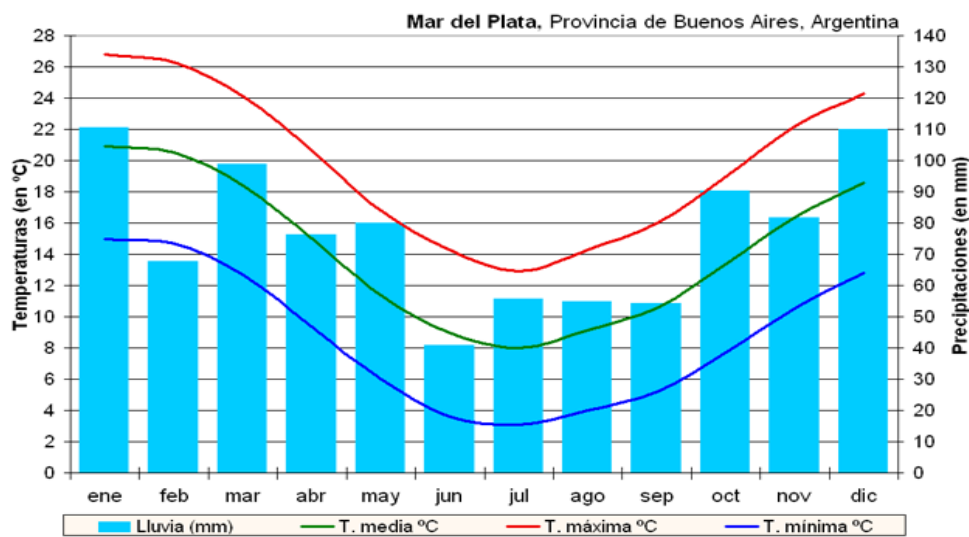


Figura 2.21 Temperaturas en la ciudad de Mar del Plata

De la gráfica anterior se pueden obtener los parámetros de temperatura media, máxima y mínima por mes. De esta manera se podrá simular el consumo anual de la vivienda. Si la vivienda se encontrara emplaza en otra localidad debería consultarse la página del pertinente municipio a fin de encontrar estadísticas climáticas fiables

Planilla de cálculos:

Se adopta para la simulación la creación de una planilla de cálculo, el mismo nos permitirá modificar todos los parámetros deseados y obtener resultado fiables y de fácil lectura.

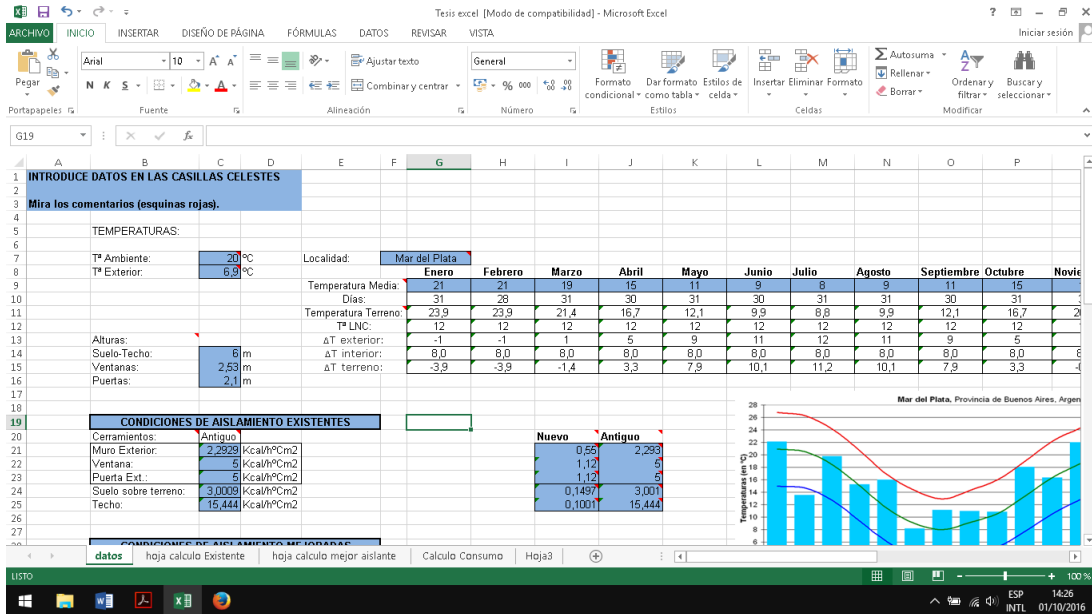


Figura 2.22 Visualización de la planilla de cálculos desarrollada

Se crea un archivo XLS con 4 pestañas. Dentro de la primera se trabaja con todos los datos térmicos y referidos a la vivienda. Las alturas ingresadas surgen de la formula [2.1] y del plano de la vivienda propuesta.

Tabla 2.3 Introducción de datos

INTRODUCE DATOS EN LAS CASILLAS CELESTES

Mira los comentarios (esquinas rojas).

TEMPERATURAS:

Tª Ambiente:	20 °C
Tª Exterior:	6,9 °C

Alturas:

Suelo-Techo:	6 m
Ventanas:	2,53 m
Puertas:	2,1 m

Dentro de la pestaña datos, se define la temperatura ambiente promedio deseada en la vivienda, la temperatura exterior promedio y las alturas necesarias:

Tabla 2.4 Introducción de datos climáticos

Localidad:	Mar del Plata	
	Enero	Febrero
Temperatura Media:	21	21
Días:	31	28
Temperatura Terreno:	23,9	23,9
Tª LNC:	12	12
ΔT exterior:	-1	-1
ΔT interior:	8,0	8,0
ΔT terreno:	-3,9	-3,9

Luego en base a la localidad seleccionada se define para cada uno de los meses:

- La temperatura media
- Cantidad de días en el mes
- Temperatura del terreno: $T_{terr} = 0.0068 T A^2 + 0.963 T A + 0.6865$
- Temperatura perdida desde el interior al terreno Tª LNC:
- Variación de temperatura respecto al exterior
- Variación de temperatura respecto al interior
- Variación de temperatura respecto al terreno

Se definen a su vez, el sistema constructivo a evaluar teniendo en cuenta únicamente los límites externos de la casa, ya que supondremos uniformidad térmica en todo su interior.

Tabla 2.5 Detalles constructivos

Paredes exterior:		Capa de ladrillo 0,1[m]+Lana de roca 0,2[m]+capa de aire 0,1[m]
Nuevo:		Capa de ladrillo 0,3[m]
Viejo:		
Piso:		Cemento 0,2[m]+Lana de roca 0,2[m]+poliestireno extruido 0,1[m]
Nuevo:		Cemento 0,3[m]
Viejo:		
Techo:		Lamina de acero 0,005[m]+Lana de roca 0,2[m]+poliestireno extruido 0,1[m]
Nuevo:		Madera 0,005[m]+Teja [0,02]
Viejo:		

De esta manera se calcula conductancia térmica para cada material, tanto individualmente como para el conjunto de paredes exteriores, piso, techo. Según la tabla previa.

Tabla 2.6 conductancia térmica

	PE	PI	TE
Ladrillo	0,8	0,8	0,8
Madera	0,163	0,163	0,163
Lana roca	0,036	0,036	0,036
Aire	0,024	0,024	0,024
Poli Extruido	0,033	0,033	0,033
Cemento	1,047	1,047	1,047
Aislante n	0,102	0,1740644	0,1165
Aislante v	2,667	3,490	17,961
Conv v	2,293	3,001	15,444
Conv n	0,0873	0,1497	0,1001

Tabla 2.7 condiciones de aislamientos existentes y mejorados

CONDICIONES DE AISLAMIENTO EXISTENTES			Nuevo	Antiguo
Cerramientos:	Antiguo			
Muro Exterior:	2,2929	Kcal/h°Cm2	0,55	2,293
Ventana:	5	Kcal/h°Cm2	1,12	5
Puerta Ext.:	5	Kcal/h°Cm2	1,12	5
Suelo sobre terreno:	3,0009	Kcal/h°Cm2	0,1497	3,001
Techo:	15,444	Kcal/h°Cm2	0,1001	15,444

CONDICIONES DE AISLAMIENTO MEJORADAS		
Cerramientos:	Nuevo	
Muro Exterior:	0,55	Kcal/h°Cm2
Ventana:	1,1178	Kcal/h°Cm2
Puerta Ext.:	1,1178	Kcal/h°Cm2
Suelo:	0,1497	Kcal/h°Cm2
Techo:	0,1001	Kcal/h°Cm2

Se elabora dos sistemas de construcción uno nuevo y viejo, los mismos pueden seleccionarse escribiendo “nuevo” o “viejo” en la celda de cerramientos. Esto permite que si se necesitara elaborar un nuevo tipo de vivienda basta con agregar los parámetros de esta y podrá ser fácilmente seleccionada, y comparada.

Ventilación:
Renovaciones/hora:

Por normativa de seguridad e higiene se define las renovaciones de aire hora en 0.7 (dicho valor se encomienda a quien utilice la planilla no sea modificado) Si bien la misma no especifica exclusivamente para la vivienda, se adopta este valor medio. La norma actual indica renovaciones de aire para el ámbito industrial, y por ambiente. En nuestro caso se toma un valor medio considerando los baños privados y ambientes tipo oficina.

Si bien no hay normativa que regule actualmente las viviendas urbanas se recomienda adoptar un valor de 0.7 o similar, si bien como se verá más adelante la renovación de aire posee poca incidencia en las pérdidas.

Tabla 2.8 Cálculo de la demanda térmica

DEMANDA: 1 Demanda del mes de Enero

Pérdidas por transmisión

Cerramiento	dimensiones		Sup bruta	descontar	Sup. Útil	Coef. K	Salto Term.	Subtotales
	a	b	m2	m2	m2		°C	Kcal/h
Muro Exterior:	28	6	168,00	29,93	138,07	2,29292	-1,0	-317
Ventana:	11	2,53	27,83		27,83	5	-1,0	-139
Puerta Ext.:	1	2,1	2,10		2,10	5	-1,0	-11
Suelo sobre terreno:	4	9,5	38,00		38,00	3,00086	-3,9	-445
Techo:	4	9,5	38,00		38,00	15,4441	-1,0	-587
Pérdidas Totales por Transmisión								-1498

Multiplicando a y b para todos los cerramientos se obtiene su superficie bruta

Al muro exterior se le descuenta la superficie de las ventanas y las puertas exteriores

Una vez realizado los descuentos pertinentes se obtiene la superficie útil

Los subtotales se obtienen de la siguiente manera:

$$Subtotal = Sup. Util * Coef K * Salto Term \quad [2.7]$$

Sumando todos los subtotales se obtienen las pérdidas de calor.

Este procedimiento se realiza para los doce meses del año.

Tabla 2.9. Pérdidas por infiltración

Pérdidas por infiltracion 38,00 M2

Altura	Volumen	Renov/h	Ce	Pe	Salto term.	Perdidas Infiltrac.
6	228,00	0,7	0,24	1,204	-1,0	-46,1

Para calcular las pérdidas por infiltración se selecciona la máxima área entre la cara superior e inferior. Esto es debido a que consideraremos la vivienda como un cubo.

Cuyo volumen total surgirá de multiplicar la altura de la misma por su área máxima (piso o techo)

Las pérdidas de infiltración se calculan multiplicando el Volumen por las renovaciones hora de aire, el calor específico del aire (en las unidades correspondientes) el coeficiente de pérdidas y el salto térmico

Tabla 2.10. Pérdidas parciales y totales

Pérdidas de calor horarias totales:

$$P = (P_t + P_i) \times (1 + F) = -1544,0 \text{ Kcal/h}$$

Horas de funcionamiento diario: 24 horas

Energía diaria consumida:	-37.055	Kcal/día	-43	kWh/día
---------------------------	---------	----------	-----	---------

Energía mensual consumida:	-1.037.536	Kcal/mes	-1.206	kWh/mes
----------------------------	------------	----------	--------	---------

Las pérdidas totales diarias se calcular con las pérdidas por hora multiplicadas por la cantidad de horas en funcionamiento.

Siendo las pérdidas por hora las perdidas por infiltración más las pérdidas por transmisión.

Finalmente se calcula la energía diaria consumida, y la energía mensual consumida.

Este procedimiento se realiza para todos los meses del año tanto para la vivienda con características constructivas de aislante mejorado, como para la vivienda clásica.

Finalmente se construye una tabla en la cual se presentan todos los datos obtenidos. Para su correcta comparación

Tabla 2.11 Resumen de la demanda y ahorro

DEMANDA	Situación Actual		Mejorada Aislamiento		Ahorro			
Enero	0	kWh	0	kWh	0	kWh	#¡DIV/0!	%
Febrero	0	kWh	0	kWh	0	kWh	#¡DIV/0!	%
Marzo	813	kWh	131	kWh	682	kWh	83,9%	%
Abril	4.916	kWh	705	kWh	4.211	kWh	85,7%	%
Mayo	9.338	kWh	1.279	kWh	8.059	kWh	86,3%	%
Junio	11.087	kWh	1.566	kWh	9.522	kWh	85,9%	%
Julio	12.516	kWh	1.709	kWh	10.807	kWh	86,3%	%
Agosto	11.457	kWh	1.566	kWh	9.891	kWh	86,3%	%
Septiembre	9.037	kWh	1.279	kWh	7.757	kWh	85,8%	%
Octubre	5.080	kWh	705	kWh	4.375	kWh	86,1%	%
Noviembre	1.821	kWh	275	kWh	1.547	kWh	84,9%	%
Diciembre	0	kWh	0	kWh	0	kWh	#¡DIV/0!	%
TOTAL:	66.066	kWh	9.216	kWh	56.851	kWh	86,1%	%

Se debe notar que para los meses de enero y febrero las pérdidas son iguales a 0, si bien los cálculos previos son negativos.

Esto se debe a que no consideraremos el uso de aire acondicionado en la vivienda, por lo que si las pérdidas resultan negativas (es decir la vivienda absorbe calor del medio) las mismas no se contarán y se reemplaza por el valor 0.

Luego se grafica mes a mes los consumos para vislumbrar la importancia del cambio de aislación

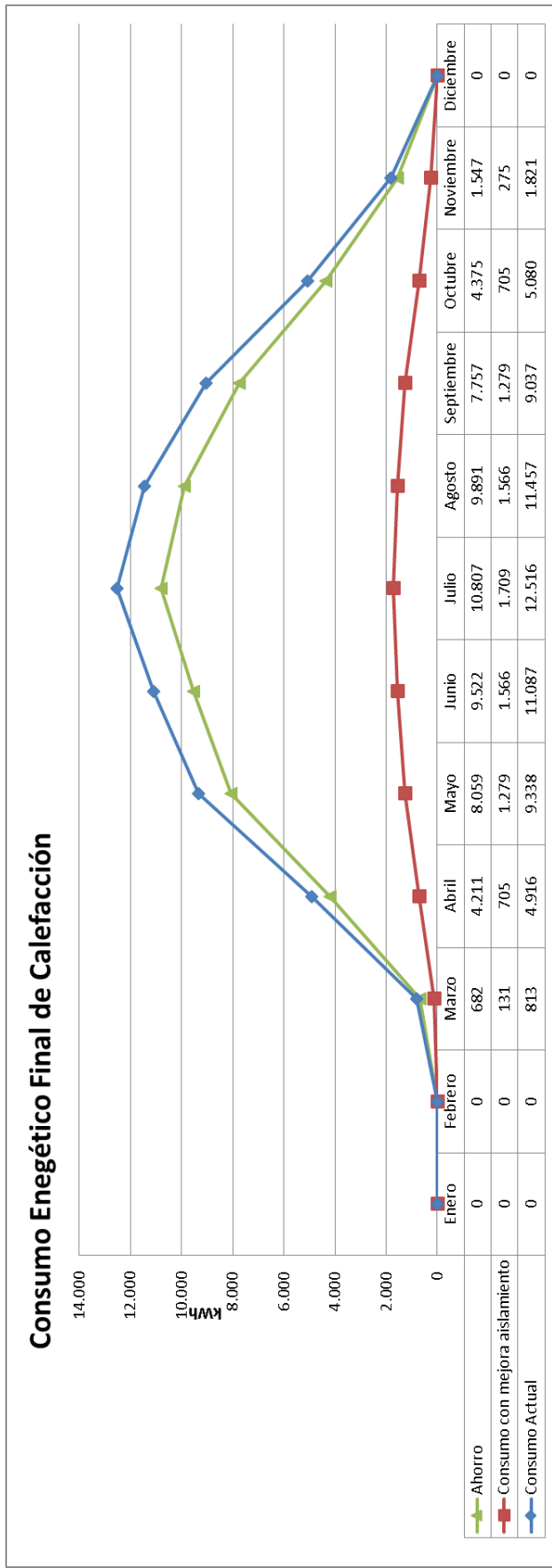


Figura 2.23 Consumo energético final

Verificación térmica de la vivienda: Cálculo económico

Se compara el costo del metro cuadrado de construcción húmedo con el metro de construcción por metro cuadrado de construcción en seco.

Recurriendo a la cámara argentina de la construcción surge que para la provincia de Buenos Aires el metro cuadrado de una vivienda familiar ronda los 22000 pesos (Cabe aclarar que según la fuente puede diferir en +- 2000 pesos)

Utilizando un sistema Steel Framing. El costo de construcción ronda los 17000 pesos. Cabe destacar que el sistema Steel Framing es lo último en construcción en seco, superando ampliamente en términos de durabilidad a la clásica construcción en seco de madera. El precio es adquirido de la página oficial de <http://steel framingargentina.com/>

Páginas similares como: <http://www.noirat-adc.com.ar/costos.html> nos dan costos de construcción similares.

Multiplicando la cantidad de metros cuadrados de la vivienda por el sistema de construcción elegido obtenemos los costos de la misma (sin incluir terreno) para ambos métodos de construcción.

	Construcción húmedo	Construcción propuesta
Costo \$/m2	22000	17000
m2	83	83
Total	1826000	1411000
Ahorro		415000

Se observa que el método propuesto no solo es más eficiente si no que es más barato, dicha diferencia se utilizará para comprar los paneles solares y demás elementos necesarios.

Verificación térmica de la vivienda: Conclusión

Una vez analizado los resultados, se pueden realizar diversas apreciaciones.

La primera es que el uso de la planilla de datos brinda una herramienta sumamente versátil para los cálculos térmicos de la vivienda. Dejando un instrumento de fácil modificación, el cual nos permite agregar futuras tecnologías para ser comparadas. A su vez el uso de planilla de cálculo es de uso intuitivo y no requiere de gran formación, como pueden ser otros programas destinados para el cálculo térmico de la vivienda.

La segunda es la gran ventaja que supone el uso de viviendas prefabricadas con alta capacidad aislante respecto a la eficiencia térmica. Logrando una reducción en la energía consumida cercana al 82%, lo cual se traduce en un menor consumo y menos emisiones al medio ambiente.

Capítulo 3: Iluminación

Se va a realizar el estudio del diseño de un sistema de iluminación pretendiendo:

- Mejorar la iluminación
- Mejorar la eficiencia energética
- Obtener ventajas económicas

Iluminación: Introducción:

Los tres foto-receptores del ojo:

Las células foto receptoras de la retina del ojo, los cono y bastoncillos, regulan los efectos visuales. Los bastoncillos funcionan cuando la luz es mínima y no permiten la visión en color. El sistema de conos es el responsable de la agudeza y el detalle y de la visión en color. Tanto los bastones y conos están conectadas con el córtex visual.

El nuevo tipo de célula foto receptora de la retina tiene su conexión nerviosa propia con un lugar del cerebro llamado núcleo supraquiasmático (NSQ), que es el reloj biológico del cerebro, y con la glándula pineal.

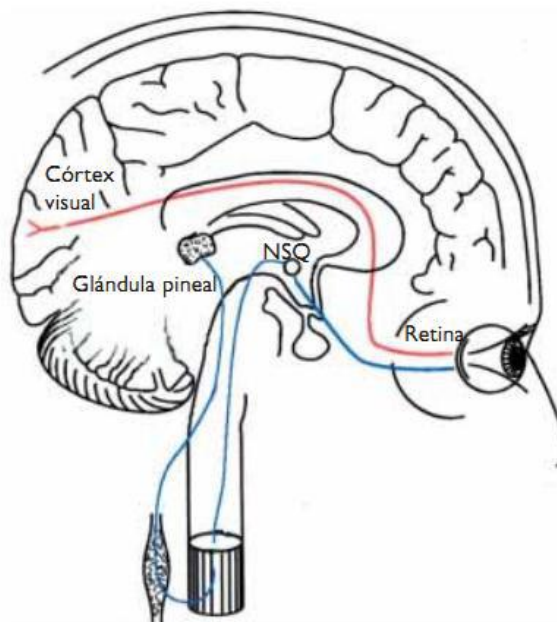


Figura 3.1. Esquema foto receptores

Estas células foto receptoras tienen influencia en nuestro reloj biológico, que a su vez regula el ritmo cardíaco y los circuitos circadianos. Las hormonas cortisol (“hormona del estrés”) y melatonina (“hormona del sueño”) juegan un papel importante a la hora de controlar la vigilia y el sueño. El cortisol, entre otros, aumenta la glucosa sanguínea para dar energía al cuerpo y mejora el sistema inmune. Sin embargo, cuando los niveles de cortisol están demasiado elevados durante un período muy prolongado el sistema se agota y pierde su eficacia. El nivel de cortisol se incrementa por la mañana y prepara al cuerpo para la actividad del día que se avecina. Permanece a un nivel alto suficiente durante el día, cayendo a un nivel mínimo a medianoche. El nivel de la hormona del sueño (la melatonina) cae por la mañana, reduciendo la somnolencia. Normalmente sube de nuevo cuando llega la oscuridad para permitir un sueño sano.

De no ser por esta influencia de la luz, el biorritmo de los seres humanos promedio es de unas 24 horas y 15-30 minutos. El resultado serían unas desviaciones diarias cada vez mayores de nuestra temperatura corporal, del nivel de cortisol y de melatonina respecto de los establecidos por el tiempo horario medioambiental. Esta desarmonización cuando falta el ritmo “normal” de luz-oscuridad desembocaría en un ritmo equivocado de vigilia y sueño, con el resultado final de que la vigilia se produciría en las horas de oscuridad y el sueño durante las horas de luz. Son los mismos síntomas, y de hecho tienen las mismas causas, que los provocados por el “jet lag” cuando se atraviesan varios husos horarios.

Los estudios realizados por van Bommel y van den Beld sobre los niveles de estrés y de malestar en personas que trabajan en interiores se realizaron comparando un grupo de personas que usó sólo luz artificial con otro grupo que utilizó luz artificial y natural combinadas. Dicho estudio se realiza en el hemisferio norte, por lo tanto los resultados serán inversos a los obtenidos en nuestra región. Como se puede ver en la figura, en enero (cuando la penetración de la luz natural no es suficiente como para contribuir al nivel de iluminación) existe poca diferencia entre los resultados de los dos grupos. Pero en mayo, cuando ya existe una contribución real de la luz natural, el grupo que dispone de esta luz trasmite a los investigadores muchas menos quejas por estrés.

Otro estudio muestra que en invierno la luz artificial brillante en interiores tiene un efecto positivo sobre la vitalidad y sobre el estado de ánimo.

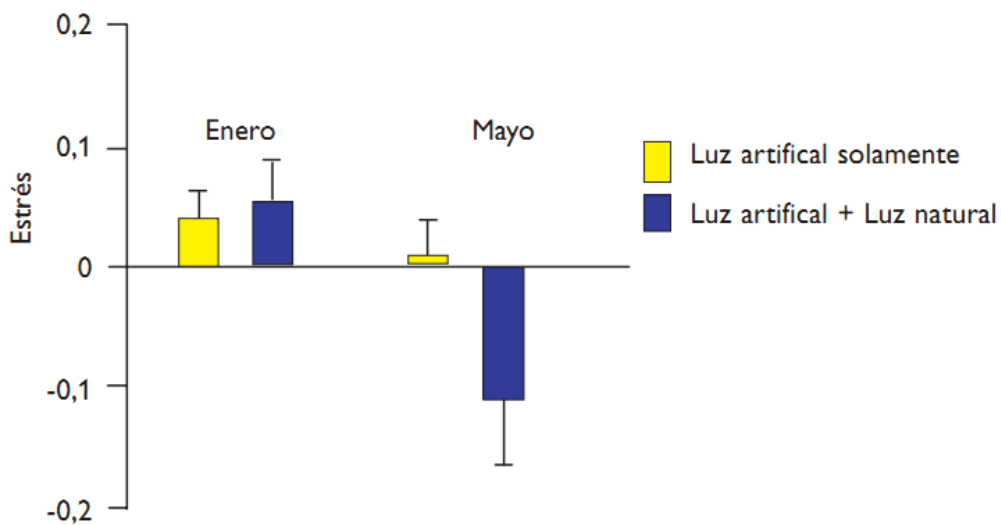


Figura 3.2 Nivel de estrés en función del tipo de luz

El color de la luz no sólo tiene un significado emocional diferente, sino que también tiene un efecto biológico distinto. La luz azulada de la mañana tiene un efecto activador biológico, mientras que el cielo rojo del atardecer tiene un efecto relajante. En un entorno laboral se necesitan por igual momentos de activación y momentos de relajación. En su conjunto, el color y el nivel de iluminación de la luz artificial pueden ayudar a crear esos momentos.^{xvi}

La iluminación en instalaciones:

La instalación de alumbrado debe satisfacer una serie de aspectos que hagan de la actividad a desarrollar por el observador una tarea cómoda. Hay muchos aspectos a tener en cuenta, ya que no debe crear problemas de adaptación visual, debe proveer la agudeza visual adecuada, no debe obstruir la tarea visual y debe permitir posturas cómodas, debe limitar la producción de ruido, debe eliminar el efecto estroboscópico, debe generar poca carga térmica, etc.

Muchas de estas consideraciones se tienen en cuenta a la hora de realizar un proyecto de iluminación, pero pocas de ellas se cumplen en servicio, al descuidarse a la

hora de realizarse la vivienda, la adquisición de los materiales, la falta de mantenimiento, etc. Todo ello hace que la calidad promedio de iluminación de una instalación sea muy deficiente.

Las principales causas que denotan una mala iluminación son:

1. Escaso nivel de iluminación
2. Alto nivel de deslumbramiento
3. Parpadeo de lámparas fluorescentes. Principal causante de estrés y dolores de cabeza.

Esto es producido en muchos casos a la falta un plan de mantenimiento. Por lo que se suele llevar a cabo un mantenimiento correctivo, cuando la luminaria falla, en vez de preventivo, donde se realiza una limpieza programada y una sustitución de las lámparas al terminar su vida útil.

Iluminación: Marco teórico:

Definiciones:

- Frecuencia (f): número de ciclos completos recorridos por una radiación en un segundo. Se expresa en (ciclos/s) o (Hz).
- Periodo (T): es el tiempo que tarda una radiación en recorrer un ciclo. Se expresa en segundos (s), y resulta ser la inversa de la frecuencia: $T=f^{-1}$.
- Longitud de onda (λ): es la distancia entre dos ondas consecutivas. Su unidad más frecuente en aplicaciones lumínicas es el nanómetro (nm). Donde $1 \text{ nm} = 10^{-9}\text{m}$. Hay que saber que la longitud de onda no es una característica invariable, sino que depende de la naturaleza del medio de propagación (c).

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [3.1]$$

A pesar de lo indicado anteriormente, y teniendo en cuenta que las variaciones en la velocidad de propagación son relativamente pequeñas, la clasificación más usual de las radiaciones electromagnéticas es la que se basa en las longitudes de onda.

El espectro electromagnético

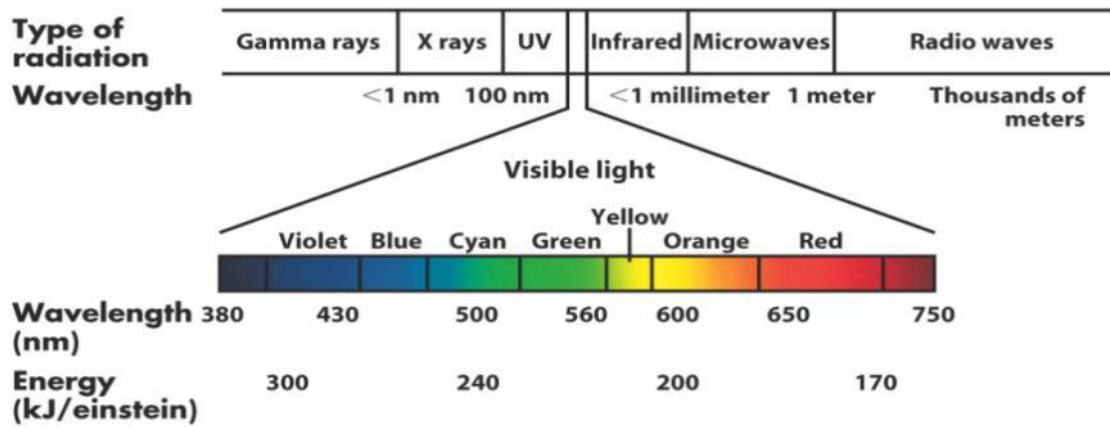


Figura 3.3 el espectro electromagnético

Propiedades ópticas de los cuerpos:

Cuando una radiación luminosa incide en un cuerpo real se provocan tres fenómenos esenciales:

Reflexión: se produce cuando al incidir una onda sobre una superficie se produce un rebote total o parcial de la onda incidente

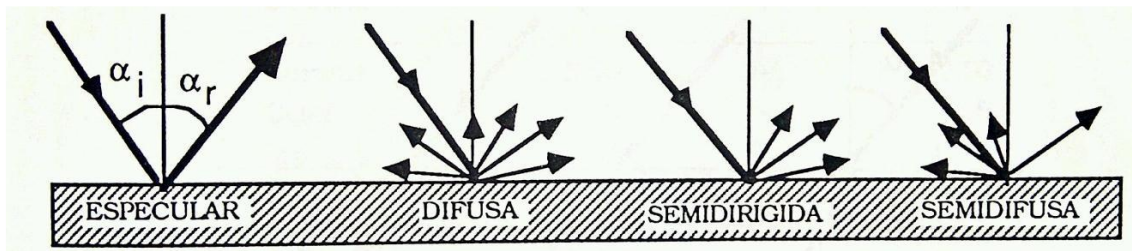


Figura 3.4. Tipos de reflexión

Transmisión: es la propagación de las radiaciones a través de los cuerpos transparentes o traslúcidos. Si durante esta transmisión hay una diferencia en la densidad del medio se produce la refracción.

Absorción: es la energía radiante absorbida por el cuerpo, aumentando así su energía interna.

Magnitudes y unidades luminosas:

- Flujo luminoso (ϕ): es el flujo radiante emitido dentro del espectro visible. Su unidad de medida es el lumen (lm).
- Iluminancia (E): es la relación entre el flujo luminoso (lm) que recibe la superficie y su área (m^2). Su unidad es el lux (lx), y la fórmula que la expresa:

$$E = \frac{\phi}{S} \quad [3.2]$$

Se observa en la fórmula que cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será su iluminancia, y que, para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminancia será tanto mayor en la medida en que se disminuya la superficie.

Para la medida del nivel de iluminación se utiliza un luxómetro, que consiste en una célula fotoeléctrica, que al incidir la luz sobre su superficie, genera una débil corriente eléctrica que aumenta en función de la luz incidente.

- Eficacia luminosa (η): es la relación entre el flujo luminoso emitido por una fuente y el flujo energético aportado a la misma. Su unidad es el lumen por vatio (lm/w). El valor máximo, si se transformara toda la energía en radiación monocromática de 550 nm., sería de 683 lm/w.
- Intensidad luminosa o nivel de iluminación (I): es el cociente del flujo luminoso emitido en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa dirección. Su unidad es la candela (cd), y la fórmula que la expresa:

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad [3.3]$$

- Luminancia (L): es el efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria que genera luz, como si procede de una fuente secundaria que la refleja. La unidad de medida de la luminancia es la candela por metro cuadrado (cd/m^2).

Curvas fotocromáticas:

Sólido fotométrico: Es la representación gráfica de las medidas de intensidades luminosas según las direcciones que parten del centro óptico de la luminaria.

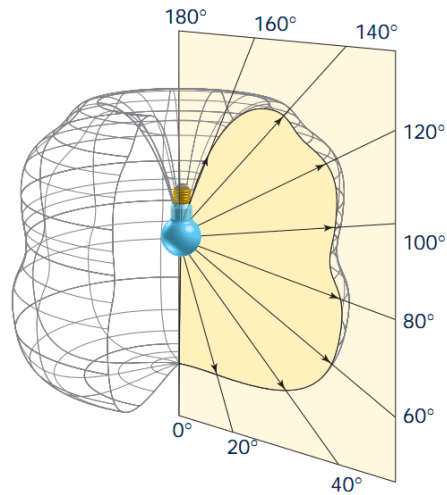


Figura 3.5 Curva fotométrica

Curva fotométrica o curva de distribución luminosa: lo obtenemos si hacemos pasar un plano por el eje de simetría de la fuente luminosa. Suelen darse referidas a un flujo luminoso emitido de 1.000 lm y como el caso general es que la fuente de luz emita un flujo superior.

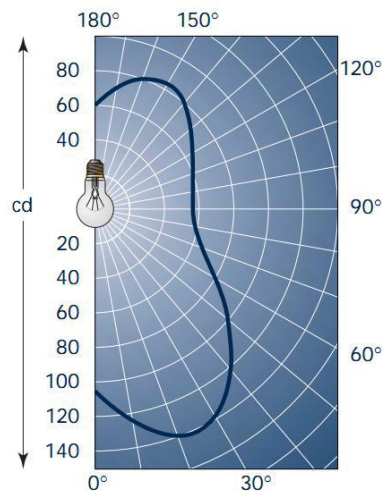


Figura 3.6 Curva fotométrica

Curvas Isolux: son líneas que sobre una superficie unen puntos de igual iluminación.

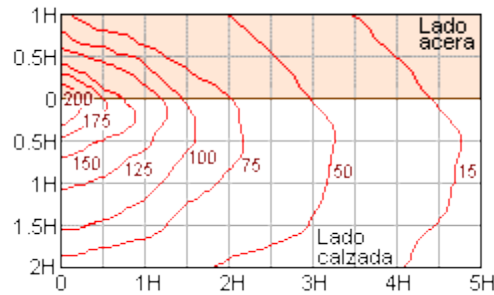


Figura 3.7 Curva Isolux

Tipos de lámparas:

Lámparas incandescentes:

La lámpara incandescente produce luz mediante el calentamiento eléctrico de un alambre, el filamento, hasta una temperatura tan alta que la radiación emitida cae en la región visible del espectro. La producción de luz mediante la incandescencia tiene una ventaja adicional, y es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra manera, su espectro de emisiones es continuo. De esta manera se garantiza una buena reproducción de los colores de los objetos iluminados. Las partes principales de una lámpara incandescente son:

- El filamento: es un elemento conductor de resistencia media. En la actualidad se usa wolframio que cuenta con una temperatura de fusión de unos 3.683 K. La vida del filamento viene condicionada por el fenómeno de evaporación. Que consiste en la emisión de partículas debido a la temperatura, adelgazándose el filamento progresivamente y llegando a su rotura. La temperatura suele estar comprendida entre los 2.400 K en lámparas al vacío, y los 2.900 K en lámparas con gas.
- La ampolla: su misión es la de aislar el filamento del medio ambiente. Suele ser de vidrio soplado aunque en ocasiones puede usarse cristal de cuarzo.
- El casquillo: conecta la lámpara a la red y fija la lámpara al portalámparas correspondiente.
- El gas que llena la ampolla: Según el tipo de gas que contienen en el interior podemos distinguir las lámparas que son halógenas de las que no.

Tanto la duración de una lámpara como su eficacia (los lúmenes emitidos por vatio consumido) están determinadas por la temperatura del filamento. Para una lámpara determinada a mayor temperatura mayor eficacia y menor duración. Aun así, el rendimiento luminoso tiene un valor muy bajo, transformándose la mayor parte de energía eléctrica consumida en calor. Aproximadamente un 10% de la energía consumida se transforma en luz, mientras que el 90% restante se transforma en calor: un 72% radiación, 12% convección en el gas de relleno y un 6% conducción en casquillo y ampolla.

Las principales cualidades de este grupo de lámparas son:

1. Sencillez constructiva, por lo que tienen un coste de adquisición bajo
2. Acople directo a la red sin necesidad de ningún tipo de equipo auxiliar
3. Excelente reproducción cromática.

Lámparas de descarga:

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

Funcionamiento:

La luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado. En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Cuando uno de ellos choca con los electrones de las capas externas de los átomos les transmite energía y pueden suceder dos cosas.

La primera posibilidad es que la energía transmitida en el choque sea lo suficientemente elevada para poder arrancar al electrón de su orbital. Este, puede a su vez, chocar con los electrones de otros átomos repitiendo el proceso. Si este proceso no se limita, se puede provocar la destrucción de la lámpara por un exceso de corriente.

La otra posibilidad es que el electrón no reciba suficiente energía para ser arrancado. En este caso, el electrón pasa a ocupar otro orbital de mayor energía. Este nuevo estado acostumbra a ser inestable y rápidamente se vuelve a la situación inicial. Al hacerlo, el electrón libera la energía extra en forma de radiación electromagnética, principalmente ultravioleta (UV) o visible. Un electrón no puede tener un estado energético cualquiera, sino que sólo puede ocupar unos pocos estados que vienen determinados por la estructura atómica del átomo. Como la longitud de onda de la radiación emitida es proporcional a la diferencia de energía entre los estados iniciales y final del electrón y los estados posibles no son infinitos.

La consecuencia de esto es que la luz emitida por la lámpara no es blanca. Por lo tanto, la capacidad de reproducir los colores de estas fuentes de luz es peor que en el caso de las lámparas incandescentes que tienen un espectro continuo. Es posible, recubriendo el tubo con sustancias fluorescentes, mejorar la reproducción de los colores y aumentar la eficacia de las lámparas convirtiendo las nocivas emisiones ultravioletas en luz visible.

Eficiencia:

Al establecer la eficacia de este tipo de lámparas hay que diferenciar entre la eficacia de la fuente de luz y la de los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento que depende del fabricante. En las lámparas, las pérdidas se centran en dos aspectos: las pérdidas por calor y las pérdidas por radiaciones no visibles (ultravioleta e infrarrojo). El porcentaje de cada tipo dependerá de la clase de lámpara con que trabajemos.

La eficacia de las lámparas de descarga oscila entre los 19-28 lm/W de las lámparas de luz de mezcla y los 100-183 lm/W de las de sodio a baja presión.

Características cromáticas:

Debido a la forma discontinua del espectro de estas lámparas, la luz emitida es una mezcla de unas pocas radiaciones monocromáticas de la zona ultravioleta (UV) y del espectro visible. Esto hace que la reproducción del color no sea muy buena y su rendimiento en color tampoco.

Para solucionar este problema podemos tratar de completar el espectro con radiaciones de longitudes de onda distintas a las de la lámpara. La primera opción es combinar en una misma lámpara dos fuentes de luz con espectros que se complementen como ocurre en las lámparas de luz de mezcla (incandescencia y descarga). También podemos aumentar la presión del gas. De esta manera se consigue aumentar la anchura de las líneas del espectro de manera que formen bandas anchas y más próximas entre sí. Otra solución es añadir sustancias sólidas al gas, que al vaporizarse emitan radiaciones monocromáticas complementarias. Por último, podemos recubrir la pared interna del tubo con sustancias fluorescentes que conviertan los rayos ultravioletas en radiaciones visibles.

Lámparas fluorescentes:

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios.

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara.

La vida útil está entre 5000 y 7000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red, este hecho se incrementa con el número de encendidos. Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora.

El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas. Para las lámparas destinadas a usos habituales que no requieran de gran precisión su valor está entre 80 y 90.

Las lámparas fluorescentes utilizan el balasto para limitar la corriente que atraviesa el tubo; pero para el encendido hay varias posibilidades: arranque con cebador, o sin él. En el primer caso, el cebador se utiliza para calentar los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque. En el segundo caso tenemos las lámparas de arranque rápido en las que se calientan continuamente los electrodos y las de arranque instantáneo en que la ignición se consigue aplicando una tensión elevada. Las lámparas compactas más modernas llevan incorporado el balasto y el cebador.

Vapor de mercurio alta presión:

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio se producen más emisiones en la zona visible del espectro. En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

Los modelo más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los

electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.

Lámparas de vapor de sodio baja presión:

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática. Tienen una eficacia muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrecen es que permiten una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes.

Por contra, su monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos. La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior. En estas lámparas el tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara. El tubo está encerrado en una ampolla en la que se ha practicado el vacío con objeto de aumentar el aislamiento térmico. El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz.

Lámparas de vapor de sodio de alta presión:

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja. Esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

Lámparas LED:

Son lámparas de estado sólido de diodos emisores de luz. Debido a que la luz capaz de emitir un LED no es muy intensa, estas las lámparas están compuestas por agrupaciones de LED, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada. Hay varias tecnologías de fabricación, como, diodos convencionales LED, OLED (organic light-emitting diodes), PLED (polymer LEDs), etc.

Los LED emiten luz en una banda de longitudes de onda muy estrecha (fuertemente coloreada). El color es característico de la banda prohibida de energía de un material semiconductor usado para fabricar el LED. Hay dos métodos para emitir luz blanca: combinar LED de luz roja, verde y azul, o bien usar alguna sustancia fosforescente.

El primer método se denomina LED RGB, usan diferentes LED cada uno emitiendo una longitud de onda diferente. La ventaja de este método es que la intensidad de cada LED puede ser ajustada para afinar las propiedades de la luz emitida. La mayor desventaja es su alto costo de producción.

El segundo método, pLEDs, usa un LED de corta longitud de onda (normalmente azul o ultravioleta) en combinación con una sustancia fosforescente, la cual absorbe una porción de la luz azul y emite un espectro más amplio de luz blanca (parecido a una fluorescente).

La mayor ventaja aquí es el costo de producción bajo, alto Ra, pero es incapacidad de variar dinámicamente el carácter de la luz. A su vez la conversión de fosforescencia reduce la eficiencia del dispositivo. El bajo costo y el desempeño adecuado lo hace la tecnología más utilizada para la iluminación general hoy en día.

Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de LED deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje CA estándar. Los LED se dañan a altas temperaturas por lo que suelen disponer de disipadores.

Algunas diferencias de los LEDs frente a las lámparas fluorescentes son: no contienen mercurio, su vida útil no se ve afectada por los apagados y encendidos, son más robustas a vibraciones e impactos. También hay que destacar que gracias al pequeño tamaño de las lámparas LED y sus posibilidades de control (sin pérdida de eficiencia), es posible hacer su disposición espacial de manera totalmente flexible.

Las lámparas LED son tan eficientes como las fluorescentes, pero su mayor ventaja es su duración, alrededor de 25000 h a 30000h frente a las 8000 h de las fluorescentes. Además presentan una baja disminución de la intensidad lumínica durante su vida.

La larga vida de estas lámparas supone un problema para los fabricantes, cuyos clientes actualmente compran repuestos frecuentemente. Están disponibles LED de diferentes colores. A parte de LED de luz blanca pueden resultar interesantes LED monocromáticos, como los que se usan en los semáforos o en los adornos de navidad. Entre los mercados de las lámparas LEDs se encuentran la jardinería y la agricultura.

Esta tecnología es utilizada por la NASA para cultivar plantas en el espacio. Las longitudes de onda de la luz emitida por las lámparas LED han sido adaptadas para suministrar la luz en el rango espectral necesaria para la absorción de la clorofila en las plantas, y así promover el crecimiento y reducir la emisión en otras longitudes de onda que las plantas no necesitan. Se suelen usar los espectros de luz roja y azul para estos propósitos. Estas luces son atractivas para los cultivadores de interior ya que utilizan menos energía que otros tipos de la misma intensidad de la luz, no necesitan balastos, y emiten mucho menos calor. La reducción de calor permite que el tiempo entre ciclos de riego se extienda porque las plantas transpiran menos.

El proceso de producción LED es complejo y aún estamos en las primeras generaciones de lámparas LED. Por tanto, hay muchos aspectos donde se puede seguir mejorando, principalmente en la buena reproducción de colores a bajo coste, y en la mejora de las características térmicas, por lo que las previsiones demuestran una bajada de precio.

Iluminación: Desarrollo:

Lo primero que debemos conocer es dónde vamos a aplicar el estudio. Debemos conocer el edificio, su posición geográfica y su orientación, así como identificar las diferentes actividades que se van a desarrollar en sus locales. Es importante conocer los horarios, los periodos de ausencia, la edad de los usuarios, etc. Con ello podremos elegir las luminarias más adecuadas. A continuación se realiza la simulación por ordenador o cálculos manuales en su defecto, para comprobar que los niveles de iluminación superan la normativa establecida para cada caso. Para terminar hay que realizar un análisis económico que nos indique la viabilidad de la instalación.

A continuación se va a describir el proceso que hemos seguido para afrontar el estudio de un sistema de iluminación:

Para realizar el cálculo luminotécnico, se utilizó el programa Dialux, mientras que para la elección de las lámparas y luminarias se utilizó el complemento brindado por el fabricante Philips. En el mismo se detallan la totalidad de las características necesarias para la simulación, como el flujo luminoso, la potencia consumida, etc.

De acuerdo a las normas IRAM, detalladas en la siguiente figura:

Tipo de edificio, local y tarea visual	Valor mínimo de servicio de iluminación (lux)
VIVIENDA	
Baño:	
Iluminación general	100
Iluminación localizada sobre espejos	200 (sobre plano vertical)
Dormitorio:	
Iluminación general.	200
Iluminación localizada: cama, espejo	200
Cocina:	
Iluminación sobre la zona de trabajo: cocina, pileta, mesada..	200

Figura 3.8 Intensidad mínima de iluminación. IRAM-AADL J 20-06

Consideramos para las habitaciones de uso general una iluminación media de 100 lux. Cabe aclarar, que hay ciertas excepciones dentro de la casa, las cuales son: las habitaciones y la cocina, las cuales deben tener ambas 200 lux de iluminancia media.^{xvii}

- Para los ambientes, tomamos como coeficientes de reflectividad:
 - 70% para los techos: Considerando al mismo de color claro
 - 50% para las paredes: Considerando material claro
 - 30% para los pisos: Considerando al mismo de color claro

Los cuales corresponden a valores promedio.

- Se tomó como plano de trabajo, 70 centímetros sobre el nivel del piso. Sobre este plano, es el que se calculará el nivel de iluminación.
- En base al marco teórico, se decidió utilizar led, ya que como vimos, son convenientes tanto desde el punto de vista energético, ambiental y económico.

- Se utilizó un factor de mantenimiento de 0,8, el cual corresponde a un ambiente limpio.

Desarrollo:

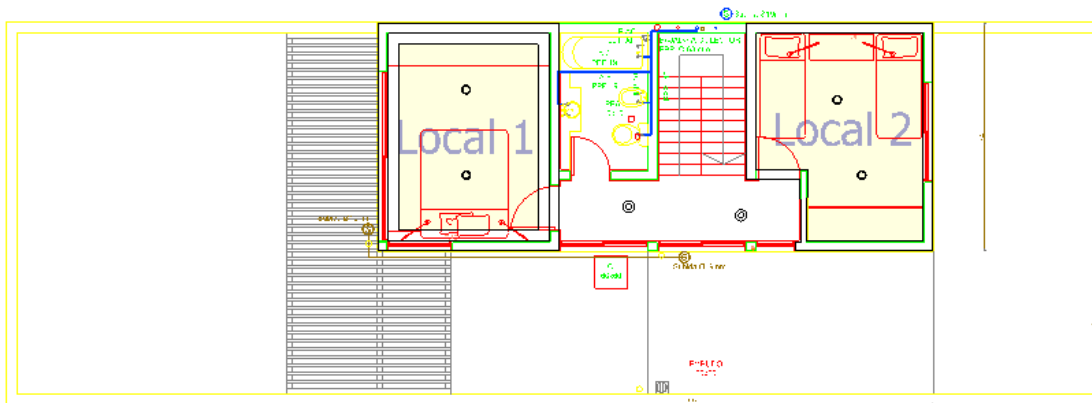


Figura 3.9. Planta Superior

Planta Superior, Habitación Matrimonial

En esta habitación, se tomó como norma, cumplir con los 200 lux de iluminancia media, para lo cual, se decidió utilizar el modelo DN460B IP44 1xLED11S/830 C PGO, que presenta la siguiente curva Isolux:

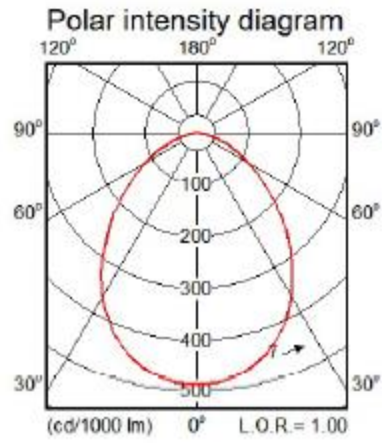


Figura 3.10. Curva isolux DN460B IP44 1xLED11S/830 C PGO

Datos:

- Potencia: 14W
- Flujo Luminoso: 1050 lm

Para cumplir con los requerimientos, se procedió a colocación de dos módulos, de la forma que se detalla en el siguiente plano:

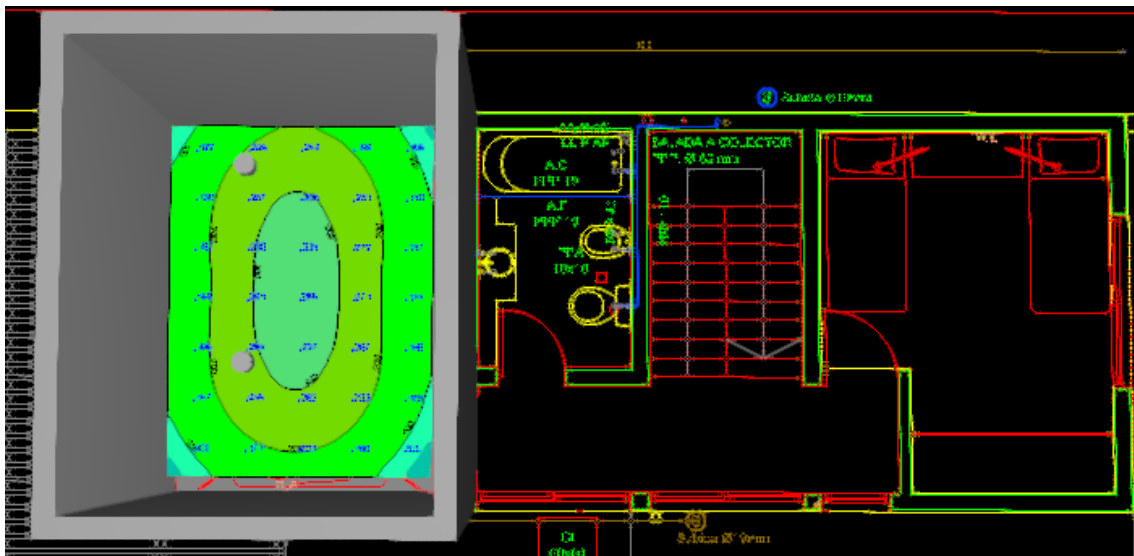


Figura 3.11. Habitación-Ubicación

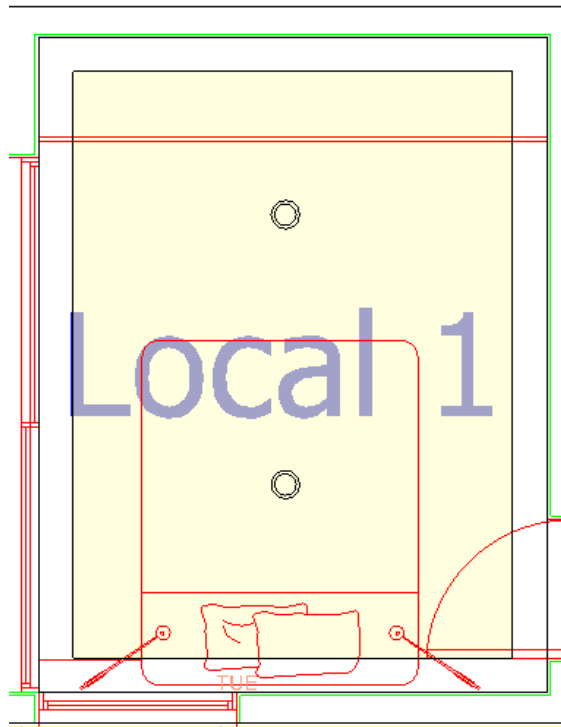


Figura 3.12. Habitación, plano explotado

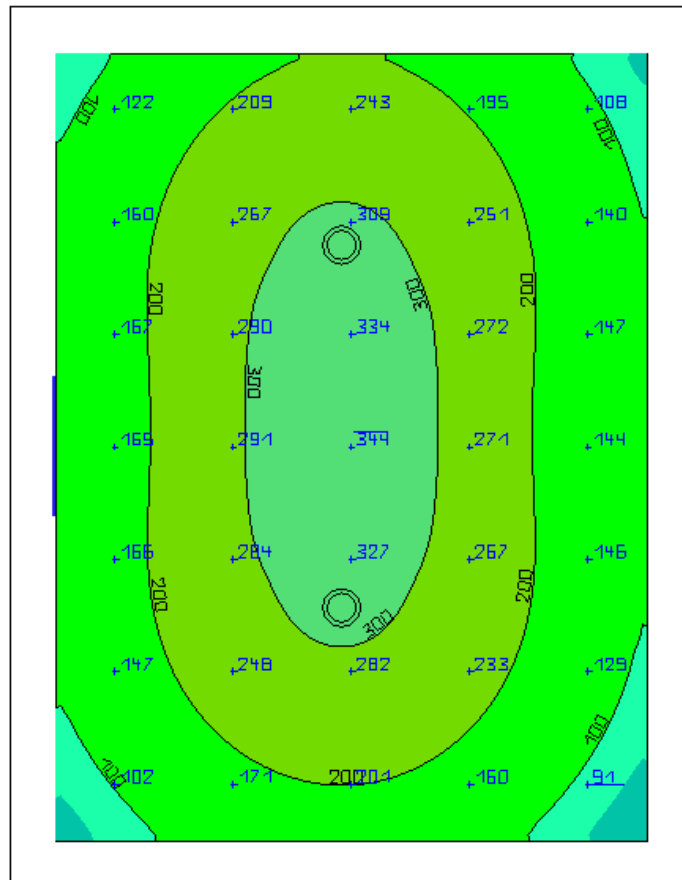


Figura 3.13. Habitación-Resultado

Y realizando un promedio de los valores obtenidos, separando en nueve puntos:

Tabla 3.1 9 puntos promedio para cálculo de uniformidad en habitación

189,5	275,5	173,5
228,25	339	208,5
211,25	304,5	193,75

- Emedia: 200 lux
- Emin=173,5 lux

Como Emin es mayor que Emedia/2 se dice que hay uniformidad

Planta Superior, Habitación 2

Como en el caso anterior, se considerará como requerimiento una iluminancia media de 200 lux. Por lo que se volvieron a elegir el modelo DN460B IP44 1xLED11S/830 C PGO, que presenta la siguiente curva Isolux:

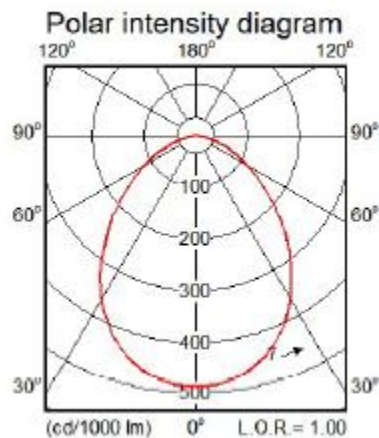


Figura 3.16. Curva isolux DN460B IP44 1xLED11S/830 C PGO

Datos:

- Potencia: 14W
- Flujo Luminoso: 1050 lm

Ubicación

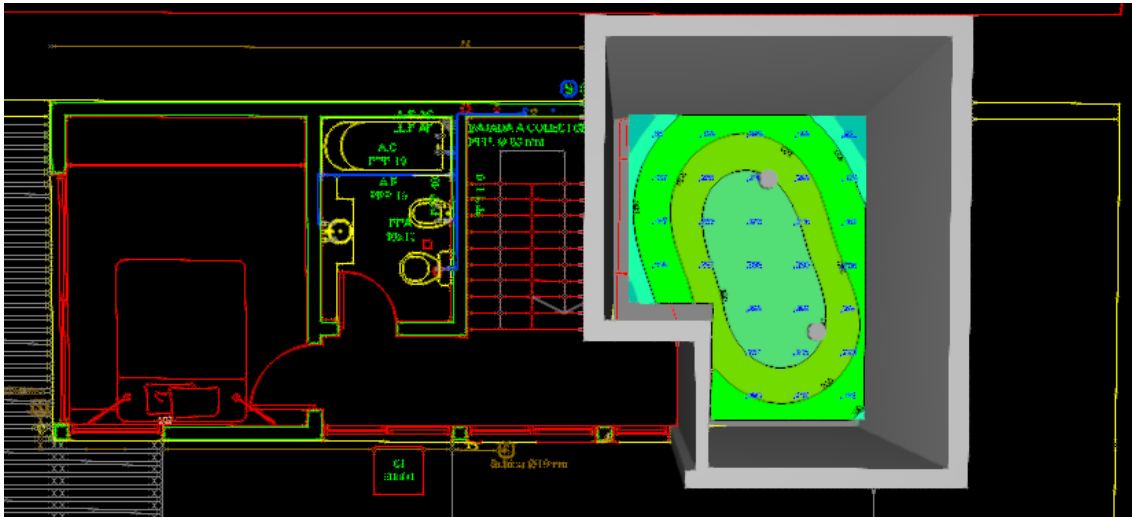


Figura 3.17. Habitación Superior 2

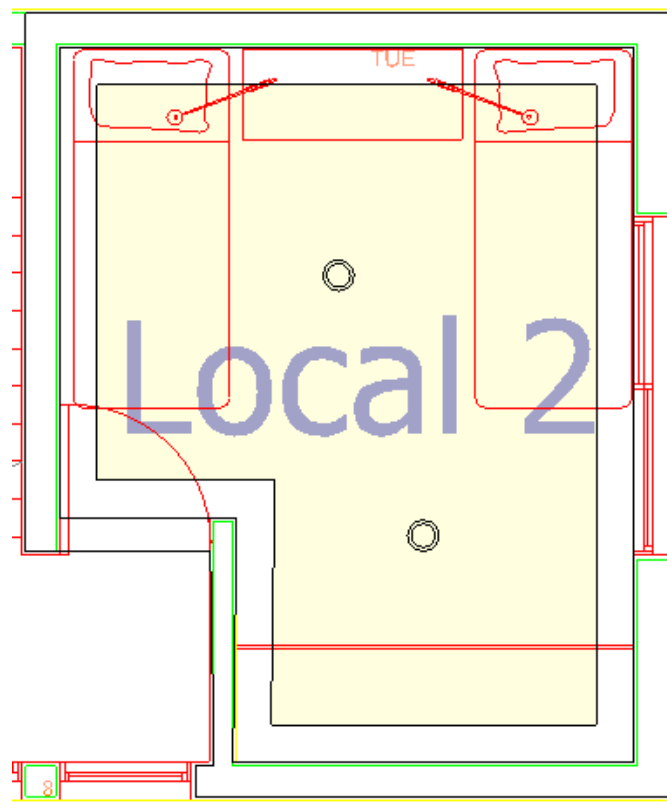


Figura 3.18. Habitación 2, plano explotado

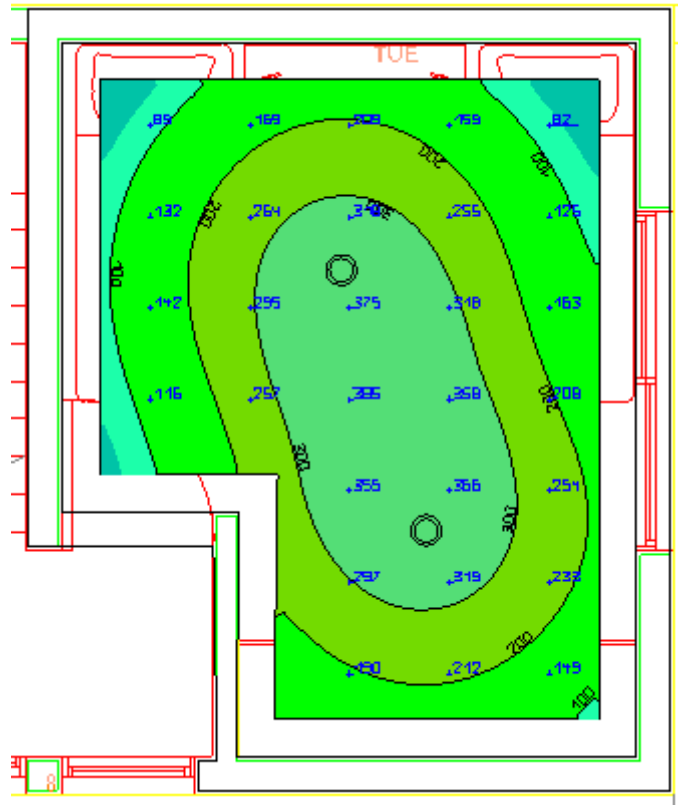


Figura 3.19. Habitación 2-Resultados

Y realizando un promedio de los valores obtenidos, separando en nueve puntos:

Tabla 3.2 9 puntos promedio para cálculo de uniformidad en habitación

162,5	274,5	155,25
202,5	380	261,75
	238,5	228,25

- Emedia: 200 lux
- Emin=162,5

Como Emin es mayor que Emedia/2 se dice que hay uniformidad

Planta Superior. Pasillo

Para el pasillo, se necesita un nivel menor de iluminación, al considerarse como una superficie de paso. En el mismo se presenta como requerimiento un nivel de iluminancia de 100 lux. En este caso, se eligió el modelo DN560B 1xLED8S/830 C, que presenta la siguiente curva isolux:

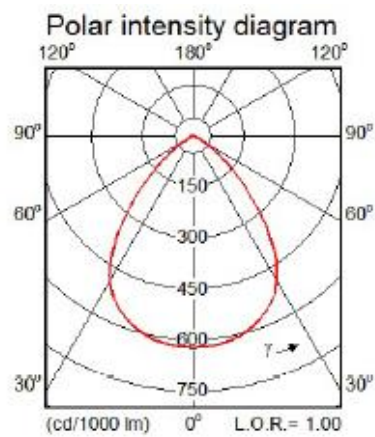


Figura 3.20. Curva isolux DN560B 1xLED8S/830 C

Datos:

- Potencia: 8W
- Flujo Luminoso: 820 lm

Ubicación:

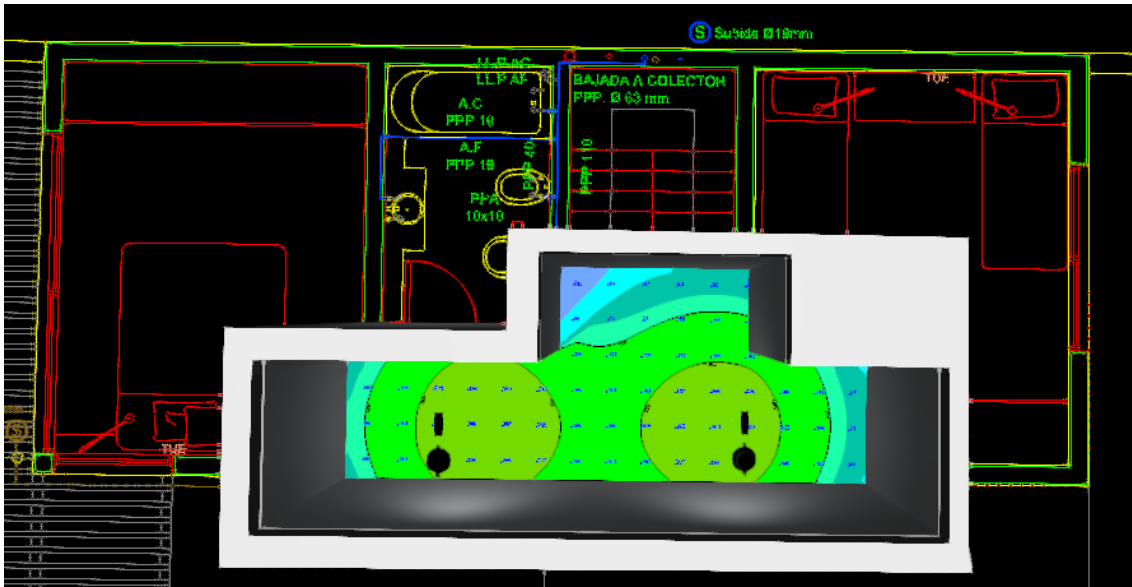


Figura 3.21. Pasillo superior

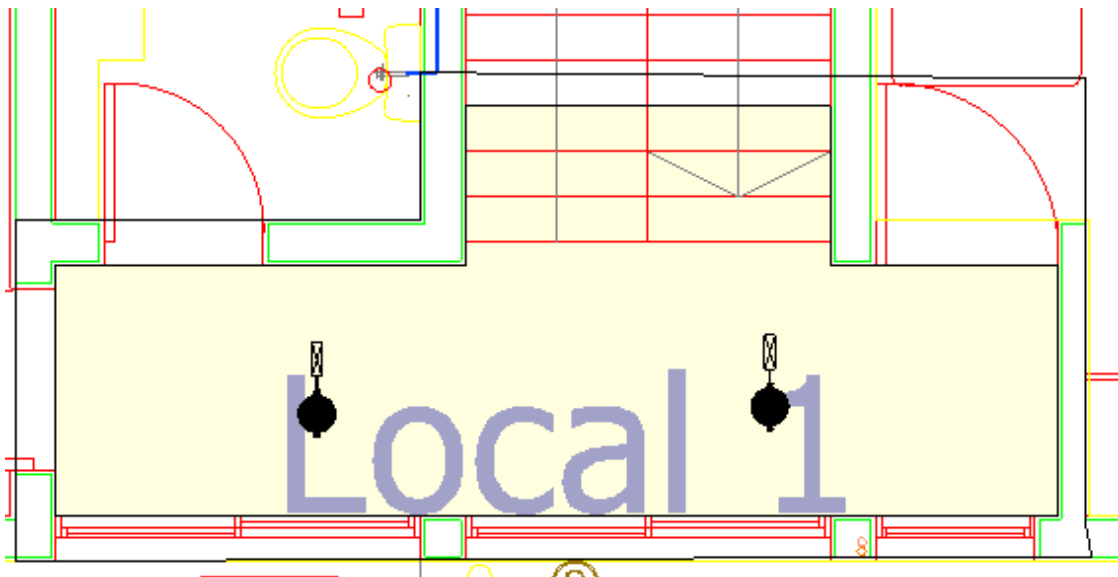


Figura 3.22. Pasillo superior- plano explotado:

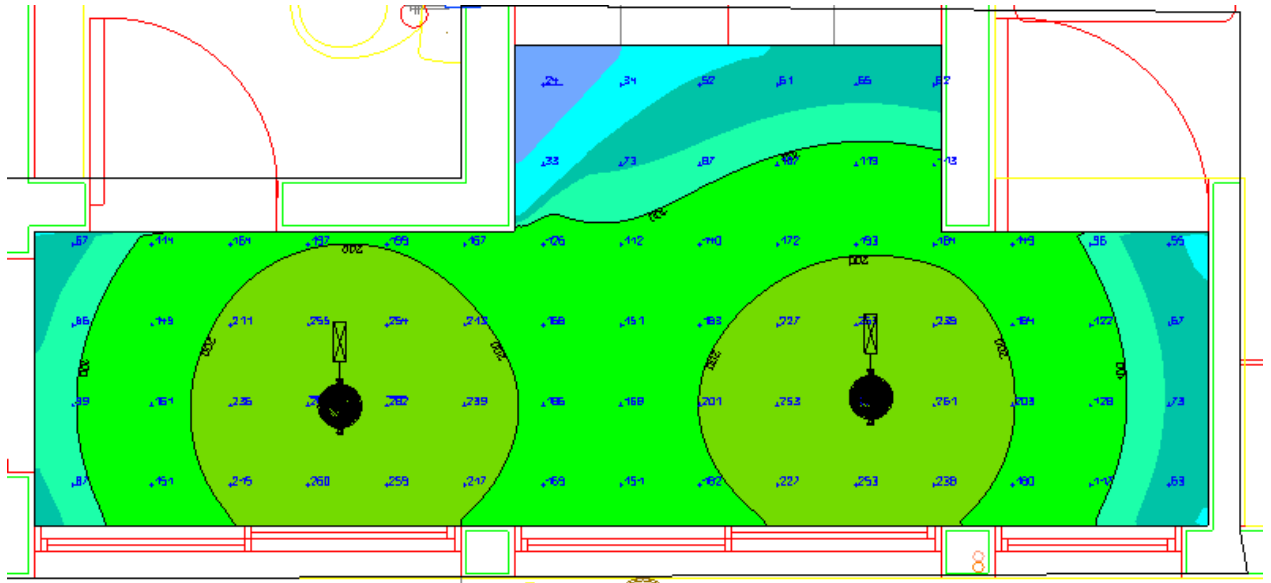


Figura 3.23. Pasillo superior-Resultados

Y realizando un promedio de los valores obtenidos, separando en ocho puntos:

Tabla 3.2 9 puntos promedio para cálculo de uniformidad en pasillo superior

214	147	213	112
255	176	252	127

- Emedia= 163 lux
- Emin= 112 lux

Como Emin es mayor que Emedia/2 se dice que hay uniformidad

Planta Superior-Baño

Para el baño, se necesita un nivel menor de iluminación, se presenta como requerimiento un nivel de iluminancia de 100 lux. Cabe destacar, como requerimiento especial, que se solicita un mayor nivel sobre los espejos, por lo tanto se decidió

colocarlo más cercano al espejo. En este caso, se eligió el modelo DN560B 1xLED8S/830 C, que presenta la siguiente curva isolux:

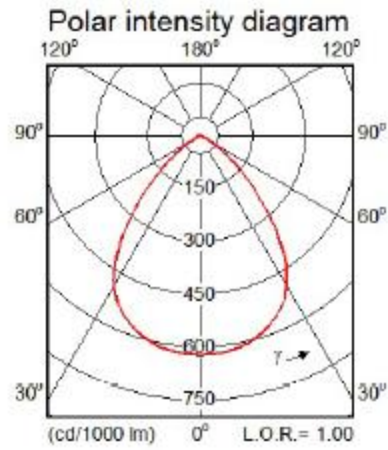


Figura 3.24. Curva isolux DN560B 1xLED8S/830 C

Datos:

- Potencia: 8W
- Flujo Luminoso: 820 lm

Ubicación:

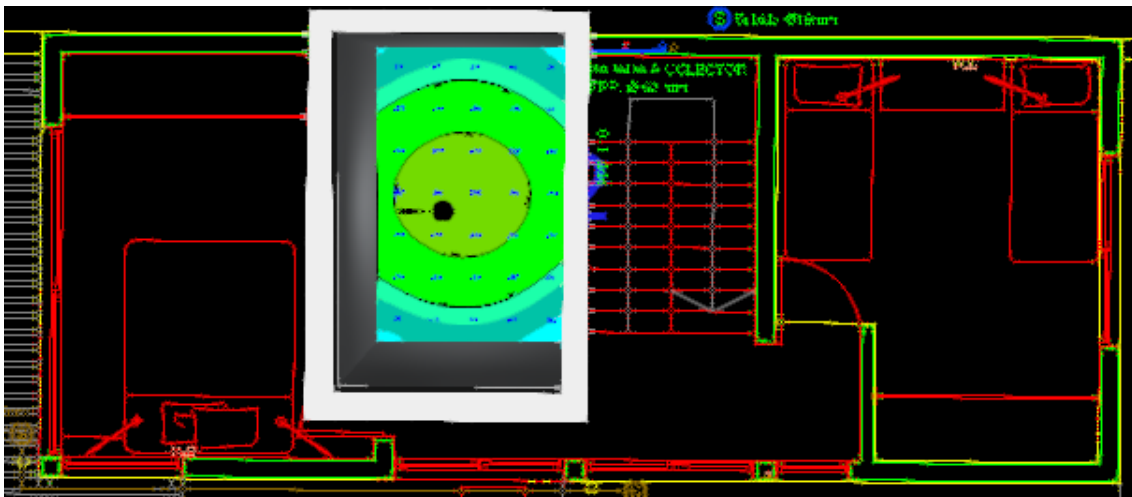


Figura 3.25. Baños Superior

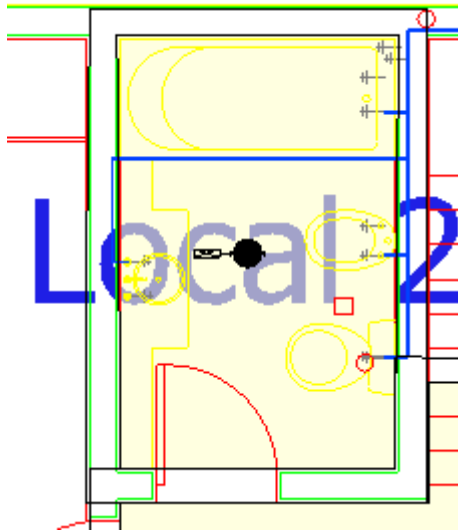


Figura 3.26. Baño superior-Plano Explotado

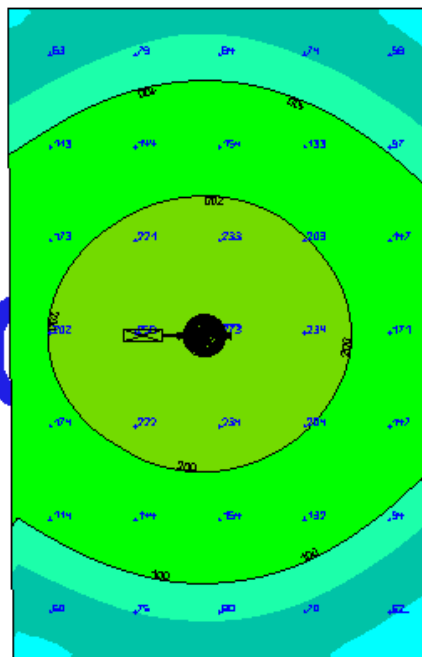


Figura 3.27. Baño superior-Resultados

Y realizando un promedio de los valores obtenidos, separando en nueve puntos:

Tabla 3.3 9 puntos promedio para cálculo de uniformidad en baños superiores

100	119	89
207	247	262
98	117	91

- $E_{media} = 145 \text{ lux}$
- $E_{min} = 89 \text{ lux}$

Como E_{min} es mayor que $E_{media}/2$ se dice que hay uniformidad

Planta Baja:

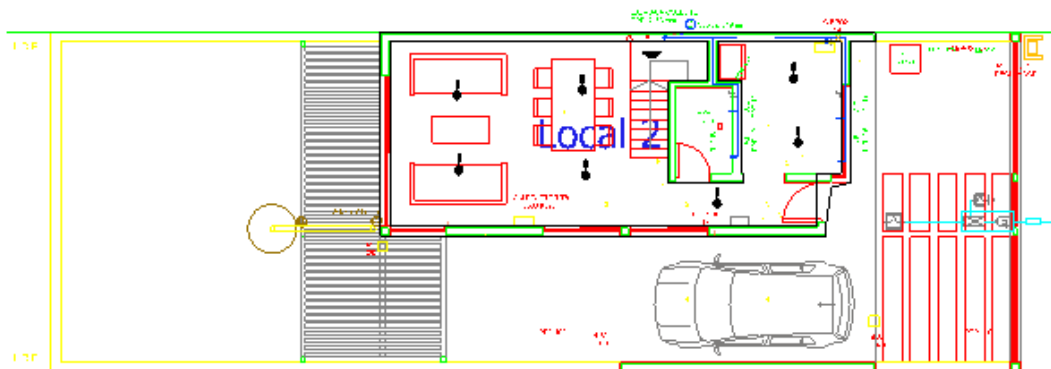


Figura 3.28. Planta Baja

Comedor/Cocina-Planta Baja

Para este caso, se presenta como requerimiento un nivel de iluminancia de 100 lux. Cabe destacar, como requerimiento especial, que se solicita un mayor nivel sobre la cocina, por lo tanto, se decidió utilizar un mayor nivel lumínico sobre la superficie de trabajo de la cocina. En este caso, se eligió el modelo DN560B 1xLED8S/830 C, utilizando en total 7 módulos, que presenta la siguiente curva Isolux:

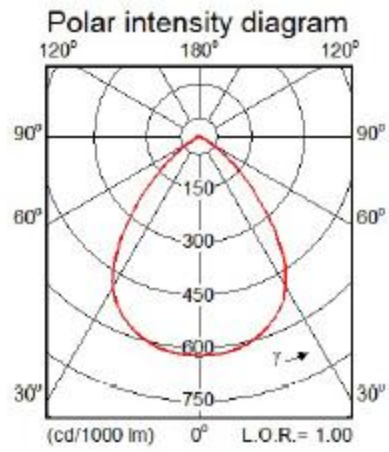


Figura 3.29. Curva isolux DN560B 1xLED8S/830 C

Datos:

- Potencia: 8W
- Flujo Luminoso: 820 lm

Ubicación:

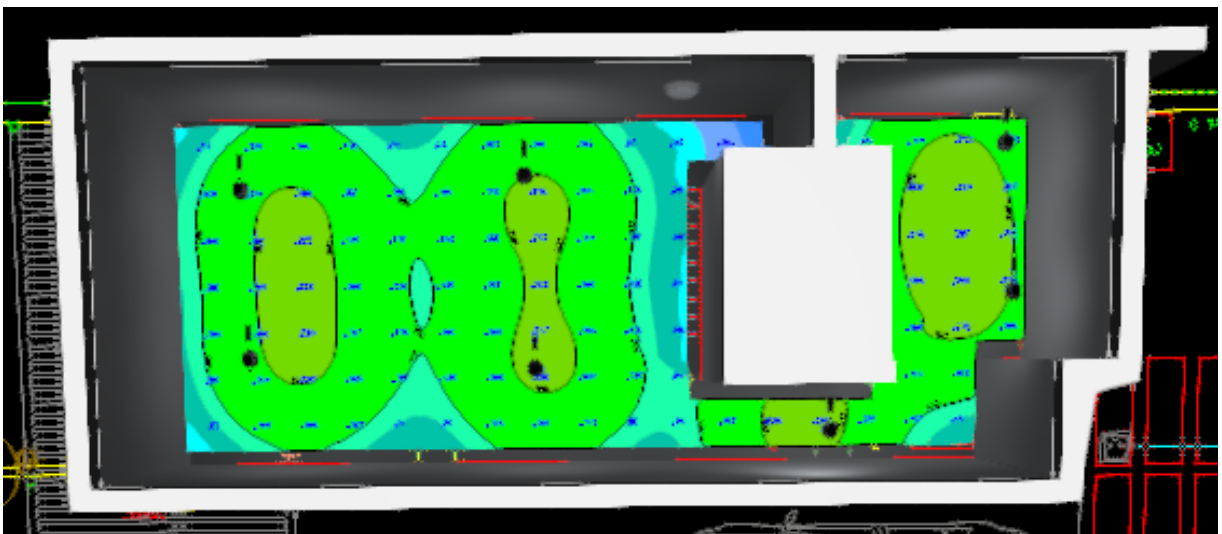


Figura 3.30. Cocina-Comedor

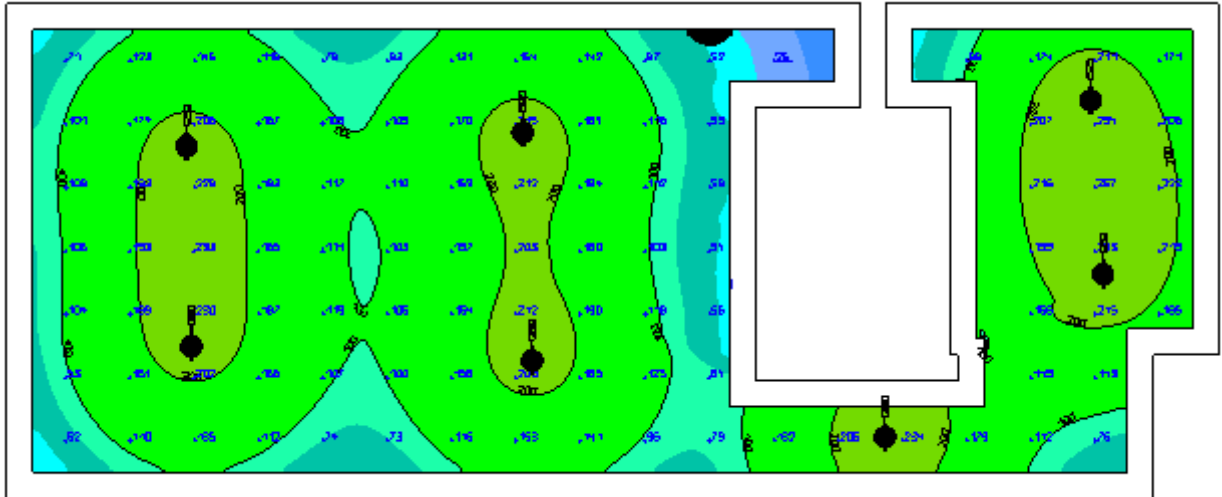


Figura 3.31. Cocina-Comedor. Resultados

Si bien a simple vista, podemos observar una zona un poco más oscura, con bajos niveles de iluminancia, estos corresponden a la escalera. En el mismo plano, no es apreciable la diferencia de altura debido a la escalera, por lo cual se decidió colocar una luz auxiliar, para iluminar la misma. Para esto se eligió el modelo WL120V EL3 LED12S/830 montado a 2 metros de altura. El mismo, presenta la siguiente curva isolux:

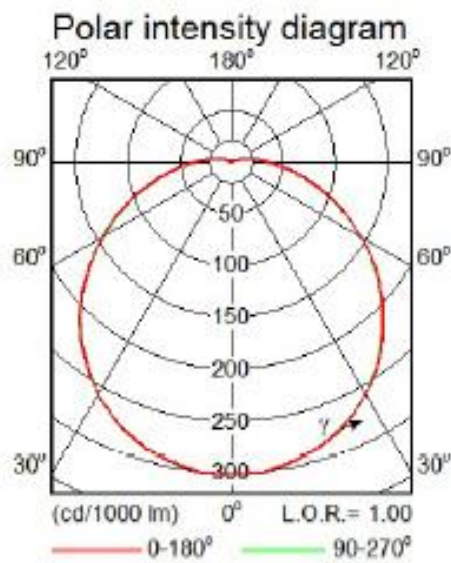


Figura 3.32. Curva isolux WL120V EL3 LED12S/830

Datos:

- Potencia: 4W
- Flujo Luminoso: 230 lúmenes

En el siguiente diagrama, se divide la sección cocina de la sección comedor, para una mejor visualización, aunque se utilizará la misma simulación para realizar los cálculos ya que ambos tienen los mismos requerimientos.

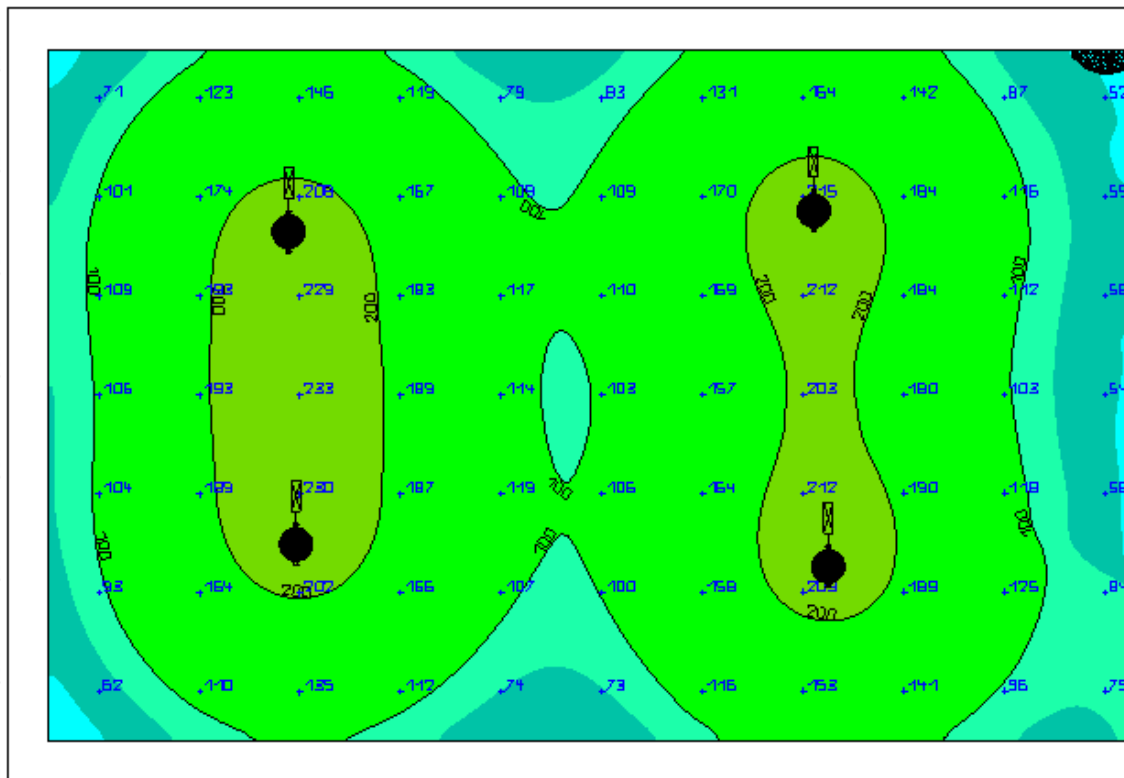


Figura 3.33. Comedor

Tabla 3.4 9 puntos promedio para cálculo de uniformidad en comedor

137	111	89	170	107
171	136	262	186	117
128	105	91	159	119

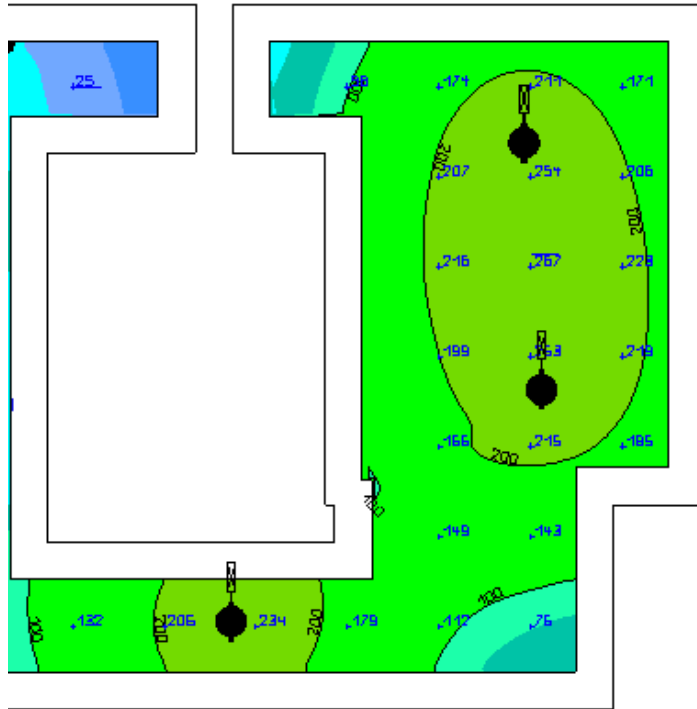


Figura 3.34. Cocina

Tabla 3.5 9 puntos promedio para cálculo de uniformidad en cocina

	164
	230
	208
188	121

- $E_{media} = 160 \text{ lux}$
- $E_{min} = 89 \text{ lux}$

Como E_{min} es mayor que $E_{media}/2$ se dice que hay uniformidad

Baño-Planta Baja

Para el baño, se repite el caso del baño superior, donde se presenta como requerimiento un nivel de iluminancia de 100 lux. Cabe destacar, como requerimiento

especial, que se solicita un mayor nivel sobre los espejos, por lo tanto, se decidió colocarlo más cercano al espejo. En este caso, se eligió el modelo DN560B 1xLED8S/830 C, que presenta la siguiente curva isolux:

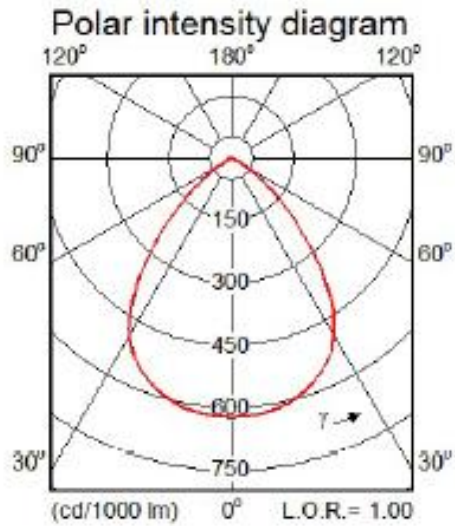


Figura 3.35. DN560B 1xLED8S/830 C

Datos:

- Potencia: 8W
- Flujo Luminoso: 820 lm

Ubicación

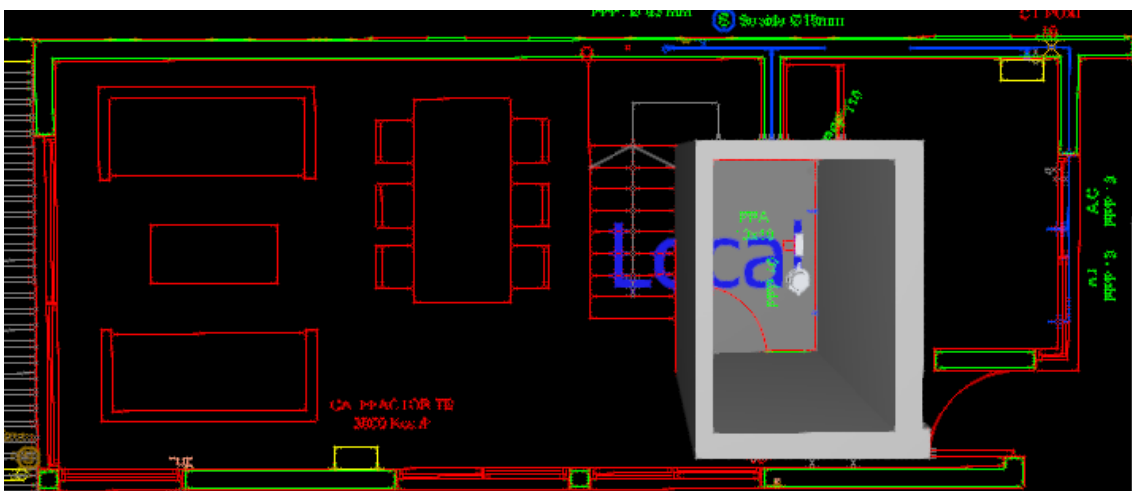


Figura 3.36. Baño-Planta Baja

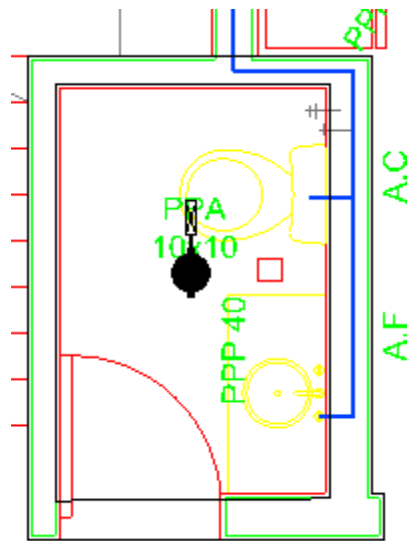


Figura 3.37. Baño-Planta Baja. Plano Explotado

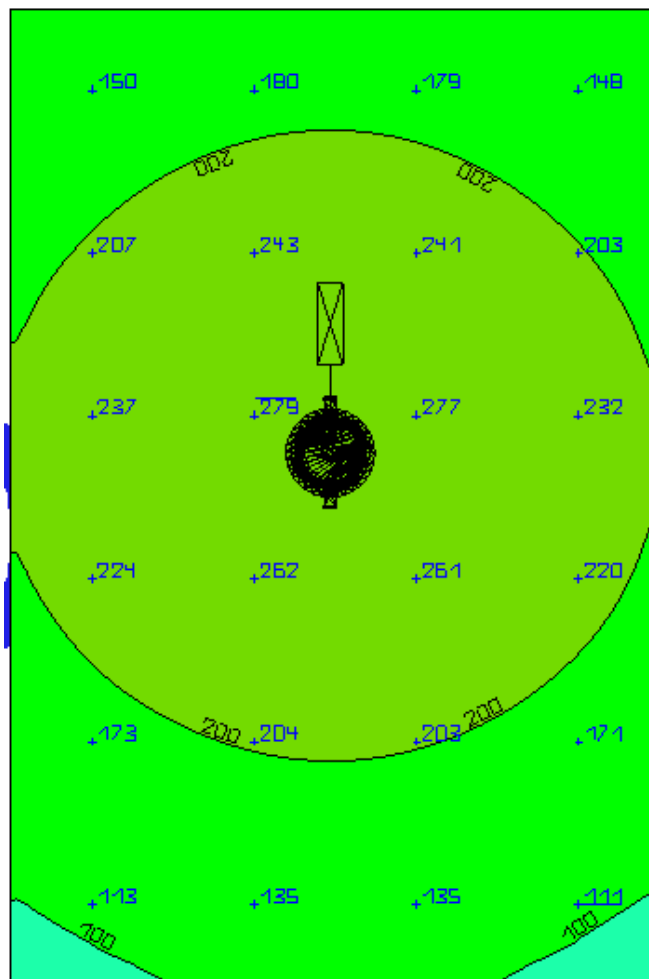


Figura 3.38. Baño-Planta Baja-Resultados

Y realizando un promedio de los valores obtenidos, separando en seis puntos:

Tabla 3.6 9 puntos promedio para cálculo de uniformidad en baño de planta baja

195	193
251	248
156	155

- Emedia= 197 lux
- Emin=156 lux

Como Emin es mayor que Emedia/2 se dice que hay uniformidad

Exterior-Patio-Garage

En este caso, se analizaron las zonas donde es necesario contar con una buena iluminación, haciendo hincapié en conseguir un nivel óptimo en el garaje, y las entradas. Para lo cual se colocaron 4 módulos, uno en el frente de la vivienda, uno en la parte trasera de la misma, y los otros dos sobre el costado del garaje. Los 4 se colocaron a una altura de dos metros. Se utilizó el modelo: BWS439 FG T15 GRN16-2S/830 A.

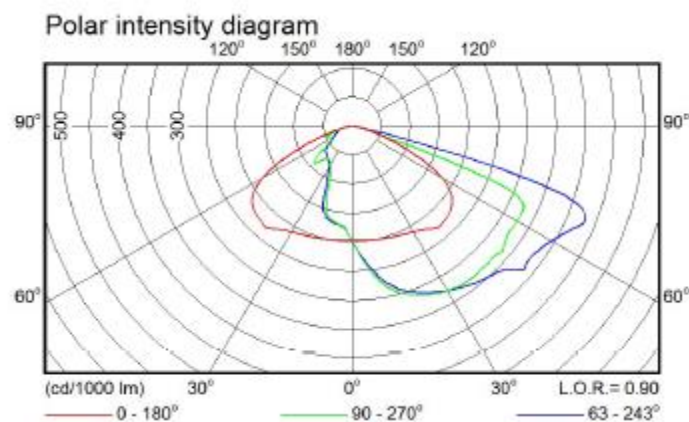


Figura 3.39. Curva isolux BWS439 FG T15 GRN16-2S/830 A

Datos:

- Potencia: 16W
- Flujo Luminoso: 1600 lúmenes

Ubicación

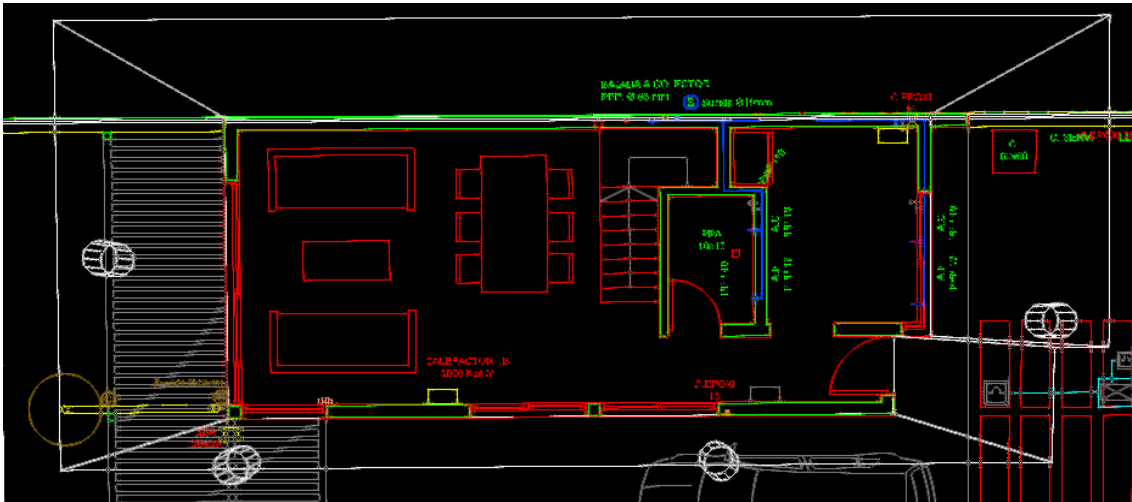


Figura 3.40. Luminarias exteriores

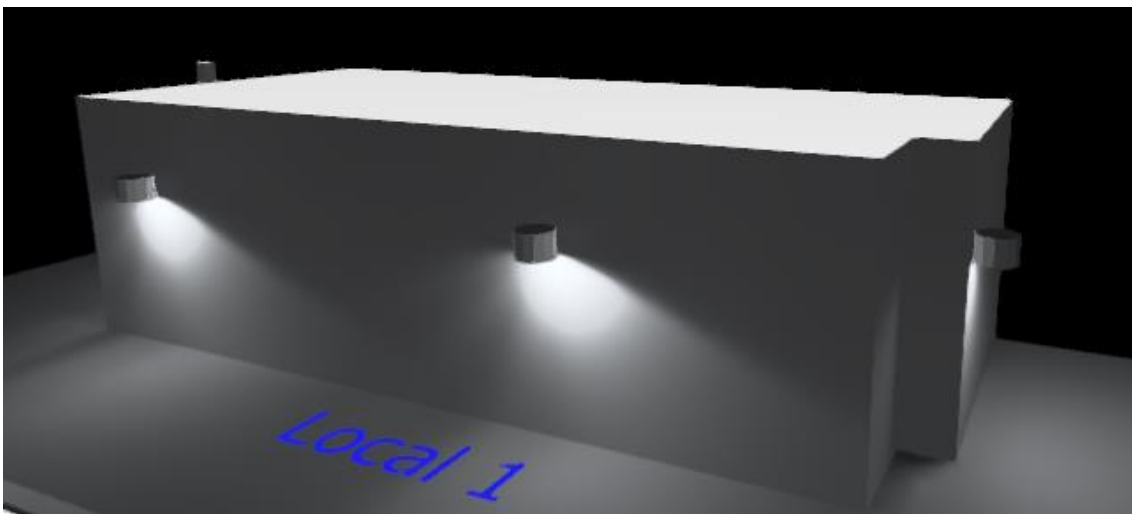


Figura 3.41. Esquema de ubicación de luminarias exteriores

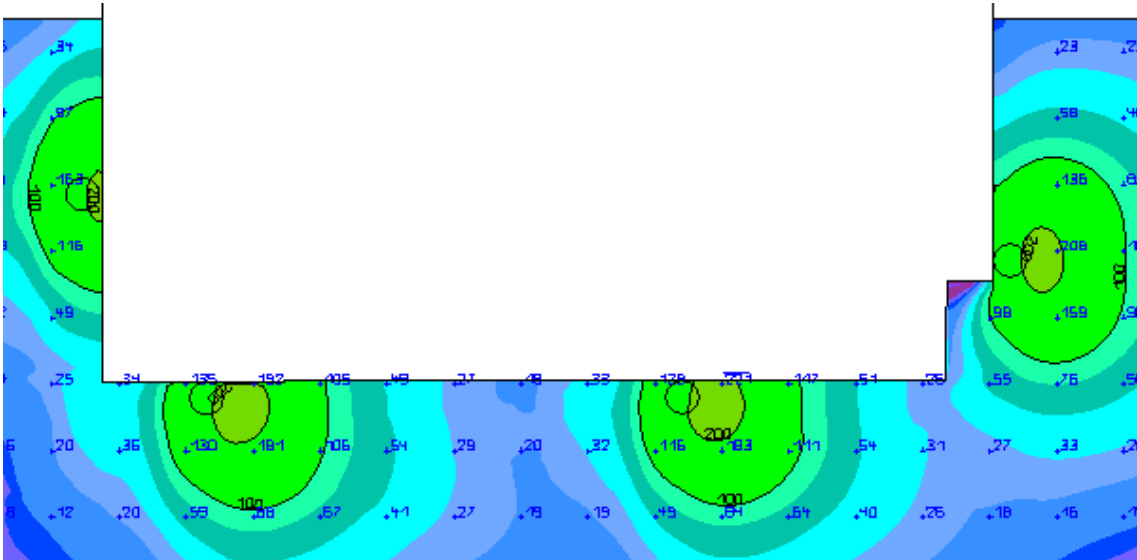
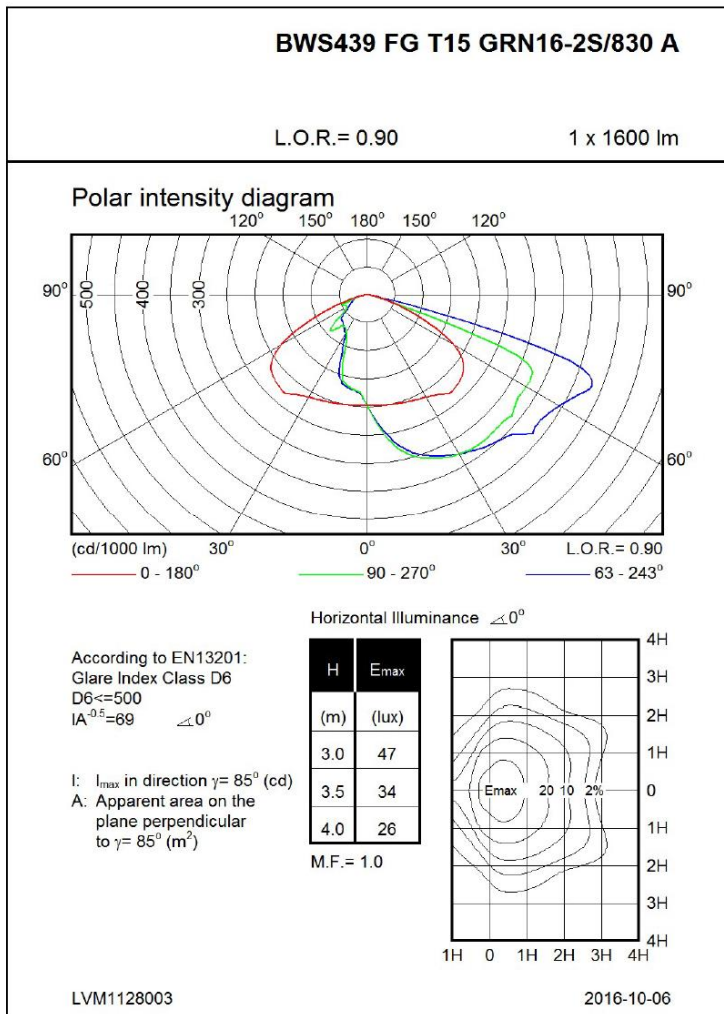


Figura 3.42. Luminarias exteriores-Resultados

Hojas de Datos Utilizadas:

CitySwan LED

Luminaire : BWS439 FG T15 GRN16-2S/830 A
 Total Lamp Flux : 1600 lm
 Light Output Ratio : 0.90
 Luminous Flux : 1440 lm
 Power : 16 W
 HxD : 0.25x0.37 m
 Ballast : -



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)
 All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of
 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

www.philips.com/lighting

data subject to change

CoreLine Wall-mounted

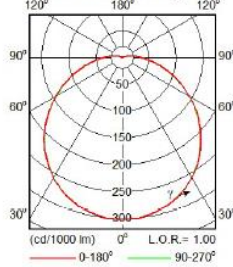
Luminaire : WL120V EL3 LED12S/830
 Total Lamp Flux : 230 lm
 Light Output Ratio : 1.00
 Luminous Flux : 230 lm
 Power : 4 W
 HxD : 0.12x0.34 m
 Ballast : -



WL120V EL3 LED12S/830

1 x 230 lm

Polar intensity diagram



Light output ratio 1.00

Service upward 0.05

Service downward 0.95

CIE flux code 43 72 91 95 100

S/H ratio crosswise max. 1.6

lengthwise max. 1.7

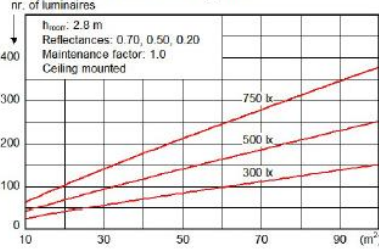
UGGreen (4HxH, 0.25H) 16

EN12464-1 85 deg, 1000 cd/m²

UTE71-121: 0.95E + 0.05T

LVE2375800

Quantity estimation diagram

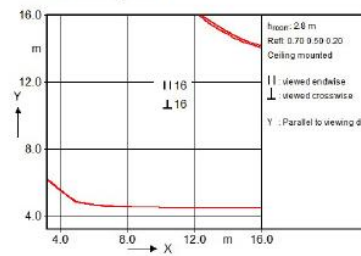


Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.00	0.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	0.00
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
0.50	0.46	0.43	0.45	0.44	0.43	0.36	0.34	0.29	0.34	0.29	0.27	0.27
0.80	0.56	0.52	0.54	0.53	0.51	0.44	0.42	0.37	0.41	0.37	0.34	0.34
1.00	0.64	0.59	0.62	0.60	0.58	0.51	0.49	0.44	0.48	0.43	0.40	0.40
1.25	0.72	0.66	0.70	0.68	0.65	0.58	0.56	0.51	0.55	0.50	0.47	0.47
1.50	0.79	0.71	0.76	0.73	0.70	0.63	0.61	0.56	0.60	0.55	0.52	0.52
2.00	0.88	0.79	0.86	0.81	0.78	0.71	0.69	0.65	0.67	0.64	0.60	0.60
2.50	0.95	0.84	0.92	0.87	0.82	0.77	0.75	0.71	0.73	0.69	0.66	0.66
3.00	1.00	0.88	0.96	0.91	0.86	0.81	0.79	0.75	0.76	0.73	0.70	0.70
4.00	1.06	0.92	1.02	0.96	0.90	0.86	0.84	0.81	0.81	0.79	0.75	0.75
5.00	1.10	0.95	1.06	0.99	0.93	0.90	0.87	0.84	0.84	0.82	0.78	0.78

Ceiling mounted

UGR diagram



Luminance Table

Plane Conts	0.0	45.0	90.0
45.0	811	809	806
50.0	768	768	756
55.0	726	724	723
60.0	689	679	677
65.0	653	632	631
70.0	623	582	581
75.0	595	534	534
80.0	498	487	487
85.0	447	447	447
90.0	418	418	418

(cd/m²)

2016-10-06



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

www.philips.com/lighting

data subject to change

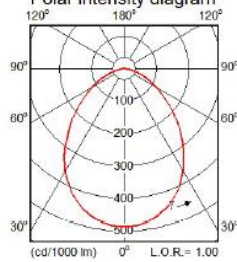
Luminaire : DN460B IP44 1xLED11S/830 C PGO
 Total Lamp Flux : 1050 lm
 Light Output Ratio : 1.00
 Luminous Flux : 1050 lm
 Power : 14 W
 HxD : 0.08x0.17 m
 Ballast : -



DN460B IP44 1xLED11S/830 C PGO

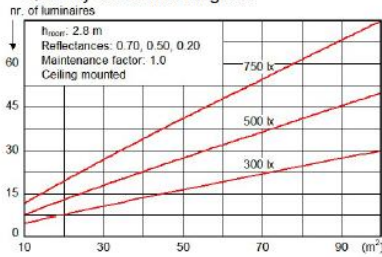
1 x 1050 lm

Polar intensity diagram



Light output ratio 1.00
 Service upward 0.00
 Service downward 1.00
 CIE flux code 58 87 98 100 100
 UGRen (4Hx8H, 0.25H) 25
 UTE71-121: 1.00C + 0.00T

Quantity estimation diagram

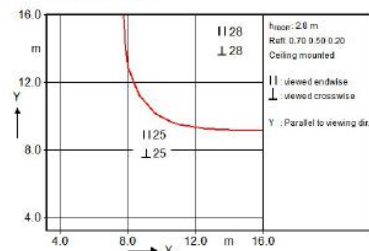


Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)														
	0.90	0.80	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.00	0.86	0.80	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.20	0.20	0.10	0.30	0.10	0.00	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
1.00	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
1.25	0.83	0.76	0.61	0.78	0.75	0.59	0.58	0.64	0.67	0.64	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
1.50	0.88	0.81	0.67	0.83	0.80	0.74	0.73	0.86	0.72	0.89	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2.00	0.98	0.88	0.66	0.91	0.87	0.82	0.81	0.78	0.80	0.77	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
2.50	1.04	0.92	1.02	0.96	0.91	0.87	0.85	0.83	0.85	0.82	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
3.00	1.09	0.95	1.06	0.99	0.94	0.91	0.89	0.87	0.88	0.85	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
4.00	1.14	0.98	1.16	1.03	0.97	0.95	0.93	0.91	0.92	0.90	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.94	0.94	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Ceiling mounted

UGR diagram



Luminance Table

Plane	9.0	45.0	90.0
45.0	27278	27278	27278
50.0	24521	24521	24521
55.0	21753	21753	21753
60.0	19267	19267	19267
65.0	16978	16978	16978
70.0	14824	14824	14824
75.0	12307	12307	12307
80.0	9521	9521	9521
85.0	6703	6703	6703
90.0	-	-	-

(cd/m²)

LVA1403A33

2016-10-06



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)
 All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

www.philips.com/lighting

data subject to change

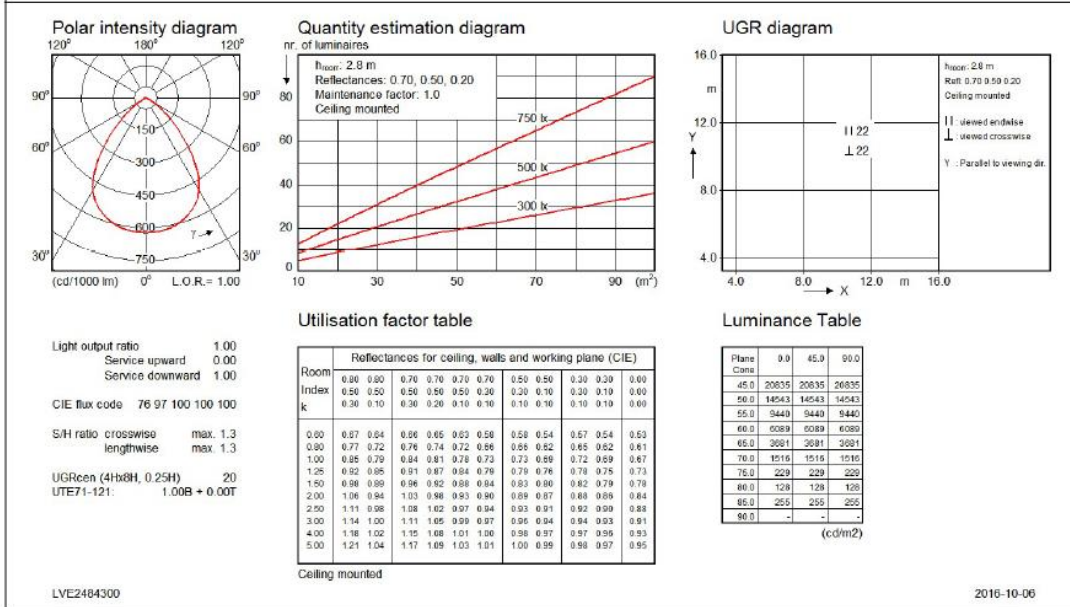
LuxSpace Mini, recessed

Luminaire : DN560B 1xLED8S/830 C
 Total Lamp Flux : 820 lm
 Light Output Ratio : 1.00
 Luminous Flux : 820 lm
 Power : 8 W
 HxD : 0.07x0.16 m
 Ballast : -



DN560B 1xLED8S/830 C

1 x 820 lm



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)
 All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

www.philips.com/lighting

data subject to change

Iluminación: Cálculo económico:

Tabla 3.1. Costos

Costos	Cantidad	Costo Unitario[\$]	Costo total[\$]
Lámpara Led 8-9W	11	95	1045
Lámpara Led 4W	1	77,99	77,99
Lámpara Led 13,8 W	4	164	656
Lámpara Led 16 W	3	879	2637
Aplicador interior	16	549	8784
Aplicador exterior	3	1300	3900
Total			17099,99

Iluminación: Conclusión:

Mediante el uso del programa Dialux, se pudo calcular de manera eficaz y eficiente, las luminarias a utilizar. Las luminarias seleccionadas influirán directamente en el cálculo de los paneles solares. Por esta razón su ventaja se tratará más adelante en el capítulo “Energía Solar”.

Capítulo 4: Energía solar

Energía solar: Introducción:

En este capítulo se dimensionará un sistema de generación de energía fotovoltaico y un sistema de calentamiento de agua solar. Para lo cual se tuvo en cuenta la situación ambiental de la ciudad de Mar del Plata. Datos brindados por GERSolar (Grupo de Estudios de la Radiación Solar), el Servicio Meteorológico Nacional y el INTA. Además se analizaron económicamente los equipos utilizados teniendo en cuenta su vida útil.

“En los últimos años, el debate energético ha ido ganando importancia en la agenda global. Esto se debió al incremento de la demanda energética generado por diversas razones: el crecimiento de las economías emergentes, la alta dependencia de la energía proveniente de combustibles fósiles y los desafíos que impone el cambio climático, siendo el consumo energético en cualquiera de sus variantes (calor industrial, generación eléctrica, transporte) la principal causa de las emisiones de gases de efecto invernadero. En Argentina, al igual que lo ocurrido en la mayoría de las naciones emergentes durante los últimos 20 años, se han generado importantes cambios de escenario. Los mismos se han reflejado como modificaciones en la regulación de los mercados de energía, el progresivo incremento del presupuesto público destinado al subsidio del sector energético, la penalización de las emisiones y el aumento de las importaciones de combustibles líquidos o de gas natural. Existe también una mirada hacia los riesgos potenciales que implica la dependencia de la energía importada para la actividad económica de cada nación. En un momento de profundas transformaciones en materia energética, la mayoría de los países está profundizando su visión de largo plazo y reforzando sus mecanismos de planificación. La discusión en torno a la matriz energética de Argentina está instalada en la agenda pública y se está dando en ámbitos gubernamentales, el sector privado y la sociedad civil, conscientes de que la definición de la política energética es una de las bases estructurales del modelo de desarrollo de un país. Para la reducción tanto del consumo eléctrico como de las emisiones de gases de efecto invernadero que producen las centrales eléctricas convencionales, se debe atacar la problemática desde dos aspectos: la reducción del consumo energético,

utilizando fuentes de iluminación eficientes y la generación de electricidad a través de energías renovables limpias.”^{xviii}

Energía solar: Marco teórico:

Actualmente se tiene un razonable conocimiento de la energía solar disponible y de su distribución geográfica aunque hay regiones del país que deberían ser estudiadas con mayor detalle, por lo que se requiere continuar la medición del recurso mejorando la cobertura espacial y la instrumentación utilizada. De todas maneras, se considera que las cartas existentes en la actualidad responden adecuadamente a los datos disponibles en Argentina.

El GERsolar (Grupo de Estudios de la Radiación Solar), perteneciente a la Universidad Nacional de Lujan ha publicado un "Atlas de Energía solar en la República Argentina" con el objetivo de distribuirlo gratuitamente en organismos públicos, profesorados, universidades y bibliotecas, es la culminación digna del esfuerzo que el país ha realizado por conocer su recurso energético en el área solar. Se encuentra disponible una versión digital que incluye notas sobre el instrumental de medición y las cartas de irradiación solar y heliofanía ya presentadas, además de los datos utilizados para el trazado de las mismas.

Para realizar las cartas GER solar estudió la variabilidad espacial de los datos medidos por la Red Solarimétrica (equipada con piranómetros fotovoltaicos Rho Sigma Modelo 1008 y con piranómetros termoeléctricos Eppley "Black and White"), tanto para una hipótesis de campo isotrópico como anisotrópico, y la variabilidad espacial de los datos de heliofanía de la Red del Servicio Meteorológico Nacional (medida con heliógrafos de Campbell-Stokes). Analizó también la variabilidad temporal de los promedios mensuales de las series de radiación global diaria, evaluando la cantidad de años necesarios para conocer su "valor verdadero" con un dado nivel de precisión y de significación estadística bajo diferentes supuestos.

La misma ha sido expresada en unidades convenientes para la conversión fotovoltaica, esto es, kWh/m² día. Un rápido análisis, indica que la distribución espacial del promedio de la irradiación solar global diaria recibida en los diferentes meses del

año, presenta una importante variabilidad temporal y espacial de los promedios mensuales.

Solamente una pequeña franja del noroeste del país (parte occidental de Salta, Jujuy, Catamarca, La Rioja y San Juan) presenta irradiación alta (superior 5 kWh/m² día), con posibilidades de aprovechamiento en proyectos de potencia. Sin embargo gran parte de la superficie del país presenta irradiaciones que permitirían su aprovechamiento en proyectos de generación eléctrica de baja potencia.

A continuación se presentan los mapas de la distribución de radiación para los diferentes meses del año:

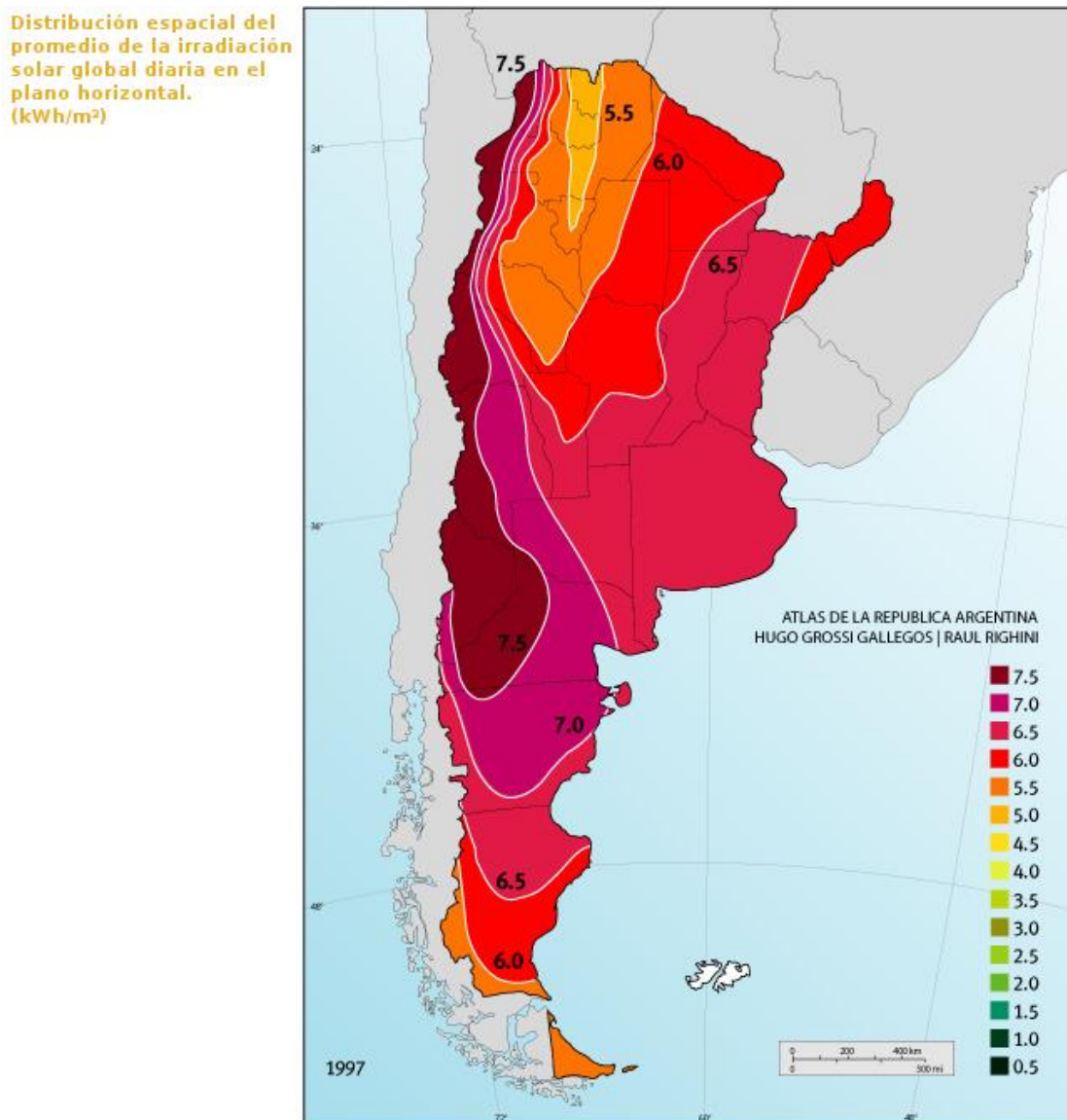


Figura 4.1. Distribución de radiación Solar en Argentina en el mes de Enero

Distribución espacial del promedio de la irradiación solar global diaria en el plano horizontal. (kWh/m²)

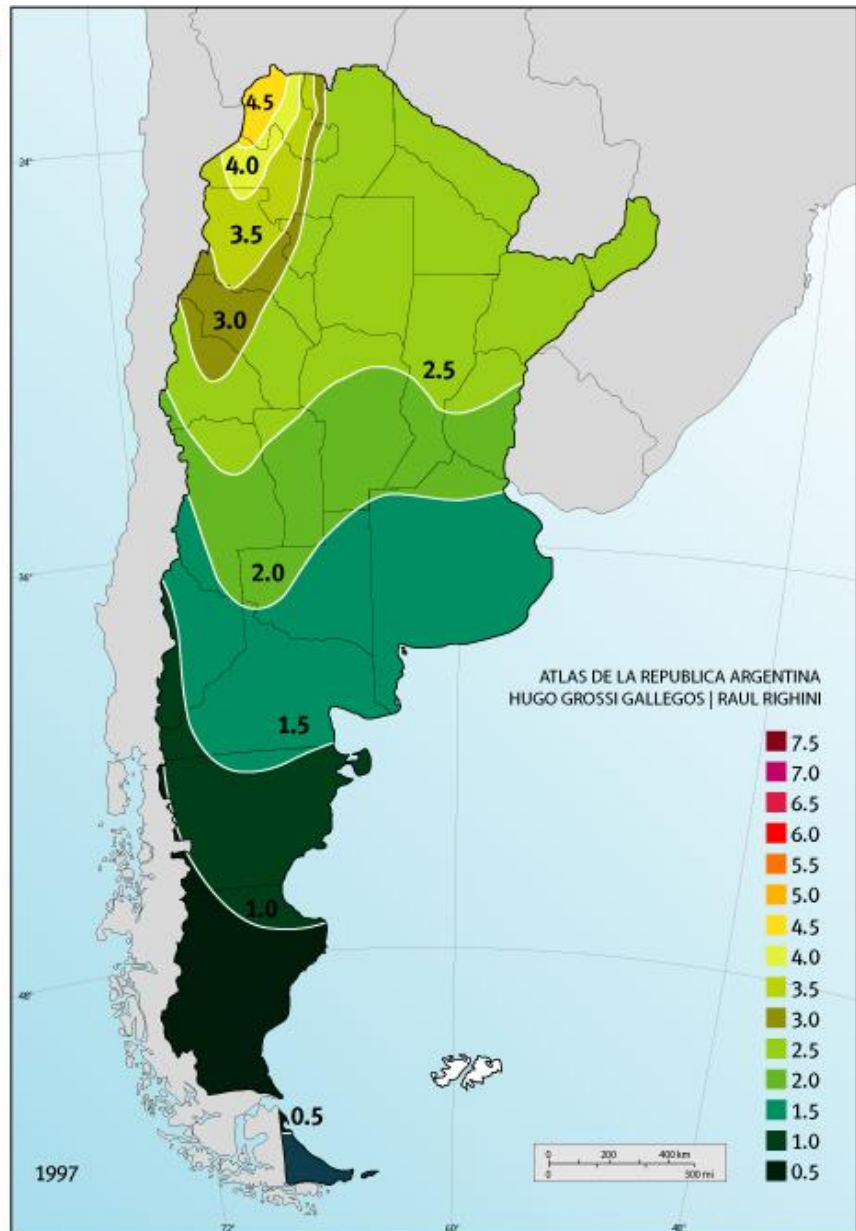


Figura 4.2. Distribución de radiación Solar en Argentina en el mes de Junio

Distribución espacial del promedio de la irradiación solar global diaria en el plano horizontal. (kWh/m²)

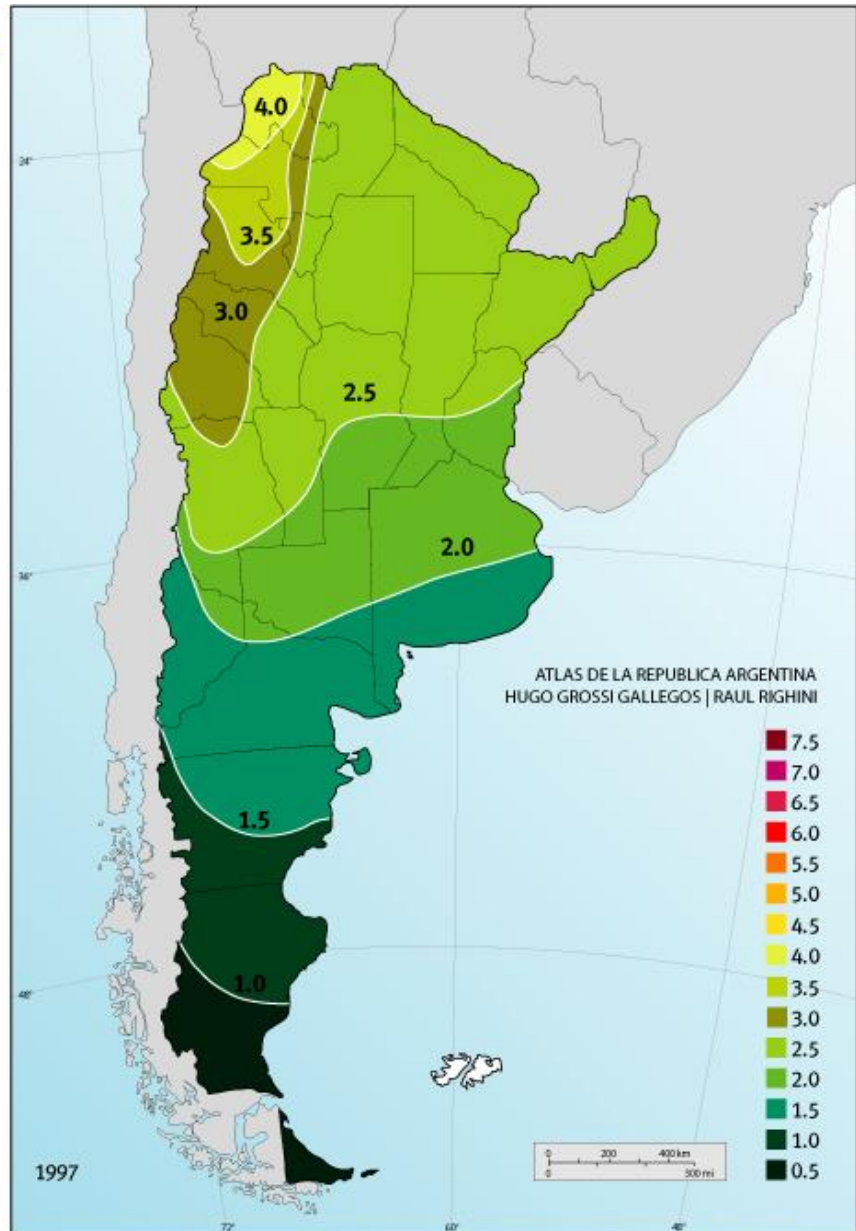


Figura 4.3. Distribución de radiación Solar en Argentina en el mes de Julio

Distribución espacial del promedio de la irradiación solar global diaria en el plano horizontal. (kWh/m²)

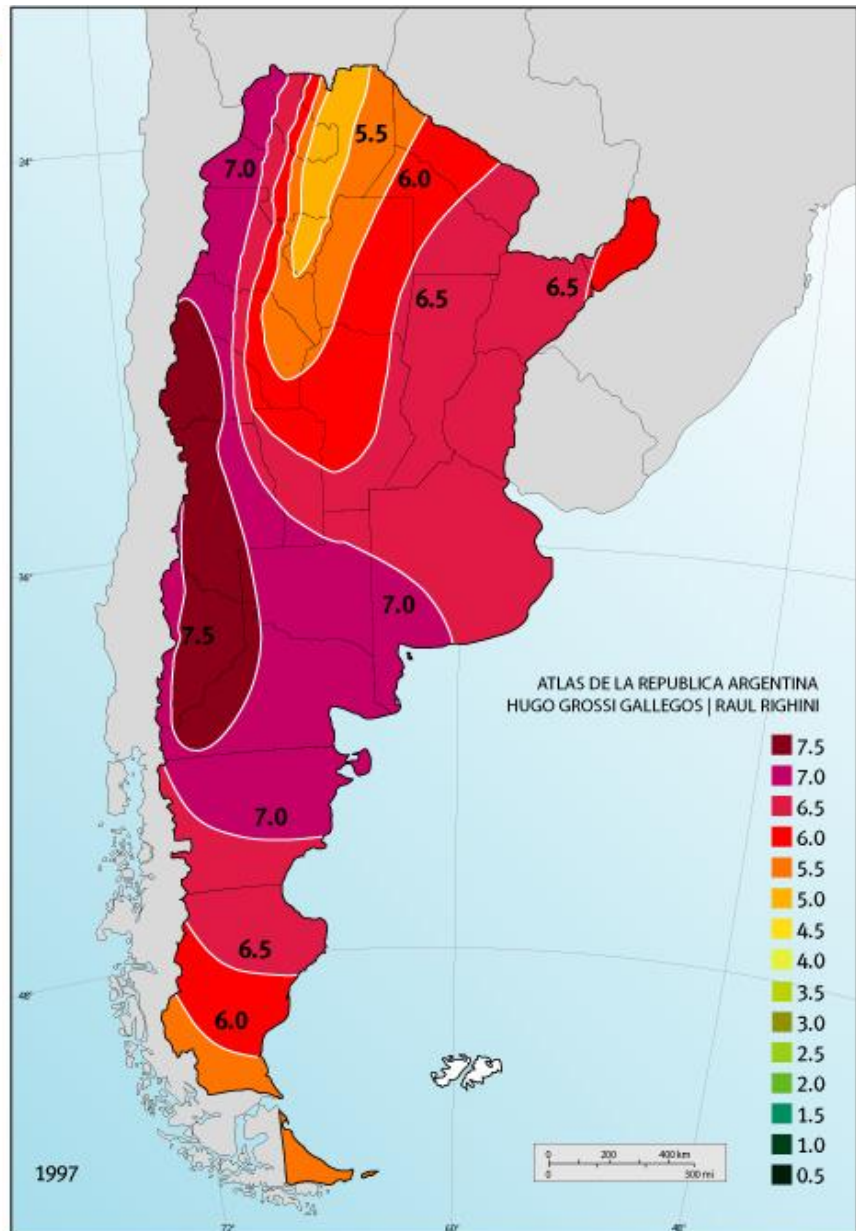


Figura 4.4. Distribución de radiación Solar en Argentina en el mes de Diciembre^{xix}

Transformación de energía solar a eléctrica

Posición relativa del sol con una superficie Horizontal

Para calcular la radiación solar que llega a una superficie horizontal en la tierra, es necesario conocer las relaciones trigonométricas entre la posición del sol y esta superficie. Para conocer la posición del sol en el cielo en cualquier momento se utilizan dos ángulos, conocidos como acimut y altura solar.

La altura solar se define como el ángulo, en un plano vertical, entre los rayos del sol y la proyección de éstos sobre un plano horizontal (α). Esta, mide la altura del sol respecto a un plano horizontal, podemos decir que es “cuánto ha subido el sol desde el horizonte”.

En función de la latitud, el sol subirá más o menos. En verano el sol sube más (lo vemos más perpendicular a nosotros) y en invierno menos (se eleva menos en el horizonte). Cuando sale el sol (o se pone) la altura solar es cero.

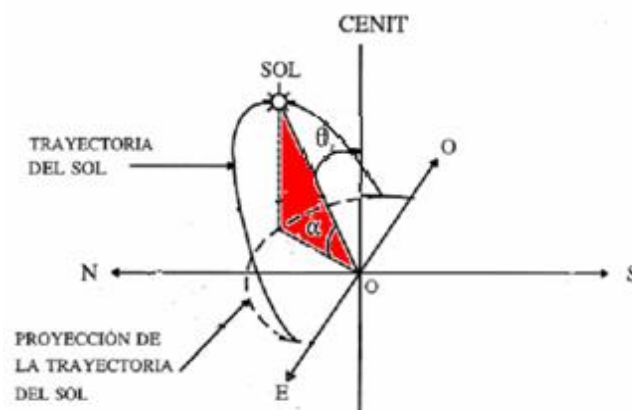


Figura 4.13. ☼☼☼

Otros ángulos que también se utilizan, y que están relacionados con estos son: El ángulo cenital, θ_z , es el ángulo entre los rayos del sol y una línea perpendicular al plano horizontal. Se cumple que:

$$\alpha + \theta_z = \frac{\pi}{2} \quad [4.1]$$

Siendo:

α : Altura Solar

Θ_z : Ángulo Cenital

El acimut es el ángulo, medido en el plano horizontal, que forman la proyección de los rayos del sol en este plano con el Norte (en nuestro caso para el hemisferio Sur) (ψ). Al mediodía, este ángulo es, por tanto, cero (el sol está en el Norte). El ángulo acimutal para la hora de salida del sol varía cada día del año.

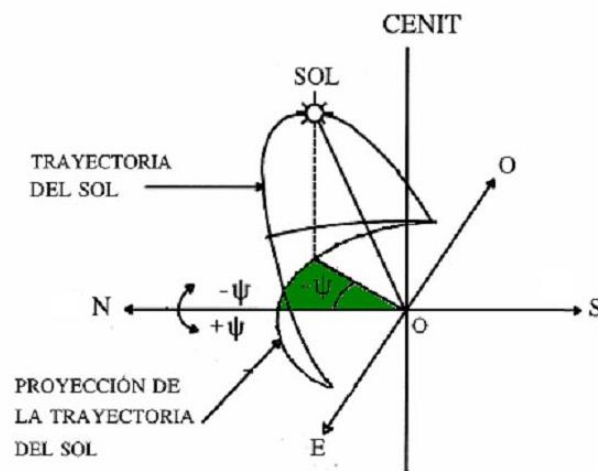


Figura 4.14.

En las latitudes de Argentina, en verano el sol sale más alejado del Norte (en el cuadrante SE) y en invierno el sol sale más cercano al Norte (cuadrante NE) Justo cuando sale, o se pone, el sol está en el plano del observador, plano horizontal.

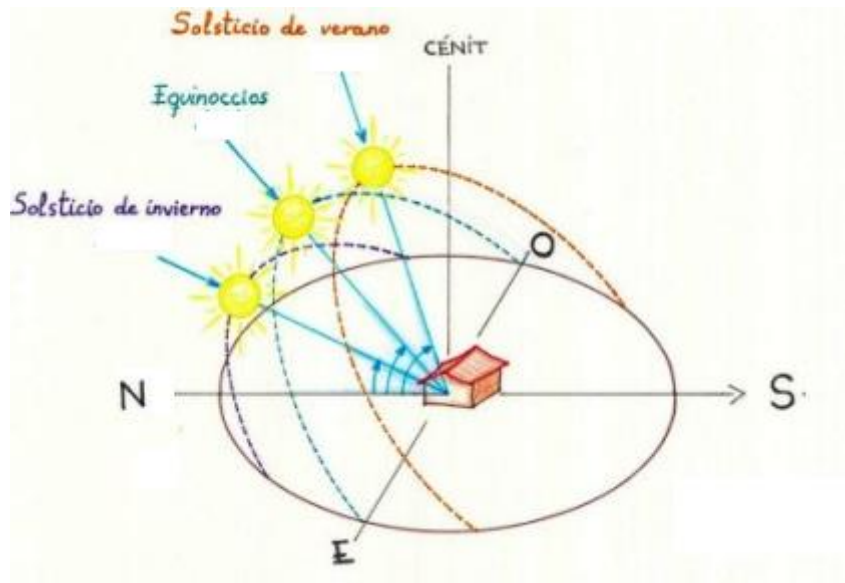


Figura 4.15. Variación de la Altura Solar y del Ángulo Acimutal en función de las Estaciones

El ángulo horario, ω , es el ángulo medido en la bóveda del cielo, entre el meridiano del observador y el meridiano solar. Cambia 15 grados cada hora (es cero al mediodía y positivo por la mañana). En la figura se muestra el recorrido del sol en un día (trayectoria solar), dentro de esa trayectoria, y tomando como cero el mediodía solar, se pueden “ver” los distintos ángulos horarios.

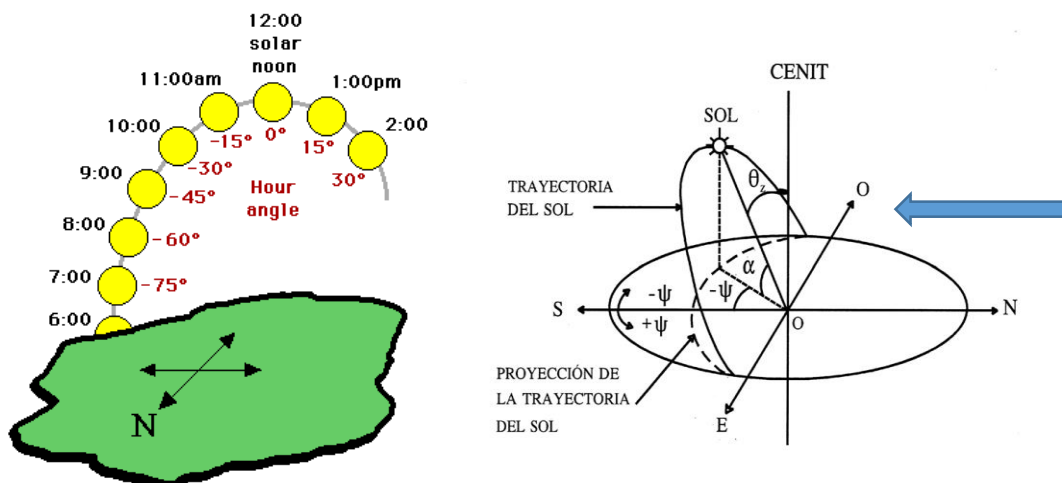


Figura 4.16. Ángulos Horarios y Trayectoria del Sol

Para especificar la posición de un punto en la superficie de la tierra, es necesario conocer su latitud, φ , y longitud, L.

Latitud: La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto. Se expresa en grados sexagesimales. Aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación Norte (N). Aquellos que se encuentran al sur del Ecuador reciben la denominación Sur (S). Se mide de 0° a 90° . Al Ecuador le corresponde la latitud de 0° . Los polos Norte y Sur tienen latitud 90° N y 90° S respectivamente.

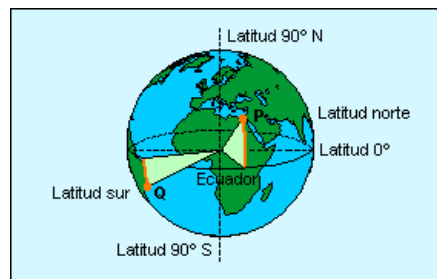


Figura 4.17. Latitud

Longitud: La longitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto. Se expresa en grados sexagesimales. Aquellos que se encuentran al oriente del meridiano de Greenwich reciben la denominación Este (E). Aquellos que se encuentran al occidente del meridiano de Greenwich reciben la denominación Oeste (O). Se mide de 0° a 180° . Al meridiano de Greenwich le corresponde la longitud de 0° . El antimeridiano correspondiente está ubicado a 180° . Los polos Norte y Sur no tienen longitud.^{xx}

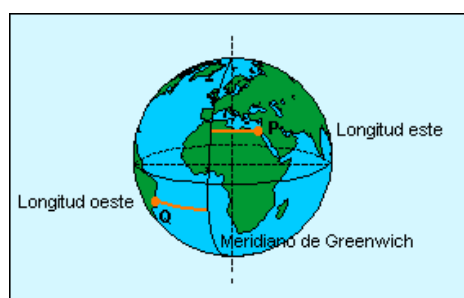


Figura 4.18 Longitud

La altura solar y el acimut dependen del lugar y del instante en que se miden. La dependencia del lugar se recoge mediante la latitud, la dependencia temporal se recoge en la declinación y el ángulo horario.

Para una posición geográfica determinada, las relaciones trigonométricas entre el sol y una superficie horizontal son las siguientes:

$$\cos \theta_z = \text{sen} \delta \cdot \text{sen} \phi + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \omega = \text{sen} \alpha \quad [4.2]$$

$$\cos \psi = \frac{\text{sen} \alpha \cdot \text{sen} \phi - \text{sen} \delta}{\cos \alpha \cdot \cos \phi} \quad [4.3]$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 90^\circ, \quad \cos \psi \geq 0$$

$$90^\circ \leq \psi \leq 180^\circ, \quad \cos \psi \leq 0$$

Siendo:

Φ : Latitud del Lugar

Ψ : Ángulo Acimutal

w : Ángulo Horario

δ : Declinación Solar

A la salida del sol la altura solar es cero (todavía el sol no se “ha elevado” nada en el horizonte), y, por tanto, el ángulo cenital 90° . Así si ω_s es el ángulo de salida del sol, utilizando la ecuación anterior y estos valores, se cumple que:

$$\cos \omega_s = \frac{-\text{sen} \phi \cdot \text{sen} \delta}{\cos \delta \cdot \cos \phi}$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \cdot \tan \delta) \quad [4.4]$$

Siendo:

ω_s : Ángulo de Salida del Sol

El ángulo de salida del sol es igual al ángulo de puesta del sol, excepto en el signo. La duración del día será igual a dos veces el ángulo de salida del sol, $2\omega_s$, que expresada en horas quedará (teniendo en cuenta que un día son 360 grados y 24 horas):

$$N_d = \left(\frac{2}{15}\right) \cdot \arccos(-\tan \phi \cdot \tan \delta) \quad [4.5]$$

Siendo:

N_d : Duración del Día (horas)

Posición relativa del sol con una superficie inclinada

Las definiciones de ángulos vistas para superficies horizontales, son equivalentes para una superficie inclinada β grados respecto al Ecuador, si se considera que la latitud de la superficie, ϕ , pasa a ser $\phi - \beta$. Este hecho se puede observar en la siguiente figura:

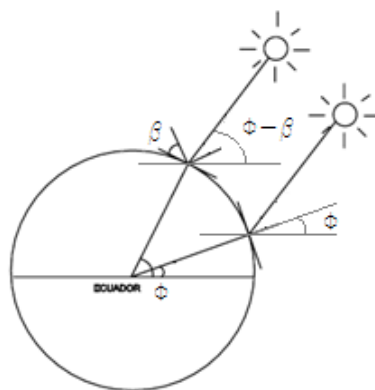


Figura 4.17. Posición Relativa Sol- Superficie Inclinada

Para el ángulo de la salida del sol habrá que tener en cuenta, que al estar inclinada la superficie, ésta no empezará a ver el sol hasta que su altura sea mayor que la inclinación de la superficie, es decir:

$$\omega'_s = \min[\omega_s, \arccos(-\tan \delta \cdot \tan(\phi - \beta))] \quad [4.6]$$

Siendo:

ω'_s : Ángulo de Salida del Sol (Visto desde la Superficie Inclinada)

β : Inclinación de la Superficie Respecto a la Horizontal

Radiación solar en una superficie

La constante Solar:

La constante solar, I_{sc} , se define como la cantidad de energía procedente del sol que llega, por unidad de tiempo y área, a una superficie perpendicular a los rayos del sol, situada fuera de la atmósfera, para la distancia media sol-tierra (1 UA). El valor de esta constante varía entre 1338 y 1386 W/m². El valor que proponen Fröhlich y col es 1367 W/m². El error estimado en este valor es de 1,6 W/m². Este valor es el adoptado por el World Radiation Center (WRC). Este valor se obtiene teniendo en cuenta la potencia irradiada por el sol, de acuerdo con:

$$I_{sc} = \frac{P}{S} = \frac{4 \times 10^{26}}{4\pi \cdot (1,5 \times 10^{11})^2} \times 1,4 \quad [kWm^{-2}] \quad [4.7]$$

Suponiendo una distancia media sol-tierra de $1,5 \times 10^{11}$ m. Esta cantidad varía a lo largo del año, debido a la variación en la distancia sol-tierra, al ser la órbita terrestre alrededor del sol, elíptica.

La distribución espectral de la radiación procedente del sol que llega a una superficie situada fuera de la atmósfera, propuesta por el WRC, es similar a la que se obtendría si se supone que el sol es un cuerpo negro a una temperatura de 5777 K. En la siguiente figura se puede ver una comparación entre ambas:

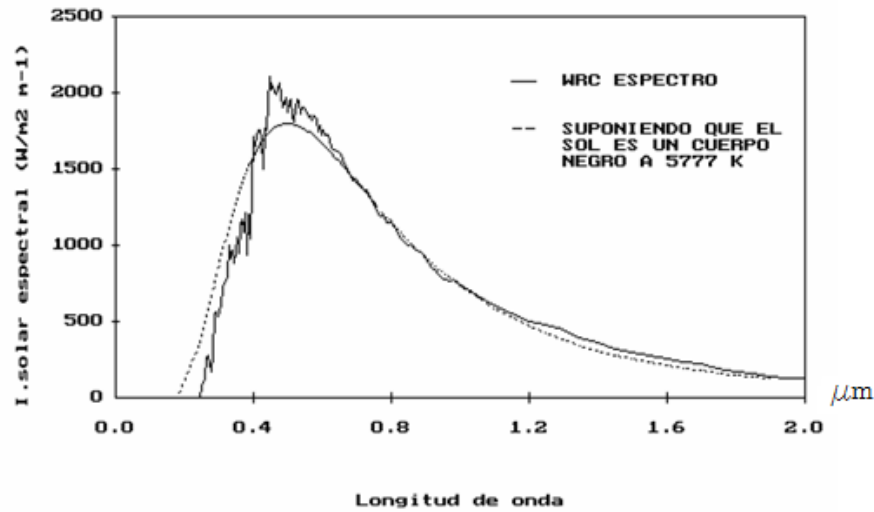


Figura 4.18. Distribución Espectral del Sol

Radiación Solar sobre una superficie Inclinada

La radiación solar extraterrestre se define como la cantidad de energía recibida en la parte exterior de la atmósfera, por unidad de superficie.

Como se ha visto será función, en cada momento, de la distancia sol tierra, de la declinación, de la latitud del lugar considerado y del ángulo horario.

La irradiación extraterrestre diaria, integrando entre el ángulo de salida y el ángulo de puesta de sol, será en una superficie horizontal:

$$I_0^d = \frac{24}{\pi} \cdot I_{sc} \cdot E_0 \cdot (\omega_s \cdot \text{sen} \delta \cdot \text{sen} \phi + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \text{sen} \omega_s) \quad [4.8]$$

Siendo:

I_{0d} : Irradiación Extraterrestre Diaria

I_{sc} : Constante Solar

E_0 : Distancia Sol Tierra

Teniendo en cuenta las consideraciones hechas para calcular los ángulos en una superficie inclinada, las expresiones que permiten calcular el valor de radiación extraterrestre diaria sobre superficie inclinada quedará:

$$I_{\beta\gamma}^d = \frac{24}{\pi} \cdot I_{sc} \cdot E_0 \cdot (\omega'_s \cdot \text{sen}\delta \cdot \text{sen}(\phi - \beta) + \cos\delta \cdot \cos(\phi - \beta) \cdot \text{sen}\omega'_s)$$

$$\omega'_s = \min[\omega_s, \arccos(-\tan\delta \cdot \tan(\phi - \beta))] \quad [4.9]$$

Siendo:

$I_{\beta\gamma}^d$: Radiación Extraterrestre Sobre una Superficie Inclinada

El hecho de inclinar una superficie hace que se igualen los niveles de radiación que se reciben en las distintas épocas del año.

Radiación solar:

La radiación solar que llega a la superficie de la tierra está condicionada, como ya se ha comentado, por dos fenómenos de distinta naturaleza:

- Factores astronómicos: son aquellos que dependen de la geometría tierra-sol. Son función de la posición relativa sol-tierra y de las coordenadas geográficas del lugar considerado, latitud y longitud. Condicionan básicamente el recorrido de la radiación a través de la atmósfera y el ángulo de incidencia de los rayos solares. Son función, pues, de la altura solar en cada instante.
- Factores climáticos: no toda la radiación máxima esperable para cada altura solar y cada localidad será siempre observable en la superficie de la tierra. Los factores llamados climáticos atenuarán la misma. Las nubes, la cantidad de vapor de agua, ozono, aerosoles, etc. contenidos en la atmósfera son los responsables de esta atenuación, que ocurre fundamentalmente por absorción, reflexión y difusión de la radiación.

El total de radiación procedente del sol que incide en una superficie en la tierra estará compuesto por:

- Radiación directa: la que llega a la tierra directamente en línea con el disco solar.
- Radiación difusa: originada por los efectos de dispersión de los componentes de la atmósfera, incluidas las nubes.
- Radiación reflejada: radiación incidente en la superficie que procede de la reflejada por el suelo. Al cociente entre la radiación reflejada y la radiación incidente en la superficie de la tierra se le llama albedo.

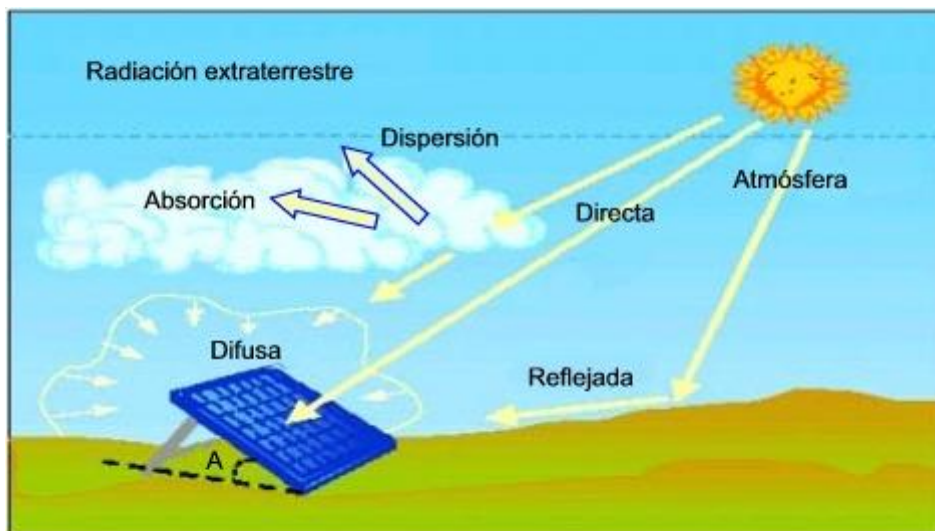


Figura 4.19. Clasificación de Radiaciones Solares

La radiación global o total que llega a una superficie (horizontal o inclinada) se puede expresar como la suma de estas tres componentes:

$$G = B + D + R$$

Siendo:

G: Radiación Global

B: Radiación Directa

D: Radiación Difusa

R: Radiación Reflejada

RADIACIÓN SOLAR INTEGRADA EN EL TIEMPO

La integración sobre un período de una hora de las expresiones de los distintos tipos de radiación es lo que se conoce como exposición horaria de radiación.

Por ejemplo, para radiación directa, la exposición horaria de radiación directa sobre una superficie horizontal será:

$$B_0^h = \int^{hora} B_0 \cdot \cos \theta_z \quad [4.10]$$

Siendo:

B_0^h : Radiación Directa Horaria

B_0 : Radiación Directa

Si la integración se hace sobre períodos de un día se obtendrá la exposición diaria de radiación.

ÍNDICE DE TRANSPARENCIA ATMOSFÉRICO

El índice de transparencia atmosférico es una medida de lo “transparente” que es la atmósfera a la radiación solar. Fundamentalmente, nos da información de cuanta radiación alcanza la superficie de la tierra en función de la radiación extraterrestre (o radiación que hay antes de iniciar su paso a través de la atmósfera). En días claros, los valores de este índice serán elevados (por encima de 0,8) y en días nublados pueden llegar a ser muy bajos (incluso por debajo de 0,1). Un valor alto, por ejemplo 0,8, nos

indica que el 80% de la radiación que había en el exterior de la atmósfera ha alcanzado la superficie de la tierra.

La expresión que permite calcular el índice de transparencia horario es:

$$K_h = \frac{G_0^h}{I_0^h} \quad [4.11]$$

Siendo:

K_h : Índice de Transparencia Horario

G_0^h : Radiación Global Horaria

I_0^h : Radiación Extraterrestre Horaria

El índice de transparencia diario, se calcula utilizando la expresión:

$$K_d = \frac{G_0^d}{I_0^d} \quad [4.12]$$

Siendo:

K_d : Índice de Transparencia Diario

G_0^d : Radiación Global Diaria

I_0^d : Radiación Extraterrestre Diaria

ALBEDO TERRESTRE

Cuando una energía radiante incide en una superficie, puede ser parcialmente absorbida, parcialmente reflejada y parcialmente transmitida. Estas propiedades se llaman absorptividad, reflectividad y transmisividad de una superficie. La fracción, respecto al total de energía incidente, asociada con estas propiedades se llama absorptancia, reflectancia y transmitancia. Cuando la fuente de radiación es el sol, se

utiliza el término albedo en lugar de reflectancia. El albedo se puede expresar tanto en porcentaje como en fracciones de uno.

Determinar un valor exacto de albedo puede ser muy importante cuando se evalúa el total de radiación que incide en un edificio o en un colector de energía solar.

De manera general el albedo se puede definir como:

$$\rho = \frac{R_{\beta\gamma}}{B_{\beta\gamma}} \quad [4.13]$$

Siendo:

$R_{\beta\gamma}$: Radiación Reflejada por la Superficie Inclinada un Ángulo β

$B_{\beta\gamma}$: Radiación Directa sobre la Superficie Inclinada un Ángulo β

La radiación incidente puede incluir tanto radiación directa como difusa, mientras que la radiación reflejada dependerá de las propiedades de la superficie. Con respecto a éstas, se pueden citar dos tipos límites de características:

- Difusa: Una superficie es perfectamente difusa si la radiación que refleja la superficie es uniforme en todas las direcciones. Tal superficie se llama reflector isotrópico. Cuando la reflexión no es la misma en todas las direcciones, entonces se llama reflector anisotrópico.
- Especular: Una superficie refleja especularmente cuando es prácticamente lisa con respecto a la longitud de onda de la radiación incidente (espejo).

Respecto a la radiación reflejada por superficies terrestres, hay que tener en cuenta el tipo de cobertura de la superficie.

A continuación se presentan algunos valores orientativos.

Tabla 4.1 Variación de Albedos Terrestres Según Terreno

	Intervalo	Valor medio típico
Tierras sin vegetación	0.04 - 0.25	0.12
Arena	0.20 - 0.40	0.30
Tierras cultivadas	0.10 - 0.30	0.20
Nieve fresca	0.70 - 0.90	0.80
Nieve vieja	0.30 - 0.70	0.55
Agua, sol en el cenit	0.03 - 0.07	0.05
Agua, sol bajo	0.15 - 0.65	0.20
Nubes	0.30 - 0.85	0.60
Planeta tierra (medio)		0.32

Insolación

La cantidad total de radiación solar (directa, difusa y reflejada) que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de 1 m², en un período de tiempo (diario, mensual o anual) y para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar, recibe el nombre de insolación. El término deriva de la palabra inglesa *insolation*, la que, a su vez, representa un acrónimo derivado de otras tres palabras del mismo idioma: *incident solar radiation* (radiación solar incidente).

El valor de la insolación en una dada locación debe reflejar el *valor promedio* de la misma.

Se usan diferentes unidades para expresar el valor de la insolación de un lugar. La más conveniente para nuestra aplicación es el Kilowat.hora por metro cuadrado (kWh/m²), o su valor equivalente en miliwat.hora por centímetro cuadrado (mWh/cm²). Si la superficie colectora mantiene un ángulo de inclinación fijo, el valor de la insolación en una dada locación depende de las condiciones atmosféricas y la posición del sol respecto del horizonte. La presencia de nubes incrementa la absorción, reflexión y dispersión de la radiación solar. Las zonas desérticas, dada la carencia de nubes, tienen los mayores valores de insolación en el planeta. La posición del sol respecto a la horizontal cambia durante el día y con las estaciones. El valor de la insolación al

amanecer y al atardecer, así como en el invierno, es menor que el del mediodía o el verano.

Día solar

La irradiación es el valor de la potencia luminosa. Los fabricantes de paneles fotovoltaicos determinan la máxima potencia eléctrica de salida *usando una fuente con una potencia luminosa de 1 kW/m²*. Este valor, conocido con el nombre de SOL, se ha convertido en un estándar para la industria, facilitando la comparación de paneles de distintos orígenes.

Recordando que 1 m² = 10.000 cm², y que 1 kW = 1.000 W, se tiene que:

$$1 \text{ SOL} = 1\text{kW}/\text{m}^2 = 100\text{mW}/\text{cm}^2$$

Las dos cantidades son usadas, indistintamente, en las especificaciones de paneles fotovoltaicos.

El valor de la irradiación varía al variar la masa de aire, la que cambia constantemente desde el amanecer al anochecer. Para simplificar el cálculo de la energía eléctrica generada diariamente por un panel fotovoltaico, se acostumbra a definir el *día solar promedio*.

Este valor es el número de horas, del total de horas entre el amanecer y el anochecer, durante el cual el sol irradiaría con una potencia luminosa de 1 SOL. Supongamos como ejemplo, que el promedio de insolación diaria en una locación es de 5 kWh/m². Si este valor es dividido por un SOL, se obtiene el valor (en horas) del día solar promedio para esa locación y esa inclinación.

Ejemplo:

$$\text{Día Solar} = \frac{5\text{kWh}/\text{m}^2}{1\text{kW}/\text{m}^2} = 5\text{h} \quad [4.14.1]$$

Recordando que los paneles son evaluados usando una intensidad luminosa de un SOL, la duración del día solar promedio representa la cantidad de horas, del total de horas de luz diaria, en que el panel es capaz de generar la potencia máxima de salida especificada por el fabricante.^{xxi}

$$E_{diaria} = P_p \cdot \text{Día Solar} \quad [4.14.2]$$

Equipos de la instalación fotovoltaica

La célula Fotovoltaica

La conversión directa de la luz solar en energía eléctrica se consigue mediante las celdas solares, por un proceso llamado *efecto fotovoltaico*.

La celda solar posee una estructura similar a la de un diodo, y como tal, los principales componentes que conforman su estructura interna son los materiales semiconductores. Están compuestas básicamente por una capa de semiconductor tipo N y otra capa de semiconductor tipo P.

Los materiales en general pueden clasificarse en conductores, aislantes y semiconductores, de acuerdo con su conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica indica el grado de movilidad que presentan los electrones dentro de una sustancia específica.

Los electrones que pueden generar una corriente eléctrica en un material son los que se encuentran en las órbitas exteriores o banda de valencia de los átomos, que tienen menor fuerza de atracción por parte del núcleo y pueden ser liberados de la misma al aplicar una diferencia de potencial al material. Para ser liberado de la fuerza de atracción del núcleo del átomo, la energía suministrada al electrón por el campo eléctrico generado por una diferencia de potencial, deberá ser suficiente para que este salte de la banda de valencia sobre la llamada banda prohibida, hacia la banda de conducción. La siguiente figura muestra la disposición de estas bandas en materiales conductores, aislantes y semiconductores.

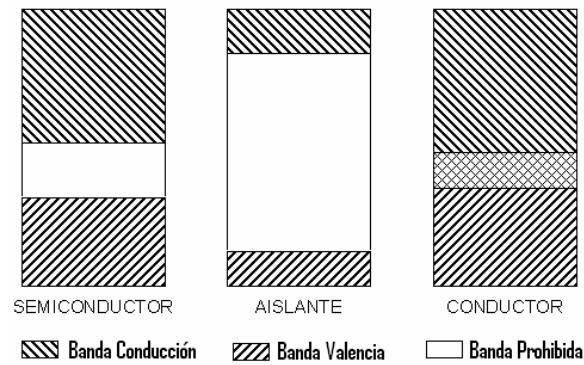


Figura 4.20. Bandas de Energía en Materiales Semiconductores, Conductores y Aislantes

En materiales conductores las bandas de valencia y de conducción se traslapan por lo que los electrones de la banda externa de valencia tienen mucha movilidad, y pueden saltar de átomo a átomo, aún a la temperatura ambiente. El valor de la conductividad (inversa de la resistividad) es elevado en estos materiales.

En materiales aislantes, aún cuando se apliquen voltajes elevados a la estructura del material, la fuerza que se ejerce sobre los electrones de la órbita externa no es suficiente para permitir que estos atraviesen la banda prohibida y puedan establecer una corriente.

Los materiales semiconductores presentan características intermedias entre conductores y aislantes, el nivel de energía necesario para que los electrones crucen la banda prohibida en estas sustancias es mayor que el necesario en un conductor pero no tan elevado como en el caso de un aislante. El salto de energía entre una banda y otra en un semiconductor es pequeño, por lo que suministrando energía pueden conducir la electricidad y su conductividad puede regularse, puesto que basta disminuir la energía aportada para que sea menor el número de electrones que salte a la banda de conducción; cosa que no puede hacerse con los metales, cuya conductividad es constante o poco variable con la temperatura.

Se puede conseguir un efecto de conversión fotovoltaica en todos los semiconductores; aunque los semiconductores más aptos para la conversión de luz solar son los más sensibles, es decir, aquellos que dan el mayor producto de corriente-voltaje

para luz visible (la mayor cantidad de energía transmitida por los rayos solares está en las partes visibles del espectro).

El silicio es el más importante material semiconductor para la conversión fotovoltaica de energía solar. En su forma cristalina pura, este material presenta pocas cargas libres en su interior y una resistividad alta. Mediante un proceso llamado *difusión* se puede introducir pequeñas cantidades de otros elementos químicos, que permiten decrecer el valor inicial de resistividad y crear simultáneamente una región tipo p y una región tipo n, de modo de que se produce una unión p-n.

Un átomo del silicio tiene 4 electrones de valencia, que enlazan a los átomos adyacentes. Sustituyendo un átomo del silicio por un átomo que tenga 3 o 5 electrones de la valencia producirá un espacio sin un electrón (un agujero), o un electrón extra que pueda moverse más libremente que los otros. La creación de agujeros, es alcanzada mediante la incorporación en el silicio de átomos con 3 electrones de valencia, generalmente se utiliza boro. La creación de electrones adicionales es alcanzada incorporando un átomo con 5 electrones de valencia, generalmente fósforo. Este proceso de dopado puede visualizarse en la figura siguiente:

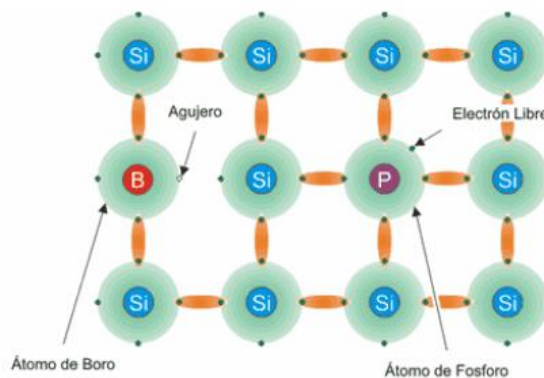


Figura 4.21. Dopado del Silicio

Los principales componentes de la celda FV son las capas adyacentes de materiales semiconductores tipo P y tipo N que se unen en una zona denominada *juntura*.

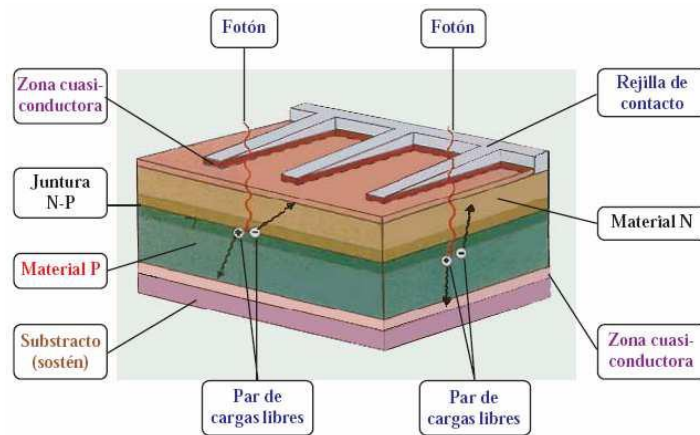


Figura 4.22. Construcción de la Celda Solar Fotovoltaica

Las cargas mayoritarias en cada semiconductor (electrones de un lado y hoyos del otro) no permanecen inmóviles al realizar la junta, sino que se desplazan hacia la zona adyacente, donde la concentración es baja. Este desplazamiento de cargas acumula cargas positivas en la zona N y negativas en la zona P, creando una diferencia de potencial en la junta, la que establece a su vez un campo eléctrico en esta zona.

El proceso migratorio de las cargas continúa hasta que se alcanza un estado de equilibrio, tal como se muestra en la figura:

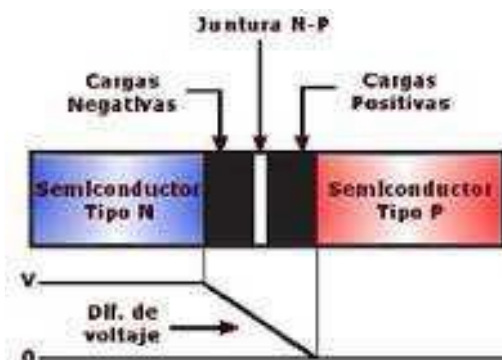


Figura 4.23. Junta N-P en Equilibrio

Cuando la luz solar que incide sobre la zona adyacente a la junta tiene el espectro y nivel de energía requerido por el material, las cargas eléctricas creadas por la luz mediante el efecto fotoconductor serán separadas por la barrera en cargas

positivas en un lado y cargas negativas en el otro, creando una diferencia de potencial entre ambas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo que permite producir trabajo útil.^{xxii}

El voltaje generado en la juntura depende del semiconductor empleado. Para las células de silicio este valor es de alrededor de 0,5 V. Como en la unión p-n se genera un campo eléctrico fijo, el voltaje de una celda FV es de corriente continua. La potencia eléctrica generada por la celda FV en un determinado instante, está dado por los valores instantáneos del voltaje y la corriente de salida. El valor de la corriente dependerá del valor de la carga, la irradiación solar, la superficie de la celda y el valor de su resistencia interna.

La superficie del material semiconductor expuesta a la luz tiende a reflejar hasta el 30% de la luz incidente, lo que reduce la eficiencia de conversión de la celda. Para disminuir esta reflectancia, sobre la superficie de la celda se coloca una película de material antireflectante.

El efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un metal o fibra de carbono cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general). A veces se incluyen en el término otros tipos de interacción entre la luz y la materia:

- **Fotoconductividad:** es el aumento de la conductividad eléctrica de la materia o en diodos provocada por la luz. Descubierta por Willoughby Smith en el selenio hacia la mitad del siglo XIX.
- **Efecto fotovoltaico:** transformación parcial de la energía luminosa en energía eléctrica. La primera célula solar fue fabricada por Charles Fritts en 1884. Estaba formada por selenio recubierto de una fina capa de oro.

El efecto fotoeléctrico fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887, al observar que el arco que salta entre dos electrodos conectados a alta tensión alcanza distancias mayores cuando se ilumina con luz ultravioleta que cuando se deja en la

oscuridad. La explicación teórica fue hecha por Albert Einstein, quien publicó en 1905 el revolucionario artículo "Heurística de la generación y conversión de la luz", basando su formulación de la fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos de Max Planck. Más tarde Robert Andrews Millikan pasó diez años experimentando para demostrar que la teoría de Einstein no era correcta, para finalmente concluir que sí lo era. Eso permitió que Einstein y Millikan fueran condecorados con premios Nobel en 1921 y 1923, respectivamente.

Se podría decir que el efecto fotoeléctrico es lo opuesto a los rayos X, ya que el efecto fotoeléctrico indica que los fotones luminosos pueden transferir energía a los electrones. Los rayos X (no se sabía la naturaleza de su radiación, de ahí la incógnita "X") son la transformación en un fotón de toda o parte de la energía cinética de un electrón en movimiento. Esto se descubrió casualmente antes de que se dieran a conocer los trabajos de Planck y Einstein (aunque no se comprendió entonces).

Tipos de celdas

Las celdas solares de silicio se elaboran utilizando planchas monocristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas. Se unen capas de silicio tipo p y silicio tipo n, a través de una capa de barrera, que es esencial para el efecto fotovoltaico.

Las planchas monocristalinas (estructura cristalina uniforme) se cortan de un lingote monocristalino que se desarrolla a aproximadamente 1400°C, lo que resulta en un proceso muy costoso. .

Las células de silicio monocristalino se obtienen a partir de silicio muy puro, que se funde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Una vez que el material se encuentra en estado líquido se le introduce una varilla con un "cristal germen" de silicio, que se va haciendo crecer con nuevos átomos procedentes del líquido, que quedan ordenados siguiendo la estructura del cristal. De esta forma se obtiene una monocristal dopado, que luego se corta en obleas de aproximadamente 3 décimas de milímetro de grosor. Estas obleas se introducen después en hornos especiales, dentro de los cuales se difunden átomos de fósforo que se depositan sobre una cara y alcanzan una cierta profundidad en su superficie. Posteriormente, y antes de

realizar la serigrafía para las interconexiones superficiales, se recubren con un tratamiento antireflexivo de bióxido de titanio o zirconio.

Las planchas policristalinas_(estructura cristalina no uniforme) se realizan por un proceso de moldeo en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se lo deja asentar. Entonces se rebana en planchas.

Como las planchas policristalinas son hechas por moldeo implican menores costos de producción, pero no son tan eficientes como las celdas monocristalinas. El rendimiento más bajo se debe a las imperfecciones en la estructura cristalina, resultado del proceso de moldeo.

El otro tipo corresponde a las células amorfas. Como su nombre lo indica, estas células no poseen una estructura cristalina. Precisamente esa simplificación en la estructura conduce a un abaratamiento drástico de las mismas.

Es un hecho que cuando más se aleja la técnica de fabricación de una célula fotovoltaica de la estructura cristalina pura, más defectos estructurales aparecerán en la sustancia semiconductor, los que aumentan la cantidad de cargas libres que son atrapadas, disminuyendo la eficiencia de conversión.

Otro tipo de celda existente en el mercado considera el hecho de que en el semiconductor empleado en la construcción de la misma, se generan cargas libres a partir de solo una parte del espectro luminoso (aquella cuya frecuencia y energía es igual o mayor a la energía de *función de trabajo* del material de la celda). Es por esto que algunas celdas solares se diseñan con multijunturas. Es decir, un conjunto de celdas individuales de distintos materiales, con una sola junta, que se apilan de forma que la primera celda captura los fotones de alta energía y deja pasar el resto, para que sean absorbidos por las demás células que requieren niveles de energía más bajos. Esto permite aumentar la eficiencia de conversión pero aumenta los costos de producción.

Los dos principales tipos de estructura cristalina disponibles en el mercado pueden ser identificados a simple vista, ya que la estructura cristalina provee una superficie de brillo uniforme, mientras que la policristalina muestra zonas de brillo diferente:

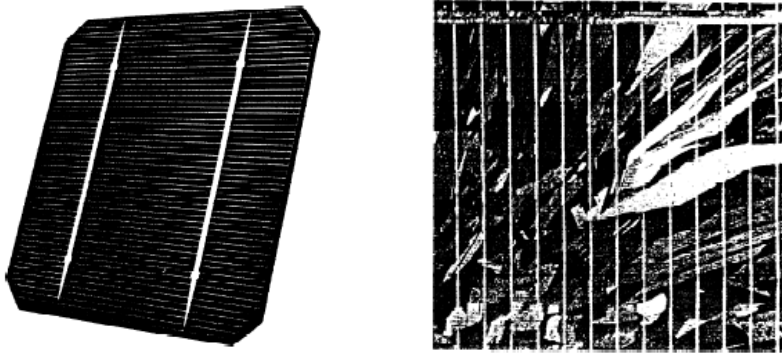


Figura 4.24. Material Monocristalino y Policristalino

Curvas V-I

Si los valores de potencia luminosa y la orientación del panel *permanecen constantes*, la corriente de salida de un panel fotovoltaico *varía con el valor del voltaje en la carga y su temperatura de trabajo*. Esto se debe a las características intrínsecas de los materiales semiconductores.

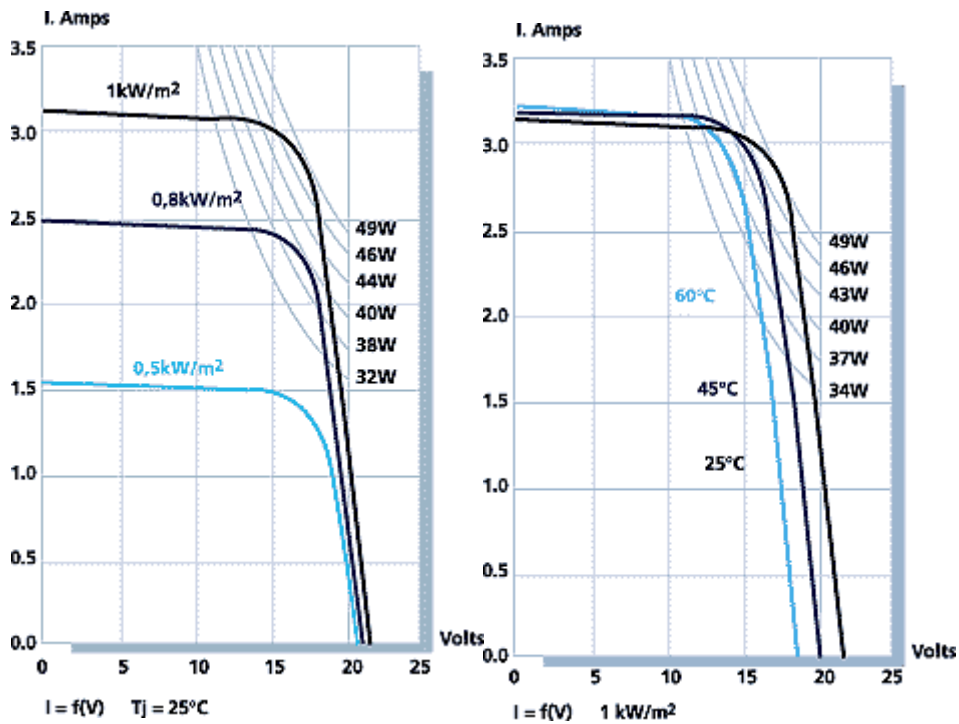


Figura 4.26. Curvas I-V Características de los Paneles Solares

Si bien se ha seleccionado un panel en particular para esta ilustración, los restantes tienen un comportamiento similar, ya que utilizan celdas de silicio. Puede observarse que el valor máximo para el voltaje de salida corresponde a un valor de corriente nulo (voltaje a circuito abierto), mientras que el valor máximo para la corriente corresponde a un voltaje de salida nulo (salida cortocircuitada). Todas las curvas tienen una zona donde el valor de la corriente permanece *prácticamente constante* para valores crecientes del voltaje de salida, hasta que alcanzan una zona de transición.

A partir de esta zona, pequeños aumentos en el voltaje de salida ocasionan bruscas disminuciones en el valor de la corriente de salida. El comienzo de la zona de transición se alcanza para menores valores del voltaje de salida cuando la temperatura de trabajo se incrementa.

Máxima Potencia Pico

Para cada condición de trabajo se puede calcular la potencia de salida del panel multiplicando los valores correspondientes al voltaje y la corriente para ese punto de la curva I-V. En particular, la potencia de salida es *nula* para dos puntos de trabajo: circuito abierto y cortocircuito, ya que la corriente o el voltaje de salida es nulo. Esto significa que si la salida de un panel es cortocircuitada, éste no sufre daño alguno. Entre estos dos valores nulos, la potencia de salida alcanza un valor máximo que varía con la temperatura. El valor máximo que corresponde a una temperatura de trabajo de 25°C se denomina "*valor pico*" (Wp) del panel. Es decir, un módulo de 80 W de potencia pico produce 80 Wh si durante una hora recibe la cantidad de radiación para la que fue diseñado.

Para determinar la potencia pico, se usan los valores estandarizados: potencia luminosa de **1 Sol**; espectro luminoso correspondiente a M 1,5. Los valores de voltaje y corriente asociados con este máximo (V_p e I_p) son los dados en la hoja de

especificaciones para el panel. Estos están ubicados al comienzo de la zona de transición de la curva I-V para la temperatura en consideración.

La batería

La disponibilidad de la energía solar para producir electricidad raras veces coincide con el momento en el que lo necesitamos. Es necesario un balance entre la producción de energía y su uso.

Las baterías son el alma de los sistemas de generación fotovoltaicos y representan gran parte de la inversión. Al mismo tiempo son los elementos que sufren mayores desgastes y por lo tanto presentan menor vida útil. Hay baterías que pueden durar más de 10 años y otras apenas llegan a los 2 es por eso que hay que hacer un análisis costo/durabilidad a la hora de elegir la más adecuada.

Tipo de batería:

-De plomo ácido abiertas o de mínimo mantenimiento:

La ventaja de este tipo de baterías radica en que pueden ser rellenadas con agua destilada. Como desventaja, se encuentra que requerirá de citas de servicio para un mínimo mantenimiento.

-De plomo ácido selladas o libres de mantenimiento:

Que no requiera el mínimo mantenimiento es la principal ventaja de las baterías de este tipo; sin embargo, esta característica provoca su desventaja pues al no necesitar mantenimiento acorta su vida funcional frente a las baterías que sí necesitan mantenimiento.

-De gel selladas o libre mantenimiento:

Este tipo de baterías no requieren mantenimiento y cuentan con una protección contra la salida de ácido. Su desventaja principal es que no soportan una corriente mayor de lo que se especifica.

-AGM selladas libre de mantenimiento:

Sin duda este tipo de baterías es de las que cuentan con más ventajas: no necesitan mantenimiento y están construidas con material de fibra de vidrio absorbido. También se protegen contra salidas de ácido y catalizan hasta el 95% del hidrógeno y el oxígeno gasificado otra vez en agua, características por las que tienen una vida más larga. Su funcionalidad es su mayor desventaja, pues son baterías con precios elevados debido a su gran calidad.



Las más utilizadas son las de plomo debido a su buena relación precio/energía.

Baterías de Plomo

La mayoría de las baterías de plomo usadas en sistemas solares y eólicos parecen a los que se usan en autos y camiones, pero son optimizadas para una aplicación diferente. Importante en los carros es la disponibilidad de mucha energía durante un tiempo muy corto, principalmente para arrancar el motor. Este alto flujo de amperes necesario se logra con capas de plomo delgadas.

En sistemas solares y eólicos las baterías tienen que dar la energía sobre un tiempo relativamente largo y frecuentemente se descargan a niveles más bajos. Estas baterías de tipo ciclo profundo tienen capas de plomo gruesas que además brindan la ventaja de significativamente prolongar su vida. Estas baterías son relativamente

grandes y pesadas por el plomo. Son compuestas de celdas de 2 voltios nominales que se juntan en serie para lograr baterías de 6, 12 o más voltios.

Hay que diferenciar entre baterías para el uso cíclico (cargar y descargar diariamente) y las baterías para el uso en sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS). Estas solamente entran en función cuando hay un fallo de electricidad, pero normalmente son llenas. Internamente son diferentes, por ejemplo varía el porcentaje de amonio en el ácido. Baterías para el uso en UPS frecuentemente no aguantan el uso cíclico en sistemas de energías renovables.

Peligros de Baterías de Plomo:

No hay que olvidar que aparte del agresivo ácido sulfúrico y los gases explosivos que pueden producirse en ciertas condiciones, el plomo es venenoso. Se acumula en los huesos y con el tiempo causa graves daños de salud. Sobre todo niños están en peligro. Por esto se prohibió el uso de plomo en los combustibles y pinturas. Es importante tenerlas en lugares ventilados y asegurados para evitar accidentes. Este problema es reducido pero no eliminado con los modelos VRLA sellados de gel o AGM. Por su contenido tóxico y agresivo, las baterías necesitan ser recicladas para no dañar la salud y el medio ambiente.

Vida de Baterías Solares:

La vida de las baterías se mide en la cantidad de ciclos de cargar y descargar que se determinan a cierta profundidad de descarga a una temperatura específica (normalmente a 20 o 25°C). Traducida en años, y asumiendo un ciclo por día, baterías de calidad en un ambiente normal, que no se descargan excesivamente y se carga correctamente, tienen una vida de por lo menos seis años, ocho a diez años es común y hay baterías industriales que después de 20 años todavía mantienen una capacidad de 80%. Aparte de la calidad de la fabricación y del tipo, la vida depende sobre todo de su manejo correcto.

Con el uso difícil a controlar, no sorprende que los fabricantes prefieren no ofrecer garantías largas.

Baterías representan una de las más costosas partes en sistemas solares y eólicos no conectados a la red y son la única parte a reemplazar periódicamente. Su vida, que depende en gran parte de un manejo adecuado, afecta directamente la economía del sistema (y el medioambiente). En este link detallamos algunos aspectos sobre la utilización correcta de baterías, que frecuentemente no recibe la atención adecuada.

Condiciones que afectan la vida de baterías:

La mayoría de baterías de carros viven menos de 200 ciclos si se descarga regularmente a 50% de su capacidad. Baterías líquidas de ciclo profundo (incluso las 'selladas') son capaces de 400 ciclos, baterías de AGM y de Gel superan fácilmente 800 ciclos. Hay baterías para el uso industrial (por ejemplo los tubulares OPzS o OPzV) que pueden manejar bajo buenas condiciones más de 10,000 ciclos!

Exponer las baterías a temperaturas elevadas o descargarlas por completo, aunque muy pocas veces, arruina este cálculo!

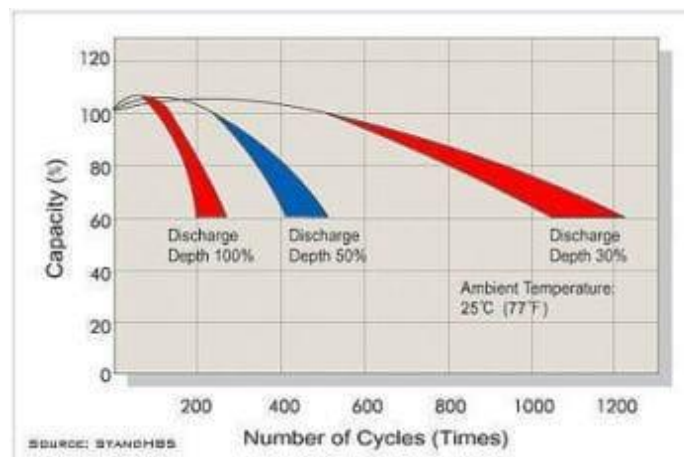


Figura 4.27. Profundidad de descarga vs número de ciclos de las baterías

Todas las baterías a base de plomo necesitan (quizás como humanos) una buena alimentación (carga). Baterías de calidad, siempre llenas, sin sobrecargarlas, pueden vivir 10 años o más. Si se descargan frecuentemente en forma profunda (aunque el término 'ciclo profundo' sugiere diferente), mueren más rápidas. La figura 4.27 muestra la profundidad de descarga versus el número de ciclos. Mantenerlos sin 'alimento' (carga) sobre un tiempo prolongado es su fin.

En la práctica es importante instalar suficiente capacidad para no descargar las baterías a menos de 50% de su valor nominal. (Nota: también se necesita suficiente capacidad de paneles solares o del aerogenerador para cargarlas por completo). Tener suficiente capacidad instalada además tiene el importante beneficio de aumentar las reservas por ejemplo para los días con poco sol o viento y para situaciones de emergencias cuando de repente se necesita más luz. Entonces, dependiendo de la necesidad de electricidad, es importante calcular un balance óptimo para la capacidad instalada. A lo largo es económicamente más favorable invertir en buenas y suficientes baterías.

Lamentablemente mucha gente prefiere ahorrar en baterías con la sorpresa más adelante de baterías muertas en poco tiempo. La entonces expresada opinión que las baterías son malas frecuentemente no es correcto, era su uso inapropiado - en su mayoría descargas profundas.

Nuestra calculadora solar es de gran ayuda en dimensionar la potencia necesaria de la(s) batería(s) según sus requerimientos de energía.

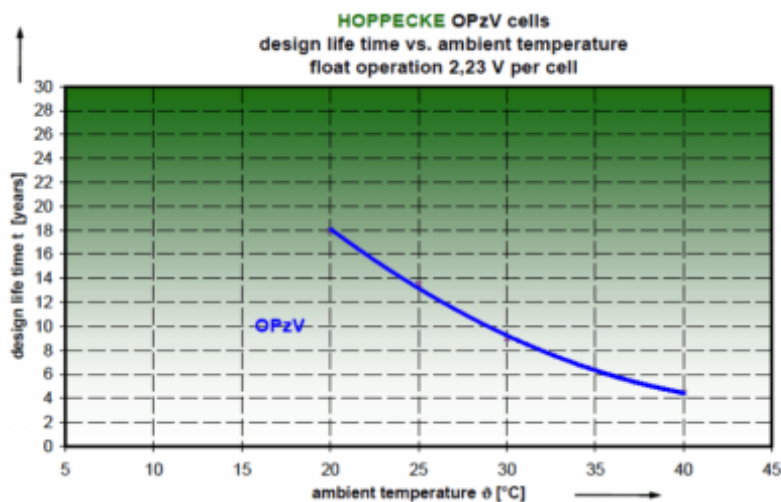


Figura 4.28. Vida útil vs Temperatura ambiente

La temperatura tiene gran influencia sobre la batería. No quieren el frío, ni el calor: una temperatura entre 20 y 25°C es lo óptimo para una batería en uso.

A más alta temperatura, la vida es más reducida. Una temperatura 10 grados arriba de 25°C puede cortar la vida por la mitad. Por otro lado la capacidad de almacenar

energía disminuye en temperaturas bajas, pero no reduce la vida. Entonces para una batería sin uso, es preferible mantenerla a una temperatura más baja, pero sin congelarla.

La temperatura también influye como cargar una batería. Con el aumento de la temperatura hay que disminuir el voltaje para evitar una gasificación, pero todavía asegurando una carga por completo. Por eso, todos los controladores buenos tienen una compensación de temperatura incorporada. Recordamos que una gasificación en baterías selladas (libre de mantenimiento) no es recuperable: el líquido se pierde por las válvulas sin tener la posibilidad de rellenarlas.

Eficiencia de Baterías Solares:

La capacidad de las baterías varía según tipo, su calidad de construcción, la temperatura, vejez, y el estado de descarga. Una batería descargada con una corriente alta en poco tiempo tiene menos capacidad que la misma descargada con una corriente pequeña sobre un tiempo prolongado. Normalmente los fabricantes de baterías indican la capacidad de la batería descargada sobre 24 horas (C24), pero algunos miden la capacidad hasta 100 horas (C100) y así indican un valor comparativo más alto de la competencia.

Más importante es la diferencia entre la cantidad de energía que entra en la batería (cargando) y la que es disponible en la batería (descargando). Esta eficiencia de Coulomb (también conocido como eficiencia de Faraday) es en baterías normales de plomo entre 70 y 85%. Significa por ejemplo que de 100Ah usados para cargar la batería, solamente entre 70 y 85Ah son disponibles, el resto de la energía se pierde principalmente en calor y el proceso químico. Las baterías de buena calidad, sobre todo los de tipo AGM, pueden tener una eficiencia hasta 95%. Esta pérdida frecuentemente se olvida en la planificación de sistemas con baterías.

Tipos de Baterías de Plomo para Aplicaciones Solares

Se usan en la mayoría dos diferentes tipos de baterías de plomo:

“-Baterías Líquidas: son las más antiguas y su simple producción permiten precios favorables. Existen en versión abierta con tapas que dejan sustituir el agua o en versión

'libre de mantenimiento' que son cerradas, pero con válvulas para que posibles gases puedan escapar durante cargas excesivas (en la realidad no son libre de mantenimiento, son de bajo mantenimiento). Sus ventajas aparte de los precios es que son menos problemáticos si se sobrecargan. Las desventajas son que durante la carga escapa hidrógeno (explosivo), existe el peligro de perder el muy agresivo ácido, un control del nivel del agua es necesario (en las de 'libre mantenimiento' no se pueden sustituir el agua), y su corta vida típica de aproximadamente 400 ciclos de carga y descarga. Una ventilación es muy importante para estos tipos de batería y temperaturas bajo zero pueden destruirlas rápidamente.

-Baterías tipo VRLA: (abreviación del inglés: Valve Regulated Lead Acid battery). Estas baterías modernas tampoco son completamente selladas, pero contienen una tecnología que recombinan el oxígeno y hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas. Estas baterías funcionan en cualquiera posición. Hay dos tipos principales: los de consistencia de Gel y los AGM, donde el ácido es fijado en fibra de vidrio (AGM - absorbed glass mat). Ambas se pueden usar en temperaturas bajas.

-Baterías de Gel: En estas baterías 'selladas', el ácido tiene la forma de gel. Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición. La corrosión es reducida y son más resistentes a bajas temperaturas. Su vida es mucho mayor que la vida de las baterías líquidas y comparado con otras, son las menos afectadas en casos de descargas profundas. Las desventajas son una resistencia interna poco más alta que reduce el flujo máximo de la corriente, son algo más delicadas para cargar y llevan un precio mayor. Estas baterías, por su larga vida, se usan frecuentemente en la industria y la telecomunicación.



Figura 4.29. Batería de Plomo

-Baterías tipo AGM: En estas baterías, desarrolladas inicialmente para la aviación, el ácido está fijado en fibras de vidrio (a veces se llaman baterías 'secas' por su reducida cantidad de ácido). Cada vez más se usan en sistemas solares y eólicos. Sus ventajas son una alta resistencia en climas fríos, su auto descarga sobre el tiempo es mínimo y tiene la eficiencia más alta de todas las baterías de plomo (hasta 95%). Tienen una baja resistencia interna que permite corrientes altas. Desventaja, aparte del precio, es su vulnerabilidad más alta a descargas profundas. La vida puede variar considerablemente según calidad.”^{xxiii}

Regulador de carga

El regulador de carga (regulador de tensión) es el dispositivo encargado de proteger la batería frente a sobrecargas y descargas profundas.

El regulador controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga.

En la actualidad introducen micro controladores para una correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación avanzada les permite adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros.



Figura 4.30. Regulador de carga

Existen 2 tipos de reguladores de carga, el PWM o convencional, y el MPPT o maximizador. El uso de uno u otro dependerá del tipo de placa solar que utilicemos. Si se tratan de placas solares de 36 o 72 células (paneles de hasta 200W) será suficiente usar un regulador PWM ya que estas placas tienen un voltaje en el punto de máxima potencia alto. Mientras que si usamos placas de 60 células (paneles de potencia superior

a 200W) será de uso obligatorio el regulador MPPT, ya que estas placas tiene un voltaje menor pues priorizan el amperaje en lugar del voltaje, con lo cual será necesario siempre un regulador MPPT el cual modula el voltaje del panel y lo adapta a las características de las baterías conectadas.

Los paneles solares de 60 células se conocen popularmente como paneles de red ya que se utilizaban antiguamente en las huertas solares que se conectaban a la red. Para diferenciar los paneles de red de los paneles convencionales, se debe mirar su ficha técnica impresa en la pegatina posterior del panel: El panel de red indicará un valor VMP de solamente 29V o similar, mientras que las placas convencionales o de aislada generan un VMP aproximado de 36 voltios en las *placas de 24V* y de 18 voltios en las placas de 12V. Para saber si necesito un regulador de 10A, 20A, 30A, 60A o 80A (A= amperios) se deberá mirar el amperaje del panel indicado como corriente nominal o IMP i multiplicarlo por el número de paneles que queramos instalar en la instalación solar. Por ejemplo, en una instalación solar de 12V donde se instalen 6 placas de 140W 12V, el IMP de este panel será de 7.97A. Por lo tanto si se disponen de 7 placas se obtendrá una corriente máxima de 55,79, y será necesario usar un *regulador solar de 60A*. También es importante si en un futuro hay previsto instalar más paneles, poner ya de inicio un regulador de mayor capacidad, así, cuando se instalen será necesario cambiar este dispositivo.

¿Cómo trabajan los reguladores de carga?

-IGUALACIÓN

Esta respuesta del regulador permite la realización automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un período de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, reduciendo al máximo el gaseo en caso contrario.

-CARGA PROFUNDA

Tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta alcanzar el punto de tensión final de carga. Alcanzado dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación.

Cuando se alcanza la tensión final de carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase se completará la carga.

-CARGA FINAL Y FLOTACIÓN

La carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de actuación del sistema de regulación dentro de lo que denominamos “Banda de Flotación Dinámica”. La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximos y mínimo se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente.

Una vez alcanzado el valor de voltaje de plena carga de la batería, el regulador inyecta una corriente pequeña para mantenerla a plena carga, esto es, inyecta la corriente de flotación. Esta corriente se encarga por tanto de mantener la batería a plena carga y cuando no se consume energía se emplea en compensar la autodescarga de las baterías.

-DESCONEXIÓN DEL CONSUMO POR BAJA TENSIÓN DE BATERÍA

La desconexión de la salida de consumo por baja tensión de batería indica una situación de descarga del acumulador próxima al 70% de su capacidad nominal.

Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de tensión de maniobra de desconexión de consumo durante más de un tiempo establecido, se desconecta el consumo. Esto es para evitar que una sobrecarga puntual de corta duración desactive el consumo.

Tensión de desconexión del consumo: tensión de la batería a partir de la cual se desconectan las cargas de consumo.

-ALARMA POR BAJA TENSIÓN DE BATERÍA

La alarma por baja tensión de batería indica una situación de descarga considerable. A partir de este nivel de descarga las condiciones del acumulador comienzan a ser comprometidas desde el punto de vista de la descarga y del mantenimiento de la tensión de salida frente a intensidades elevadas.

Esta alarma está en función del valor de la tensión de desconexión de consumo (siempre se encontrará 0,05 volt/elem. por encima).

En el regulador DSD, Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de la alarma durante más de 10 segundos aprox. se desconecta el consumo. El regulador entra entonces en la fase de igualación y el consumo no se restaurará hasta que la batería no alcance media carga. Además, incluye una señal acústica para señalar la batería baja

-PROTECCIONES TIPICAS

Contra sobrecarga temporizada en consumo

Contra sobretensiones en paneles, baterías y consumo.

Contra desconexión de batería.

-INDICADORES DE ESTADO/ SEÑALIZADORES HABITUALES

Indicadores de tensión en batería.

Indicadores de fase de carga.

Indicadores de sobrecarga/ cortocircuito.

-PARÁMETROS A CALCULAR, DIMENSIONAMIENTO

Tensión nominal: la del sistema (12, 24, 48)

Intensidad del regulador: la intensidad nominal de un regulador ha de ser mayor que la recibida en total del campo de paneles FV.

-Parámetros importantes que determinan su operación

-Intensidad Máxima de Carga o de generación: Máxima intensidad de corriente procedente del campo de paneles que el regulador es capaz de admitir.

-Intensidad máxima de consumo: Máxima corriente que puede pasar del sistema de regulación y control al consumo.

-Voltaje final de carga: Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la



corriente media entregada por el generador fotovoltaico (l flotación). Vale aproximadamente 14.1 para una batería de plomo ácido de tensión nominal 12V.^{xxiv}

Inversor

Los inversores convierten la energía eléctrica de corriente continua producida en los paneles solares fotovoltaicos en corriente alterna monofásica y la inyectan a cada una de las fases de la red de suministro eléctrico. La etapa de potencia presenta una configuración en puente monofásico, utilizando como semiconductores de potencia transistores MOSFET.

Figura 4.31 Inversor

Tipos

- Inversores de conmutación natural. También son conocidos como inversores conmutados por la red, por ser esta la que determina el fin del estado de conducción en los dispositivos electrónicos. Su aplicación es para sistemas FV conectados a la red. Actualmente están siendo desplazados por los inversores de conmutación forzada tipo PWM, conforme se desarrollan los transistores de tipo IGBT para mayores niveles de tensión y corriente.
- Inversores de conmutación forzada o autoconmutados. Son para sistemas FV aislados. Permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzados por el sistema de control. Pueden ser de salida escalonada (onda cuadrada) o de modulación por anchura de pulsos (PWM), con

los que se pueden conseguir salidas prácticamente senoidales y por tanto con poco contenido de armónicos.

Con los inversores tipo PWM se consiguen rendimientos por encima del 90%, incluso con bajos niveles de carga.

Principio de funcionamiento:

Se basan en el empleo de dispositivos electrónicos que actúan a modo de interruptores permitiendo interrumpir las corrientes e invertir su polaridad.

Dimensionamiento:

Las principales características vienen determinadas por la tensión de entrada del inversor, que se debe adaptar a la del sistema, la potencia máxima que puede proporcionar la forma de onda en la salida (sinusoidal pura o modificada, etc), la frecuencia de trabajo y la eficiencia, próxima al 85%.

La eficiencia de un inversor no es constante y depende del régimen de carga al que esté sometido. Para regímenes de carga próximos a la potencia nominal, la eficiencia es mayor que para regímenes de carga bajos.

Puesto que la salida de los inversores está conectada a la red eléctrica, el sincronismo con esta es un aspecto fundamental en el funcionamiento del inversor. El control principal lo trata de forma prioritaria, realizando un seguimiento muy sensible a cualquier cambio en la red. Ello permite introducir las correcciones necesarias cada 10 milisegundos. El control de la red se realiza mediante un circuito analógico, que permite ajustes del sistema, mediciones de tensión, corriente y factor de potencia.

Al arrancar los inversores, hay que esperar un tiempo hasta que empiezan a funcionar porque tienen que sincronizarse con la red. Es necesario que estén conectados a la red para poder arrancar.

Para conseguir el mejor rendimiento de la instalación, el sistema de control de los inversores trabaja detectando continuamente el punto de máxima potencia (MPPT) de la característica tensión-corriente de los paneles fotovoltaicos. La situación de dicho punto de máxima potencia es variable, dependiendo de diversos factores ambientales, como variaciones en la radiación solar recibida o por variaciones de la temperatura de los paneles. La sensibilidad del circuito detector del punto de máxima potencia es de 30W y el tiempo de respuesta en la búsqueda del nuevo punto oscila entre 2 y 10 segundos.

A partir de los parámetros de la red eléctrica, de la situación del sincronismo, y el seguimiento del punto de máxima potencia, el sistema de control principal del inversor comunica al generador de forma de onda senoidal S.P.W.M. las acciones a realizar en cada momento.

Durante los períodos nocturnos el inversor permanece parado vigilando los valores de tensión del bus DC del generador fotovoltaico. Al amanecer, la tensión del generador fotovoltaico aumenta, lo que pone en funcionamiento el inversor que comienza a inyectar corriente en la red si la potencia disponible en paneles supera un valor umbral o mínimo. A continuación se describe el funcionamiento del equipo frente a situaciones particulares.

Fallo en la red eléctrica:

En el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor se encuentra en situación de circuito abierto, en este caso el inversor se desconecta por completo y espera que se restablezca la tensión en la red para iniciar de nuevo su funcionamiento.

Tensión fuera de rango:

Si la tensión de red se encuentra fuera del rango de trabajo aceptable, tanto si es superior como si es inferior, el inversor interrumpe su funcionamiento hasta que dicha tensión vuelva a encontrarse dentro del rango admisible. A partir de 250 Vca el equipo reduce la potencia a fin de no incrementar más esta tensión. Si a pesar de esta reducción la tensión sobrepasa 255 Vca, se parará.

Frecuencia fuera de límites:

Si la frecuencia de la red está fuera de los límites de trabajo el inversor se para inmediatamente pues esto indicaría que la red es inestable o está en modo isla.

Temperatura elevada:

El inversor dispone de un sistema de refrigeración por convección. Está calculado para un rango de temperaturas similar al que puede haber en el interior de una vivienda. En el caso de que la temperatura ambiente se incremente excesivamente o accidentalmente se tapen los canales de ventilación, el equipo seguirá funcionando pero reducirá la potencia de trabajo a fin de no sobrepasar internamente los 75°C. Esta situación se indica con el led de temperatura intermitente.

Si internamente se llega a 80°C, se parará y el intermitente se quedará fijo iluminado.

Tensión del generador fotovoltaico baja:

En este caso, el inversor no puede funcionar. Es la situación en la que se encuentra durante la noche, en días muy nublados o si se desconecta el generador solar.

El led de paneles estará fijo apagado.

Intensidad de generador fotovoltaico insuficiente:

Los generadores fotovoltaicos alcanzan el nivel de tensión de trabajo a partir de un valor de radiación solar muy bajo (de 2 a 8mW/cm²). Cuando el inversor detecta que se dispone de tensión suficiente para iniciar el funcionamiento, el sistema se pone en marcha solicitando potencia del generador fotovoltaico. Si el generador no dispone de suficiente potencia debido a que la radiación solar es muy baja, el valor de intensidad mínima de funcionamiento no se verifica, lo que genera una orden de parada del equipo. Y posteriormente se inicia un nuevo intento de conexión. El intervalo entre intentos es aproximadamente de 3 minutos ^{xxv}

Energía solar: Desarrollo:

Estimación del consumo

En esta etapa se calculará la demanda de energía eléctrica por día, teniendo en cuenta la potencia, factor de potencia y las horas de uso de todos los elementos de la instalación.

Para una correcta estimación del consumo debe tenerse en cuenta la variabilidad de la demanda energética en las distintas épocas del año. Por lo tanto se adoptará un criterio conservador dimensionando la instalación para la peor época del año (invierno) y la mejor (verano).

Personalización

Se realizó una personalización el programa de dibujo AutoCad, para trabajar directamente sobre el plano de la vivienda. En conjunto con el Excel se calculó de manera simple y rápida, el consumo de la instalación.

Dicha personalización nos permite: En una primera parte insertar los distintos elementos de la instalación en forma de bloques, adicionándole las propiedades correspondientes. Y en una segunda parte, extraer los datos para poder realizar cálculos en Excel.

En una primera parte se dibujaron los elementos del sistema en un archivo de Autocad. Mediante el comando Wblock se crearon y guardaron los bloques en una carpeta llamada bloques. A continuación se muestran alguno de los bloques creados.



- Lámpara: Vida útil, Potencia, Horas, Precio, Iluminancia, Factor de potencia



- Fluorescente: Vida útil, Potencia, Horas, Precio, Iluminancia, Factor de potencia



- Toma: Vida útil, Potencia, Horas, Precio, Factor de potencia



- Interruptor: Vida útil, Precio



- InterruptorBipolar: Vida útil, Precio



- InterruptorDosvias: Vida útil, Precio

Después en una segunda parte con el programa Block de Notas se creó el archivo de menú: “Personalizacion.MNU”. Dicho archivo se utiliza para cargar el menú desde atucad.

El mismo cuenta con 3 partes principales, instalación (donde se encuentran todos los elementos de la instalación eléctrica), generación (donde se encuentran algunos de los elementos para la generación de electricidad) y análisis (donde se encuentra las opciones de extracción de datos). A continuación se muestra el archivo de menú:

“En el menú POP1”

Instalación] encontramos todos los bloques eléctricos de la instalación para el cálculo del consumo. Bocas, Interruptores, Tomas y Tableros

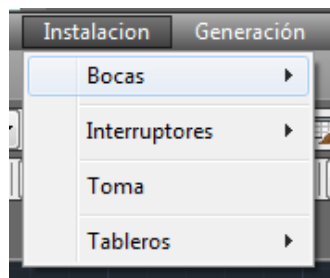


Figura 4.32 Menú personalizado: Instalación

**POP1

ID_menulInstalacion [&Instalacion]

ID_Bocas [->&Bocas]

ID_Lampara [&Lampara]^C^C_layer;m;Instalación;s;;c:green;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Lampara.DWG";Rotate;\

ID_Fluorescente [<- &Fluorescente]^C^C_-
layer;m;Instalación;s;;c:green;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Fluorecente.DWG";Rotate;\

[--]

ID_Interruptores [->&Interruptores]

ID_Punto [&Punto]^C^C_layer;m;Instalación;s;;c:green;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Interruptor.DWG";Rotate;\

ID_DosPuntos [&Dos_Puntos]^C^C_-
layer;m;Instalación;s;;c:green;;lw;0.2;;;^C^C_insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/
Bloques/InterrupDosvias.DWG";Rotate;

ID_Bipolar [<- &Bipolar]^C^C_layer;m;Instalación;s;;c:green;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/InterruptorBipolar.DWG";Rotate;

[--]

ID_Toma [&Toma]^C^C_layer;m;Instalación;s;;c:green;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Toma.DWG";Rotate;

[--]

ID_Tableros [->Table&ros]

ID_TableroPrincipal [&Principal]^C^C_-
layer;m;Instalación;s;;c:green;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/TableroPrincipal.DWG";\;

ID_TableroDistribucion [&Distribucion]^C^C_-
layer;m;Instalación;s;;c:green;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/TablerodeDistribucion.DWG";\;

```

ID_TableroSecundario          [<- &Secundario]^C^C_-
layer;m;Instalación;s;;c;green;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/TableroSecundario.DWG";\;

```

“En el menú POP2”

[Generación] encontramos todos los bloques de los equipos de generación; Fotovoltaica (paneles) Almacenamiento (Baterías y Regulador); Eólica (Generador Eólico y Rectificador) ; Inversores. Los mismos cuentan con un archivo de Word en el que se encuentran los catálogos de los fabricantes.



Figura 4.33 Menú personalizado: Generación

***POP2

```

ID_menugeneracion      [&Generación]

```

```

ID_Fotovoltaica       [->&Fotovoltaica]

```

```

ID_Paneles            [Paneles]^C^C_-layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/PanelSolar.DWG";\;

```

```

ID_CatalogoPanel          [<-
Catalogo]^C^C_start;C:/PERSONALIZACION/Catalogos/Paneles.Docx;

```

[--]

ID_Almacenamiento [->&Almacenamiento]

ID_Bateria [Bateria]^C^C_-layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Bateria.DWG";\;;

ID_Regulador [Regulador]^C^C_-layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Regulador.DWG";\;;

ID_CatalogoBateria [Catalago] ^C^C_start;C:/PERSONALIZACION/Catalogos/Baterias.Docx; [-<

[--]

ID_Eolica [->&Eolica]

ID_GeneradorEolico [GeneradorEolico]^C^C_-
layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/GeneradorEolico.DWG";\;;

ID_Rectificador [Rectificador]^C^C_-
layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Rectificador.DWG";\;;

ID_CatalogoEolico [Catalago] ^C^C_start;C:/PERSONALIZACION/Catalogos/Eolica.Docx; [-<

[--]

ID_Inversores [->&Inversores]

ID_Inversor [Inversor]^C^C_-layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Inversor.DWG";\;;

ID_CatalogoInversor [Catalago] ^C^C_start;C:/PERSONALIZACION/Catalogos/Inversores.Docx; [-<

“En el menú POP3”

[Análisis] encontramos las herramientas de cálculos (Extracción de datos y Apertura de la hoja de cálculos). Hay tres tipos de extracciones: la primera extrae potencia, horas de uso, precio y vida útil de todo; la segunda extrae potencia, horas de uso, precio y vida útil de los bloques seleccionados y la tercera extrae el precio y vida útil de todo.

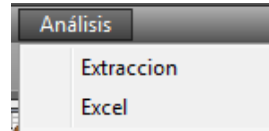


Figura 4.32 Menú personalizado: Análisis

***POP3

ID_menuAnálisis [&Análisis]

ID_Extraccion [->&Extraccion]

ID_ExtraccionPotencia [&Extraccion de Potencia]^c^C_-
attext;s;C:/Personalizacion/PotenciaHora.txt;C:/Personalizacion/Potencia.txt;Y;

ID_ExtraccionParcialPotencia [Extraccion &Bloques]^c^C_-
attext;s;C:/Personalizacion/PotenciaHora.txt;C:/Personalizacion/Potencia.txt;Y;

ID_ExtraccionCostos [<-Extraccion &Costos]^c^C_-
attext;s;C:/Personalizacion/PrecioVidaUtil.txt;C:/Personalizacion/Potencia.txt;Y;

ID_Excel [E&xcel]^c^C_start;C:/PERSONALIZACION/Calculos.xlsm;

“La barra de herramientas”



Figura 4.32 Barra de herramientas personalizada

***TOOLBARS

**INSTALACION

ID_INSTALACION [_Toolbar("Instalacion", _Floating, _Show, 110, 200, 1)]

ID_Lampara

[_Button("Lampara", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Lampara.bmp", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Lampara.bmp")]^C^C_-

layer;m;Instalación;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-

insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Lampara.DWG";Rotate;

ID_Fluorescente

[_Button("Fluorescente", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Fluorescente.bmp", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Fluorescente.bmp")]^C^C_-

layer;m;Instalación;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-

insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Fluorecente.DWG";Rotate;

[--]

ID_Punto

[_Button("Punto", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Interruptor.bmp", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Interruptor.bmp")]^C^C_-

layer;m;Instalación;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-

insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Interruptor.DWG";Rotate

ID_DosPuntos

[_Button("Dos_puntos", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/InterruptorDosvias.bmp", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/InterruptorDosvias.bmp")]^C^C_-

layer;m;Instalación;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-

insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/InterrupDosvias.DWG";Rotate;

ID_Bipolar

[_Button("Bipolar", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/InterruptorBip.bmp", "C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/InterruptorBip.bmp")]^C^C_-

```
layer;m;Instalación;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-  
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/InterruptorBipolar.DWG";Rotate;
```

```
[--]
```

```
ID_Toma
```

```
[_Button("Toma","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Toma.bmp","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Toma.bmp")]^C^C_-
```

```
layer;m;Instalación;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
```

```
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Toma.DWG";Rotate;
```

```
[--]
```

```
ID_TableroPrincipal
```

```
[_Button("TableroPrincipal","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/TableroPrinc.bmp","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/TableroPrinc.bmp")]^C^C_-
```

```
layer;m;Instalación;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
```

```
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Tableroprincipal.DWG";Rotate;
```

```
ID_TableroDistribucion
```

```
[_Button("TableroDistribucion","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/TableroDistribucion.bmp","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/TableroDistribucion.bmp")]^C^C_-
```

```
layer;m;Instalación;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
```

```
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/TablerodeDistribucion.DWG";Rotate;
```

```
ID_TableroSecundario
```

```
[_Button("TableroSecundario","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/TableroSecundario.bmp","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/TableroSecundario.bmp")]^C^C_-
```

```
layer;m;Instalación;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-
```

```
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/TableroSecundario.DWG";Rotate;
```

```
**GENERACION
```


ID_GENERACION [_Toolbar("Generacion", _Floating, _Show, 120, 200, 1)]

ID_Paneles

[_Button("Paneles","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/PanelSolar.bmp","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/PanelSolar.bmp")]^C^C_-

layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-

insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/PanelSolar.DWG";

[--]

ID_Bateria

[_Button("Bateria","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Bateria.bmp","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Bateria.bmp")]^C^C_-

layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-

insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Bateria.DWG";

ID_Regulador

[_Button("Regulador","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Regulador.bmp","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Regulador.bmp")]^C^C_-

layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-

insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Regulador.DWG";

ID_Inversor

[_Button("Inversor","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Inversor.bmp","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Inversor.bmp")]^C^C_-

layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-

insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Inversor.DWG";

[--]

ID_GeneradorEolico

[_Button("GeneradorEolico","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/GeneradorEolic

```
o.bmp","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/GeneradorEolico.bmp"))^C^C_-  
layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-  
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/GeneradorEolico.DWG";
```

ID_Rectificador

```
[_Button("Rectificador","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Rectificador.bmp","  
C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Rectificador.bmp"))^C^C_-  
layer;m;Generacion;s;;c;cyan;;lw;0.2;;;^C^C_-  
insert;"C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Bloques/Rectificador.DWG";
```

****ANALISIS**

```
ID_Analisis      [_Toolbar("Analisis", _Floating, _Show, 130, 200, 1)]
```

ID_Extraccion

```
[_Button("Extraccio","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Extraccion.bmp","C:/PE  
PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Extraccion.bmp"))^c^C_-atttext;
```

```
[--]
```

ID_Excel

```
[_Button("Excel","C:/PERSONALIZACION/Biblioteca/Iconos/Excel.bmp","C:/PERSONALI  
ZACION/Biblioteca/Iconos/Excel.bmp"))^C^C_start;C:/PERSONALIZACION/Calculos.xls  
m;
```

Hay que aclarar que todos los archivos de la personalización se encuentran en una carpeta ubicada en C:/Personalización^{xxvi}

Estimación de la potencia

Para el cálculo de la potencia de los aparatos se utilizó un amperímetro y un tester digital marca UNIT T. Se analizaron varios, teniendo en cuenta que no todos fueron instalados en la vivienda para dimensionar la instalación fotovoltaica. Luego solo los equipos indispensables fueron ingresados al Autocad para realizar los cálculos (ingresando su potencia, factor de potencia y las horas de uso por día).;



Figura 4.33 Pinza amperométrica y Tester utilizados

Los datos prácticos obtenidos fueron:

Tabla 4.2. Potencia aparente de algunos de los electrodomésticos

Equipo	Corriente [A]	Tensión [V]	Potencia [VA]	Hs/ día
Tv	0,27	219,3	59,21	6
Cargador de celular	0,08	219,3	17,54	4
Notebook	0,21	219,3	46,05	4
Ventilador	0,27	219,3	60	2
Impresora	0,1	219,3	21,93	4
Heladera	1,14	219,9	250,69	6
Microondas	4,7	219,9	1033,53	0,6
Tostadora	4,74	219,9	1042,33	0,6
Licuada	0,63	219,9	138,54	0,6
Afeitadora	0,09	219,9	19,79	0,33
Plancha	4,5	219,9	989,55	0,5
Lavarropas	0,83	219,9	180	0,7

Para consumos más específicos se puede recurrir a la página de EDENOR. La misma cuenta con una variedad de electrodomésticos analizados realmente interesante. ^{xxvii}

Cálculos en Excel

En una tercera parte se extrajeron los datos de Autocad (mediante el menú análisis-extracción). En el Excel se realizaron los cálculos de potencia instalada y potencia demandada. También se estimó el costo mensual de dicho consumo. Hay que aclarar que se calculó la potencia para invierno y para verano. A continuación se muestran los datos extraídos de Autocad:

Invierno:

Tabla 4.3 Consumo de invierno

Aparato	Horas de uso [h]	Potencia Aparente [kW]	Costo [\$]	Vida Útil [h]	Fp	Potencia Activa [kW]	Energía [kWh]
Lámpara	1	8	0	99999	1	8	8
Lámpara	1	8	0	99999	1	8	8
Lámpara	1	8	0	99999	1	8	8
Lámpara	1	8	0	99999	1	8	8
Lámpara	1	8	0	99999	1	8	8
Lámpara	2	13	125	15000	0,9	11,7	23,4
Lámpara	2	13	125	15000	0,9	11,7	23,4
Lámpara	2	13	125	15000	0,9	11,7	23,4
Lámpara	3	8	60	15000	0,9	7,2	21,6
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	2	13	125	15000	0,9	11,7	23,4
Lámpara	2	13	125	15000	0,9	11,7	23,4
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	2	8	60	15000	0,9	7,2	14,4
Lámpara	3	8	60	15000	0,9	7,2	21,6
Lámpara	2	8	60	15000	0,9	7,2	14,4
Lámpara	3	8	60	15000	0,9	7,2	21,6
Lámpara	2	8	60	15000	0,9	7,2	14,4
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	4	8	60	15000	0,9	7,2	28,8
Lámpara	4	8	60	15000	0,9	7,2	28,8
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Reflector	2	20	400	15000	0,9	18	36

Reflector	2	20	400	15000	0,9	18	36
Notebook	4	46	0	99999	1	46	184
Televisor	4	60	0	99999	0,95	57	228
Bomba	0,03	440	0	99999	0,9	396	11,88
Afeitadora	0,25	20	0	99999	0,95	19	4,75
Lámpara	4	20	400	15000	0,9	18	72
Lavarropas	0,7	180	0	99999	0,9	162	113,4
Caldera	24	10	0	99999	0,95	9,5	228
Heladera	5	250	0	99999	0,95	237,5	1187,5

Potencia Instalada [W]	1173,1
------------------------	--------

Consumo por día [Wh]	2460,13
----------------------	---------

Consumo [kWh]	2,46
---------------	------

Verano:

Tabla 4.4 Consumo de verano

Aparato	Horas de uso [h]	Potencia Aparente [kW]	Costo [€]	Vida Útil [h]	Fp	Potencia Activa (kW)	Energía (kWh)
Lámpara	1	8	0	99999	1	8	8
Ventilador	3	60	0	99999	0,9	54	162
Lámpara	1	8	0	99999	1	8	8
Lámpara	1	8	0	99999	1	8	8
Ventilador	3	60	0	99999	0,9	54	162
Lámpara	1	13	125	15000	0,9	11,7	11,7
Lámpara	2	13	125	15000	0,9	11,7	23,4
Lámpara	1	13	125	15000	0,9	11,7	11,7
Lámpara	3	8	60	15000	0,9	7,2	21,6
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	2	13	125	15000	0,9	11,7	23,4

Lámpara	1	13	125	15000	0,9	11,7	11,7
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	2	8	60	15000	0,9	7,2	14,4
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	2	8	60	15000	0,9	7,2	14,4
Lámpara	2	8	60	15000	0,9	7,2	14,4
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	2	8	60	15000	0,9	7,2	14,4
Lámpara	2	8	60	15000	0,9	7,2	14,4
Lámpara	1	8	60	15000	0,9	7,2	7,2
Lámpara	1	20	400	15000	0,9	18	18
Lámpara	1	20	400	15000	0,9	18	18
Notebook	4	46	0	99999	1	46	184
Tv+Ventilador	3	120	0	99999	0,95	114	342
Bomba	0,03	440	0	99999	0,9	396	11,88
Afeitadora	0,25	20	0	99999	0,95	19	4,75
Lámpara	2	20	400	15000	0,9	18	36
Lavarropas	0,7	180	0	99999	0,9	162	113,4
Caldera	6	10	0	99999	0,95	9,5	57
Heladera	6	250	0	99999	0,95	237,5	1425

Potencia Instalada [W]	1322,1
------------------------	--------

Consumo por día [Wh]	2783,93
----------------------	---------

Consumo [Kwh]	2,78
---------------	------

La vivienda cuenta con una superficie cubierta de 83 m², según la AEA podría potencia aparente corresponde un grado de electrificación mínimo, ya que no supera los 3,7 kVA, pero siendo su superficie de 83 m², mayor a 60 y menor a 130 m², corresponde encuadrar la instalación en grado de electrificación medio

El criterio utilizado fue el de reducir al mínimo el consumo para los cálculos. No se utilizan las potencias recomendadas por la AEA ya que justamente se busca mostrar como una racionalización correcta de la instalación, con uso de iluminación led, Tv led, y electrodomésticos clase A, disminuye la potencia consumida.

Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Una vez conocida la cantidad de energía solar disponible y la cantidad de potencia consumida por la vivienda estamos en condiciones de dimensionar los módulos fotovoltaicos. Para el cálculo se tomó los paneles de la empresa SolarTec KT150T-24^{xxviii}

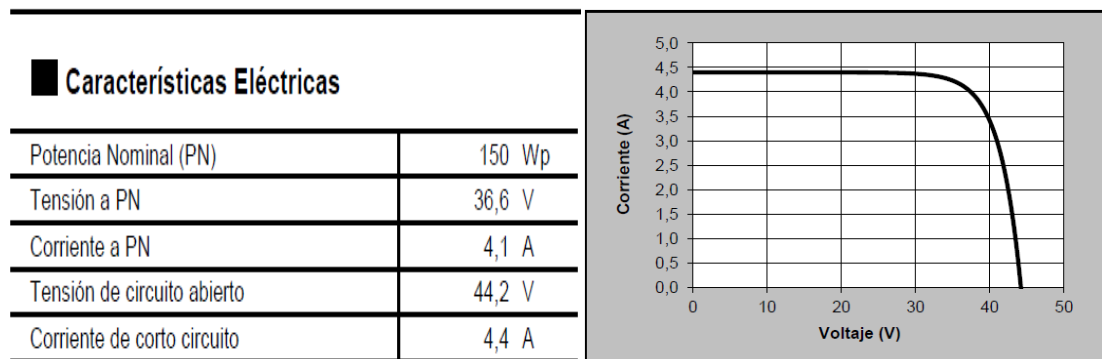


Figura 4.34 características del generador fotovoltaico

Cálculo de la orientación óptima

El primer paso consiste en determinar la inclinación y orientación de la superficie receptora donde se ubicarán los módulos fotovoltaicos. La orientación óptima será la dirección norte, dado que nos encontramos en el hemisferio sur. En nuestro caso para la ciudad de Mar del Plata ubicación 38°00' latitud Sur 57°33' longitud Oeste tenemos un ángulo de 38° +/- 15° según la estación correspondiente. Esto aumenta la radiación dado que los datos obtenidos de radiación solar son para $\beta=0^\circ$.

Cálculo de la cantidad de paneles

Se dimensionará el equipo para un regulador PWM, por lo que consideramos que operamos con la tensión de la batería. Se calcula la cantidad de paneles para generar el total de la potencia consumida por la vivienda. El análisis se hace para invierno y verano. Utilizando paneles de la empresa SolarTec.

$$E_{gen} = I_{gen} \cdot V_{bat} \cdot HSP \cdot \eta \quad [4.15]$$

$$N = E_{consumida} / E_{generada} \quad [4.16]$$

Donde:

I_{gen} : Corriente del panel [A]

V_{bat} : Tensión de la batería [V]

HSP: Horas máximo de sol día [hs]

η : 0,9 Rendimiento del panel

$E_{consumida}$: Consumo medio diario [KWh]

E_{gen} : Energía generada [KWh]

N: cantidad de paneles

Como se mencionó anteriormente en la ecuación [4.14] las horas de sol se calculan como:

$$Hsp = \frac{Irradiacion}{1SOL} [4.17]$$

Debido a que los fabricantes consideran la unidad de 1 sol para estandarizar sus paneles.

$$1 \text{ SOL} = 1 \left[\frac{kW}{m^2} \right]$$

-Entonces para invierno tenemos:

$$\text{Día solar invierno} = \frac{1,5 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]}{1 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]} = 1,5h$$

[4.18]

Volviendo a la ecuación 4.15 tenemos:

$$E_{inv} = 4,1[A] \times 24[V] \times 1,5 \times 0,9 = 133 \text{ [Wh/día]} \quad [4.19]$$

Entonces obtenemos los paneles para invierno:

$$N_{inv} = 2460[\text{Wh/día}] / 133 [\text{Wh/día}] = 12,78 = 18 \quad [4.20]$$

-Para verano:

$$\text{Día solar verano} = \frac{6,5 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]}{1 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]} = 6,5h$$

[4.21]

Volviendo a la ecuación 4.15 tenemos:

$$E_{ver} = 4,1[A] \times 24[V] \times 6,5 \times 0,9 = 576 \text{ [Wh/día]} \quad [4.22]$$

$$N_{inv} = 2780[\text{Wh/día}] / 576 [\text{Wh/día}] = 3,38 = 5 \quad [4.23]^{xxix}$$

Energía solar: cálculo económico:

Tomando en cuenta la cantidad de paneles y la potencia consumida por la vivienda, contactamos con el fabricante Solartec que nos dio la siguiente información.

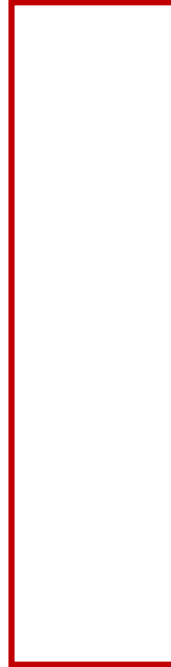


Figura 4.35. Costos de materiales e instalación

Se opta por el combo 2300R el cual tiene un precio de \$124955.47 sin IVA. El mismo no se considera ya que la ley vigente exime de impuestos a la compra de paneles solares.

Entonces ingresando los datos del consumo de la vivienda, costo de kWh, cantidad de paneles e impuestos en una planilla de cálculo, se estiman los gastos de la vivienda con o sin paneles para verano e invierno. A continuación se muestra la planilla:

Invierno:

Tabla 4.5. Gastos de electricidad en invierno con paneles solares

Invierno		
Gastos Electricidad con paneles		
Generación [Wh/día]		
Cantidad	6	
Energía	180	[Wh/día]
Total	1080	[Wh/día]
Consumo [Wh/día]		
Base	1800	[Wh/día]
Total	720	[Wh/día]
Costo fijo	16,72	[\$]
Costo Variable	0,7772	[\$/kWh]
Total EDEA	33,51	[\$]
Impuestos [51,6%]	17,29	[\$]
Total consumidor	50,80	[\$/mes]
Emisión de CO2	7926,41	[kg/mes]

Tabla 4.6. Gastos de electricidad en invierno sin paneles solares

Invierno		
Gastos Electricidad sin paneles		
Generación [Wh/día]		
Cantidad	0	
Energía	180	[Wh/día]
Total	0	[Wh/día]
Consumo [Wh/día]		
Base	1800	[Wh/día]
Total	1800	[Wh/día]
Costo fijo	16,72	[\$]
Costo Variable	0,7772	[\$/kWh]
Total EDEA	58,69	[\$]
Impuestos [51,6%]	30,28	[\$]
Total consumidor	88,97	[\$/mes]
Emisión de CO2	19816,03	[kg/mes]

Verano:

Tabla 4.7. Gastos de electricidad en verano con paneles solares

Verano		
Gastos Electricidad con paneles		
Generación [Wh/día]		
Cantidad	6	
Energía	443	[Wh/día]
Total	2658	[Wh/día]
Consumo [Wh/día]		
Base	2300	[Wh/día]
Total	0	[Wh/día]
Costo fijo	16,72	[\$]
Costo Variable	0,7772	[\$/kWh]
Total	16,72	[\$]
Impuestos [51,6%]	8,63	[\$]
Total consumidor	25,35	[\$/mes]
Emisión de CO2	0,00	[kg/mes]

Tabla 4.8. Gastos de electricidad en verano sin paneles solares

Verano		
Gastos Electricidad sin paneles		
Generación [Wh/día]		
Cantidad	0	
Energía	443	[Wh/día]
Total	0	[Wh/día]
Consumo [Wh/día]		
Base	2300	[Wh/día]
Total	2300	[Wh/día]
Costo fijo	16,72	[\$]
Costo Variable	0,7772	[\$/kWh]
Total EDEA	70,35	[\$]
Impuestos [51,6%]	36,30	[\$]
Total consumidor	106,65	[\$/mes]
Emisión de CO2	25320,48	[kg/mes]

xxx

A continuación se muestra el ahorro en 10 años:

Tabla 4.9. Ahorro

Ahorro [\$]	
Cantidad de años	10
Ahorro enero	81,30
Ahorro febrero	81,30
Ahorro Marzo	81,30
Ahorro Abril	38,17
Ahorro Mayo	38,17
Ahorro Junio	38,17
Ahorro Julio	38,17
Ahorro Agosto	38,17
Ahorro Septiembre	38,17
Ahorro Octubre	81,30
Ahorro Noviembre	81,30
Ahorro Diciembre	81,30
Ahorro Anual	716,84
Ahorro Total	7168,383

xxxi

Energía Solar: Conclusión:

En base a lo expuesto en la teoría y a los cálculos realizados, observamos que la implementación en Mar del Plata de sistemas de generación solar, produce una disminución del consumo de electricidad en un 60% durante los meses de invierno y un ahorro de consumo del 100% en verano. Si bien se ven reflejados costos debido a su carácter fijo, el consumo de electricidad de la red resulta nulo.

El sistema posee el desperfecto de una gran inversión inicial, se logra minimizar el impacto ambiental que producen las grandes centrales. Según la calculadora de huella de carbono para la argentina por cada se ahorra 11.89 toneladas de carbono por mes en invierno, y se ahorran 25.32 toneladas al mes durante el verano. Al ver estos datos queda de manifiesto la importancia de la aplicación de estos sistemas.

El otro problema que se presenta es la incapacidad de poder independizarse de la red, ya que para generar la suficiente energía para lograrlo incurriría en una cantidad de paneles mucho mayor, lo cual significaría aún más inversión inicial, y un total desperdicio de generación durante las estaciones de mayor producción de energía y demanda de la ciudad.

Cabe destacar que más de la mitad de inversión del equipo se destina al almacenamiento de la energía, con lo que se comprueba que no es rentable tener un sistema de generación fotovoltaica con almacenamiento en baterías. Dado que un sistema con inyección a la red solo cuenta con los paneles y el inversor, mientras que un sistema con almacenamiento cuenta con paneles, inversor, regulador de carga y baterías. En una aproximación rápida un equipo con inyección a la red con 4 paneles hoy cuesta \$30000 con instalación, contra los \$96000 que cuesta el sistema con almacenamiento. ^{xxxii}

Por este motivo se propone generar un marco legal en la provincia que permita la inyección a la red, para que de esta manera los usuarios puedan inyectar y cobrar por la energía generada durante la estacionalidad alta y ahorrar en la inversión inicial para poder amortizar los costos.

Energía Solar: Posibles mejoras:

Durante el desarrollo de la vivienda, se observaron diversos aspectos que deben ser mejorados respecto de la normativa actual.

Mar del Plata actualmente no tiene un costo de suministro de agua variable, por lo que se hace indispensable la implementación del mismo, con tarifas tales que promuevan el ahorro de agua. De esta manera el sistema de captación de agua de lluvia, se vería favorecido económicamente.

Actualmente el código de construcción no advierte sobre el uso de materiales térmicamente eficientes, se propone agregar al mismo, requerimientos respecto de la aislación térmica de la vivienda. Otra solución es la eximición del IVA en materiales de construcción eficientes. De esta manera se alentara el consumo de los mismos.

El consumo energético de la vivienda familiar tipo se encuentra poco regulado, únicamente prohibiendo el uso de iluminación del tipo incandescente. Entendiendo dicha medida como insuficiente se propone eximir de IVA y realizar campañas de distribución de luminarias LED, las mismas como se analizó representa una enorme mejoría en el consumo familiar.

La compra de paneles solares sigue representando una gran inversión inicial en la construcción de viviendas, sería indispensable que el crédito procrear al cual apuntamos dirigir esta vivienda pudiera contemplar planes de financiación para los mismos. Así como también legislar y reglamentar la inyección de energía a la red por parte de los pequeños usuarios, para de esta manera alentarlos a la producción de la misma.

Capítulo 5 Análisis económico

Flujo de caja

El movimiento de dinero hacia o desde una empresa, o particular se denomina flujo de caja (FC) y se define como la diferencia entre los ingresos por ventas y los costos operativos (sin los costos de depreciación), y descontando el pago de impuestos. En consecuencia, el cálculo del FC se puede realizar a partir de la ecuación:

$$FC = V - C - t \cdot (V - C - d (IF - L)) \quad [6.1]$$

V: ventas

C: costos

t: Tasa impositiva

d: depreciación legal (línea recta)

If: inversión fija

L: Valor de libros en el año k

El Flujo de Caja o el Beneficio Neto no son una medida de la rentabilidad pero estos valores se utilizan para calcular la rentabilidad de un proyecto particular. El objetivo de un inversor o de una compañía es siempre maximizar las ganancias respecto a la inversión de capital necesaria para generar dichos ingresos. Si el propósito fuera sólo el de maximizar las ganancias, cualquier inversión que diera beneficios sería aceptable, no importando los bajos retornos o los altos costos. En consecuencia, conceptualmente, la rentabilidad es una medida de la ganancia obtenida por una actividad en relación a la inversión de capital necesaria para que esa actividad se realice.

En nuestro caso no se puede analizar la rentabilidad debido a que no se trata de un negocio con lo que no presenta ingresos por ventas. Esto se debe a que se trata de una vivienda familiar y que busca suplir una necesidad habitacional por parte de la misma.

Valor presente

Este método compara los valores presentes de todos los flujos de caja con la inversión original. Supone igualdad de oportunidades para la reinversión de los flujos de caja a una tasa de interés asignada previamente. Esta tasa puede tomarse como el valor promedio de la tasa de retorno que obtiene la compañía con su inversión de capital o seleccionar una TRMA (tasa de rentabilidad mínima aceptable) para el proyecto.

El valor presente del proyecto es igual a la diferencia entre el valor presente de los flujos anuales de fondos y la inversión inicial total. El valor presente neto es un monto de dinero referido a tiempo cero calculado con la tasa de interés elegida, aplicando la ecuación:

$$Vp = -It + \sum_{j=1}^k \frac{Fci}{(1+i)^j} \quad [6.2]$$

Fc: flujo de caja del año j

It: inversión total

i: Estándar financiero

j: año en cuestión

Cálculos

A continuación mediante la hoja de cálculo y la fórmula de valor presente se calcularon los valores presentes de los dos proyectos en cuestión (construcción húmeda sin inversiones adicionales en energías alternativas y construcción en seco propuesta por nosotros). El desarrollo se hace para un total de 10 años, entendiendo que es el estándar utilizado en la mayoría de los proyectos de larga duración según la cátedra de ingeniería económica, a su vez es el tiempo promedio de la vida útil de todos los materiales.

¿Podría haber tomado más años de proyecto? Efectivamente SI sin embargo esto solo acrecentaría las diferencias entre ambos, que ya están claras con los 10 años adoptados.

Obteniéndose los siguientes datos:

Inversiones	[\$]
Inversión para coleccionar agua de lluvia	16938
Inversión construcción vivienda seco	1411000
Inversión construcción vivienda húmeda	1826000
Inversión en iluminación led	17100
Inversión sistema generación fotovoltaico	110537

Inversión total construcción húmeda	1826000
Inversión total construcción seca	1555575

Costo anual	[\$]
Gasto en agua sin ahorro	726
Gasto en agua con ahorro	596
Consumo electricidad sin ahorro	1173,72
Consumo electricidad con ahorro	456,9
Total consumo con ahorro	1052,9
Total consumo sin ahorro	1899,72

Fchumeda	-1899,72	[\$/a]
Fcseca	-1052,9	[\$/a]

Una vez establecidos los datos necesarios en la planilla de cálculo. Se calcula el valor presente de ambos proyectos. Construcción en seco sustentable y Construcción en húmedo clásica.

Tabla 6.5 estándar financiero

Estándar financiero	0,2
---------------------	-----

Tabla 6.6 Valor presente anual vivienda clásica

Año	Fc	VP
0	-1826000	-\$ 1.826.000,00
1	-2141,46	-\$ 1.784,55
2	-2141,46	-\$ 1.487,13
3	-2141,46	-\$ 1.239,27
4	-2141,46	-\$ 1.032,73
5	-2141,46	-\$ 860,60
6	-2141,46	-\$ 717,17
7	-2141,46	-\$ 597,64
8	-2141,46	-\$ 498,04
9	-2141,46	-\$ 415,03
10	-2141,46	-\$ 345,86

Tabla 6.7 Valor presente neto para vivienda clásica

Valor presente neto vivienda clásica	-\$ 1.834.978,01
--------------------------------------	------------------

Tabla 6.8 Valor presente anual vivienda sustentable

Año	Fc	VP
0	-1569993	-\$ 1.569.993,00
1	-1252,64	-\$ 1.043,87
2	-1252,64	-\$ 869,89
3	-1252,64	-\$ 724,91
4	-1252,64	-\$ 604,09
5	-1252,64	-\$ 503,41
6	-1252,64	-\$ 419,51
7	-1252,64	-\$ 349,59
8	-1252,64	-\$ 291,32
9	-1252,64	-\$ 242,77
10	-1252,64	-\$ 202,31

Tabla 6.9 valor presente neto para vivienda sustentable

Valor presente neto vivienda sustentable	-\$ 1.575.244,66
--	------------------

Análisis económico: Conclusión:

Se observa que ambos valores presente son negativos. Esto se debe a que el mismo se calcula con los flujos de caja promedio de cada periodo en cuestión. Lo cual hace que únicamente se tengan costos en ambos proyectos. Sin embargo uno de ellos es menos costoso.

Una posibilidad para lograr incorporar ventas al proyecto es la de generar un marco que permita la inyección de energía a la red eléctrica. De esta manera las ventas aparecerían en el cálculo.

Una vez analizados los dos valores presentes, se observa que el valor presente neto de la vivienda sustentable es mayor que el de la vivienda clásica. Por lo que se recomienda optar por dicho sistema constructivo.

Capítulo 6: Agradecimientos:

A Ruben Ferreyra nuestro director de tesis y a la comisión evaluadora por su tiempo y dedicación.

A SolarTec que facilitaron una gran cantidad de información al respecto del tema propuesto

A nuestras familias por apoyarnos en este proyecto

Capítulo 7: Bibliografía utilizada:

-
- ⁱ Matriz energética argentina. Situación actual y posibilidades de diversificación-Gerónimo J. Cárdenas. <http://www.bcr.com.ar/pages/publicaciones/inforevista.aspx?idArticulo=142>
- ⁱⁱ Aprovechamiento del agua de lluvia-Japac.<http://japac.gob.mx/2016/08/11/aprovechamiento-del-agua-lluvia/>
- ⁱⁱⁱ OSSE. <http://www.osmcp.gov.ar/osse/descripcionhidricos/>
- ^{iv} Red de agua-Sistema de abastecimiento de agua potable. <http://www.osmcp.gov.ar/osse/reddeagua/>
- ^v Hidropluviales. <http://hidropluviales.com/otra-aplicacion/>
- ^{vi} Datos de consumo en la ciudad: <http://www.osmcp.gov.ar/osse/explotacion-racional/>
- ^{vii} EcoHabitar <http://www.ecohabitar.org/aprovechamiento-de-agua-de-lluvia/>
- ^{viii} Ordenanza municipal 22612 <http://www.concejo.mdp.gob.ar/biblioteca/docs/o22612.htm>
- ^{ix} Colegio de arquitectos de Córdoba <http://www.colegio-arquitectos.com.ar/institutos/A3-22.pdf>
- ^x Wikipedia https://es.wikipedia.org/wiki/Aislamiento_t%C3%A9rmico
- ^{xi} https://es.wikipedia.org/wiki/Consumo_y_recursos_energéticos_a_nivel_mundial
- ^{xii} Análisis y medición del nivel de infiltración de aire y puentes térmicos en espacio de oficinas – Universidad de Chile – Facultad de ciencias físicas y matemáticas – Bárbara Ximena Macari Urrea
- ^{xiii} Confort térmico – Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo – Juan Guasch
https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ah_UKEwj-5IWUusTQAhXDKJAKHb4YCAAsQFggjMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.insht.es%2FInshtWeb%2FContenido%2FDocumentacion%2FTextosOnline%2FFichasNotasPracticas%2FFicheros%2Fnp_enot_99.pdf&usg=AFQjCNEinLtfuz9Wlim2liiMLw1GLMQI2Q
- ^{xiv} Métodos constructivos para aislación térmica de muros por el exterior de una vivienda. Solución a puntos singulares – Universidad de Chile – Facultad de ciencias físicas y matemáticas – Alejandra del Pílas Flores Pereira
- ^{xv} Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética –
https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ah_UKEwi8zfv1zsTQAhXFi5AKHYcIbIAQFggBMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.fenercom.com%2Fpdf%2Fpublicaciones%2FGuia-sobre-materiales-aislantes-y-eficiencia-energetica-fenercom-2012.pdf&usg=AFQjCNH0q0qj1xL3Ee_mR3pj65hztBVLsw
- ^{xvi} Estudio y diseño del sistema de iluminación de un centro de uso general – Ruben Colomer Rodriguez, Dr. Juan Pablo Garcia Prada – Universidad Carlos III de Madrid –

xvii Norma Iram IRAM-AADL J 20-06 <http://consultoradehigieneysseguridad.com/pdf/ANEXOIVDecreto351-79.pdf>

xviii Escenarios energeticos argentina 2030 por FelipeGazglia

farn.org.ar/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=16677

xix Mapas solares de GerSolar-
<http://www.gersol.unlu.edu.ar/>

xx Latitud y Longitud Solar-
<http://www.escolar.com/avanzado/geografia008.htm>

xxi Tesis: “Sistema de iluminación autónomo alimentado por energías renovables”

xxii Diseño de un sistema electrovoltaico para una comunidad aislada –Carlos Robertos Prado Mora

https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ah_UKEwjx0oW07YXRahXBlpAKHZmCD8UQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fieie.ucr.ac.cr%2Fuploads%2Ffile%2Fproybach%2Fpb0831t.pdf&usg=AFQjCNHyDEBh8Ad4kHgMGNPXxhyf6PhQfA&sig2=ML9weGaJrGG4H4bE3zVuLw

xxiii Tipos de baterías solares-
<http://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>

xxiv Regulador de carga
<http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com.ar/2006/01/el-regulador-de-carga.html>

xxv inversor
<http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com.ar/2006/01/el-inversor.html>

xxvi Manual de Sistemas Cad del departamento de Ingeniería Eléctrica

xxvii Consumo de electrodomésticos
http://www.edenor.com.ar/cms/SP/CLI/HOG/USO_consumo.html

xxviii Panel solar – Solartec
<http://www.solartec.com.ar/documentos/productos/3-25wp/SOLARTEC-KS150T-24V-v1.pdf>

xxix Calculo de la cantidad de paneles
<https://www.sfe-solar.com/suministros-fotovoltaica-aislada-autonoma/manual-calculo/>

xxx Calculadora de huella de carbono para la argentina
<http://www.sunearthtools.com/es/tools/CO2-emissions-calculator.php>

xxxi Cuadro Tarifario de Edea

xxxii Equipos Fotovoltaicos La inercia Solar