

cie

CENTRO DE INNOVACION ENERGETICA
UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA



Asistencia Técnica de la Envolvente Arquitectonica al
edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de
Copiapó

Introducción

Esta investigación muestra el trabajo realizado en la Asistencia Técnica al análisis térmico del edificio y al confort térmico de los ocupantes del edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Copiapó.

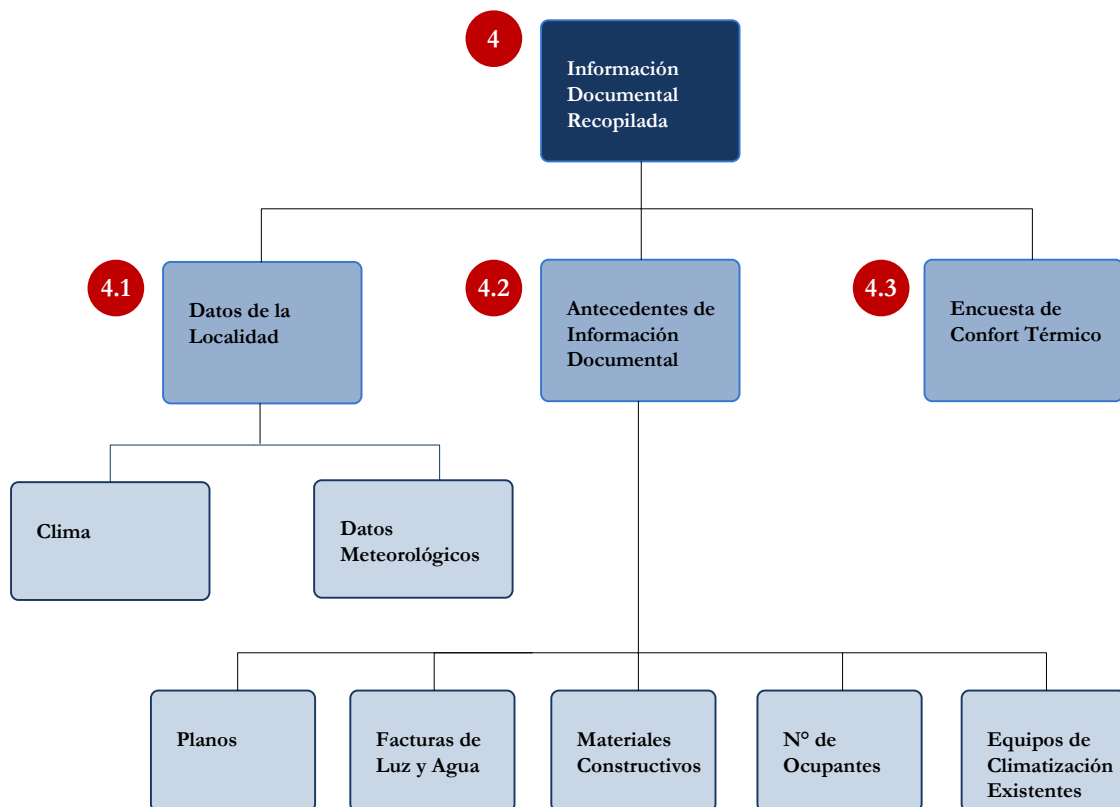
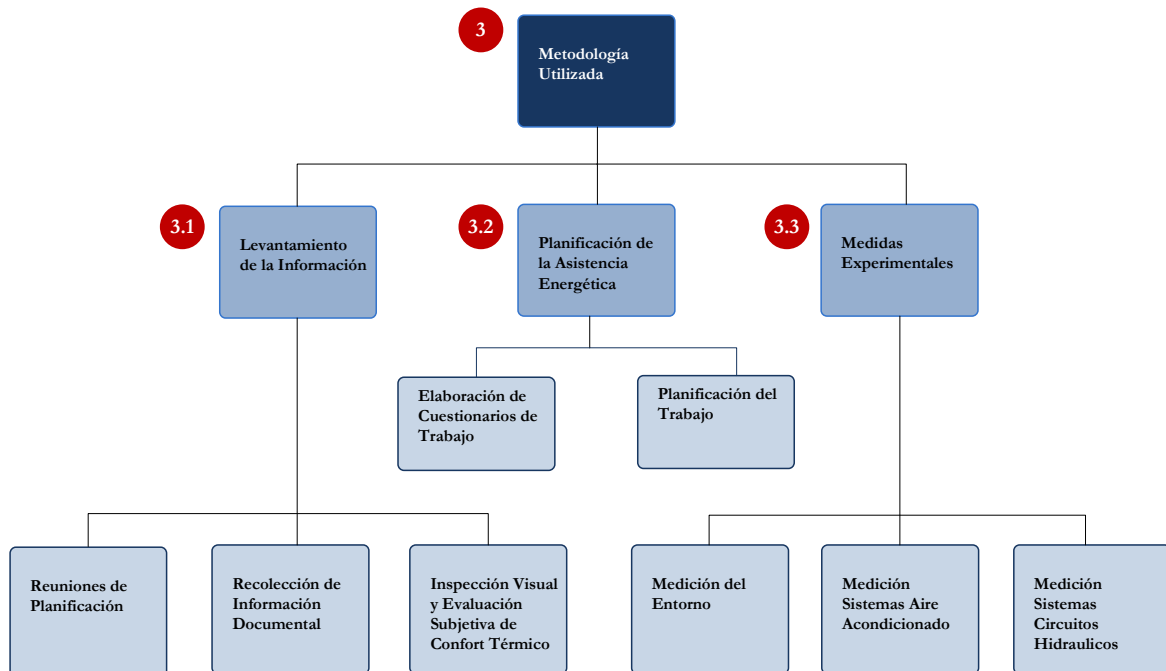
La asistencia corresponde a un estudio de las condiciones térmicas actuales del edificio y sus efectos sobre el confort térmico de las personas.

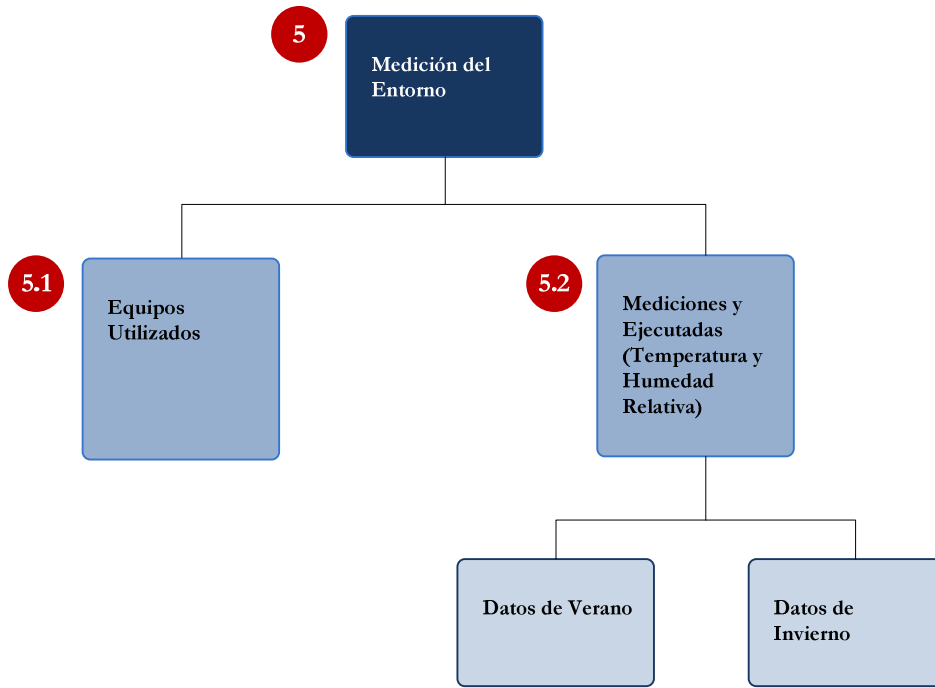
Las actividades a seguir tienen como objetivo general la entrega de una serie de propuestas que lleven al confort térmico dentro de la edificación, utilizándose los medios más eficientes tanto económicos como energéticos.

El informe que se presenta sigue la siguiente estructura:



Para cada ítem, se presenta el siguiente cuadro esquemático, donde se indica cada ítem especificado, comenzando con el tema “Metodología utilizada”:





Descripción del Informe

Objetivos específicos del proyecto

1. Seleccionar, en conjunto con la contraparte técnica, al menos cuatro proyectos municipales que representen oportunidades específicas de uso eficiente de energía las municipalidades participantes en el piloto.
2. Otorgar asesoría técnica especializada a las Municipalidades para el desarrollo de los seleccionados
3. Dar seguimiento y cuantificar el ahorro de energía asociados a los proyectos implementados
4. Desarrollar un modelo que permita dar continuidad a este proyecto

Desarrollo de los objetivos planteados

Objetivo del proyecto	Ítem del informe
1. Seleccionar, en conjunto con la contraparte técnica, al menos cuatro proyectos municipales que representen oportunidades específicas de uso eficiente de energía las municipalidades participantes en el piloto.	Esta actividad se detalla en el informe N°1
2. Otorgar asesoría técnica especializada a las Municipalidades para el desarrollo de los seleccionados	Actividad desarrollada en los puntos 2, 3, 4, 5 y 6 del informe N°3. Estas actividades también forma parte del informe N°2 de esta asistencia técnica.
3. Dar seguimiento y cuantificar el ahorro de energía asociados a los proyectos implementados	Esta actividad no ha sido desarrollada debido a que el proyecto de asistencia técnica al edificio consistorial no ha sido implementado aun por parte de la Municipalidad de Copiapó, debido a esta razón resulta imposible desarrollar el proceso de seguimiento.
4. Desarrollar un modelo que permita dar continuidad a este proyecto	Actividad desarrollada en el punto 9 del informe N°3

Nota: Cabe hacer mención que el servicio de Asistencia Técnica contempla una serie de actividades, como el levantamiento, realización de diagnósticos, análisis técnicos y económicos, realización de propuestas y jerarquización de ellas, entre otras, actividades completadas a cabalidad. Respecto a la actividad N° 3 de los objetivos específicos del proyecto “Dar seguimiento y cuantificar el ahorro de energía asociados a los proyectos implementados”, esta es una actividad que depende totalmente de la implementación por parte de la Municipalidad de las recomendaciones realizadas, y no de el organismo desarrollador de esta asistencia técnica.

Actividades desarrolladas

Las actividades desarrolladas en este proyecto se resumen a continuación:

1. Reconocimiento del medio

Cinco son las a visitas efectuadas al edificio consistorial entre el 25 de febrero y el 2 de julio.

Visitas	Fecha de visitas
Visita 1	25 de febrero de 2010
Visita 2	7 de abril de 2010
Visita 3	8 de abril de 2010
Visita 4	9 de abril de 2010
Visita 5	29 de junio a 2 de julio de 2010

2. Información documental recopilada

La información documental recopilada comprende: datos de la localidad, recopilación de antecedentes constructivos del edificio y resultados de la encuesta de confort térmico

3. Mediciones instrumentales

La toma de estas variables, se efectuó en los meses de junio y julio del presente año. El proceso de medición efectuado en el edificio, corresponde a la medición del entorno, en donde, se eligió espacios estratégicos dentro de edificio, tomando en cuenta la ubicación y las deficiencias encontradas por medio de la inspección visual y las encuestas realizadas. El proceso de medición se efectuó con el equipo medidor de temperatura y humedad portátil, en rondas diarias durante la jornada laboral y entre intervalos de tiempo relativamente iguales.

4. Diagnostico

En esta etapa de la investigación se procede a analizar los datos recopilados y medidos, con el fin de obtener pautas e información general para la elaboración de propuestas.

5. Elaboración de propuestas de mejoras

En este acápite se detallan las medidas propuestas, las cuales se dividen en: Materialidad del edificio, sistemas de aire acondicionado, operacionales y recuperación de energía y aprovechamiento de la energía solar.

6. Jerarquización de las propuestas

Este ítem detalla el orden en el cual deben desarrollarse las alternativas propuestas en el punto anterior.

7. Servicio de Asistencia Técnica a Municipalidades

En este punto se desarrolla el diseño del plan de implementación que le de continuidad a esta asistencia técnica, basándose en la experiencia obtenida durante la realización de esta asistencia técnica.

1.- Objetivos

Objetivo general.

El objetivo general del proyecto es presentar un conjunto de propuestas que permitan mejorar el manejo de la energía a fin de obtener un mayor confort térmico dentro del Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Copiapó.

Objetivo específico

A la luz del objetivo general se presentan tres objetivos específicos a alcanzar:

- 1.- Reconocer las variables físicas que inciden en la habitabilidad y confort del edificio.
- 2.- Identificar alternativas que mejoren las condiciones de habitabilidad.
- 3.- Recomendar un plan de desarrollo de incorporación de mejoras.

A fin de alcanzar los objetivos específicos se ejecutan tres actividades principales.

- Recolección y análisis de las características técnicas de la estructura del edificio
- Obtención y análisis de los consumos y gastos de la energía
- Desarrollar una medición experimental para la obtención de las variables en cuestión y analizar la temperatura radiante y la humedad de cada uno de los espacios a estudiar.
- Desarrollar una modelación computacional del comportamiento térmico del edificio.

Adicionalmente a los objetivos específicos, el informe entrega la metodología utilizada en el proceso de “identificación de variables críticas de eficiencia energética de la envolvente arquitectónica”

2.- Reconocimiento del medio

Cinco son las actividades desarrolladas al amparo del proyecto y corresponden a visitas efectuadas al edificio consistorial entre el 25 de febrero y el 2 de julio.

Visitas	Fecha de visitas
Visita 1	25 de febrero de 2010
Visita 2	7 de abril de 2010
Visita 3	8 de abril de 2010
Visita 4	9 de abril de 2010
Visita 5	29 de junio a 2 de julio de 2010

Actividad **Visita 1 a la Ilustre Municipalidad de Copiapó**

Fecha 25 de febrero de 2010

Descripción Visita de comitiva del Centro de Innovación Energética, en cumplimiento a la primera fase de la auditoría energética al edificio consistorial de la Ilustre Municipalidad de Copiapó. Se realizó un primer encuentro en conjunto con la encargada suplente de Planificación y Medio ambiente, Carrie Fernández.

Objetivos

- Dar a conocer el interés de la universidad en la realización del proyecto
- Entrega de bases y cronogramas del proyecto
- Fijación de siguientes actividades y reuniones

Actividad **Visita 2 a la Ilustre Municipalidad de Copiapó**

Fecha 7 de Abril de 2010

Descripción Visita del personal del Centro de Innovación Energética, en cumplimiento a lo fijado en la primera visita al edificio. Para esta vez, se realizó un primer encuentro con la encargada de Planificación y Medio ambiente, Maritza Gutiérrez, además en compañía con personal de su departamento, Carrie Fernández y encargados de mantención eléctrica del edificio.

Objetivos

- Dar a conocer avances del proyecto
- Petición de documentos: planos, escantillones, facturas de energía

- Fijación de siguientes actividades y reuniones

Actividad **Visita 3 a la Ilustre Municipalidad de Copiapó**

Fecha 8 de Abril de 2010

Descripción Visita del personal del Centro de Innovación Energética, en cumplimiento a lo fijado en la segunda visita al edificio. Para esta vez, se realizó un cuestionario al personal de cada una de las secciones o departamentos de la municipalidad. Este cuestionario fue hecho en base a lo percibido en la primera visita (febrero de 2010) y a las condiciones climáticas de la ciudad.

Objetivos - Desarrollar el cuestionario y de esta manera, recolectar la mayor cantidad de información posible sobre el confort térmico, percibido por los mismos ocupantes del edificio, además de las posibles fuentes de las deficiencias energéticas

Visita 4 a la Ilustre Municipalidad de Copiapó

Actividad

Fecha 9 de Abril de 2010

Descripción Visita del personal del Centro de Innovación Energética, para la realización de la Inspección Visual del edificio, fotografiándose el edificio y sus deficiencias, guiados por la encuesta elaborada al personal en la actividad anterior. Además, se aprovecha la jornada para tomar las primeras mediciones experimentales del edificio, a diferentes horas, en diferentes espacios estratégicos, según lo programado anteriormente.

Objetivos - Capturar fotografías del edificio, enfocándose en deficiencias y oportunidades de mejora
- Registrar cada uno de los lugares fotografiados
- Proceder a la primera toma de medidas experimentales dentro del edificio, las cuales, serán consideradas como “datos de verano”

Actividad **Visita 5 a la Ilustre Municipalidad de Copiapó**

Fecha 29 de junio al 2 de julio de 2010

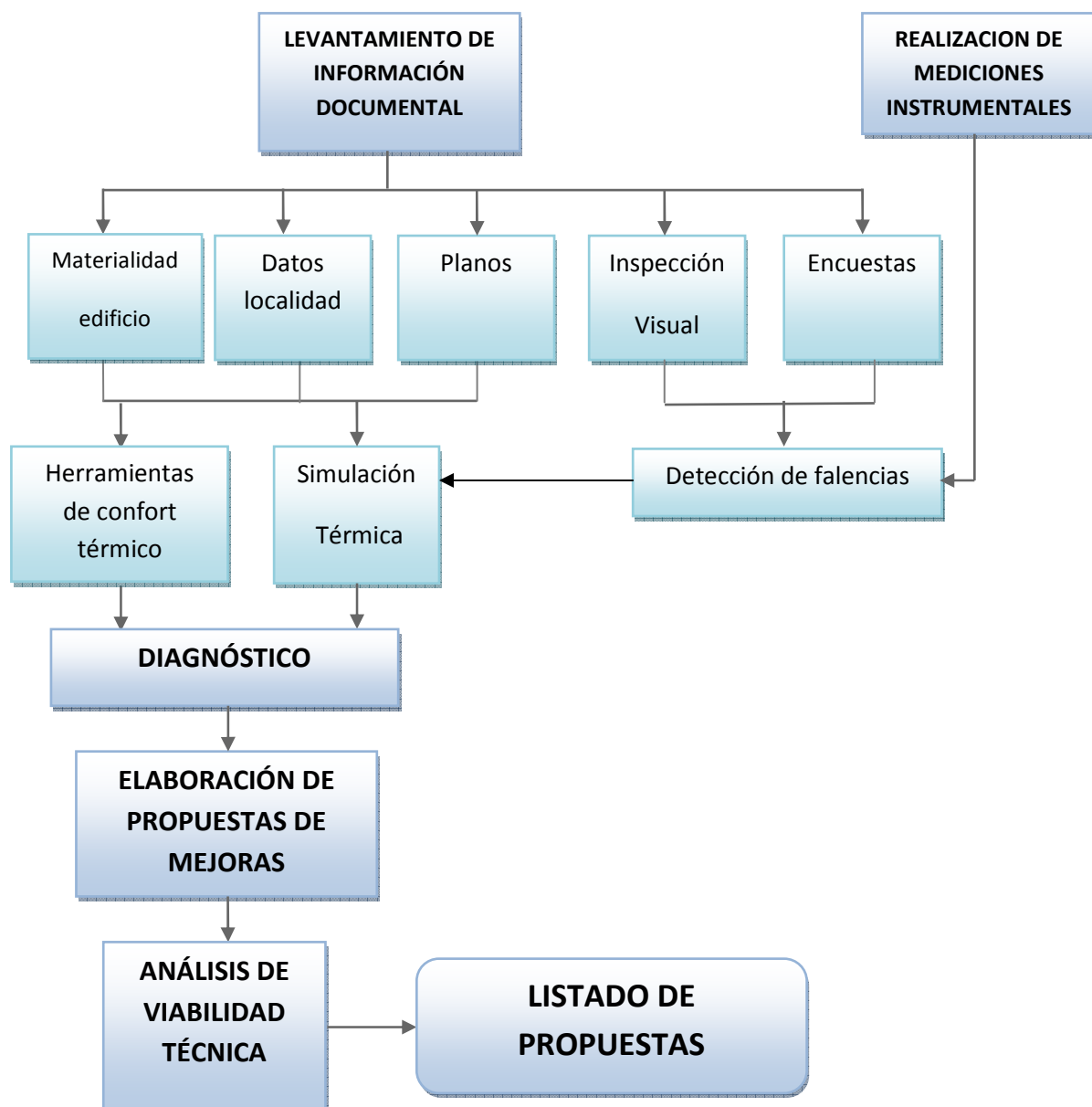
Descripción Visita de personal del Centro de Innovación Energética, en cumplimiento a la segunda fase de la auditoría energética al edificio consistorial de la Ilustre Municipalidad de Copiapó. Se realizó un nuevo encuentro con la encargada de Planificación y Medio ambiente, Maritza Gutiérrez, en conjunto con su personal Carrie Fernández y el mayordomo Jaime Valdés, para los permisos y la organización de la toma de medidas a los espacios determinados. Además, se aprovecha la ocasión para la petición de documentos e información pendiente de las visitas anteriores, para la continuidad del proyecto. También, se procede a realizar una segunda Inspección visual al edificio, para tomar nota de los problemas de la temporada de invierno, de acuerdo a la información obtenida en los cuestionarios y en datos dados en el momento por el personal de la municipalidad.

- Objetivos*
- Dar a conocer los avances del proyecto a los representantes del edificio
 - Recopilación de información faltante
 - Capturar fotografías del edificio, enfocándose en deficiencias y oportunidades de mejora
 - Registrar cada uno de los lugares fotografiados
 - Proceder a la segunda toma de medidas experimentales dentro del edificio, las cuales, serán consideradas como “datos de invierno”

3.- Metodología utilizada

La metodología utilizada comprende seis actividades, a saber:

1. Levantamiento de información documental
2. Realización de mediciones instrumentales
3. Análisis Técnico
4. Análisis de viabilidad económica



1. Levantamiento de datos del edificio (punto 4)

- Datos de la localidad (punto 4.1)
- Datos sobre el edificio (punto 4.2)
- Encuesta de uso y costumbre de ahorro energético (punto 4.3)
- Encuesta de confort térmico (punto 4.4)

2. Mediciones de las condiciones del entorno (punto 5)

- Descripción de los equipos utilizados (punto 5.1)
- Mediciones ejecutadas (punto 5.2)

3. Análisis de las encuestas considerando los datos del entorno (punto 6)

- Sobre la base de las encuestas de confort térmico se identificaron los problemas de la condición ambiental del edificio. Entendiendo que el confort térmico queda determinado por la opinión semejante del 80% de los encuestados. Dato que más adelante corroborado mediante la aplicación de un software de simulación térmica. Resultado de esto se derivaron los problemas de comportamiento del edificio (punto 6.1.1).
- A fin de corroborar los datos derivados de la encuestas a las personas, se utilizó un software de simulación térmica, el que permite determinar las principales variables de condiciones energéticas del edificio a fin de validar las opiniones de los ocupantes del edificio (punto 6.1.2).

4. Elaboración de propuestas (punto 7)

- Propuestas referente a la materialidad del edificio
 - Solución a exceso de radiación a primer piso
 - Otra solución a exceso de radiación a primer piso
 - Tercera solución a exceso de radiación a primer piso
- Propuestas referente al sistema de aire acondicionado y ventilación
 - Solución a la poca ventilación en edificio
 - Otro equipo de ventilación de edificio
 - Solución a ventilación de baños públicos
 - Solución a acondicionamiento de aire en segundo piso
 - Otra solución a la mejora de la ventilación del edificio
 - Mejoras de las condiciones térmicas en meses de invierno
- Propuestas operacionales
- Recuperación de energía y aprovechamiento de energía solar

5. Análisis de viabilidad económica

4. Información documental recopilada

La información documental recopilada comprende: datos de la localidad, recopilación de antecedentes constructivos del edificio y resultados de la encuesta de confort térmico. Los datos de la localidad son obtenidos del informe GEO Copiapó “Perspectivas del medio ambiente urbano” hecho por PNUMA, PUC, Gobierno Regional Región Metropolitana en el año 2007.

4.1 Datos de la localidad

Copiapó corresponde a la capital regional de la tercera región, dentro de la provincia que lleva su mismo nombre. La ciudad se encuentra emplazada en medio del valle transversal de Copiapó, delimitada por los cerros y el río. Se caracteriza por ser una ciudad minera, aunque históricamente ha sido conocido por la exportación de uva. Se encuentra a una altura aproximada de 391 metros sobre el nivel del mar, y sus coordenadas son 27°18' Sur y 70°25' O. La superficie es de 16681 km²; su población según el último censo (2002) es de 189.124 habitantes, con una densidad de 7,7 habitantes por metro cuadrado.



Ubicación de la municipalidad de Copiapó. Captura desde Google Earth

4.1.1. Antecedentes climáticos de la ciudad de Copiapó. La ciudad se encuentra emplazada en una zona de transición climática, entre el clima *desértico marginal* a *estepárico cálido*. Las altas temperaturas se encuentran reguladas por la relativa influencia marítima que recibe la zona, por quedar a una distancia cercana a la costa y además por el contexto geográfico de valle transversal en el que se encuentra. Por esta misma razón, generalmente entra a la ciudad nubosidad costera durante las mañanas, la cual se dispersa después del mediodía.

El clima desértico marginal bajo, corresponde a la mayor parte de la región, cubriendo la zona que va desde donde comienzan las tierras altas de la cordillera hasta donde alcanza la

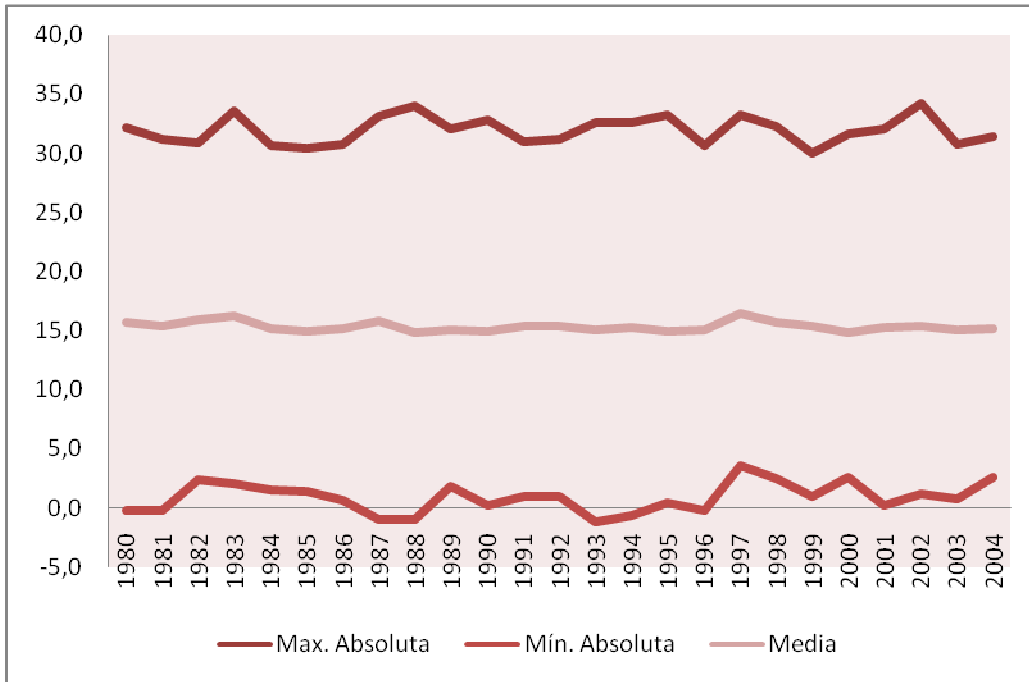
influencia marítima intensa por el oeste. De Copiapó al norte es de una rigurosa sequedad, en cambio de Copiapó al sur, la inexistencia de la cordillera de la Costa permite alguna forma de efecto marítimo en la humedad sin nubosidad, que atenúa las características desérticas. La amplitud térmica es mucho mayor que en el litoral. La diferencia entre el mes más cálido y el más frío es de 7° a 8° C. Mucho mayor es la amplitud térmica diaria que alcanza del orden de 13° a 15° C. Las zonas con este clima se ubican bajo el nivel de la inversión de temperatura, con temperaturas moderadas y humedad suficiente para permitir la generación de algún tipo de vegetación de estepa en los sectores bajos. Las precipitaciones, como en todo el desierto de Atacama, son muy escasas. Estas se producen casi exclusivamente en la época invernal y el promedio histórico de agua caída en la ciudad es de 12 mm, alternándose periodos de sequía y de abundancia de precipitaciones. Se destaca recientemente el año 1997 en el cual cayeron en la zona más de 140 mm, y el año 2005, en que fuertes nevazones casi alcanzan a la ciudad, fenómeno del cual se tenía registro solamente del año 1902. Se destaca también el año 2006 y 2007 por la ausencia total de precipitaciones y el periodo comprendido entre 1993 y 1997 también por la ausencia casi absoluta de estas.

Respecto a la radiación solar, la ciudad tiene uno de los índices más alto de irradiación global, alcanzando en el mes de diciembre 791,9 MJ/m² sumando en el año 6702 MJ/m² considerándose una de las más altas de Chile y en el mundo.

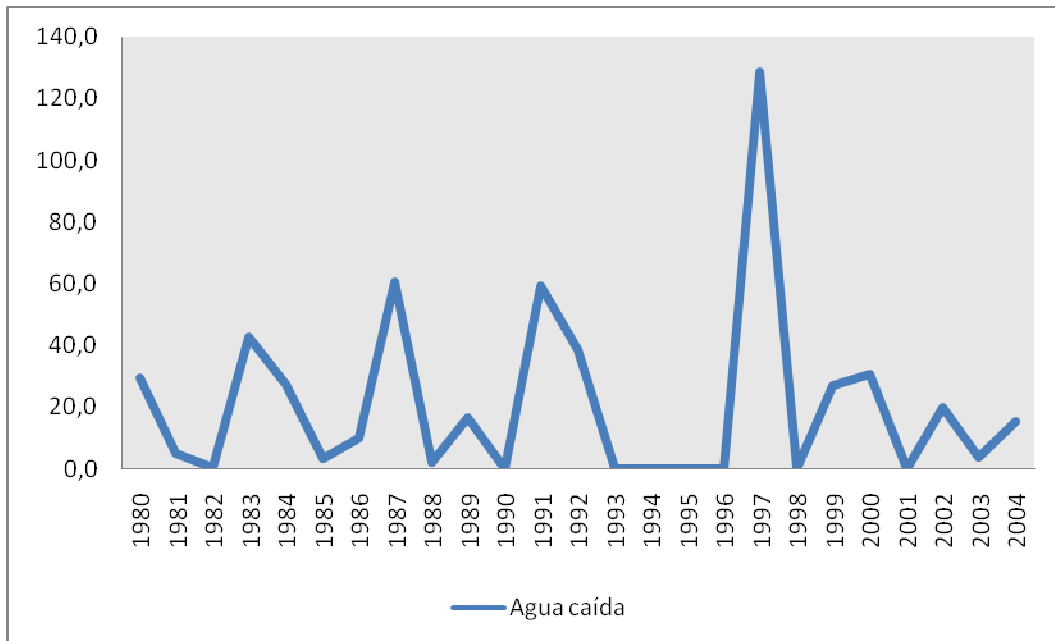
4.1.2. Datos meteorológicos. Para efecto de la simulación computacional se contó con los datos meteorológicos anuales de los últimos 30 años, disponiéndose los valores de los rangos de temperatura máxima absoluta, mínima absoluta y media. Adicionalmente se contó también la cantidad de agua caída anual en milímetros. (Ver Anexo 1)

Como se indicó, Copiapó se encuentra emplazada en una zona de transición climática, entre el clima Desértico Marginal a Estepárico cálido. Sus precipitaciones son bajísimas y la diferencia entre el mes más cálido y el más frío es de 7° a 8° C. Mucho mayor es la amplitud térmica diaria que alcanza del orden de 13° a 15° C.

A continuación, se muestra la gráfica de las temperaturas anuales y el agua caída en la ciudad de Copiapó en los últimos años.



Gráfica de las temperaturas anuales [°C] en la ciudad de Copiapó desde el año 1980 hasta 2004. Se observa la gran diferencia entre la máxima y la mínima temperatura (más de 30 [°C]) Fuente INE.



Gráfica del agua caída anual [mm] en la ciudad de Copiapó desde el año 1980 hasta 2004. Destaca el año 1997 entre los demás. Fuente INE

En el Anexo 1, se detalla las precipitaciones y temperaturas medias de la ciudad en los últimos años, publicadas por el INE. Estos datos se utilizan como dato de entrada en la simulación térmica.

4.2 Antecedentes del edificio

El edificio se encuentra ubicado en la calle Chacabuco n° 14, en la parte norte de la ciudad, cercana a los cerros. Fue construida en el año 1993 por el arquitecto *Aldo Crisosto Necco* en conjunto con la constructora COPEVA.

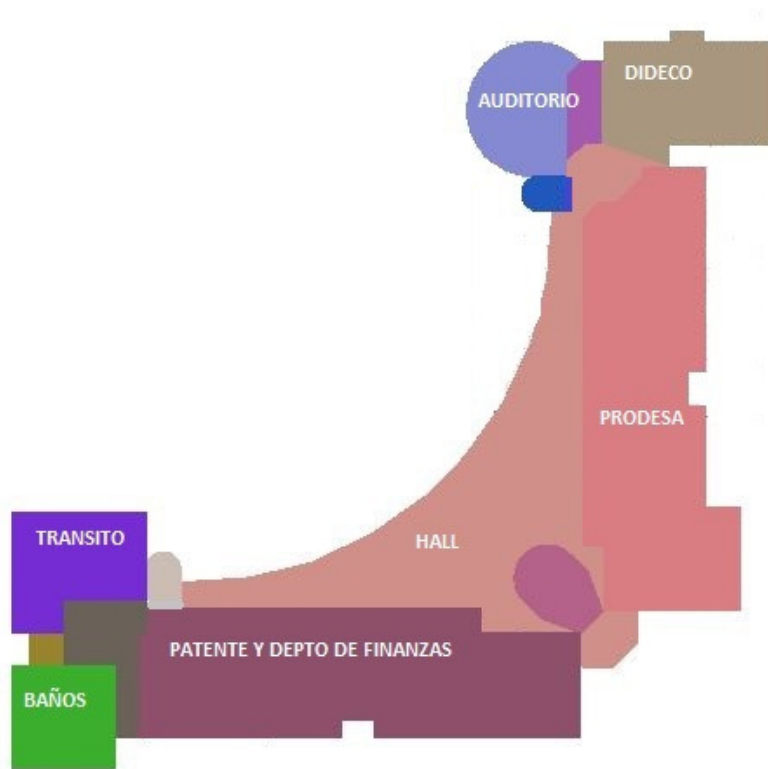


Frontis de edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de

El objetivo de la construcción de este edificio, es albergar a todas las direcciones municipales de la ciudad en un solo edificio, que sea amplio, moderno y que se encuentre ubicado, relativamente en una parte central de la ciudad.

El edificio está dividido en departamentos en sus dos plantas. En el primer piso se encuentran (ordenadas de norte a sur):

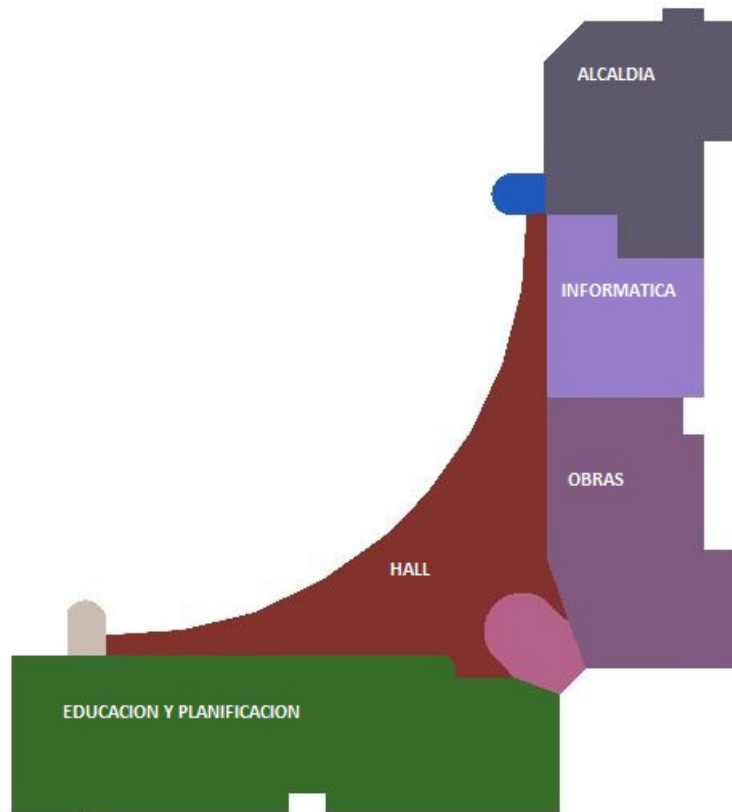
- Tránsito
- Patentes y Tesorería
- Administración y Finanzas, junto a ventanillas únicas ubicadas hacia el frontis
- Atención al público (Hall)
- Secretaría PRODESA y ventanillas de atención al público
- DIDECO



Distribución de los espacios o departamentos en el edificio municipal, piso 1

Mientras que en la segunda planta, se encuentran:

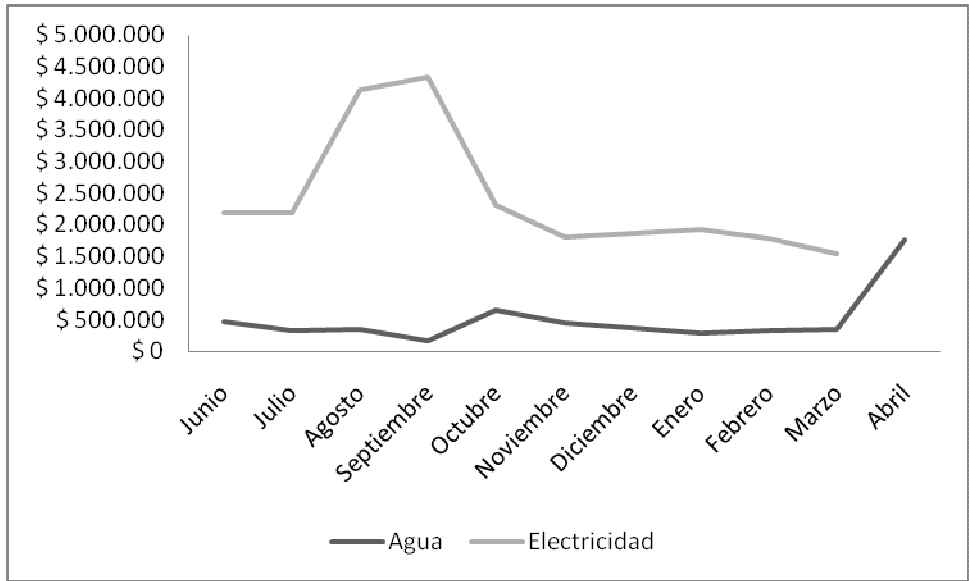
- Educación
- Planificación y Medio Ambiente
- Secpla
- Dirección de Obras Públicas
- Informática
- Alcaldía



Distribución de los espacios o departamentos en el edificio municipal, piso 2

4.2.1 Planos del edificio La ilustre municipalidad de Copiapó facilitó planos de la totalidad de los pisos del edificio consistorial, en formato Auto CAD. Gracias a este documento, se pudo elaborar un diseño de este en el software de simulación térmica, resultados que se indican más adelante. Los planos del edificio de ambas plantas se encuentran en el Anexo N°2.

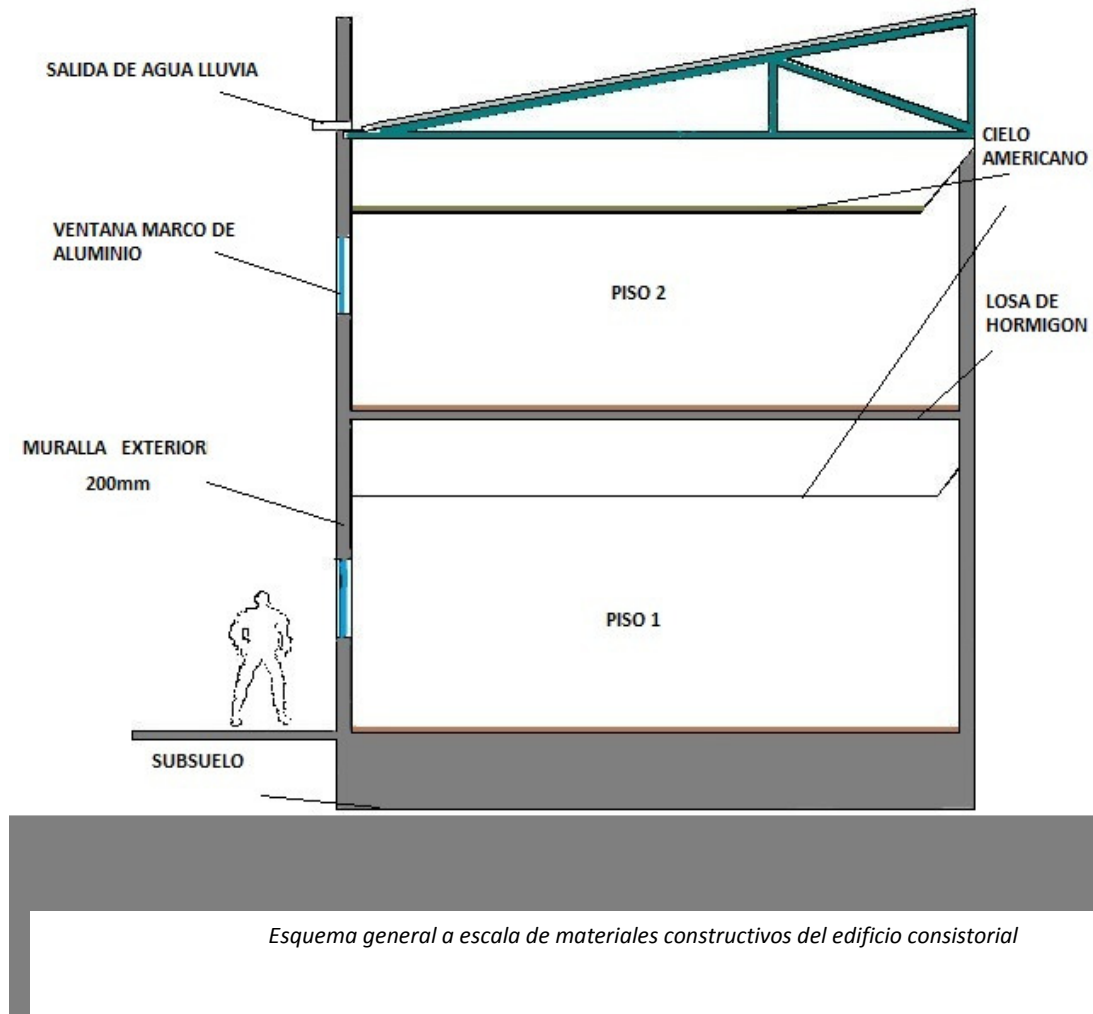
4.2.2. Facturas del consumo de electricidad y agua potable. El departamento de Administración y Finanzas de la municipalidad, puso a disposición del proyecto las facturas de electricidad y agua potable, antecedentes que sirvieron como base para estimar los gastos en que incurre el edificio. Información necesaria para el análisis de viabilidad de esta asistencia. Cabe mencionar, que en el edificio, no se usa petróleo, gas o derivados de estos, solo electricidad.



Gráfica de Gastos en Energía Eléctrica y Agua Potable en Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Copiapó.

Los gastos y consumos de energía de la municipalidad, se detallan en el Anexo N°3.

4.2.3 Materiales constructivos. La caracterización de los materiales de construcción del edificio se define por su espesor, densidad, calores específicos, conductividad y el color de la cubierta de pintura. A modo general, la estructura del edificio se basa en la siguiente estructura:



Para efecto de su aplicación se especificaron valores para las murallas exteriores, los tabiques internos, cubiertas y ventanas. Cada uno de estos conjuntos está compuesto por distintas capas de materiales, las que a su vez tienen diferentes valores para las variables técnicas antes mencionadas.

Por su parte, el conjunto como un todo se caracteriza por otro tipo de variables. Así se tiene que para cada conjunto, ya sea muralla, tabique, cubierta o ventana, se entrega un valor de 4 tipos de variables: Coeficiente de transferencia de calor U y espesor calculado por el Software AutoDesk Ecotect; Admitancia, porcentaje de absorción del sol son obtenidos del texto “Energía Solar en Construcción”, Pedro Sarmiento, Ed. USM y “Transferencia de Calor”, J. P. Holman, Ed. Mc Graw Hill.

A continuación se entrega en tablas los valores utilizados para los cuatro conjuntos ya mencionados.

Murallas exteriores:

Capas Muralla Exterior

Nombre capa	Espesor [mm]	Densidad [kg/m ³]	Calor específico [J/kg K]	Conductividad [W/m K]	Color
Estuco externo	10	1250	1088	0,431	Crema
Horm. Armado	180	2500	670	1,046	-
Estuco Interno	10	1250	1088	0,431	Amarillo

Conjunto

Valor de U [W/m ² K]	Admitancia [W/m ² K]	Absorción de Sol [%]	Espesor [mm]
2,52	4,84	26	200

Tabiques (particiones):

Particiones

Nombre capa	Espesor [mm]	Densidad [kg/m ³]	Calor específico [J/kg K]	Conductividad [W/m K]	Color
Madera	5	530	1400	0,14	Café
Contrachapada					oscuro
Aire	10	1,3	1004	5,56	-
Madera	5	530	1400	0,14	Café
Contrachapada					oscuro

Conjunto

Valor de U [W/m ² K]	Admitancia [W/m ² K]	Absorción de Sol [%]	Espesor [mm]
2,33	0,31	70,6	20

Cubierta:

Cubierta

Nombre capa	Espesor [mm]	Densidad [kg/m ³]	Calor específico [J/kg K]	Conductividad [W/m K]	Color
Pizarreño	4	1250	921	0,23	Gris

Aire	200	1,3	1004	5,56	-
Lana mineral	50	140	840	0,038	-
Poliestireno expandido baja densidad	17	38	1130	0,033	Blanco

Conjunto

Valor de U [W/m ² K]	Admitancia [W/m ² K]	Absorción de Sol [%]	Espesor [mm]
0,45	0,38	54,8	271

Ventanas:

Ventanas marco aluminio, reflectivo

Nombre capa	Espesor [mm]	Densidad [kg/m ³]	Calor específico [J/kg K]	Conductividad [W/m K]	Color
----------------	-----------------	----------------------------------	------------------------------	--------------------------	-------

Aire	6	1,3	1004	5,56	-
------	---	-----	------	------	---

Conjunto

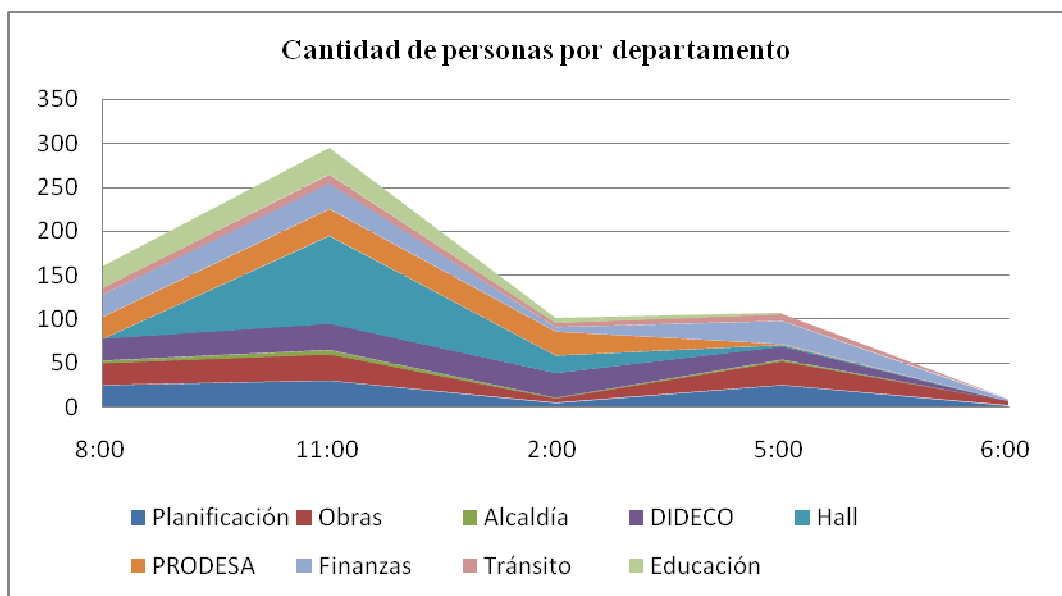
Valor de U [W/m ² K]	Admitancia [W/m ² K]	Emisividad	Espesor [mm]
5,44	5,39	0	6

4.2.4 Número de ocupantes por tipo de espacio El edificio consistorial de la I. Municipalidad de Copiapó es un edificio no residencial, del tipo oficina y atención al público, con el siguiente número de personas, según el horario de uso.

Espacio	Nº de personas	Horario de Uso
Planificación y Medio Ambiente	30	8:00 a 17:30
Departamento de Finanzas	30	8:00 a 17:30
Hall Central	200 (peak)	8:00 a 17:05
Depto. De Obras	30	8:00 a 17:05
Dirección de Desarrollo Comunit	40	8:00 a 17:00
Ventanilla única	5	8:00 a 17:00
Tránsito	10	8:00 a 17:05

Alcaldía	5	8:00 a 17:00
Informática	1	24 hrs

Cabe decir, que el número de ocupantes varía en el transcurso de la jornada, aproximadamente a la proporción mostrada en la siguiente gráfica:



De la gráfica se observa el predominio del público en el hall a las 11 AM; sin embargo, el edificio a las 5:00 PM, el edificio se mantiene con una cantidad de ocupación no despreciable (105 personas app.).

4.2.5 Características de equipos de climatización. El edificio consistorial data del año 1992 y fue concebido para un clima seco con temperaturas diarias entre los 12 °C a 28 °C durante las distintas estaciones del año. Hecho que llevo a los diseñadores a no incorporar de aire acondicionado. De hecho, en la actualidad solo dispone de 6 unidades de aire acondicionado, instalados en oficinas, de marca WestPoint, con una potencia de placa de 1300 W y otro equipo, de marca Khone, con una potencia de 2000 W. el efecto de aplicación de dichos equipos no tiene incidencia alguna en las condiciones climáticas del edificio. Por lo que su porte puede considerarse nulo dentro del total y se descarta de por sí un análisis del mismo.

4.3 Encuesta de confort térmico

La medición del confort térmico se llevo a efecto mediante entrevistas grupales designadas de los diferentes departamentos, documentos que se entregan en el Anexo 5. Se entrevistaron 9 grupos, acorde a las diferentes “zonas térmicas” localizadas dentro del edificio, zonas que contienen una o más oficinas con ubicación y condiciones térmicas equivalentes. La entrevista fue realizada con el método Focus Group, el cual consta de una

técnica de recolección de datos ampliamente utilizada por los investigadores a fin de obtener información acerca de la opinión de los usuarios, usado generalmente para lanzar productos en el mercado, también puede realizarse a fin de investigar sobre la percepción de las personas en torno a un tema en particular, siendo el confort térmico para este caso. Los resultados de estas entrevistas, se muestran a continuación.

<i>Planificación y Medio Ambiente</i>	N° de personas del	30
	Horario de uso	8:00 a 17:30
	Persona entrevistada	Maritza Gutiérrez
	<ul style="list-style-type: none"> • La renovación de aire es sólo por ventanas pequeñas y gracias a 5 ventiladores de techo. • Algunas oficinas tienen aire acondicionado 	
<i>Departamento de Finanzas</i>	N° de personas del departamento	30
	Horario de uso	8:00 a 17:30
	Persona entrevistada	Paola Garate
	<ul style="list-style-type: none"> • La renovación de aire es solo por ventanas pequeñas y gracias a 5 ventiladores de techo. • Algunas oficinas tienen aire acondicionado. • En el verano, la luz del sol les llega directamente desde las 8 AM hasta las 12:30 PM 	
<i>Hall Central (Atención al Cliente)</i>	N° de personas del departamento	200 (peak)
	Horario de uso	8:00 a 17:05
	Persona entrevistada	Patricia Sierra
	<ul style="list-style-type: none"> • La renovación de aire es gracias a puertas principales (3) y puertas de escape (2). • Las puertas principales permaneces abierta hasta las 14:00. • Al estar las puertas cerradas, de igual manera se siente una leve corriente de aire 	
<i>Departamento de Obras</i>	N° de personas del	30
	Horario de uso:	8:00 a 17:05
	Persona entrevistada:	Angélica Bernal

- La renovación es sólo por ventanas pequeñas y ventiladores /calefactores personales.
- El departamento no tiene puertas

Dirección Desarrollo Comunitario

N° de personas del departamento 40
 Horario de uso 8:00 a 18:00
 Persona entrevistada Jonathan Retamales

- La renovación es solo por ventanas pequeñas.
- El verano es demasiado caluroso.
- La luz del sol entra directamente en la mañana

Ventanilla Única

N° de personas del departamento 5
 Horario de uso 8:00 a 17:00
 Persona entrevistada Joseline Aracena

- La renovación de aire es gracias a puertas principales (3) y puertas de escape (2).
- La luz solar llega directamente algunas horas del día

Tránsito

N° de personas del departamento 10
 Horario de uso 8:00 a 17:05
 Persona entrevistada Rosa León

- La renovación de aire causa corrientes de aire helados, perjudiciales para el personal

Informática

N° de personas del departamento 1
 Horario de uso 24 hrs
 Persona entrevistada Programador analista

- Aire acondicionado la mayor parte del día. Espacio no

Alcaldía

N° de personas del departamento 5
 Horario de uso 8:00 a 17:00
 Persona entrevistada Secretaria alcalde

- En casi todas las oficinas existe aire acondicionado.
- A diferencia de las demás oficinas, las puertas se encuentran generalmente cerradas

Adicionalmente a la tabla, se consultó sobre la percepción acerca al confort térmico y condiciones de calefacción y ventilación.

<i>Medios utilizados para el acondicionamiento térmico</i>	No existen calderas ni estufas eléctricas; el acondicionamiento térmico se logra mediante el uso de ventiladores de techo y sistemas de aire acondicionado en algunas oficinas cerradas.
<i>Tipo de energía utilizada para calefacción</i>	No se utiliza petróleo, gas, ni ninguno de sus derivados como fuente de energía; solamente electricidad.
<i>Confort térmico en verano</i>	Se siente demasiado calor en los meses de verano, sobre todo en la tarde.
<i>Confort térmico en invierno</i>	Se siente frío en los meses de invierno en las mañanas y tarde (horario de salida)
<i>Condiciones de ventilación</i>	El aire se siente demasiado denso; las ventanas no tienen la dimensión necesaria para ventilar el aire; además entra aire caliente en verano (no fresco).
<i>Tipo de separadores de ambiente</i>	Los separadores de ambiente, miden aproximadamente 1.75 metros de altura y están compuestos por mitad madera terciada y mitad vidrio acanalado.
<i>Apoyo a la ventilación en verano</i>	Para aliviar el calor en el verano, se instalaron una serie de ventiladores de techo en la segunda planta del edificio; no obstante, estos equipos no dieron gran aporte y no se tuvo el resultado esperado por los funcionarios.
<i>Percepción del espaciamiento de oficina</i>	El edificio en general se utiliza de 8 AM a 5:30 PM, y el horario con más gente es entre las 11:30 AM y las 2 PM; algunos sectores, como el pasillo del sector de Tránsito, están agobiados de gente a esas horas.
<i>Disponibilidad de equipamiento de oficina</i>	En atención al público, hay gente de pie y sentada.
<i>Tipo de iluminaria</i>	Toda la iluminación dentro del edificio es a tubo fluorescente

5. Mediciones instrumentales

De los tres tipos de mediciones, solo se llevo a efecto las mediciones del entorno, en razón de la inexistencia de sistemas de aire acondicionado y sistemas que hacen uso de circuitos hidráulicos.

El detalle que se muestra a continuación se refiere a los equipos utilizados y a los tipos de mediciones ejecutadas.

5.1 Equipos utilizados

El equipo utilizado para el proceso de toma de mediciones, corresponde de a un medidor de temperatura y humedad ambiental portátil, modelo 4180 de la fábrica *Control Company*. Tiene dos entradas de medición de temperatura, uno de ellos de tipo K y una entrada de medición de la humedad relativa Este instrumento ha sido calibrado por la norma ISO 17025. Sus datos técnicos se muestran a continuación:

Rango de temperatura y humedad de operación: de 0 a 50 °C, bajo el 95% de humedad relativa

<i>Humedad</i>	Rango:	10% a 95% de humedad relativa (HR)
	Resolución:	0,1% HR
<i>Temperatura</i>	Rango:	-20°C a 60 °C
	Resolución:	0,1 °C
<i>Punto de rocío</i>	Rango:	-44 °C a 58,5 °C
<i>Temperatura de Operación</i>	Rango:	0 °C a 50 °C
<i>Humedad de Operación</i>	Rango:	0% a 95% HR



5.2 Medicior

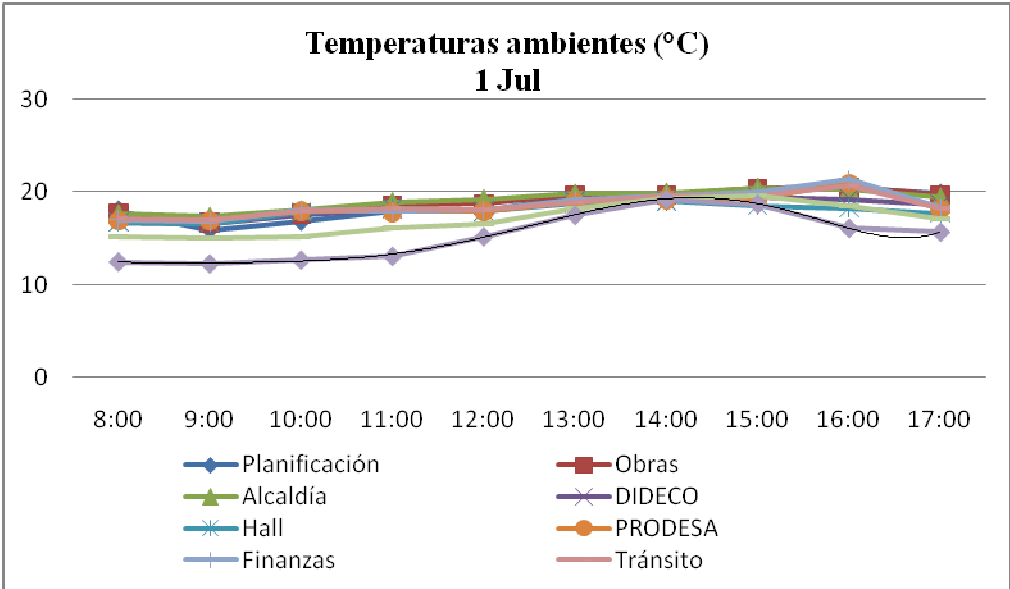
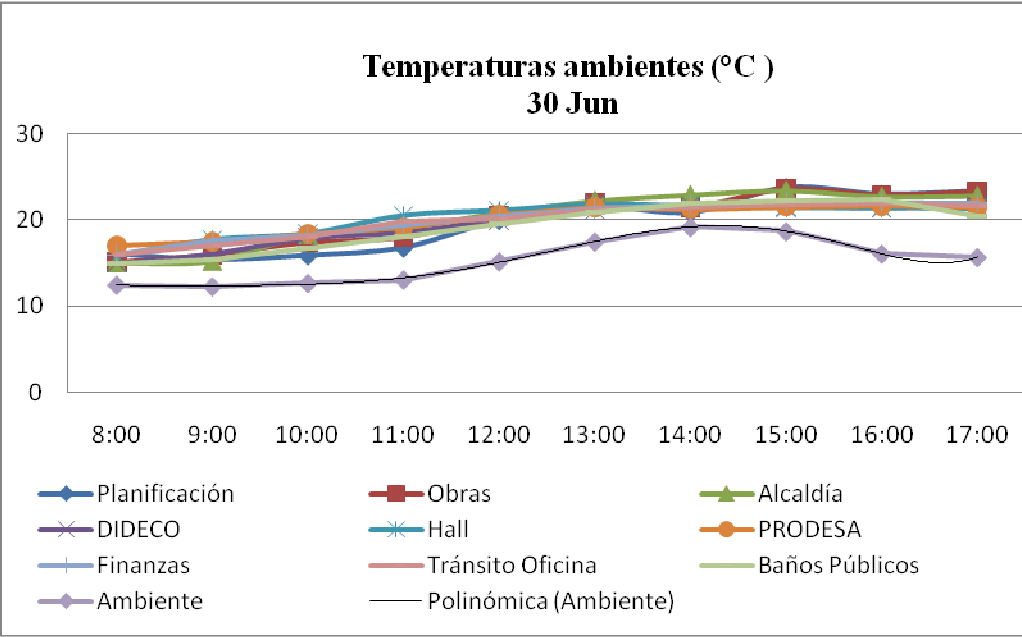
Equipo utilizado para registro de temperaturas y humedades relativas en diferentes espacios del edificio

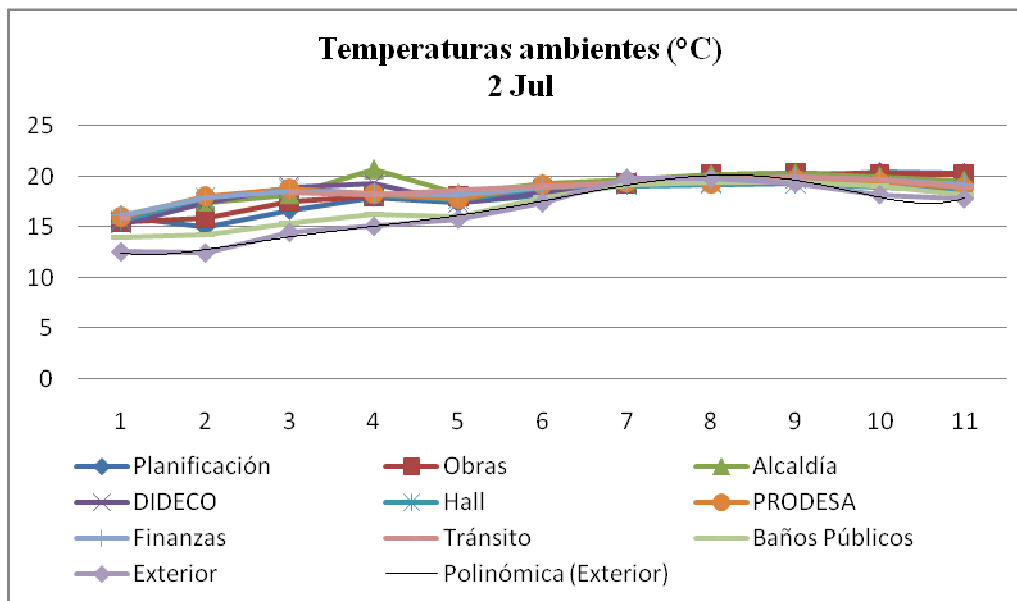
La toma de estas variables, se efectuó en junio y julio del presente año. Como se mencionó anteriormente, el proceso de medición efectuado en el edificio, corresponde a la medición del entorno, en donde, se eligió espacios estratégicos dentro de edificio, tomando en cuenta la ubicación y las deficiencias encontradas por medio de la inspección visual y las encuestas realizadas.

El proceso de medición se efectuó con el equipo medidor de temperatura y humedad portátil, en rondas diarias durante la jornada laboral y entre intervalos de tiempo relativamente iguales. Los parámetros obtenidos corresponden a la humedad relativa del lugar, la temperatura del ambiente, temperatura de punto de rocío y la temperatura de la superficie de las paredes.

2.1 Datos obtenidos: Estas mediciones se efectuaron durante la jornada laboral del 30 de junio al 2 de julio del presente año, en donde, según informó la dirección meteorológica, la temperatura ambiente de la ciudad fue de 10 °C la mínima y 18°C la máxima. Los valores son mostrados en tablas, en el Anexo N°6. Las mediciones se muestran a continuación.

2.1.1 Temperaturas ambiente: las temperaturas ambiente se obtuvieron a aproximadamente 1 metro de la pared y 1,5 metros de altura sobre el suelo, a la sombra y lejos de puertas y ventanas, en 10 rondas entre las 8 AM y las 5 PM (Horario de uso del edificio) y se muestran en las siguientes gráficas:

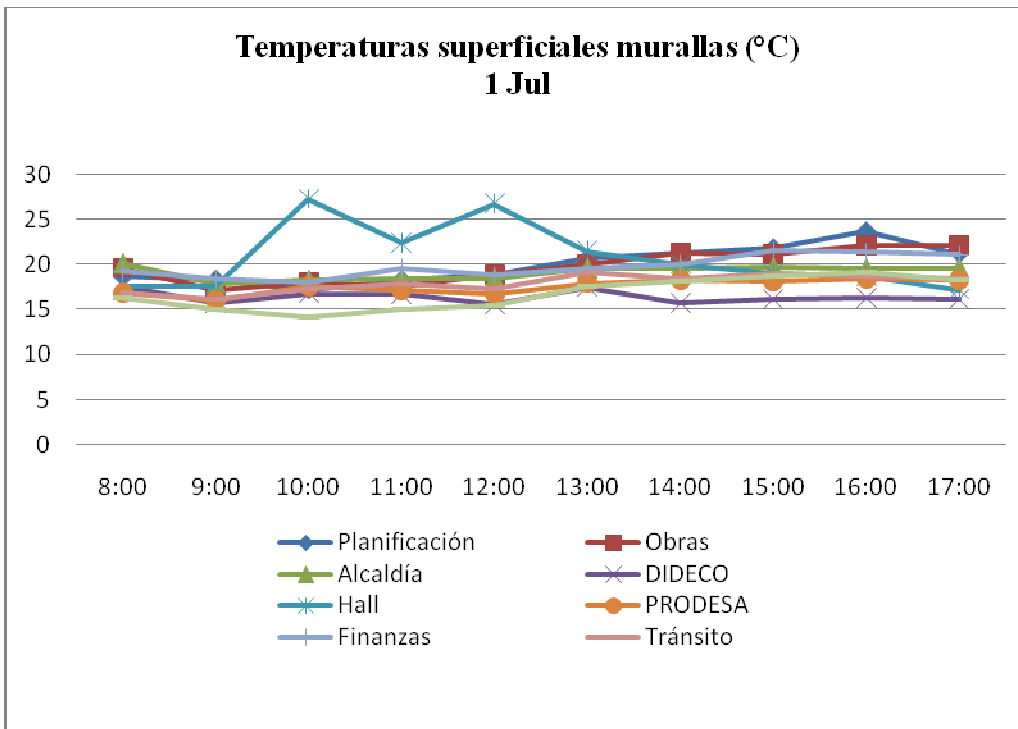
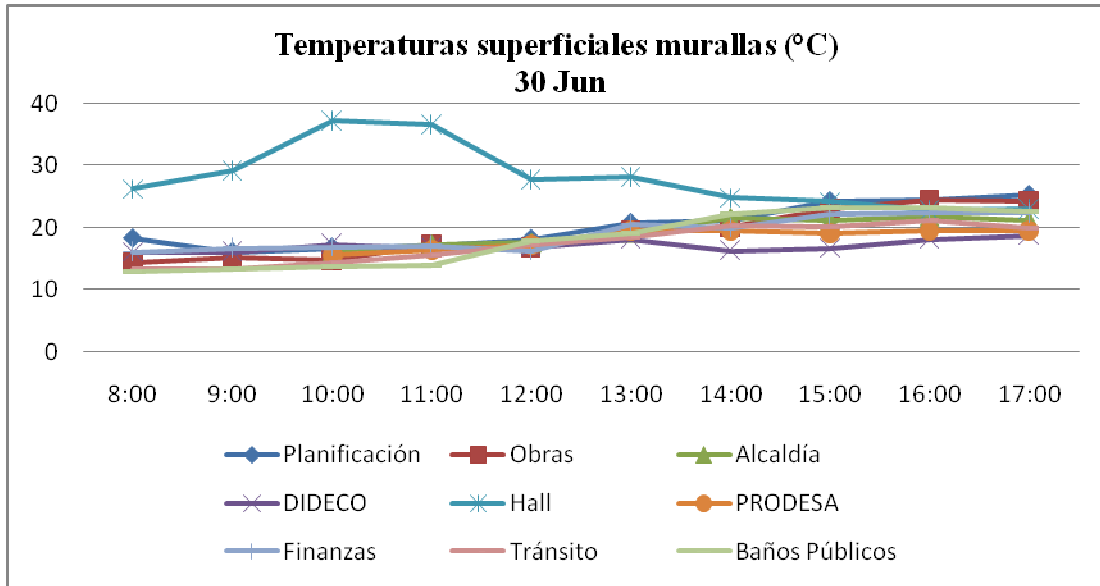


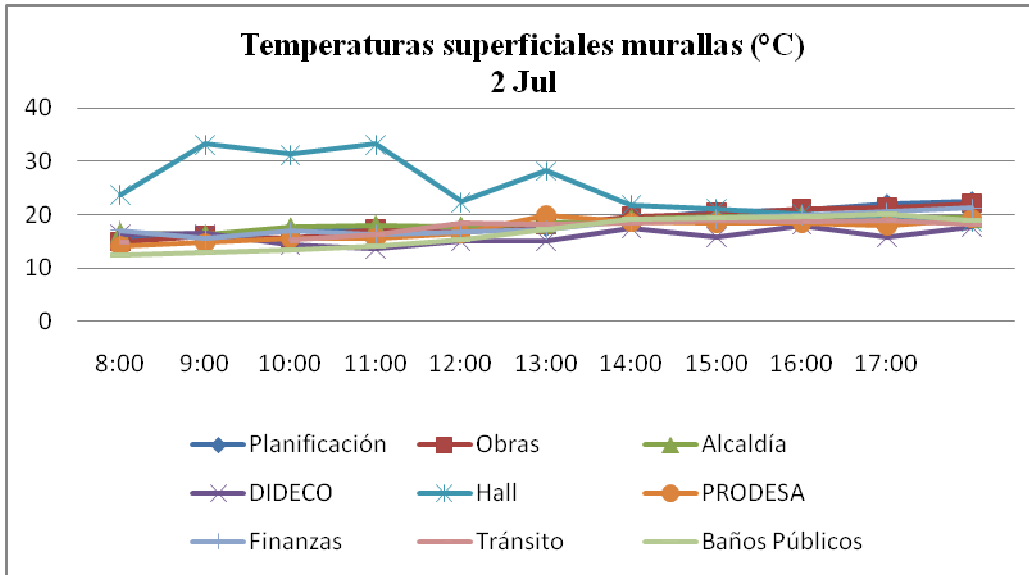


Se observa que para el día 30 de junio, todas las temperaturas se comportaron de forma similar, dentro del rango de los 15°C a los 24 °C, aumentando en las horas de la mañana y manteniéndose pasada las 3 de la tarde; además, ningún espacio de la edificación tuvo una temperatura menor a la temperatura exterior en toda la jornada.

De igual manera, en la jornada del día 1 y 2 de julio, se observa que todas las temperaturas se comportaron de forma similar, dentro del rango de los 15°C y 22 °C; sin embargo, en el intervalo entre las 2 y las 3 PM, se observa que un par de espacios (Hall y departamento de DIDECO) marcaron temperaturas menor a la temperatura ambiente.

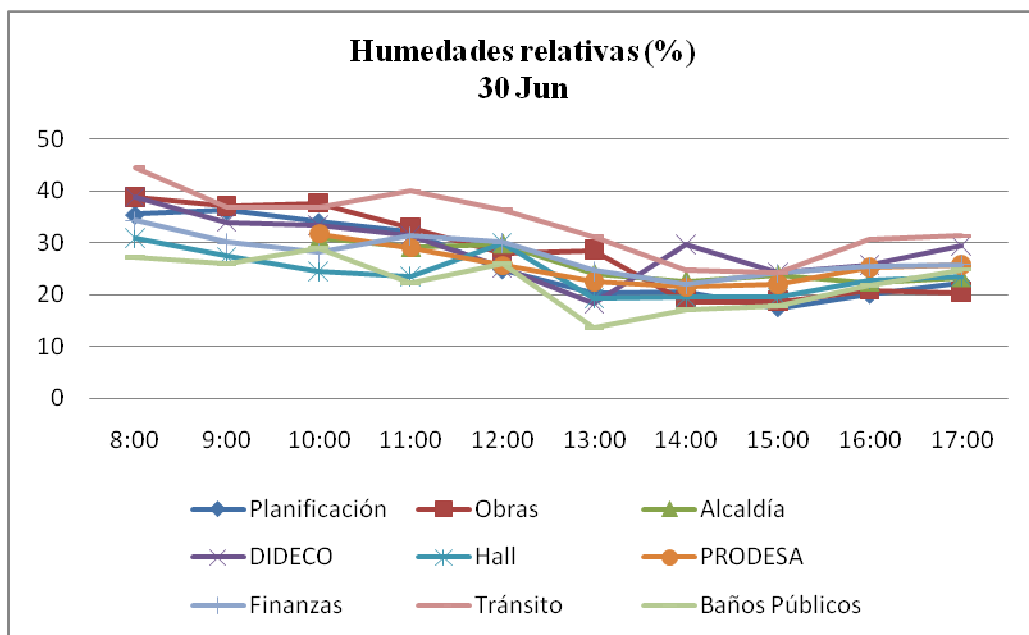
2.1.2. *Temperaturas superficiales de murallas:* las murallas corresponden a exteriores y se obtuvieron a la sombra y lejos de puertas y ventanas, en 10 rondas entre las 8 AM y las 5 PM (Horario de uso del edificio) y se muestran en las siguientes gráficas:

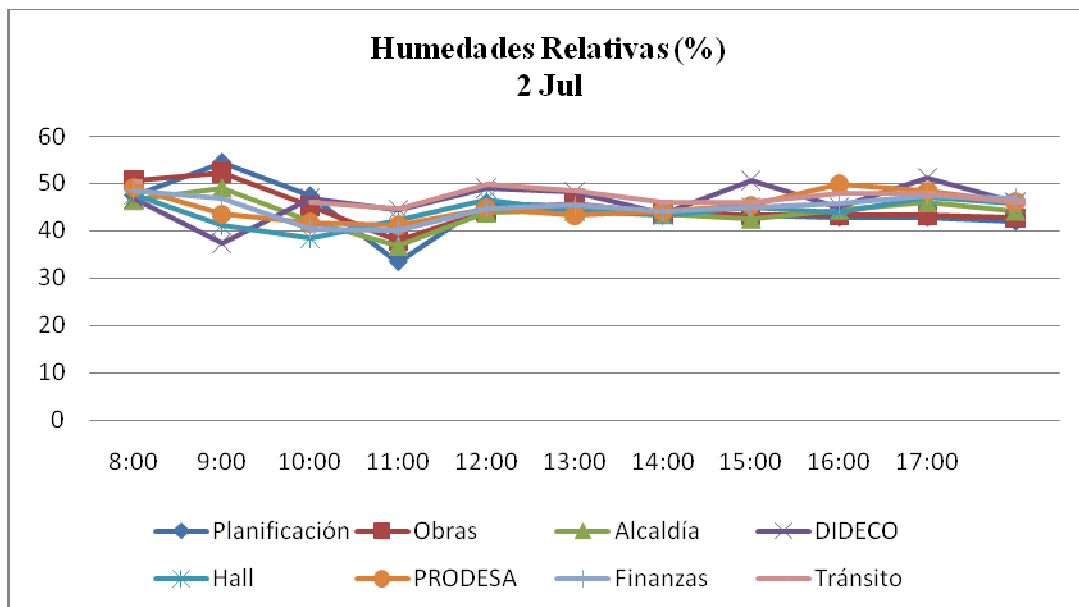
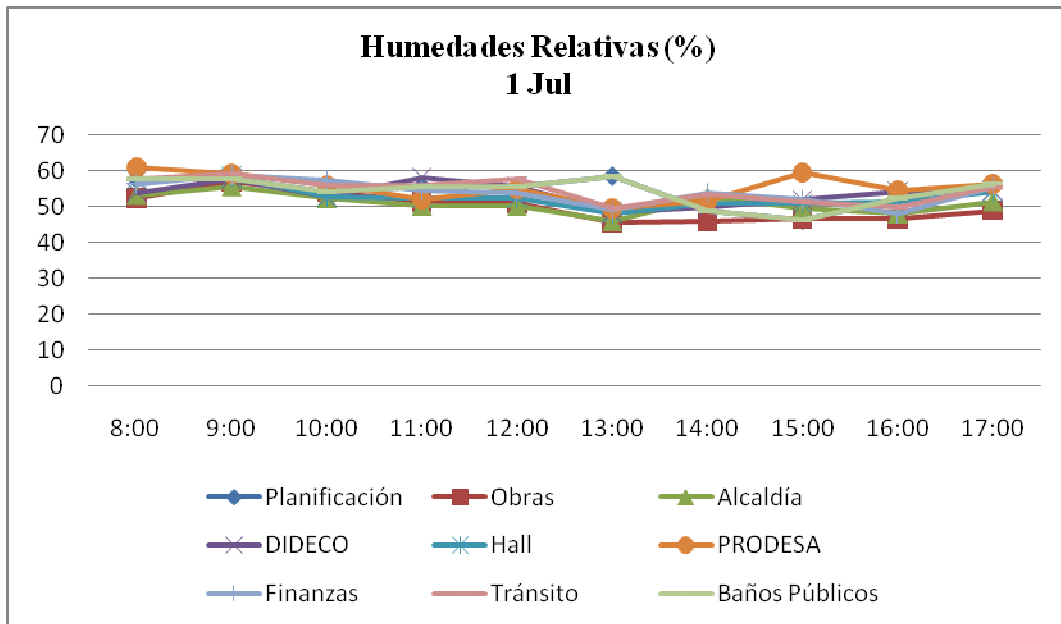




La mayoría de las temperaturas superficiales de las murallas tienden al alza en aproximadamente 5 °C a excepción de la muralla del Hall y la perteneciente al departamento de DIDECO. La primera, sus temperaturas son bastante altas debido a que corresponde a una muralla de vidrio (frontis); respecto a la segunda, la muralla de DIDECO (Dirección de Desarrollo Comunal), la temperatura tiende a bajar pasada las 11 AM, esto debido principalmente a la ubicación en que se encuentra.

2.1.3 *Humedades Relativas*: las humedades relativas se obtuvieron a aproximadamente 1 metro de la pared y 1,5 metros de altura sobre el suelo, a la sombra y lejos de puertas y ventanas, en 10 rondas entre las 8 AM y las 5 PM (Horario de uso del edificio) y se muestran en las siguientes gráficas:





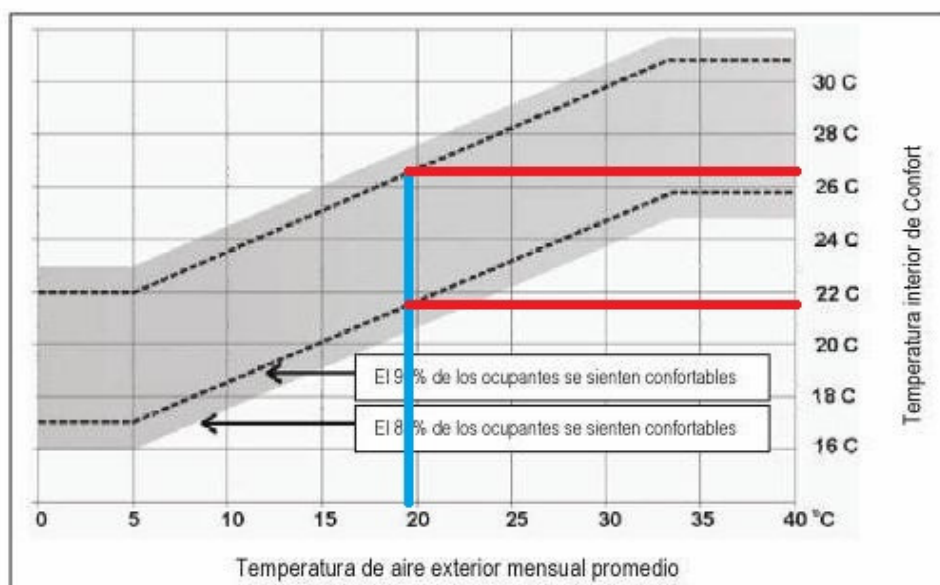
Las humedades relativas en los espacios del edificio, como es de esperarse, son bajos debido al clima de la ciudad de Copiapó, en especial para la jornada del día 30 de junio.

6. Diagnóstico

En esta etapa de la investigación se procede a analizar los datos recopilados y medidos, con el fin de obtener pautas e información general para la elaboración de propuestas.

Previo al desarrollo del diagnóstico, se muestran las deficiencias encontradas dentro del edificio, en base a las encuestas desarrolladas al personal del edificio. Vale decir que el confort térmico es relativo a los ocupantes de la edificación, y se ha establecido, mediante ensayos de laboratorio con personas que se han prestado, que se alcanza cuando el entorno contiene un 80% de las respuestas favorables. Givonni plantea como tolerables temperaturas internas de hasta 28.5 °C con aire en movimiento a velocidades de hasta 2 m/s y una humedad relativa inferior al 90%; por otra parte, el estándar ASHRAE 55 establece que para oficinas climatizadas con aire acondicionado, el confort térmico se alcanza en el rango de temperaturas entre 24.5 °C y 26 °C, a humedades relativas que no superen el 60% y velocidades de aire del orden de los 0.2 m/s.

Sin embargo, para la realización del informe, se tomará el sistema de DeDear y Brager, por ser uno de los métodos más utilizados y simples de desarrollar. Este sistema plantea un modelo que propone que los ocupantes de edificios ventilados naturalmente puedan estar confortables a mayores temperaturas internas en función de los aumentos en la temperatura del aire externo. Para el caso de Copiapó, las temperaturas de confort, según este sistema, son las siguientes:



Modelo de Dear y Brager (2001)

Según este sistema, el entorno de confort térmico mediante ventilación natural, se logra con temperaturas que estén dentro del rango de 21.8 °C y 26,5 °C (usando el 80% de aprobación), temperaturas que se tienen actualmente, en una gran cantidad de oficinas. No obstante, existen algunas en donde no se está dentro del rango de temperaturas de confort

o es muy corto el periodo. Los problemas de confort térmicos detectados por medio de encuestas realizadas en el edificio municipal de Copiapó, se pueden resumir en tres:

- **Luz solar excesiva expuesta a funcionarios en puestos del primer piso (Atención al público y Hall):** dentro del edificio consistorial existe una alta irradiación proveniente del sol, recibida por los operarios en la zona del hall en los meses de verano en la sección Atención al Público, Ventanillas de atención, Cajas, entre otras. Esta deficiencia se produce por motivo del material de la fachada, construida casi completamente por vidrio, material altamente refractante.
- **Ventilación deficiente y altas temperaturas en el segundo piso:** Uno de los problemas percibidos dentro del edificio, es el calor que existe en el segundo piso de la municipalidad en los meses de verano. A esto, se le agrega la poca y nula ventilación en diferentes oficinas de la edificación.
- **Bajas temperaturas en el primer piso:** Como se pudo visualizar en las gráficas de temperaturas ambientes, departamentos del primer piso y uno en especial (DIDECO), mostraron tener bajísimas temperaturas, tanto radiantes como en las superficie de las murallas.

El diagnóstico se basará generalmente en el comportamiento de las variables que influyen en el entorno de la energía y calidad ambiental, centrándose en los problemas mencionados y en el clima de la localidad utilizando el *Diagrama de Givoni*, herramienta útil para el mejoramiento del confort térmico.

6.1 Factores de influencia

Los factores de influencia se utilizan tanto para el uso residencial como en el sector terciario; estos se dividen en tres grandes grupos:

- *Parámetros físicos:* estos corresponden a las características cuantitativas del estudio, tales como la temperatura radiante, humedad relativa, presión atmosférica, color de las superficies, entre otras.
- *Parámetros humanos:* características de los ocupantes de la edificación; edad, sexo, entre otras.
- *Parámetros externos:* correspondiente a la actividad que desarrollan los ocupantes dentro del edificio; actividad metabólica, tipo de vestimenta, hábitos sociales y culturales, etc.

6.1 Parámetros físicos:

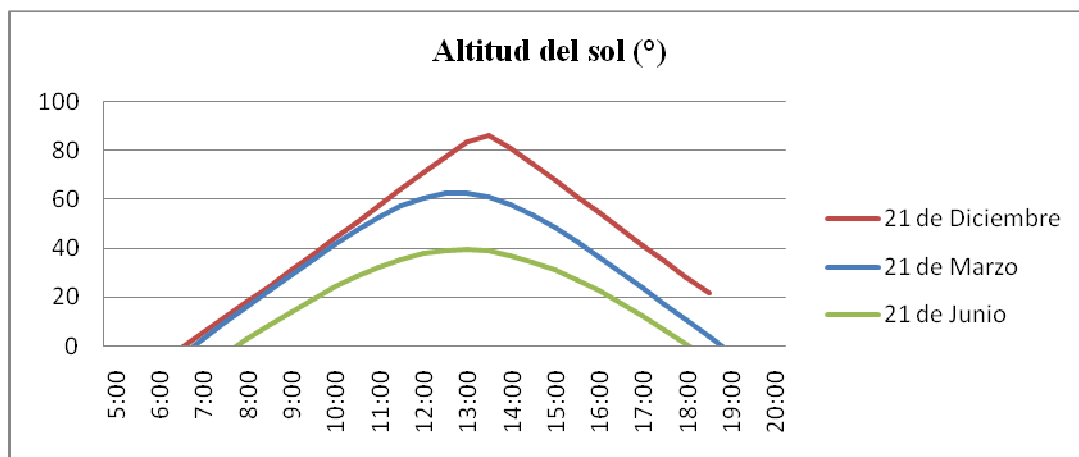
Forma:

Orientación: la forma del edificio es de media luna y el frontis, el cual, está compuesto casi completamente de vidrio, orienta hacia el Noreste; las ventajas de esta orientación es que permite el paso de luz solar a gran parte del Hall del edificio, lográndose un gran ahorro en iluminación; sin embargo, en los meses de verano, existe una gran irradiación solar, la cual causa molestia en el público y en los trabajadores de este sector.



Ubicación de la Ilustre Municipalidad de Copiapó. Imagen capturada de Google Earth

Altitud Solar: de acuerdo a la posición geográfica del edificio, es decir, su latitud y longitud, la altitud del sol se puede representar de la siguiente manera:



En donde la ordenada representa el ángulo solar del sol, para cada hora del día. Cabe mencionar que las horas marcadas no corresponden a la hora solar.

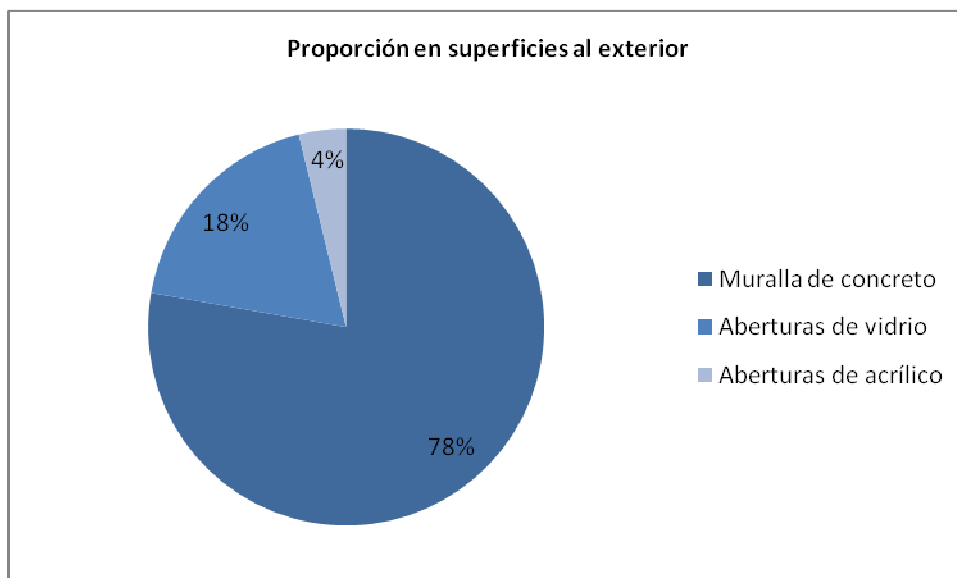
El día más largo del año, es decir, el 21 de diciembre, permanece con sol 13,7 horas; en cambio, el día con menor duración del sol, el 21 de junio, es de 10,3 horas.

Aberturas:

Tamaño y orientación: en el edificio, la mayor parte de los ventanales tienen orientación hacia el norte y el oriente, sumando 155 m² en ventanas, hacia el Sur-Este,

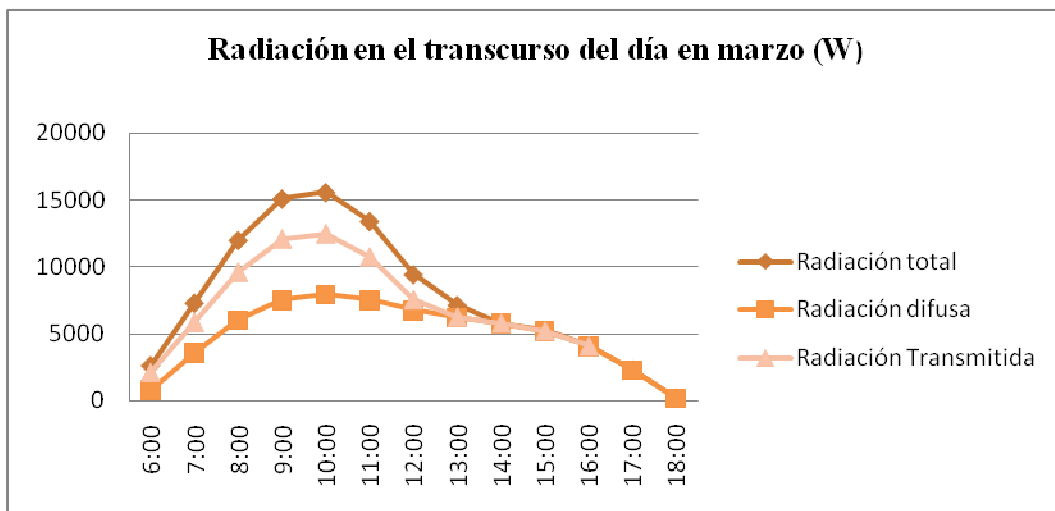
suman aprox. 20 m² de ventanas; 18 m² hacia el Sur-Oeste y 8 m² hacia el Noroeste. Aparte de las ventanas y fachada, existen dos claraboyas, una orientada hacia el Norte y otra hacia el Este; estas claraboyas están constituidas de acrílico con marco de aluminio, al igual que las ventanas, pero con una superficie aproximada de 40m² cada una.

El total de aberturas de vidrio en la municipalidad suma 383 m² y el total de muralla (superficie opaca) es de 1620 m². Esto corresponde al 18% del total de superficie externa del edificio, el cual, está dentro del rango exigido a las viviendas, según el *Artículo 4.1.10* para la *Zona Climática 1* (zona a la cual pertenece la comuna de Copiapó), que exigen un máximo de 50%



Radiación Solar: La iluminación natural se puede aprovechar para el ahorro en iluminación de una determinada habitación o espacio; sin embargo, esto también conlleva radiación

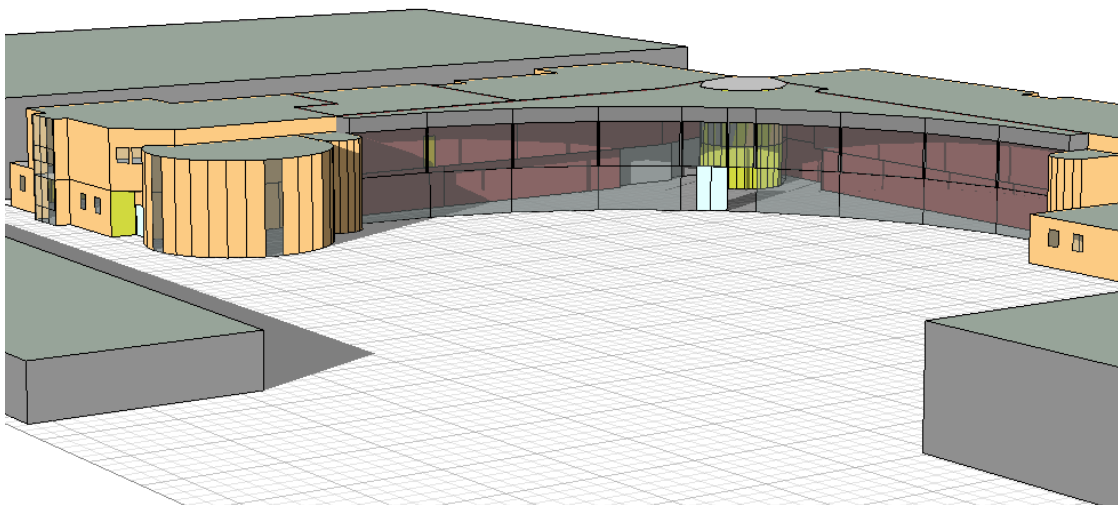
solar, la cual en exceso es perjudicial para la salud humana. Para ello, se analiza la radiación solar de la zona de espera (hall), en especial, en las zonas donde trabajan los ocupantes del edificio, quienes no pueden moverse de su puesto de trabajo por varias horas. La mayor cantidad de ventanas y aberturas de este espacio, tienen dirección hacia el Noreste y Este, con direcciones entre los 22° y 106° Azimut respecto al norte. Para la localidad de Copiapó, las máximas radiaciones globales en estas direcciones se producen en el mes de marzo. A continuación se muestra la radiación total y difusa recibida por la muralla de vidrio del frontis:



Datos obtenidos en Registros Solarimétricos

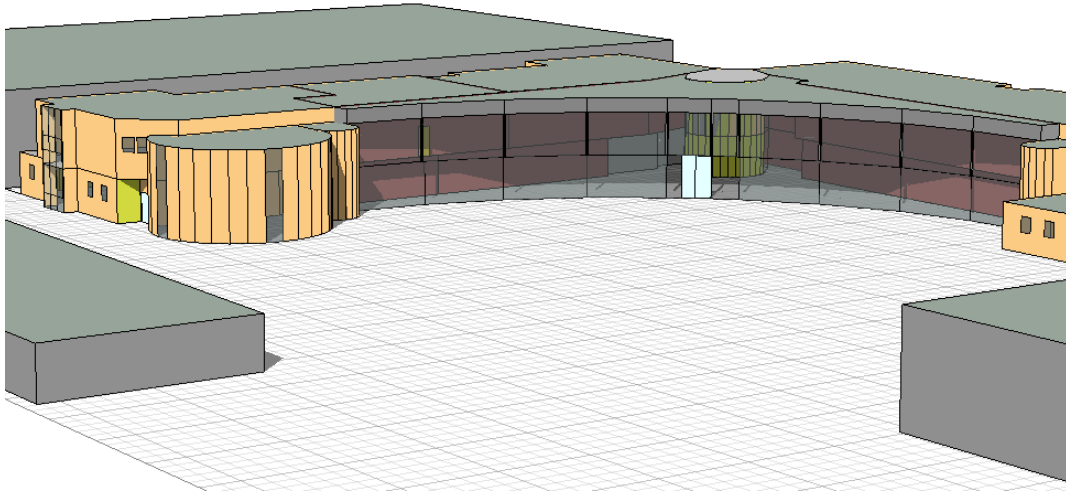
Utilizando la modelación computacional, se analiza la influencia del recorrido del sol sobre el hall de la municipalidad, para un día del mes de marzo:

8 AM



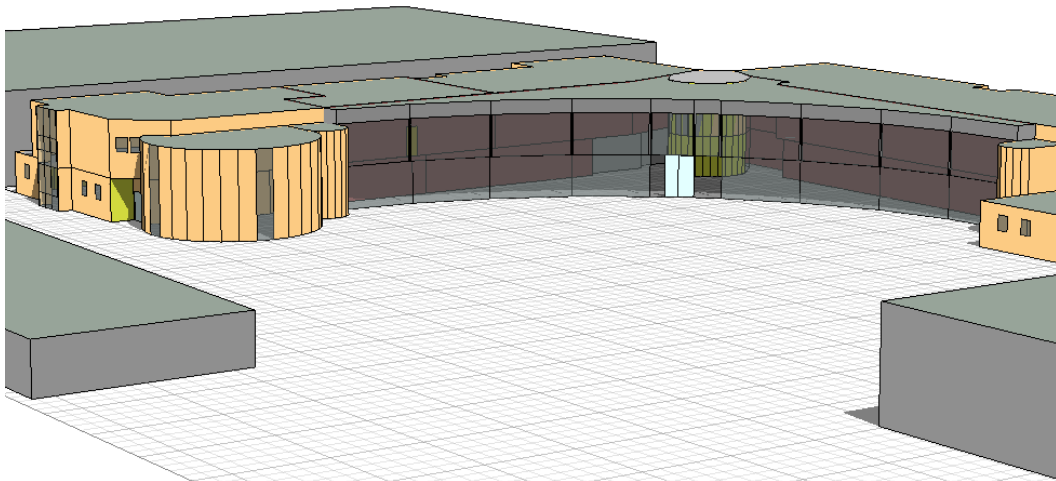
Para el inicio de la jornada, se puede visualizar que el sol irradia gran parte del espacio, incluso a las oficinas del segundo piso

10 AM



Pasado un par de horas el sol entra en retirada; sin embargo, irradia en las zonas de espera (público), algunos sectores de atención al público y oficinas del segundo piso (departamento de educación e informática). Cabe decir, que según la gráfica, a esta hora se produce la mayor radiación del día.

12 AM



Para mediodía ya casi no hay radiación directa al espacio del Hall.

Observando la irradiación del sol en el transcurso de la mañana, se concluye que se necesita intervenir para producir sombra a ciertas horas del día, en determinados lugares.

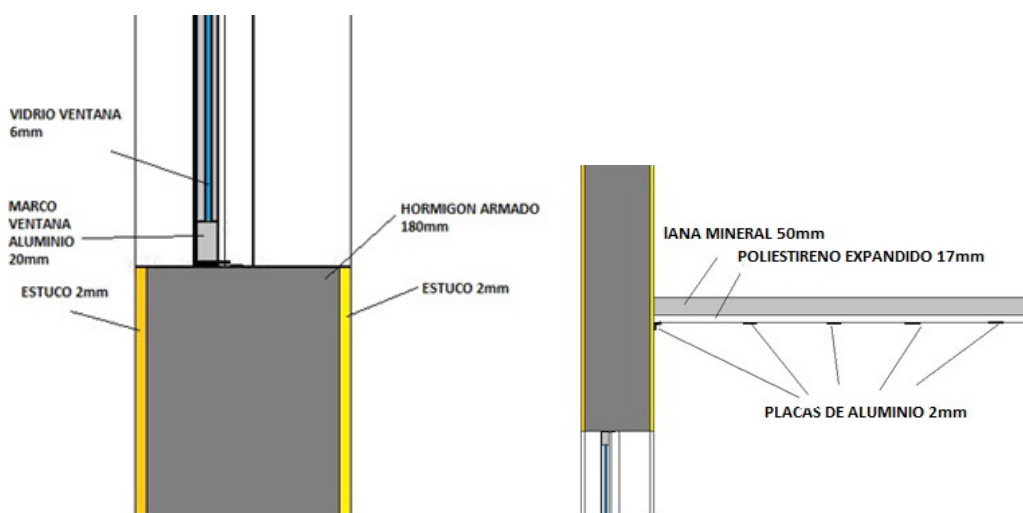
Protección Solar: todos los vidrios de las ventanas en el edificio son reflectantes, incluidos los de la fachada. Además, las ventanas de las oficinas tienen persiana y algunas

cortinas (alcaldía). No obstante, estas ventanas no brinda la suficiente protección a la radiación solar existente en la localidad.

Muros y tabiques:

Tanto las murallas externas como internas, como ya se mencionó en la sección de *Antecedentes de Información Documental (Materiales Constructivos)*, está compuesto de hormigón armado y estuco por ambos lados, es decir, interna y externamente y los tabiques de madera contrachapada.

El valor del coeficiente U para el conjunto de capas en la muralla externa, es de $2.52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. El máximo requerido por el *Art. 4.1.10* para *viviendas* en la *Zona Térmica 1* (zona a la cual pertenece la comuna de Copiapó) es de $4,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. por lo tanto, comparándose a estándar de vivienda (reglamentación para edificios terciarios no existen), la muralla de la municipalidad esta dentro del rango de aceptación.



Detalles de capas de muralla externa y cielo

Techo (cubierta):

La cubierta, tal como se mencionó en la sección de *Antecedentes de Información Documental (Materiales Constructivos)*, está compuesto de Poliestireno expandido con una pequeña capa de yeso (cielo americano) y como aislante se usa una capa de lana mineral, todo esto cubierto por un techo de pizarreño.

El valor del coeficiente U del sistema techo-cubierta, es de $0.43 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. El máximo requerido por el *Art. 4.1.10* para *viviendas* en la *Zona Térmica 1* (zona a la cual pertenece la comuna de Copiapó) es de $0,84 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. por lo tanto, comparándose a estándar de vivienda (reglamentación para edificios terciarios no existen), la muralla de la municipalidad esta dentro del rango de aceptación.



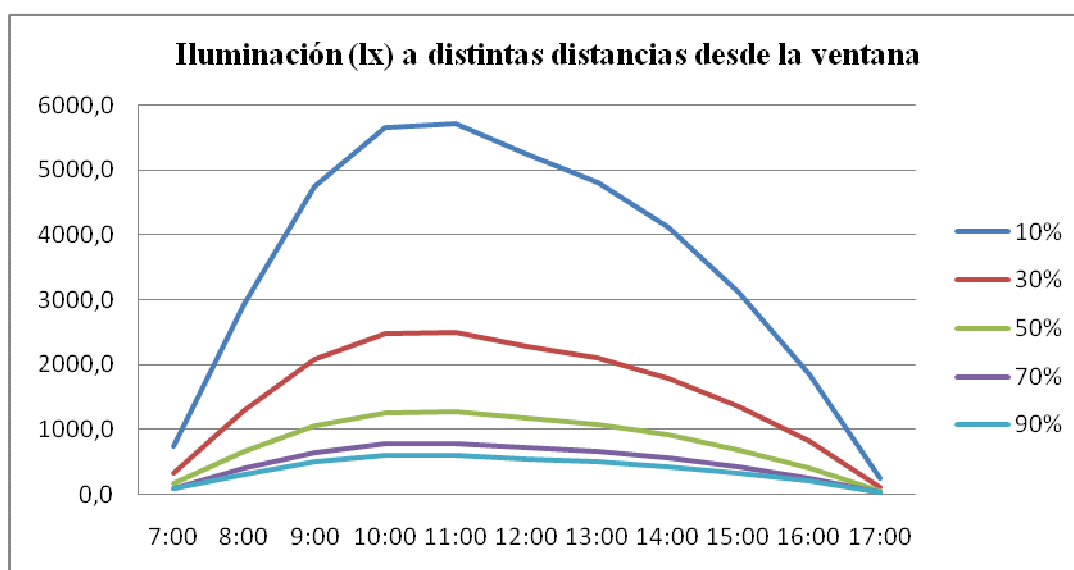
Imagen donde se aprecia las capas de la cubierta y material del techo

Iluminación:

La iluminación artificial en el edificio está compuesta por sets de 3 tubos fluorescentes de 40 W cada uno, en todos los espacios y departamentos. No existe regulación ni control sobre esta.

La iluminación natural se puede apreciar de forma directa en días despejados y como difusa tanto en días despejados como nublados. Para la iluminación en espacios interiores, se utiliza de forma difusa, ya que la directa puede ser perjudicial, debido a la radiación que conlleva.

Anteriormente se mencionó que en el sector de público (hall) se aprovecha la iluminación natural gracias al frontis de ventanas. Como prueba de que la iluminación natural es la suficiente y que no se necesita iluminación artificial dentro del hall para días despejados, a continuación se muestra la gráfica de iluminación (lx) en relación a la hora solar:



La iluminación necesaria para un auditorio es de 250 lx, los cuales, como se observa en la gráfica, se tiene gran parte de la jornada laboral en gran parte del espacio para días despejados.

Además, en los departamentos de Informática, Obras, Planificación y Educación, se aprovecha la iluminación de las dos claraboyas, pese a que esta contiene persianas cerradas.



Pese a que las claraboyas tienen persianas cerradas, existe un aprovechamiento de la luz solar

Ventilación:

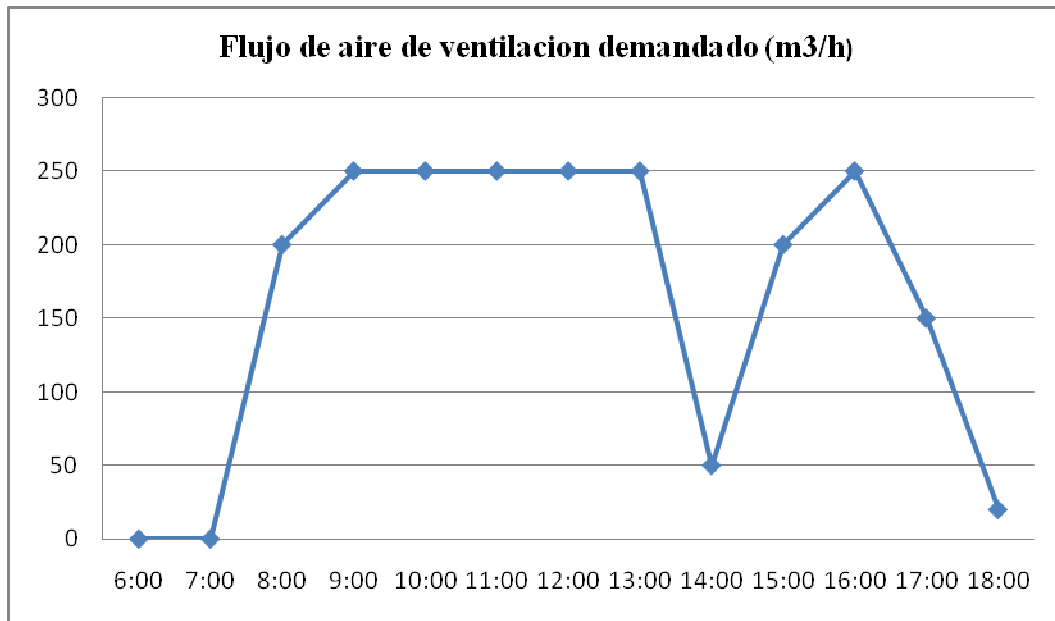
En algunos departamentos del segundo piso de la municipalidad, tienen ventiladores de cielo, los cuales, según opiniones de los ocupantes, no satisface las necesidades de los trabajadores, en los meses de verano. En las demás oficinas, algunas personas llevan desde sus hogares ventiladores de pedestal.

Para los meses de invierno, existen corrientes de aire en algunas oficinas del primer piso, molestos y perjudiciales para las personas.

La función de la ventilación en un edificio usado para oficinas, como es el caso de la municipalidad, es el de mantener un aire bajo en dióxido de carbono (0,2%) y mantener el confort térmico, mediante renovaciones de aire con el exterior.

El procedimiento a utilizar para estos cálculos, es el IAQ (Indoor Air Quality), el cual determina límites de concentración para diez contaminantes, prescribe un análisis subjetivo para la determinación de niveles de olor aceptable y describe el uso y tratamiento del aire recirculado, para reducir las tasas mínimas de ventilación presentadas en el estándar. Un método parecido a este es el presentado por Baruch Givonni, quien establece una ecuación para determinar el volumen de flujo de aire fresco por persona (m³/h) para mantener una concentración interior de dióxido de carbono, en función del volumen de dióxido de carbono producido por persona (en actividad sedentaria, aprox. de 15 L/h).

Para la zona de Educación y Planificación, la cantidad es la siguiente:



En el periodo entre las 13 hrs y las 16 hrs existe una discontinuidad en la demanda, se recomienda el uso de un termostato o controlados para el ahorro de energía.

Sin embargo, este tipo de ventilación no basta para lograr el confort térmico de este sector y se necesita un método de ventilación para meses de verano.

Un tipo, desde el punto de vista económico, más eficiente de ventilación, es la ventilación natural. Se ahorra en la inversión inicial de ventilación total y en la operación de los equipos. Sin embargo, el clima de la ciudad debe tener ciertos requisitos. Algunos de estos, son los siguientes:

- Las temperaturas máximas medias a los largo del periodo cálido no deben superar los 29°C y 32 °C.
- La amplitud térmica diaria no sea inferior a los 10 °C.
- La humedad relativa no supere a 90% en ningún momento del día.
- La velocidad media de los vientos no sea inferior a 2 m/s.

Copiapó cumple con todos los requisitos:

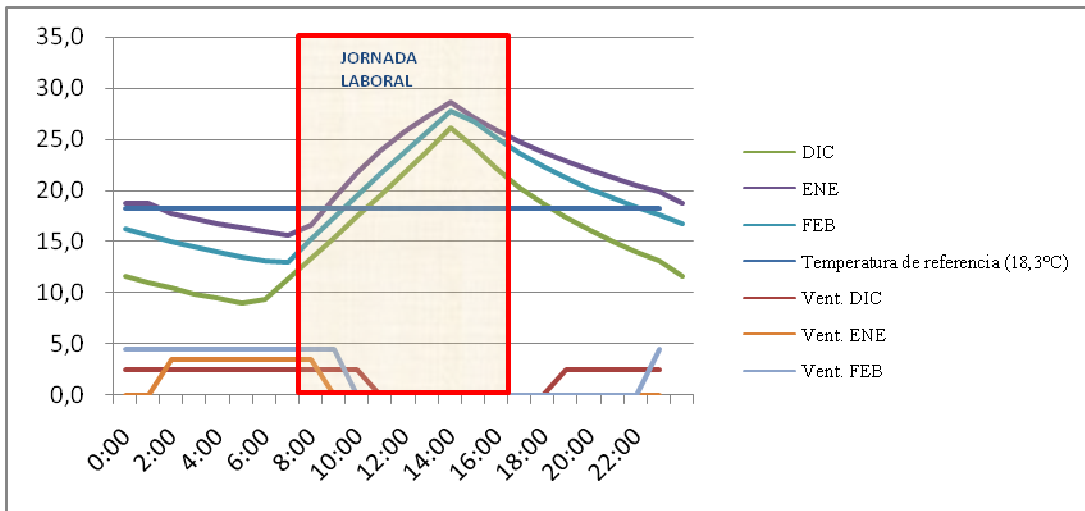
	Promedio T°Máx (°C)	Amplitud térmica (°C)	Hum. Máx. Prom. (%)	Veloc. Vientos (m/s)
Enero	30,6	24,1	43,1	3,9
Febrero	30,2	23,6	57,0	3,9
Marzo	29,8	24,7	58,4	4,0
Abril	28,0	27,4	61,5	4,0
Mayo	28,1	31,4	63,6	4,2
Junio	26,9	31,4	64,4	4,2
Julio	27,7	34,4	68,1	4,6
Agosto	29,7	33,8	59,9	4,4
Septiembre	27,3	32,6	61,3	4,5
Octubre	27,6	27,6	59,6	4,5
Noviembre	28,4	28,1	59,7	4,5
Diciembre	29,6	25,1	61,2	4,0

Datos INE y NASA (por medio de Retscreen)

Pese a ello, este tipo de ventilación no se podría realizar en la jornada laboral, ya que el viento puede ser perjudicial para la salud y las actividades dentro del edificio, pero si se podría llevar a cabo en las jornadas no laborales o en la noche; este tipo de ventilación es llamada ventilación nocturna. Esta consiste en una estrategia de ventilar la masa estructural a la noche, cuando las temperaturas son menores, por medio de la circulación de aire exterior ya sea a través del espacio interior o a través de pasajes o ductos de aire entre los elementos de la masa estructural del edificio. La masa enfriada actúa al día siguiente como acumulador de calor, absorbiendo el calor que entra al edificio así como el calor que se genera dentro del mismo.

Uno de los requisitos para tener una efectiva ventilación nocturna es el cielo despejado y que el clima sea seco, con bajo contenido de vapor de agua, propio del clima de Copiapó.

Usando la temperatura estándar de calefacción y ventilación (18.3 °C), se llega a la siguiente gráfica:



El horario de ventilación (horas) se calcula una vez puesta en marcha el sistema; pese a ello, se quiso hacer un aproximado, usándose la temperatura estándar como base.

Humedad:

La ciudad de Copiapó se caracteriza por su baja humedad ambiental y dentro del edificio no existe sistemas calentadores de agua; pese a ello, existen problemas mínimos respecto a la humedad en la muralla exterior a los baños públicos.



Salida del estuco externo es el problema causado por el exceso de humedad a las afueras del baño público

6.1.1.2 Parámetros humanos

No se realizó catastro del sexo ni edad de los ocupantes del edificio, pero según lo observado en las visitas, existe una paridad entre hombres y mujeres y el rango de edad predominante es de 20 a 35 años.

6.1.1.3 Parámetros externos

Los ocupantes del edificio corresponden a trabajadores y público en general, quienes desarrollan actividades propias de oficinas. La vestimenta que utiliza varía según la estación, lógicamente usando ropa ligera en verano y abrigos y chalecos en invierno. Sin embargo, los trabajadores de la municipalidad, en verano deben de usar ropa apropiada a la labor que hacen, teniendo más libertad en invierno para el abrigo. En los meses de invierno, los trabajadores suelen tomar café o té para capear el frío.

6.1.2 Diagrama bioclimático de Givonni

Diagrama elaborado por el arquitecto israelí Baruch Givonni, el cual permite, mediante la inserción de valores de temperatura y humedad medios mensuales, trazar las características bioclimáticas de una localidad y además, dependiendo de estos valores, se sugiere estrategias de diseño térmico, a fin de mantenerlo en confort sin uso de energía adicional a la del sol, el viento, las temperaturas y humedades ambientales.

Para su elaboración, se necesita la recopilación de temperaturas y humedades históricas de la localidad en donde se quiera analizar. Para este caso, los valores de los últimos 30 años se resumen en la siguiente tabla:

Mes	T° Media máx. (°C)			T° Extremas (°C)		Hum.rel. (%)		Radia. (W/m ² K)
	T° Media máx.	T° Media min	T° media Media	Ext. Max	Ext. Min	Min	Max	Horiz
Enero	21,3	17,1	19,5	32,6	8,5	25,8	43,1	761,9
Febrero	20,4	16,9	19,2	31,6	8,0	22,3	57,0	641,1
Marzo	19,6	16,6	18,0	32,6	7,9	21,8	58,4	601,2
Abril	16,3	14,6	15,4	30,4	3,0	23,3	61,5	452,5
Mayo	16,8	11,9	13,3	33,2	1,8	24,1	63,6	365,5
Junio	14,2	9,8	11,7	30,4	(1,0)	23,0	64,4	314,1
Julio	13,1	9,8	11,3	33,2	(1,2)	28,3	68,1	362,1
Agosto	14,5	10,6	12,3	34,2	0,4	25,0	59,9	443,0
Septiembre	15,2	12,1	13,3	32,8	0,2	22,3	61,3	538,1
Octubre	15,7	14,0	14,9	32,0	4,4	21,3	59,6	695,2
Noviembre	18,2	15,7	16,4	32,6	4,5	25,8	59,7	735,3
Diciembre	19,8	17,4	17,8	31,5	6,4	29,8	61,2	791,9

Fuente: INE e Irradiancia Solar en Territorios de la República de Chile, CNE, PNUD, UTFSM, 2008

Con estos datos, se puede entrar a la carta bioclimática, trazando para cada mes la temperatura y humedad media máxima y mínima. Para el caso de Copiapó, queda de la siguiente manera:

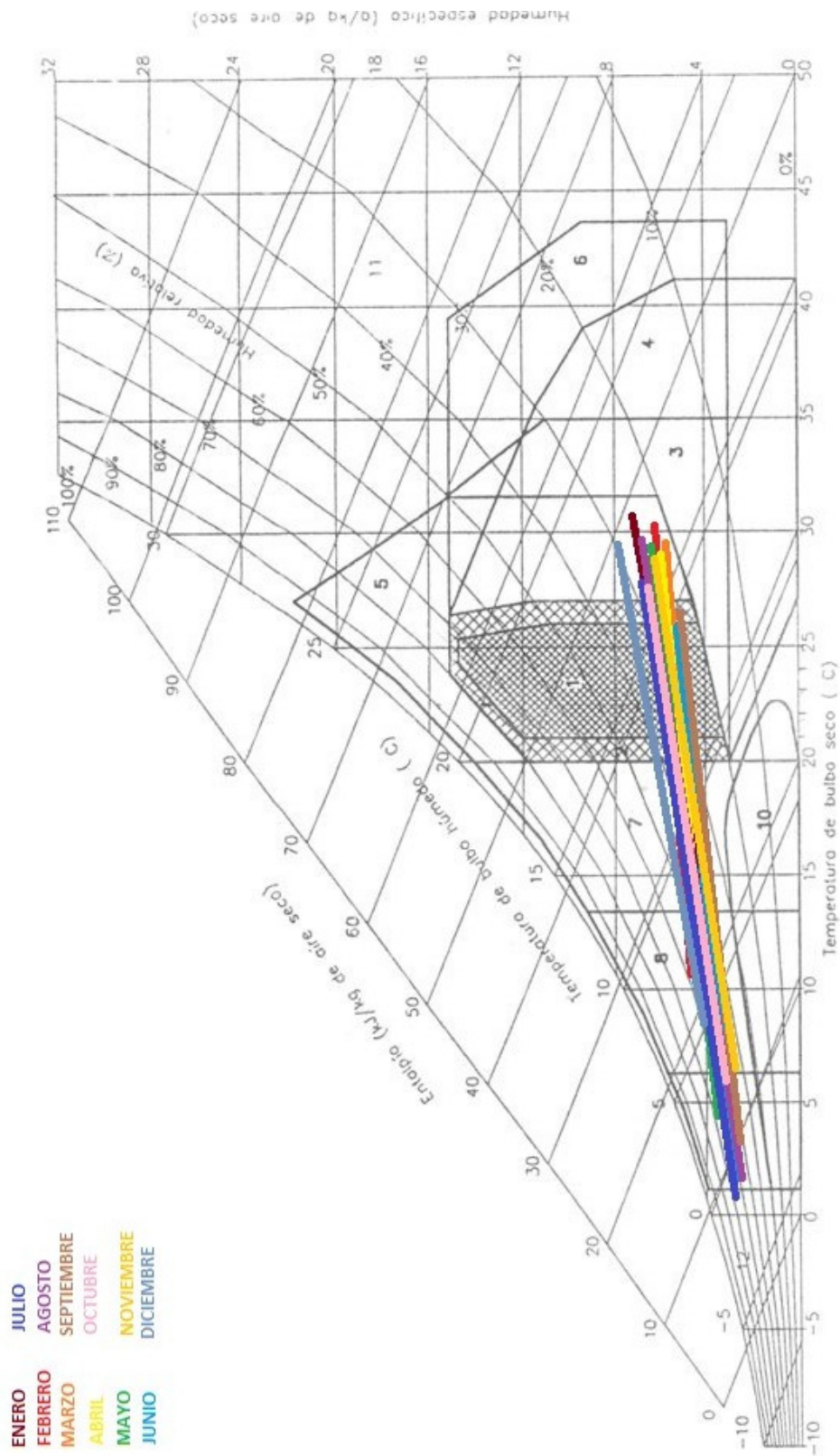


Diagrama de Givoni para la localidad de Copiapó.

Observando la carta, se puede interpretar que todos los meses alcanzan, en algunos momentos del día, el confort térmico y se debe usar calefacción solar pasiva, solo para algunos meses es necesaria la calefacción solar activa y para la mayoría de los meses, se necesita ventilación y otro grupo de energía solar pasiva para mantener el confort térmico. Esto se resume en la siguiente tabla:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Confort Térmico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Calef. solar pasiva	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Calef. solar activa					■	■	■	■	■			
Ventilación	■	■	■	■	■			■	■		■	■

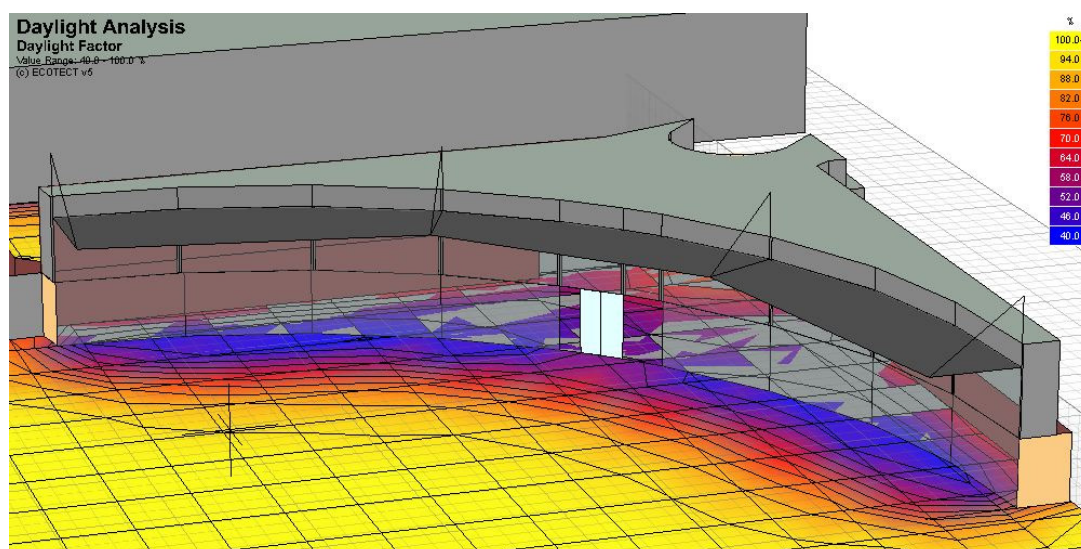
7. Elaboración de propuestas de mejoras

7.1 Propuesta referente a la materialidad del edificio

Dentro del edificio consistorial existe una alta radiación recibida por los operarios en la zona del hall en los meses de verano, que comprende la sección Atención al Público, Ventanillas de atención, Cajas, entre otras. Esta radiación se produce por motivo del material de la fachada, construida casi completamente por vidrio, material altamente refractante. La solución a esta problemática es la instalación en de alero(s) en la fachada del edificio y la instalación de persianas parasoles o también llamadas brise soleil.

7.1.1 Construcción de aleros.

Los aleros son una buena solución para proteger ventanas o puertas del exceso de sol. Existen de varias formas, pero las más conocidas son las de cubierta inclinada, y la cubierta plana, diferenciándose entre sí por su ubicación respecto al plano del suelo; la inclinación de estas estructuras, generalmente, se usa para climas con gran cantidad de precipitaciones. Al tener Copiapó un clima seco, con casi nula precipitación en el año, se recomienda el uso de aleros planos.



Modelación de índice (%) de luminosidad natural edificio (hall) con alero incluído. Se observa la proyección de sombra sobre área de trabajo

Solución a exceso de radiación primer piso edificio

Solución

Instalación de aleros de aluminio

Especificaciones

Dimensiones	Sección: 4m norte/3.7m centro/5m sur
Peso	-
Potencia	-
Otro	219 m ² de área

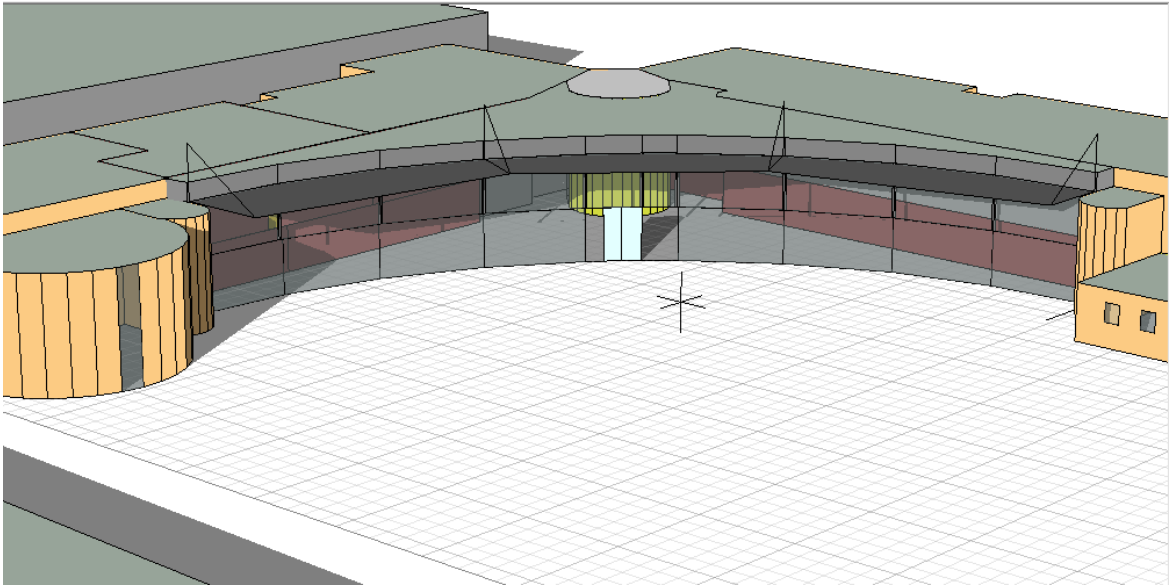
Costo de inversión

Costo unidad	\$ 20.000 el metro cuadrado
Costo instalación	\$ 3.000.000
Costo total	\$ 7.380.000

La sombra proyectada por el alero que se muestra a continuación, corresponde para el día 17 de junio. Esta fecha fue elegida por dos razones:

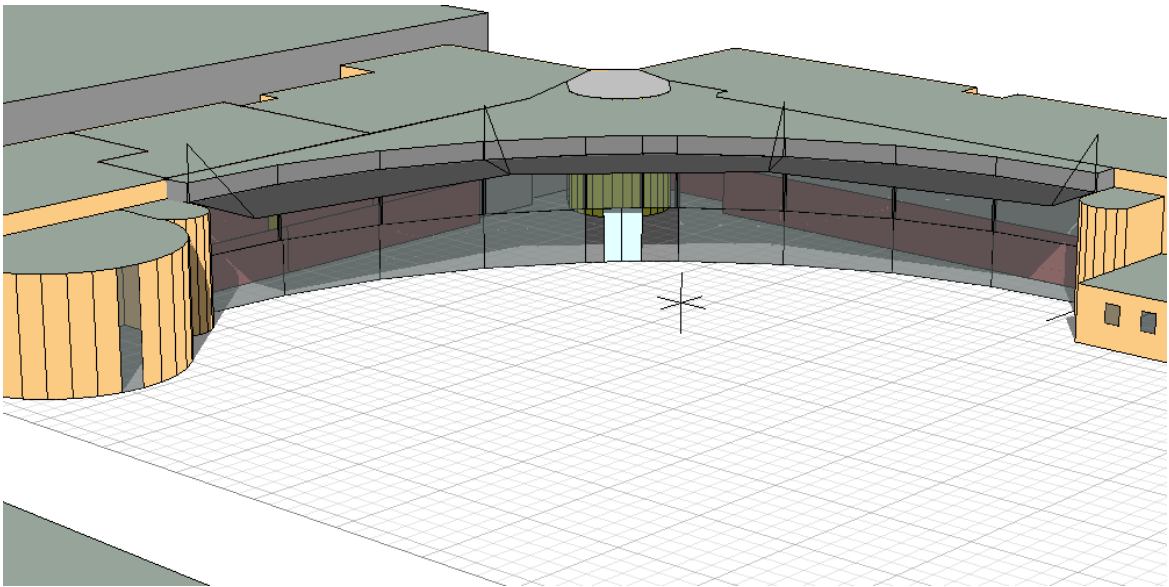
1. Marzo corresponde al mes que existe la radiación incidente más alta y prolongada durante el año, en dirección del frontis del edificio, sumando más de 68412 Wh/m² y no bajando los 400 W /m² entre las 9 AM y las 12 PM (Datos obtenidos del Software utilizado para la simulación).
2. La altitud del sol (°) tiende a disminuir, lo que permite el paso de luz solar en los meses de invierno, con el fin de aprovecharse como iluminación natural.

7..AM



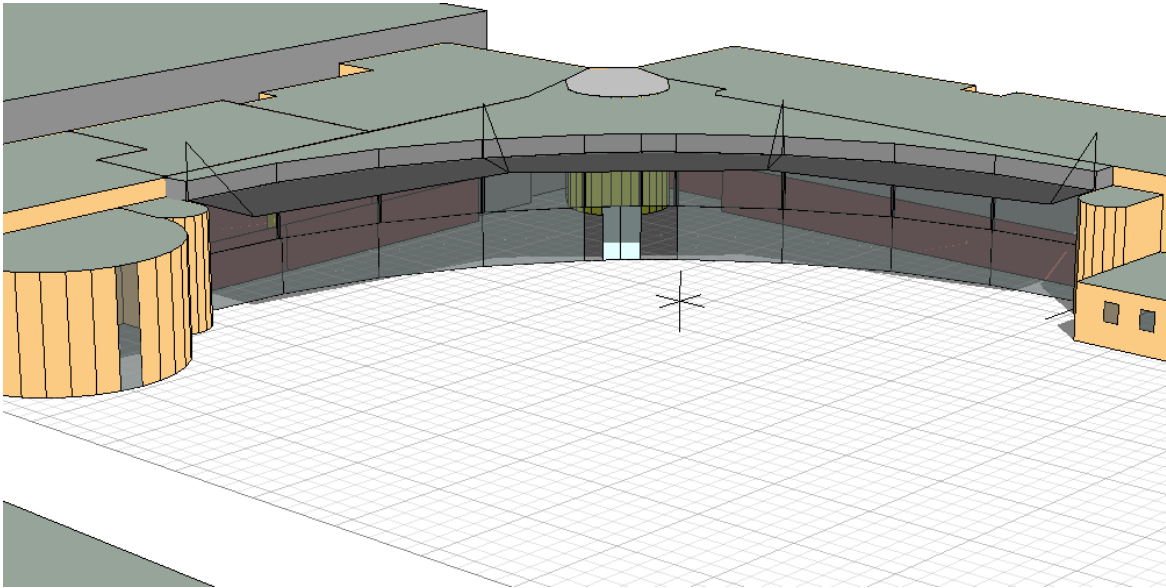
Al comienzo de la jornada laboral, los rayos de luz caen sobre algunos puestos de trabajo, tanto en el primer como en el segundo piso; no obstante, la magnitud de la radiación solar a esta hora no es significativa, es más, se aprovecha como iluminación natural.

7..AM



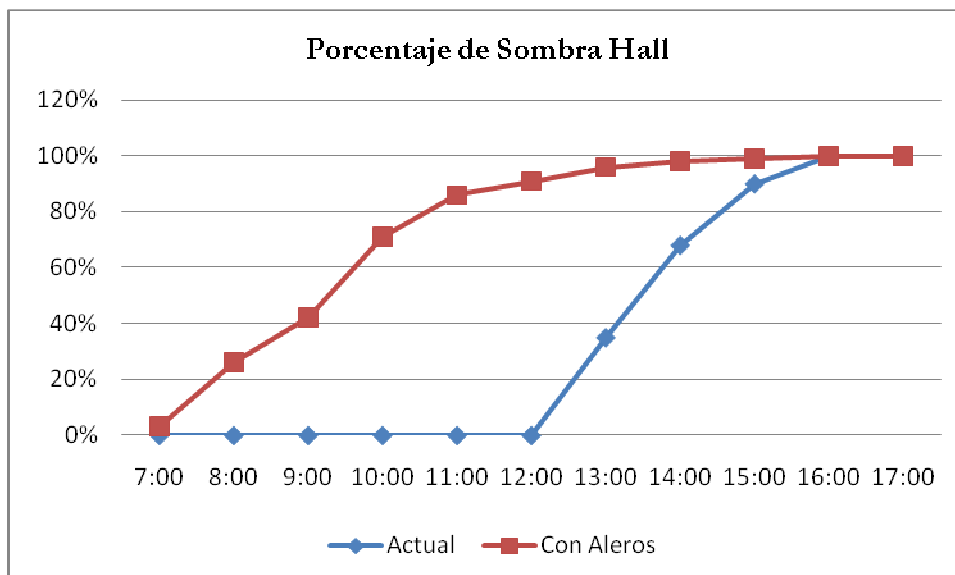
Pasada una hora, las sombras proyectadas por el alero cubren todas las oficinas del primer y segundo piso. A esta hora, la magnitud de la radiación solar empieza a incrementarse más rápido.

10 AM



Pasado un par de horas, la sombra proyectada cubre todo el espacio del hall, mismo efecto producido a las 12 PM sin la instalación de aleros; por lo tanto, se gana toda una mañana de confort para los trabajadores y público en general (las horas de lleno total, cuando se producen, es entre las 10 AM y 2 PM).

De manera resumida, en el siguiente grafico se muestra el porcentaje de sombra que cubre el frontis del edificio en un día a mediados de marzo, en función de la hora. Los datos son obtenidos del software de simulación utilizado.



7.1.2 Instalación de persiana parasol o brise soleil

El sistema de persianas parasol está diseñado para la protección solar a los espacios internos del edificio que contengan ventanas o huecos, pero sin perder la iluminación solar

pasiva. Es por ello que los protectores solares deben adecuarse a la trayectoria y ángulo solar a lo largo del año, como también a la orientación de las ventanas en cada fachada. Estos factores definirán el tipo de protector solar más conveniente; por ejemplo, para fachadas con aberturas con dirección al norte o sur, como es el caso presentado en el edificio municipal, se sugiere los vuelos o lamas horizontales.

La tecnología además incorpora la movilidad de las lamas para adecuarse al ángulo requerido a distintas horas del día; este movimiento puede ser tanto manual como programado, mediante el uso de un motor eléctrico.

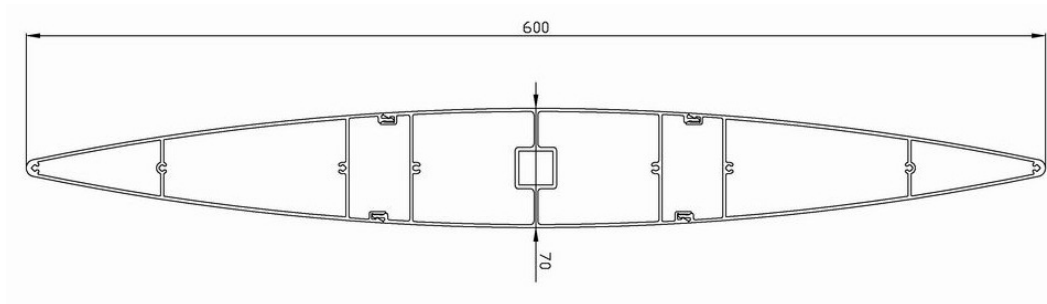


Sistema de persiana parasol móvil manual. En la fotografía de la izquierda se muestra sistema de movimiento manual. Fotografías obtenidas de Análisis ambiental propuesto para Ministerio de Educación de Rio de Janeiro Brasil, Escuela de Arquitectura, Sevilla España



Fabricas productoras del diseño e instalación de este tipo de sistemas, garantizan la reducción en un 80% el impacto de la radiación solar, permitiendo disminuir el consumo energético en porcentajes cercanos al 30 % gracias a su capacidad de aislación térmica.

El material de las lamas más utilizado es el aluminio extrusionado, y sus dimensiones varían entre los 150 y 1200 mm. El diseño de la lama se muestra en la siguiente figura:



Detalle del diseño de lama modelo T-60. Industrias Parra, España



Por ser una tecnología no masificada en el país, los sistemas automatizados son aún muy costosos para implementar. Por ende, el sistema manual es la alternativa a usar.

Problema

Solución a exceso de radiación primer piso edificio

Solución

Instalación de persiana parasol Pindal Modelo T-60

Especificaciones

Dimensiones	Sección:600 mm largo, 70 mm altura
Peso	-
Potencia	0 (manual)
Otro	Material de aluminio, 1,8mm de espesor

Costo de inversión

Costo unidad	\$ 6.200.000
Costo instalación	\$1.500.000
Costo total	\$7.700.000

7.1.3 Cambio de ventanas de vidrio simple a termo paneles

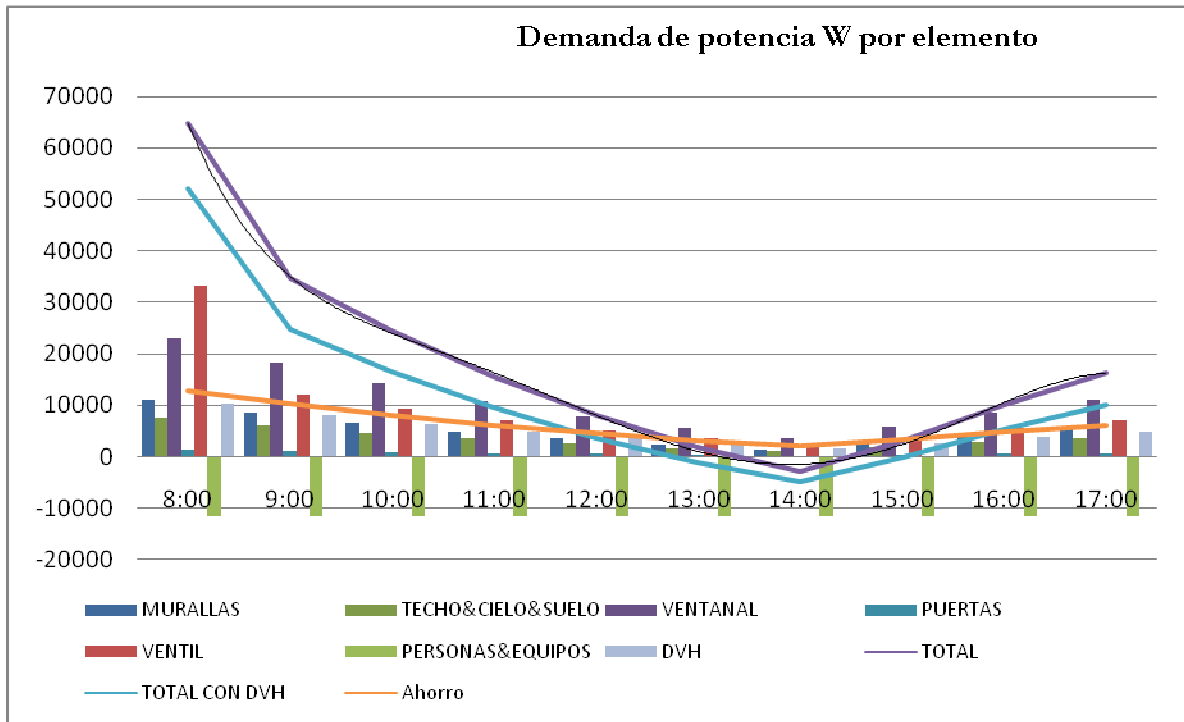
El vidrio termo panel o también llamado DVH (Doble Vidrio Hermético), corresponde a un componente prefabricado compuesto por dos o más vidrios separados entre sí por un espacio de aire seco y quieto, herméticamente cerrado al paso de la humedad y al vapor de agua, lo que lo transforma en aislante térmico y acústico. Además, con vidrios adecuados se brinda control solar.

La mayor ventaja del termo panel en comparación a los vidrios convencionales, es su alto coeficiente de transferencia de calor U (2,4 veces menor) que ayuda a la aislación térmica. Por un lado, disminuye la radiación solar transmitida al edificio y por otro, mantiene el calor en invierno y mantiene el aire fresco durante el día en caso de uso de ventilación nocturna. La desventaja es su alto costo de instalación y adquisición.

De acuerdo a las encuestas y mediciones realizadas, se han detectado dos grandes deficiencias respecto a las temperaturas al interior del edificio: temperaturas menores al rango inferior de confort térmico en algunos departamentos del primer piso en la estación invernal, y sobre el límite superior en algunos del segundo piso en los meses de verano.

La causa de las bajas temperaturas en los meses de junio y julio esto, como se mencionó en el análisis técnico y como se pudo comprobar en las mediciones realizadas, es la mala ubicación de las oficinas, desde el punto de vista térmico. Entre estas oficinas, se menciona DIDECO, PRODESA, Departamento de Finanzas y el hall central. Todas estas oficinas se encuentran en el primer piso y contiguas entre sí. Es por ello, que se realiza un análisis de todas estas en conjunto.

A continuación, se muestra la demanda de energía para estas zonas, detallándose por elemento:



En el gráfico se muestra la demanda de energía utilizándose vidrio simple (actual) y doble vidrio hermético (propuesta), en base a mantener el espacio interior en 21 °C, temperatura fijada como mínima para alcanzar el confort térmico. Con el cambio de ventanas se vislumbra una cierta disminución de energía demandado; además se logra apreciar que gran parte de la demanda de calor es por la excesiva ventilación existente en esta zona del edificio. Esta ventilación, se produce por la apertura de la puerta de emergencia, la cual está en dirección sur. El cálculo se obtuvo suponiendo que la puerta estaba 25 minutos abierta por hora, razón aproximada a lo observado en los días de toma de mediciones.

Cabe mencionar, que la cantidad de energía demandada para un día del mes de junio en este sector, es de 170 kWh al día (jornada laboral); el ahorro que se obtiene por el cambio de las ventanas a DVH es de 66 kWh al día (39%).

A continuación, se muestra el detalle de la implementación de DVH (doble vidrio hermético) a las ventanas:

Problema

Solución a las bajas temperaturas en 1° piso

Solución

Cambio de vidrio fachada de vidrio simple a termo panel

Especificaciones técnicas

	1000 x 1000 mm la
Dimensiones	unidad
Peso	-
Potencia	-
Otro	280 m ² de ventanas

Costo de inversión

Costo unidad	\$ 55.680
Costo de instalación	\$ 1.500.000
Costo total	\$ 17.090.000

Datos técnicos termo panel (DVH)				
Nombre capa	Espesor [mm]	Densidad [kg/m ³]	Calor específico [J/kg K]	Conductividad [W/m K]
<i>Vidrio estándar</i>	6	2300	836,8	1,046
<i>Cámara de aire</i>	30	1,3	1004	5,56
<i>Vidrio estándar</i>	6	2300	836,8	1,046
	Valor de U [W/m ² K]	Admitancia [W/m ² K]	Emisividad	Espesor [mm]
<i>Conjunto</i>	2,71	0,84	0,78	42

7.2 Propuestas referentes al sistema de aire acondicionado

El edificio consistorial consta con solo tres oficinas que cuentan con aire acondicionado, ubicados todos en el sector de alcaldía, además del auditorio el cual se utiliza solo para la realización de reuniones.

Sin embargo, basado en las encuestas y toma de mediciones de la temperatura radiante en los departamentos del primer piso, existen espacios que necesitan de este sistema para lograr el confort térmico. El detalle de la demanda de calefacción de estos departamentos se mostro en la sección anterior.

Las alternativas a un sistema de aire acondicionado, respecto a la calefacción, son las siguientes:

7.2.1 Estufas eléctricas

Las estufas eléctricas es la alternativa que se está usando actualmente en algunas oficinas. El precio de estos dispositivos es bajo, pero el costo operacional es el más alto por su

eficiencia y rendimiento, razón por la cual se prohíbe el uso como política internas de la municipalidad, haciendo uso de ella solo en oficinas de jefes de cada área. Igualmente, se presenta como una de las propuestas el uso en las oficinas con menores temperaturas detectadas en la toma de mediciones.

Problemática

Bajas temperaturas en meses de invierno

Solución

Adquisición de estufas eléctricas Calma Mod. Mica

Especificaciones

Dimensiones	11 x 89 x 49 cm.
Peso	5 kg
Potencia	1000/2000 W
Otro	Rango de calef. de 15 m ² / Vida útil de 50.000 hrs de uso

Costo de inversión

Costo unidad	\$ 28.990
Costo instalación	0
Costo total	\$ 1.159.600 (40 u.)

La cantidad de estufas eléctricas requeridas se calculó según la cantidad de espacios y su demanda energética de cada zona.

7.2.2 Estufa a parafina

Las estufas a parafina han tenido un repunte en ventas en los últimos años por sus nuevas tecnologías de combustión, haciéndose más eficiente, como el caso de la marca TOYOTOMI. A continuación se detalla este dispositivo:

Problemática

Bajas temperaturas en meses de invierno

Solución

Instalación de estufas a parafina-kerosene Toyotomi, Mod. F-55T

Especificaciones

Dimensiones	49,6 x 60 x 32,5 cm.
Peso	20 kg
Potencia	5500/3550/1590 W
Otro	Consumo 0,623/0,401/ 0,18 L/h

Costo de inversión

Costo unidad	\$ 849.990
Costo instalación	\$ 1.200.000

Costo total \$ 11.400.000 (12 u).

El rango de superficie que esta estufa está capacitada para la calefacción está entre 80 a 120 m². Sin embargo, algunas particiones y paredes dentro del edificio no permiten el paso de calor de una habitación a otra, demandando otro artefacto.

7.2.3 Sistema de aire acondicionado

Finalmente, se muestra en detalle, del sistema de aire acondicionado, de acuerdo a las demandas de energía en las distintas oficinas. Se debe mencionar, que pese a que todos los espacios se encuentran contiguos, existen cuartos cerrados dentro de esos correspondiente a despachos de los jefes de cada sección; es por ello, que se decide la instalación de sistemas de aire acondicionado descentralizados.

Problemática

Bajas temperaturas en meses de invierno

Solución

Instalación de aire acondicionado General Electric modelo Split Ecologico.

Especificaciones

Dimensiones 84x54x32 cm (exterior)/77x25x18 cm (interior)
Peso
Potencia 9000 BTU
Otro

Costo de inversión

Costo unidad \$ 249.900
Costo instalación \$ 1.400.000
Costo total \$ 4.898.600 (14u.)

Problemática

Bajas temperaturas en meses de invierno

Solución

Instalación de aire acondicionado Frigidaire Mod. FSX12PM5J.

Especificaciones

Dimensiones 54X70X25.5 cm (exterior)/29X80X19.6 cm (interior)
Peso
Potencia 12000 BTU

	Otro	
<i>Costo de inversión</i>	Costo unidad	\$ 279.990
	Costo instalación	\$ 300.000
	Costo total	\$ 1.139.970 (3u.)

Problemática

Bajas temperaturas en meses de invierno

Solución

Instalación de aire acondicionado Frigidaire Mod. FSX24PM5J.

Especificaciones

Dimensiones 79X88X36 cm (exterior)/33X108X22 cm (interior)

Peso

Potencia 24.000 BTU

Otro

Costo de inversión

Costo unidad \$ 419.990

Costo instalación \$ 1.000.000

Costo total \$ 5.190.000 (10u.)

De acuerdo a lo percibido por los ocupantes del segundo piso, también se percibe bajas temperaturas en los meses de invierno, pero pese a ello, el mayor motivo de las quejas son las altas temperaturas y ventilación deficiente en los meses de verano.

7.2.5 Sistema de aire acondicionado (refrigeración segundo piso)

Problemática

Bajas temperaturas en meses de invierno

Solución

Instalación de aire acondicionado Ursus Trotter Modelo split lux 36000 btu-r22

Especificaciones

Dimensiones 80x90x33 cm (exterior)/24x121x32 cm (interior)

Peso

	Potencia	36000 BTU (refrig.)/38000 BTU (calef.)
	Otro	
<i>Costo de inversión</i>		
	Costo unidad	\$ 914.900
	Costo instalación	\$ 500.000
	Costo total	\$ 5.074.500 (5u.)

Problemática

Bajas temperaturas en meses de invierno

Solución

Instalación de aire acondicionado General Electric modelo Split Ecológico.

Especificaciones

	Dimensiones	84x54x32 cm (exterior)/77x25x18 cm (interior)
	Peso	
	Potencia	9000 BTU
	Otro	

Costo de inversión

	Costo unidad	\$ 249.900
	Costo instalación	\$ 1.000.000
	Costo total	\$ 3.249.100 (14u.)

En la sección de Análisis Técnico, se calculó la cantidad de aire requerido para mantener una adecuada ventilación, para los departamentos de Educación, Planificación y Obras. A continuación, se detallan los distintos tipos de ventilación que se pueden implementar:

7.2.6 Instalación de extractores de aire con termostato

El lugar y/o posición de la instalación de estos aparatos debe ser elegido estratégicamente. Una opción para el segundo piso, es aprovechar las claraboyas de acrílico, inclinadas y ubicadas en dirección del viento. A continuación, se detallan los extractores:

Problema

Poca ventilación en el edificio

Solución

Instalación de extractores de aire con termostatos Combi F-400

Especificaciones

Dimensiones	480 x 420 mm/ 400 mm de diámetro
Peso	-
Potencia	-
Otro	Rendimiento de 2880 m3/h

Costo de inversión

Costo unidad	\$ 64990 (extractor)/\$ 19.990 (termostato)
Costo instalación	\$ 1.000.000
Costo total	\$ 2.614.620 (19 u.)

7.2.7 Instalación de extractores eólicos

La ventaja de los extractores eólicos es la nula energía demandada para su funcionamiento, es decir, solo utiliza la fuerza del viento para que cumpla su función. Además, estos sistemas se han adoptado en gran cantidad de edificios públicos tales como centros comerciales y en talleres. El inconveniente es la modificación de la cubierta para la entrada y salida del aire, lo cual, requiere de una inversión no menor.

Problema

Ventilación edificio

Solución

Instalación de extractores eólicos de aire

Especificaciones

Dimensiones	-
Peso	-
Potencia	0
Otro	Rend. de 10 ren/h - Volumen a extraer de 5466 m3

Costo de inversión

Costo unidad	190.000
Costo instalación	1.000.000
Costo total	4.950.000

7.2.8 Instalación de ventiladores de cielo en segundo piso

Actualmente los departamentos de Educación y Planificación cuentan con una cantidad de ventiladores de cielo; sin embargo, según la opinión de los ocupantes, estos no tienen la capacidad de mantener el ambiente fresco, por lo tanto, no se incorporarán dentro de las propuestas.

7.2.9 Ventilación natural

Los sistemas nombrados, a excepción de los ventiladores de pedestal, tienen la función de renovar el aire durante el año. Sin embargo, en los meses de verano, además se debe tener en consideración el mantener un aire fresco para mejorar la sensación térmica dentro del edificio.

Una de las medidas a aplicar es la ventilación natural, mencionada en la sección Análisis técnico y en donde se determinó que la manera más adecuada era la ventilación nocturna. Dicho sistema no se puede simular dentro del software utilizado y su única manera de visualizar su efectividad es la utilización de otro software o in situ (la ventilación natural no tiene costo, por lo tanto el riesgo es menor). No obstante, se puede hacer un estudio posterior para ver más a profundidad el tema.

7.3 Propuestas operacionales

- *Cursos de capacitación energética:* Un personal que tenga los conocimientos básicos acerca de eficiencia energética, mejora bastante el uso de la energía, lo que conlleva a ahorros energéticos. Para esto, existen cursos de capacitación para los hábitos y costumbres de la gente. La aplicación de folletos, pósters y láminas del buen uso de la energía también están contemplados en este punto.
- *Control en la abertura de las puertas de emergencia:* la municipalidad consta con un número de puertas de emergencias en su parte trasera, las cuales, debido al mal uso de estas (mantenerse abiertas), producen corrientes de aire perjudiciales para los funcionarios del primer piso, de manera crítica hacia los empleados de casillas de atención al público. Con el correcto uso de estas puertas, se puede evitar este tipo de problemas.
- *Control sobre el apagado de aparatos electrónicos:* los aparatos electrónicos, en mayor medida los antiguos, generan calor al estar encendidos; al no apagarse en su debido momento, al mismo tiempo de haber un sobre consumo de energía eléctrica, aporta al calor del ambiente, lo cual es perjudicial en los meses de verano. De igual manera se debe accionar respecto a la iluminaria.

7.4 Recuperación de energía y aprovechamiento de energía solar

Dentro del edificio, como se ha mencionado anteriormente, no se utilizan sistemas de gas licuado, ni petróleo ni vapor de agua; solamente electricidad, para la alimentación de equipos, iluminación y otros. Por lo tanto, no se puede aplicar la recuperación de energía, ni aprovechamiento de la energía utilizada.

Al contrario, el edificio municipal recibe una gran cantidad de radiación solar durante el año, sobre todo en los meses de verano. Esta energía se puede utilizar de dos maneras:

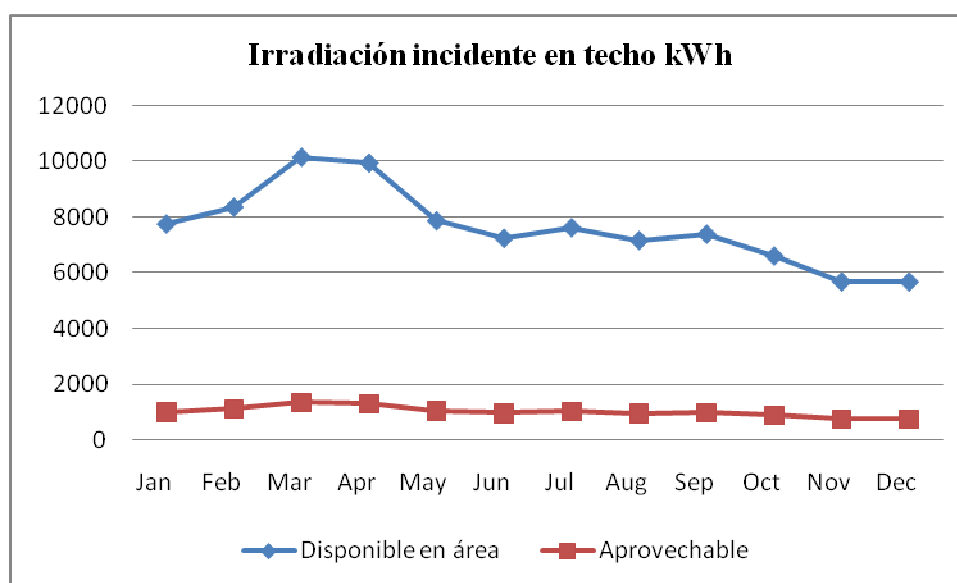
- Paneles fotovoltaicos
- Sistema de calentamiento de agua

Paneles fotovoltaicos:

Los paneles fotovoltaicos, hoy en día, han tenido un gran repunte dentro de su utilización a nivel mundial, sobre todo gracias a sus nuevas tecnologías y nuevas políticas a favor de la conservación del medio ambiente. La eficiencia ha llegado al 15 % y los diseños se han masificado. Sin embargo, en Chile aun no se ha avanzado mucho en estas políticas y no existen subvenciones para la instalación de estos sistemas. En detalle se muestran datos de interés para esta propuesta.

Propuesta: Generación de electricidad por medio de paneles fotovoltaicos

Radiación disponible (Datos obtenidos de Software simulación)



Cantidad máxima de ahorro mensual de energía: 1348 kWh (marzo)

Cantidad máxima anual de ahorro de energía: 12.143 kWh

Área de paneles necesario: 480m²

Costos de dispositivos del sistema:

Dispositivo	Costo unidad	Caso municipalidad
<i>Celda Fotovoltaica</i>	\$ 5000 x Wat generado	\$ 9.050.000
<i>Soporte de Aluminio</i>	\$ 3000 por metro cuad.	\$ 1.440.000

Batería de Ciclo Profundo	\$ 77000 c/u (10 V)	\$ 924.000
Inversor	\$ 50000 c/u	\$ 600.000
Cableado	\$ 300 metro lineal	\$ 20.000

Subtotal	\$ 12.034.000
Instalación	\$ 5.000.000
Total inversión	\$ 17.034.000

El costo de ahorro por medida de energía, se detalla en la sección análisis de viabilidad.

Sistema de calentamiento de agua

A diferencia de los sistemas de energía fotovoltaica, las placas solares utiliza la radiación solar con el fin de utilizar la energía calórica del sol. Además, estos dispositivos tiene una eficiencia más alta, variando entre 40 a 80 %, según el sistema que se utilice (placa plana o tubos de vacío). Respecto a la radiación y superficie en donde se pueden instalar las placas en la municipalidad, se puede aprovechar de la energía solar entre 125 y 250 millones de BTU al año en calentamiento de agua, según la eficiencia del sistema.

Actualmente no existen ni duchas ni ninguna demanda de agua caliente dentro del edificio, por ello, no se incorporará dentro de las propuestas este sistema.

8. Jerarquización de propuestas

Las alternativas desarrolladas al tenor de este proyecto contempla la solución de tres problemas relacionados con el confort térmico del edificio consistorial de la municipalidad. Cabe tener presente que la instalación no posee sistema de ventilación y calefacción alguno, por lo que la habitabilidad del edificio depende fundamentalmente de las condiciones de ventilación y exposición a la luz natural.

Las mediciones técnicas efectuadas tuvieron como único propósito medir la gradiente de temperatura entre el exterior y el interior y humedad relativa, como consecuencia de la radiación solar del medio ambiente. De esta forma el calor derivado de las luminarias y estufas domesticas (cuyo número detectado resulto ser casi despreciable) se incorporan dentro de las mediciones de las variables ambientales del interior.

Tres son las situaciones principales que afectan al confort térmico:

1. Exceso de niveles lumínicos proveniente de la luz solar, en el primer piso.
2. Bajas temperaturas en el primer piso.
3. Ventilación deficiente y altas temperaturas en el segundo piso.

Identificadas estas situaciones se presentan nueve propuestas que mitigan los problemas presentados:

Problema	Soluciones alternativas
<i>Exceso de niveles lumínicos en el primer piso</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Instalación de aleros2. Instalación de persianas parasol o brise soleil
<i>Bajas temperaturas en primer piso</i>	<ol style="list-style-type: none">3. Sistema de aire acondicionado para refrigeración4. Instalación de extractores de aire con termostato5. Instalación de extractores eólicos
<i>Ventilación deficiente y altas temperaturas en el segundo piso</i>	<ol style="list-style-type: none">6. Cambio de ventana de vidrio simple a termo paneles7. Adquisición de estufas eléctricas8. Adquisición de estufas a parafina9. Sistema de aire acondicionado para calefacción

Teniendo a la vista el cuadro anterior queda por presentar un procedimiento que permita jerarquizar las alternativas.

Procedimiento de jerarquización de alternativas

La selección de alternativas de conservación de la energía requiere encontrar un índice de selección de inversiones. Variadas son las aproximaciones que se le ha dado este tema, no existiendo en la actualidad un enfoque que sistematice todas las alternativas posibles, para los distintos tipos de problemas. Una de estas alternativas es a juicio de estos consultores, la que más se aproxima a priorizar alternativas de inversiones destinadas al ahorro de energía, esta es la “*Curva de oferta de Conservación de la Energía (CCE)*”.

La conservación de la energía implica la realización de una inversión que se traduce en menores costos de manejo de la energía. Para esto se requiere una forma de clasificar las distintas alternativas que mitiguen el gasto de energía y luego decidir cual vale la pena emprender. Se trata de separar las alternativas más atractivas, en la que el dinero estaría mejor invertido, para luego elegir aquella de menor costo.

El método de cálculo

1. El método de utilización de la curva de oferta de conservación de la energía, consiste en dividir la inversión (Inv) expresada en pagos anuales a través del factor de recuperación de capital (frc). Este pago anual, dividido por el ahorro de energía anual (ΔE), entrega un costo por ahorro de unidad energía (CCE), indicador que se utiliza como elemento de priorización:

$$CCE = \frac{Inv}{\Delta E} \left[\frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

Donde:

I = Monto de la inversión del alternativa propuesta (\$)

ΔE = Ahorro de energía anual derivada de la alternativa propuesta (Joule, kwh, etc)

i = Tasa real de descuento

n = Vida útil de la alternativa calculada.

El CCE se expresa en las mismas unidades que el costo del ahorro de energía. Por ejemplo, si la inversión que se consignan en pesos y los ahorros en (kwh),

Entonces el CCE tendrá las unidades \$/ kwh

2. La fórmula presentada en el punto 1, contempla una medida del ahorro energético (ΔE), asociado a cada alternativa de solución. Situación que no se da en el caso tratado, ya que no existe elemento alguno de ventilación y calefacción, y por consiguiente, tampoco existe

ahorro de energía propiamente tal. Situación que no representa inconveniente para la aplicación del método, debiéndose solo cambiar la componente ΔE (*ahorro de energía anual*) en kWh por el *consumo de energía anual*, medido también en kWh. De esta forma, el CCE calculado, para cada propuesta, representa el costo anual de la alternativa en cuestión. Indicador que permite jerarquizar las diferentes soluciones.

En relación a lo anterior, debe tenerse presente que las soluciones contemplan elementos activos y pasivos en cuanto al consumo de energía. Son elementos pasivos aquellos que por su naturaleza no demandan energía alguna, por ejemplo: aleros persianas, paneles, etc. Ahora bien, y por efecto de aplicación del método, se le asigna a los elementos pasivos una cantidad de energía equivalente a la energía que demandaría un elemento activo que cumpla la misma función. Es así como en la tabla del cálculo del CCE, aparece una cantidad de *consumo de energía* para elementos pasivos, lo que en la práctica no lo es tal. A este consumo de energía, se le denomina consumo de energía equivalente.

Cabe indicar que el nuevo numerador en este caso está compuesto por la anualidad de la inversión más el costo del consumo.

3. Habiendo obtenido el conjunto de indicadores CCE para cada una de las alternativas, se construye la curva de oferta de conservación de la energía, la que tiene como abscisa, el ahorro anual de energía [kwh/año], y como ordenada el CCE correspondiente. expresado en [\$/kWh].

La curva de oferta de conservación de la energía es una herramienta que sirve para mostrar el efecto acumulativo de las distintas alternativas de ahorro. Muestra el potencial de ahorro energético del sistema como un todo. Su construcción exige que los datos recogidos tengan igual características dimensionales. Un tratamiento coherente permite generalizaciones sobre el impacto la secuencia alternativas de medidas y errores en las estimaciones de ahorro de energía.

La construcción de la curva parte por dibujar la actividad de menor valor de CCE, digamos CCE_1 , dibujando de izquierda a derecha una línea caracterizada por: a) su abscisa (a partir de cero), el ahorro anual [kwh/año]₁, y b) su ordenada, costo del kwh [\$/kwh]₁; una vez hecho esto, se continua con la actividad que le sigue, CCE_2 , a partir de la cota de la abscisa en que terminó la actividad anterior, dibujando una nueva línea, de extensión [kwh/año]₂, a la altura del costo de la energía de este nuevo CCE: [\$/kwh]₂. Se sigue así sucesivamente hasta terminar con todo el conjunto de CCE.

Una ventaja que tiene la curva de oferta de conservación de la energía radica en el hecho de que cuando se traspasan los beneficios de la actividad propuesta cambio en la demanda de energía, como consecuencia de su implementación, los gastos de suministros de electricidad adicional pueden ser comparados fácilmente con los costos de reducir la demanda de electricidad, en razón de que ambos se expresan en las mismas unidades, es decir \$/kwh. El beneficio económico máximo se produce cuando los costos de abastecimiento normal y los costos de las actividades de conservación son iguales.

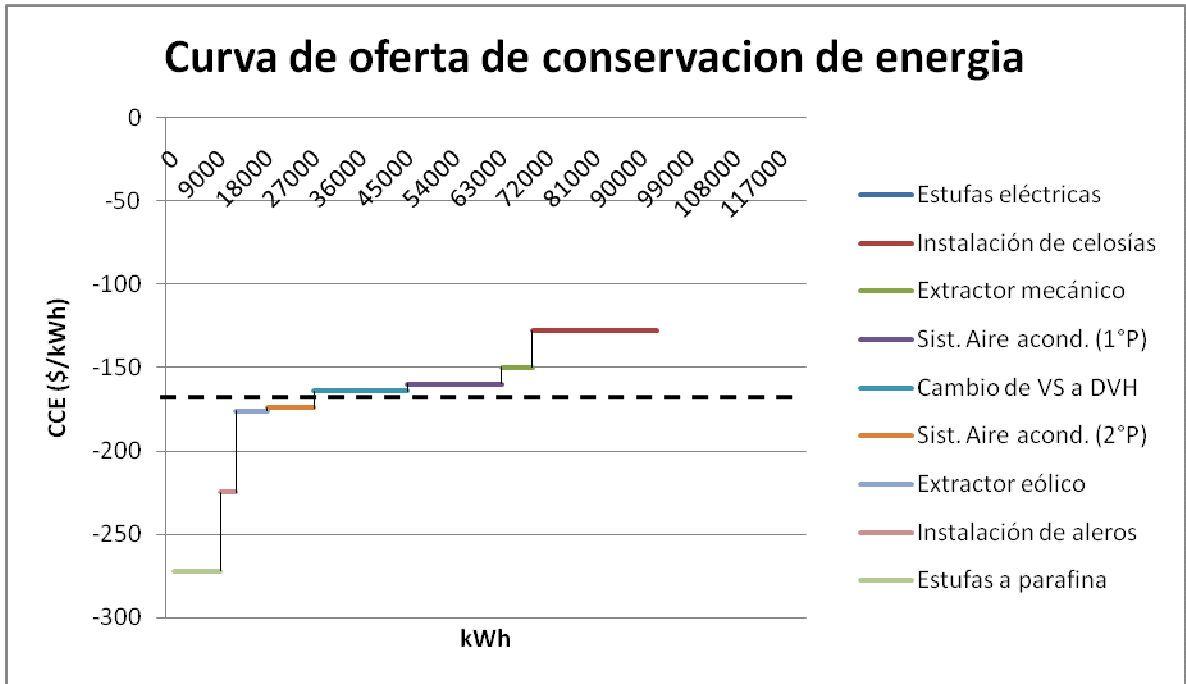
4. El método para seleccionar las alternativas a ejecutar, introduce la incorporación del costo de la energía actualmente utilizada. Como este no es el caso, ya que no existe consumo de energía para todos los elementos, el número de soluciones propuestas para implementar, dependen del presupuesto disponible, seleccionándose aquellas con los CCE más bajos y cuyo costo se encuentre dentro del presupuesto que la municipalidad asigne para estos efectos. Otra alternativa y dejando de lado la restricción presupuestaria, lo cual sabemos que no es del todo real, sería incorporar como línea de corte el precio del kWh de energía eléctrica según el tipo de tarifa que maneje la municipalidad.

El método presentado tiene la propiedad de tratar todas las alternativas bajo un parámetro común, sin embargo, resulta recomendable reconocer de la lista general de jerarquización el costo del consumo de los elementos activos, dibujando una curva característica de consumo de energía solo para estos elementos, lo que permite tener elementos adicionales para una decisión posterior. Es importante recalcar que tanto los elementos activos como pasivos están sujetos al presupuesto municipal, materia que debe ser tratada en conjunto con la municipalidad y debe ser parte del seguimiento de los proyectos.

La selección de alternativas que entrega la curva debe ser complementada con la apreciación que tenga la municipalidad en cuanto al dinero que está dispuesta a invertir para efecto de mejorar el confort térmico.

Alternativa	Inversión del equipo (\$)	N (Años)	Anualidad (\$)	Ahorro eventual (kWh)	Consumo anual (\$)	CCE (\$/kWh)
<i>Estufas eléctricas</i>	1.159.600	5	267.838	28.160	3.097.600	-114
<i>Instalación de celosías</i>	7.700.000	50	421.781	23.026	2.532.860	-128
<i>Extractor mecánico</i>	2.614.620	20	209.804	5.290	581.900	-150
<i>Sist. Aire acond. (1°P)</i>	11.228.570	20	901.010	18.090	1.989.900	-160
<i>Cambio de VS a DVH</i>	17.590.000	50	963.523	17.750	1.952.500	-164
<i>Sist. Aire acond. (2°P)</i>	8.323.600	20	667.907	10.440	1.148.400	-174
<i>Extractor eólico</i>	4.950.000	25	351.215	5.290	581.900	-176
<i>Instalación de aleros</i>	7.380.000	50	404.252	3.527	387.970	-225
<i>Estufas a parafina</i>	11.400.000	10	1.476.352	9.130	1.004.251	-272

Nota: La columna “consumo de energía equivalente” contiene los consumos reales de energía de los elementos activos y los consumos “asignados” o “equivalentes” de los elementos pasivos.



De acuerdo a lo que se muestra en la gráfica y a lo mencionado en el punto 3, el orden de jerarquización de la implementación de propuestas es la siguiente:

1. Adquisición de estufas a parafina para calefacción de espacios determinados
2. Instalación de un alero en la fachada del edificio
3. Instalación de extractores eólicos en la cubierta del edificio
4. Instalación de un sistema de aire acondicionado en el segundo piso de la municipalidad
5. Cambio de vidrio en los ventanales de la fachada, de vidrio simple a doble vidrio hermético
6. Instalación de un sistema de aire acondicionado en el primer piso de la municipalidad
7. Instalación de extractores mecánicos
8. Instalación de persianas parasoles en la fachada del edificio
9. Compra de estufas eléctricas para los espacios determinados

Las estufas a parafina se caracterizan por utilizar tecnología vanguardista respecto a la eficiencia energética, destacándose la marca Toyotomi, utilizada en una gran cantidad de edificios y hogares. Su bajo consumo de energía hace ubicar esta propuesta como la primera a realizar dentro del edificio municipal en los espacios determinados.

Luego, como segunda propuesta a realizar, está la instalación de un alero en la fachada del edificio, el cual, es diseñado con el fin de proyectar una sombra hacia los ocupantes. No obstante, al mismo tiempo impide el paso de radiación solar directa al interior y de esta manera, contribuye a mantener una temperatura estándar dentro del rango de confort térmico, el que es cuantificado en unidad energética (kWh).

A continuación, el indicador muestra que la tercera opción a realizar corresponde a la instalación de extractores eólicos para un adecuado recambio de aire, que permite obtener un ambiente adecuado tanto para los trabajadores como para el público en general, permitiendo así grandes ahorros energéticos (kWh) a una inversión inicial moderada.

Finalmente, como última propuesta a realizar, está la instalación de aire acondicionado para el segundo piso del edificio, el cual, tiene graves deficiencias térmicas en los meses de verano. Debido a que su inversión no es tan alta y su consumo medio estar dentro de los estándares, el indicador muestra que este sistema es apto para su función, pero ser instalado luego de las tres propuestas anteriores.

Ahora bien, como se acordó en el punto 4, la línea segmentada que se muestra en la curva, corresponde al valor de la energía eléctrica (172 \$/kWh), la cual, a falta del presupuesto de la municipalidad, se acuerda como un límite de descarte de priorizaciones, por lo cual, las alternativas que le siguen no son recomendadas realizar, según este sistema.

9. Servicio de Asistencia Técnica a Municipalidades

1. Objetivo General de la Asistencia Técnica

El objetivo de la asistencia técnica es el de presentar un programa de desarrollo de proyectos de ahorro y uso eficiente de la energía. Dicha asistencia comprende en el apoyo para la identificación, cuantificación, análisis e instrumentación de acciones para la mejora de los distintos niveles de eficiencia energética.

2. Objetivos Específicos

La asistencia técnica a las municipalidades lleva implícito 6 objetivos específicos.

- i. Determinar la naturaleza exacta de la demanda por energía dentro de las municipalidades y cuál de estas fuentes de consumo deben ser primeramente atendidas según sea el nivel de gasto.
- ii. Determinar las personas en quienes caen las responsabilidades por cada uno de los servicios que requieren energía.
- iii. Definir los requerimientos exactos de energía de cada uno de los departamentos de la municipalidad.
- iv. Determinar las fuentes de energía requerida que permitan cubrir las necesidades de esta al mismo costo.
- v. Determinar los mejores tipos de equipos que permitan satisfacer las necesidades del servicio.
- vi. Localizar las ineficiencias el interior de los sistemas existentes.

3. Niveles de aplicación de la Asistencia Técnica

Con el fin de aplicar la asistencia técnica se requiere contar con un esquema que permita distinguir los distintos niveles de acción: Acciones de carácter estratégico, de control administrativo y de control operacional.

Nivel 1: Acciones Estratégicas, referidas a los procesos de decisión en cuanto a los objetivos de la asistencia técnica en eficiencia energética al interior de la Municipalidad, de los recursos empleados para estos efectos y de las políticas que han de regir las acciones de eficiencia energética.

Nivel 2: Control Administrativo, referido a la obtención de recursos y la buena utilización de estos en el cumplimiento de las políticas de eficiencia energética de la Municipalidad.

Nivel 3: Control Operacional, referido a las actividades que aseguran que las tareas relacionadas con asistencia técnica en eficiencia energética se cumplan en forma eficaz y eficiente.

3.1 Acciones Estratégicas

Las acciones estratégicas derivadas de la asistencia técnica, se materializan a través de la identificación de distintos tipos de políticas y objetivos a alcanzar, según sea el sistema que se trate. Así se tiene que la asistencia apoya a la dirección municipal en la generación de políticas y objetivos, identificando las oportunidades y los riesgos asociados a las decisiones de cambio asociados al consumo energético. Determinándose lo siguiente:

3.2 Control Administrativo

El control administrativo es el proceso mediante el cual la municipalidad a nivel de jefes de departamentos asegura la utilización eficaz y eficiente del recurso energético en el cumplimiento de los objetivos de ahorro que sea planteado la municipalidad.

Las tareas que se despliegan al interior de este son las de presentar procedimientos de operación y control del consumo energético, la formulación y análisis de indicadores de eficiencia energética, la evaluación de indicadores de gasto energético, la elaboración de programas de mantención entre otros.

3.3 Control Operacional

El control operacional consiste en asegurar que las tareas específicas que consumen energía se cumplan en forma eficaz y eficiente. Se ejerce sobre tareas y acciones individuales desplegadas en terreno. Tiene como característica que es susceptible de ser programado generando así actividades programadas que se caracterizan por seguir reglas previamente establecidas. Gran parte de las deficiencias en cuanto al exceso de consumo, se derivan justamente de esto, el no seguir un procedimiento racional.

Un control operacional debidamente ejecutado permite mejorar la combinación del trabajo de un operador, para cumplir una determinada tarea y el consumo de combustibles y energía en general, lo que a la larga se expresa en un menor costo.

Actividades propias de este nivel son: la programación de operaciones de modo de optimizar el consumo según la tarifa vigente, el registro de dichos consumo en los registros informáticos que se mantienen, la medición de la eficiencia de los operadores, el cumplimiento de los planes de mantención, el cálculo de indicadores de eficiencia energética, entre otros.

4. Acciones específicas de asistencia técnica para cada uno de los niveles

Acciones estratégicas

- Establecimiento de objetivos y metas de eficiencia energética para cada uno de los sistemas que demandan energía.
- Definición de políticas de capacitación en el campo la energía.

- Formulación de políticas financieras relacionadas con los consumos y las inversiones asociadas a estos.
- Decisiones acerca de proyectos que inciden en el consumo de energía.
- Formulación de planes de difusión orientados al ahorro la energía
- Definición del plan de tarifa de consumo eléctrico a contratar.
- Definición de políticas de servicios de terceros referidos a sistemas que consumen energía.

Acciones administrativas.

- Formulación de presupuestos del gasto en energía de los distintos sistemas asociados con la eficiencia energética
- Desarrollo de procedimientos de operación y control del consumo energético.
- Desarrollo de sistemas informáticos para el control del consumo energético.
- Formulación y análisis de los indicadores de eficiencia energética.
- Control de gastos en energía sobre la base de indicadores previamente acordados
- Difusión de las políticas y objetivos en materia de ahorro energía.
- Evaluación del programa de capacitación de buenas prácticas en eficiencia energética.
- Elaboración de programas de mantención.
- Decisión sobre reacondicionamiento de equipos y subsistemas.
- Análisis de reemplazos de equipos

Acciones de control operacional

- Registro del consumo, de cada uno los sistemas y componentes, establecidos en los procedimientos del programa de ahorro energía.
- Manutención de los sistemas de registro informático.
- Programar las operaciones de modo de optimizar el consumo según la tarifa vigente.
- Evaluación del estado de los instrumentos de medición y su correspondiente certificación.
- Medición y evaluación de la eficiencia de los operadores de equipos y componentes que demandan energía.
- Cálculo de indicadores de eficiencia energética.
- Control del cumplimiento del plan de mantención.

5. Identificación de los servicios que se ofrecen como parte de la asistencia técnica

La asistencia técnica se despliega a través de 4 ejes principales:

- Evaluación de la eficiencia energética y medidas de ahorro para distintas sistemas.
- Gestión energética para cada tipo de sistema.

- Formación y capacitación.
- Divulgación sobre ahorro energético.

Al interior de las municipalidades conviven diferentes tipos de sistemas que consumen energía como son:

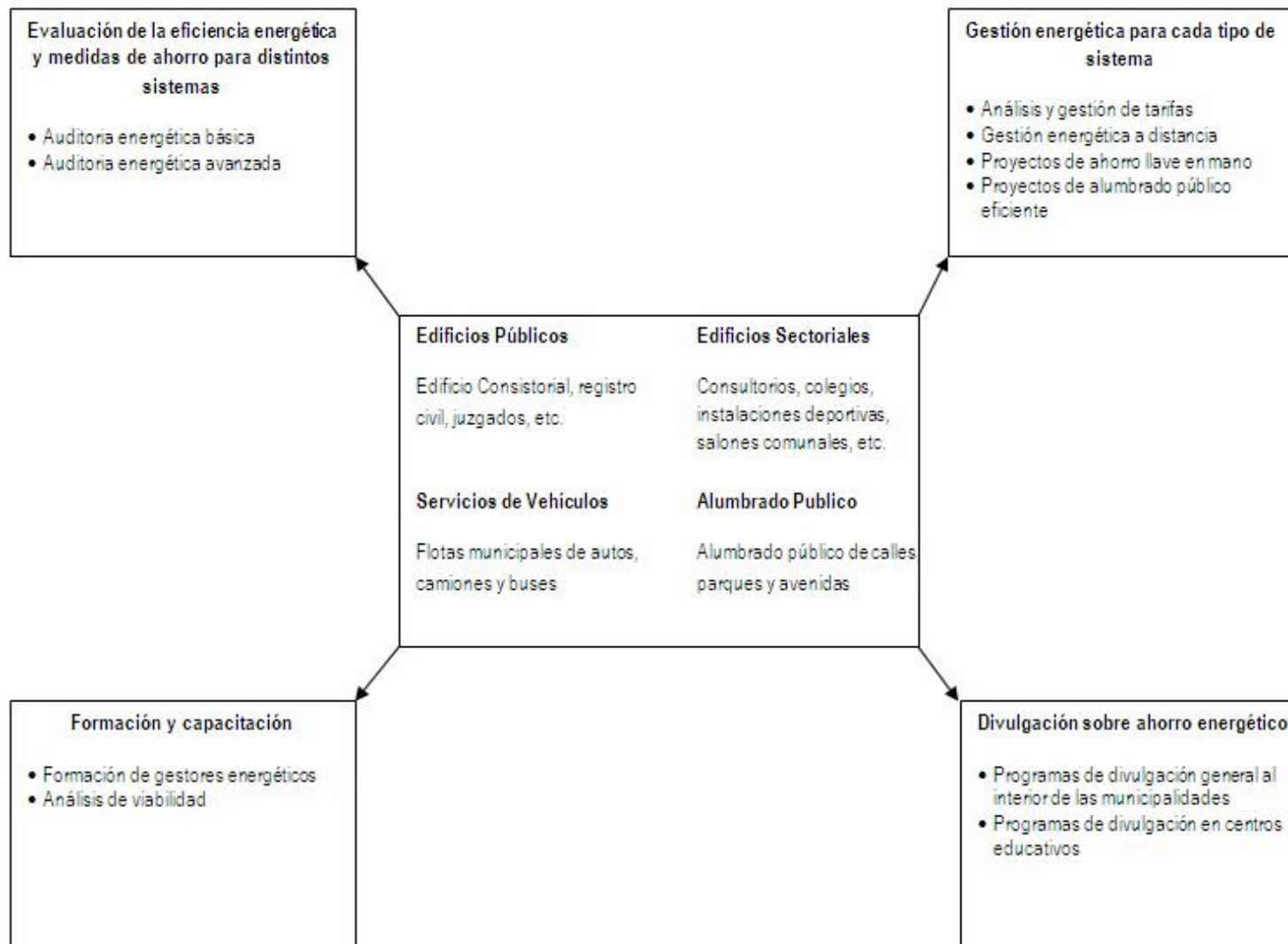
Edificios públicos, edificios sectoriales (Consultorios, colegios, instalaciones deportivas, espacios recreativos, salones comunales, espacios públicos), calles parques y avenidas, servicios de vehículos (flotas municipales de autos, camiones, buses etc.), alumbrado público, casa habitación de familias de bajos ingresos económicos, entre otros.

La asistencia técnica le da prioridad en atender los sistemas que consumen energía antes nombrados, para posteriormente profundizar en el estudio de subsistemas específicos dentro de cada uno de ellos.

En la figura N°1 se entrega un esquema de cómo interactúan los sujetos que reciben la asistencia técnica con los servicios derivados de esta.

A continuación se detalla cada uno de los ejes de asistencia técnica

Diagrama Ejes de la Asistencia Técnica



5.1 Evaluación de la eficiencia energética y medidas de ahorro para distintos sistemas

La evaluación del estado del consumo de energía se efectúa a través de la ejecución de auditorías energéticas, las que se dividen en dos niveles: Básica y avanzada

Auditoria energética básica

Este servicio apunta a la detección de ineficiencias energéticas e identificación de los equipos de mediciones más apropiados a instalar, de manera que dichas ineficiencias queden resueltas.

En lo específico apunta a revisar las condiciones de contrato del suministro eléctrico y de gas en comparación con el consumo real obtenido de los equipos de medición. Acción orientada a minimizar el gasto, contratando las mejores tarifas que existen en el mercado.

Auditoria energética avanzada

Este tipo de auditoría se caracteriza por el empleo de las últimas tecnologías en diagnóstico energético, como son: analizadores de redes, termografías, estudio de infiltraciones o monitorización remota de los consumos eléctricos en forma instantánea.

Los datos provenientes de las mediciones son procesados mediante una herramienta informática normalizada y reconocida por profesionales del sector y por las Administraciones Públicas. Determinando en detalle acciones específicas de ahorro, el costo de su implementación, los indicadores de beneficio económico y el impacto de tales acciones sobre el medio ambiente.

Una acción especial derivada de este tipo de auditoría es la medición del ahorro en toneladas de CO₂. Lo que eventualmente, en asociatividad con otros municipios puede dicho ahorro ser comercializado como bonos de carbono.

Aplicación de las auditorias

Una estrategia para racionalizar los consumos existentes es dividir cada una de las auditorias antes mencionadas en 3 acápite: 1) Auditoria a la demanda; 2) Auditoria a la oferta; 3) Auditoria a la administración de la energía.

La auditoria a la demanda se relaciona con los jefes de unidades de las municipalidades y su esfuerzo por mantener un servicio de energía constante y a costo razonable.

La auditoria a la oferta apunta a localizar las fuentes de energía mas económicas y de cómo se mantienen las relaciones comerciales con los proveedores de dicha energía, especialmente las relaciones con las compañías eléctricas.

La auditoría a la administración revisa los procedimientos de registro y validez de los datos de consumo. Antecedentes que se ven refrendados por los procedimientos administrativos y la revisión periódica de sus resultados.

Resultados de la auditoría

El paso inicial y lógico de la asistencia técnica es la auditoría. La ausencia de identificación de los problemas a resolver, no permite jerarquizar debidamente las acciones a seguir. Ahora bien siempre existe la posibilidad de que existan problemas tan evidentes, que la municipalidad puede solicitar una asistencia precisa. Sin embargo esta es una situación de excepción, lo que se debe lograr es un proceso de desarrollo del ahorro energético, el que se da solo en el tiempo, sobre la base de metas y objetivos a alcanzar, lo que solo se pueden definir conociendo el estado actual del consumo energético de la organización.

5.2 Gestión energética para cada tipo de sistema

Otra parte de la asistencia técnica se refiere a la gestión energética, en la que se incluyen las siguientes actividades de asistencia:

Análisis y gestión de tarifas

El análisis de gestión de tarifas comprende:

- Análisis de la tarificación actual y modificación de los contratos para obtener la mejor alternativa del mercado.
- Identificación de desviaciones entre los parámetros reales de consumo y los datos de factura.
- Adopción de medidas ante cambios legislativos que puedan suponer ahorros económicos.

Gestión energética a distancia

El análisis de gestión energética a distancia comprende:

- Análisis, seguimiento y control de los consumos energéticos mediante la implantación de herramientas de tele gestión y monitorización remota.
- Optimización de los parámetros principales del consumo energético.

Proyectos de ahorro energético llave en mano

La ejecución de proyectos llave en mano de ahorro energético, cubren desde la fase de análisis, hasta la implementación de las medidas correctoras y el control de su funcionamiento.

Proyectos de alumbrado público eficiente

Elaboración de proyectos de alumbrado público eficiente para nuevas áreas urbanísticas, en función del presupuesto municipal. Este tipo de proyecto incorpora la posibilidad de utilizar las últimas tecnologías en tele gestión y luminarias de gran eficiencia.

5.3 Formación y capacitación

Formación de gestores energéticos

La formación de gestores energéticos se lleva adelante a través de un curso completo de larga duración destinado a la formación en ahorro y eficiencia energética. Se trata de formar al interior de la organización, personas de distintas áreas de la municipalidad con capacidades para proponer, analizar y ejecutar programas de eficiencia energética.

La formación de los responsables de técnicos y de mantenimiento en materia de ahorro y eficiencia energética es la base para conseguir que las medidas de ahorro se implementen de forma natural en las municipalidades.

Enmarcada en la Estrategia de Eficiencia Energética del país y por lo tanto con un fuerte respaldo económico desde el Gobierno, la aparición de un gestor energético municipal es una prioridad en las políticas energéticas de fomento del ahorro y la eficiencia energética a nivel municipal.

La posibilidad de formación de estos técnicos municipales, desde las técnicas más innovadoras en materia de ahorro, hasta las líneas de subvención existentes o las energías renovables, se materializan a través de 3 tipos de especialistas.

- Gestores energéticos municipales
- Gestores energéticos sectoriales (Consultorios, colegios, instalaciones deportivas, espacios recreativos, salones comunales, entre otros.)
- Gestores energéticos de organizaciones sociales (Juntas de vecinos, clubes sociales, asociaciones de apoyo mutuo entre otros.)

Análisis de viabilidad

Estudios de implantación de energías renovables y tecnologías que permitan generar ahorro de energía a distintos tipos de edificaciones: Colegios, policlínicos, gimnasios, salas comunales, edificios administrativos etc.

El análisis de viabilidad atiende las necesidades técnicas de futuras de las instalaciones, analizándose las principales variables financieras de la misma, como son: La inversión a realizar, el ahorro generado y la jerarquización de alternativas.

Dentro de este estudio se incorpora la búsqueda de programas de subvención posibles de acceder por parte de las municipalidades.

5.4 Divulgación sobre ahorro energético

Programas de divulgación general al interior de las municipalidades

La confección de programas de divulgación está dirigida a la divulgación de medidas de ahorro energético y educación medioambiental, mediante jornadas de educación, exposiciones y ciclos de conferencias.

El objetivo de tales programas es llevar la eficiencia y el ahorro energético a los hogares, las pymes e industrias y a las administraciones públicas, a través de campañas de promoción y divulgación.

Profesionales especializados en educación, pedagogía, diseño y ejecución a través de exposiciones de energías renovables y ahorro energético ponen en conocimiento de la comunidad la posibilidad de incorporar energías renovables y medidas de ahorro energético.

Este tipo de actividad ofrece la posibilidad de llevar a los más pequeños, las energías renovables, la eficiencia y el ahorro energético de la mano de profesionales. De esta forma es posible llegar a colegios, institutos y centros culturales de municipios de bajos ingresos.

La divulgación requiere de una adecuada campaña de publicidad. Para esto se despliegan el trabajo de expertos en comunicación, diseño y ahorro energético. Quienes transmiten al resto de la sociedad las acciones de ahorro energético emprendidas por la organización municipal. Parte de este despliegue lo comprenden la redacción de notas de prensa, el diseño de carteles y folletos entre otros quienes completan las acciones divulgativas y de comunicación.

Programas de divulgación en centros educativos

La enseñanza para un uso sostenible de la energía es uno de los pilares del ahorro de energía acción que descansa en programas específicos para centros de enseñanza, abarcando un amplio rango de las edades escolares, desarrollado programas específicos para los distintos cursos de educación sobre ahorro energético, entregado esto a través de talleres, juegos y paneles divulgativos.

No solo los alumnos en edad escolar son sujeto de la divulgación sino que también apunta a todos los públicos, siempre sobre la base de actividades participativas que se adapten a las inquietudes de cada alumno, todo esto con el fin de poder implantar en su entorno los criterios que rigen el uso sostenible de la energía.

6. Actores relevantes

Los actores que participan en la asistencia técnica difieren según sea el nivel en el que se da esta asistencia técnica.

Así se tiene que en el nivel estratégico participan, dependiendo de la temática la cúpula directiva de las municipalidades, quienes asistidos por los consultores en calidad de desarrolladores de la asistencia técnica, definen las políticas y objetivos a alcanzar, como así también las nuevas invenciones y compra de servicios permanentes que requieren de un alto consumo energético.

En el nivel administrativo son los jefes de departamentos quienes tienen la responsabilidad de tomar las políticas y metas a alcanzar y convertirlas en programas y procedimientos, generando para ambos indicadores de cumplimiento. La asistencia técnica tiene como propósito apoyar a estas personas en la confección de los programas y sistemas que lo sustentan. Representa en términos porcentuales más del 55% del trabajo del programa de ahorro de energía.

Los participantes del nivel operacional son los encargados de las distintas unidades y departamentos que operan los sistemas y le dan vida la acción municipal. El conocimiento de estas personas sobre lo que se espera de ellas resulta ser vital. Buena parte de las deficiencias en cuanto a ahorro, se derivan de la ausencia de mecanismos de información que les permitan tomar acciones inmediatas. Una actividad importante en relación a estos actores se refiere al conocimiento técnico de lo que es eficiencia energética y de la aplicación de red mediales.

Nivel de Aplicación de la AT

Actores Relevantes Involucrados

Nivel Estratégico

- Alcalde
- Consejo económico municipal
- Administrador municipal
- Director secretaria de planificación
- Director de desarrollo comunitario
- Director de obras municipales
- Director de aseo y ornato
- Director de tránsito transporte público
- Director de administración y finanzas
- Director de inspección general
- Departamento de auditoría

Nivel Administrativo

Director secretaria de planificación

- Jefe de unidad desarrollo urbano
- Jefe de unidad licitaciones
- Jefe de unidad proyectos
- Jefe de unidad informática

Director de desarrollo comunitario

- Jefe departamento organizaciones comunitarias
- Jefe de recintos comunitarios

Director de obras municipales

- Jefe depto. Ejecución de obras
- Jefe depto. Edificaciones y urbanismo
- Jefe de unidad proyectos
- Jefe de unidad alumbrado publico

Director de aseo y ornato

- Jefe depto. Ornato
- Jefe depto. Movilización

Director de tránsito y transporte publico

- Jefe depto. Estudios

Director de administración y finanzas

- Jefe depto. Finanzas
- Jefe unidad servicios generales

Director de inspección general

- Jefe depto. de inspección

Nivel Operacional

Área de planificación

- Encargados unidad desarrollo urbano
- Encargados unidad licitaciones
- Encargados unidad proyectos
- Encargados unidad informática

Área de desarrollo comunitario

- Encargados departamento organizaciones comunitarias
- Encargados de recintos comunitarios

Área de obras municipales

- Encargados depto. Ejecución de obras
- Encargados depto. Edificaciones y urbanismo
- Encargados de unidad proyectos
- Encargados de unidad alumbrado publico

Área de aseo y ornato

- Encargados depto. Ornato
- Encargados depto. Movilización

Área de tránsito y transporte público

- Encargados depto. Estudios

Área de administración y finanzas

- Encargados depto. Finanzas
- Encargados unidad servicios generales

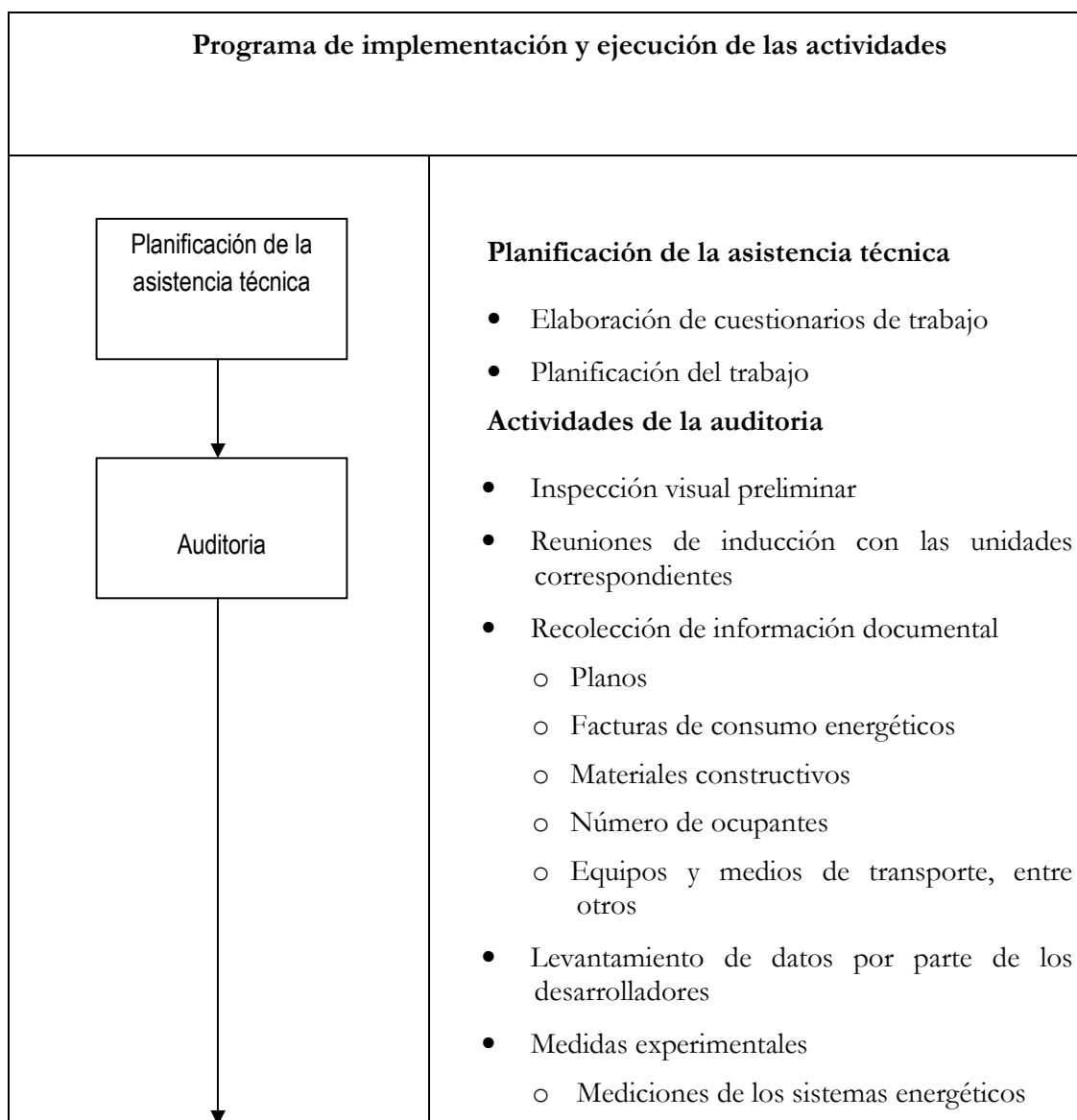
Área de inspección general

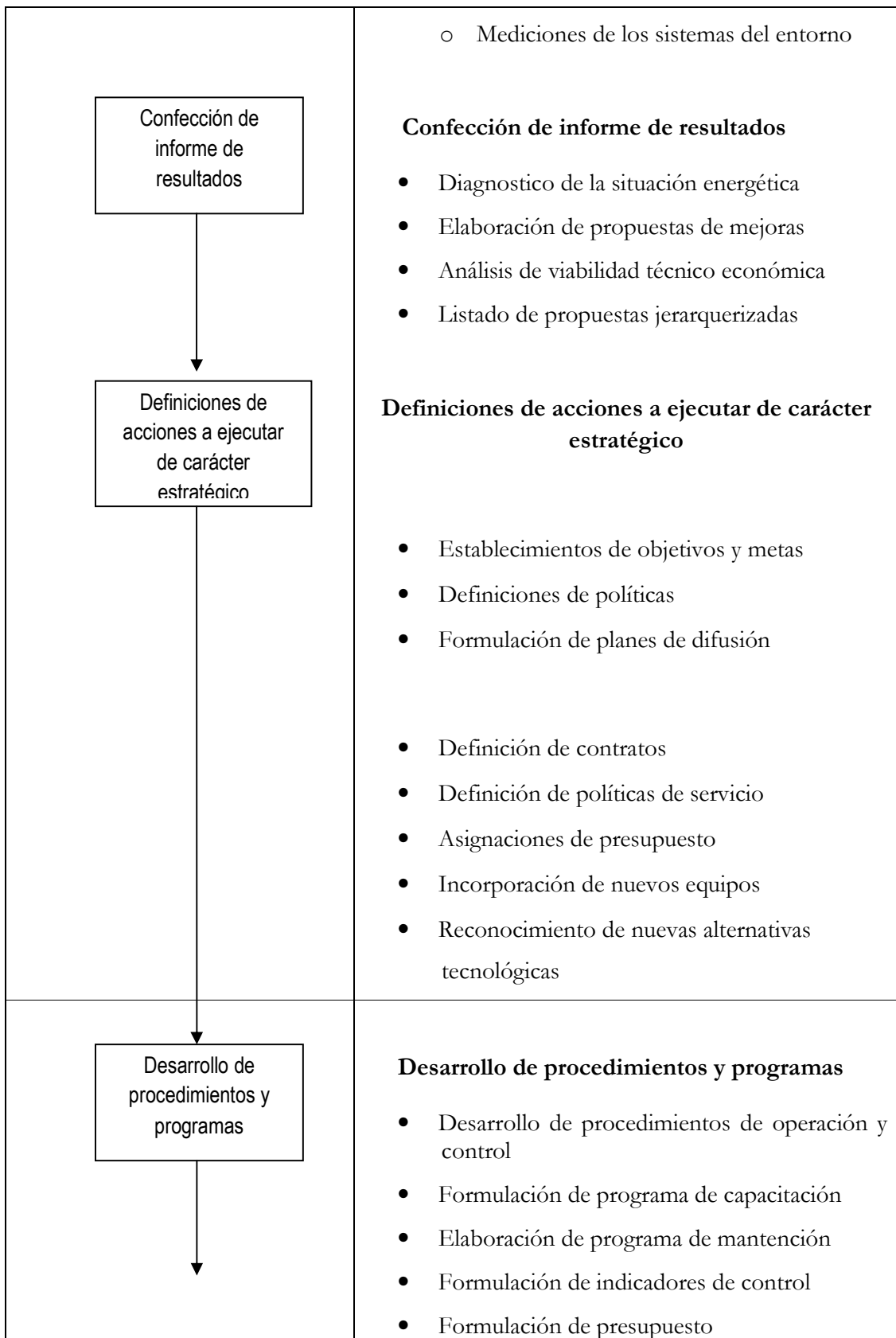
- Encargados depto. de inspección

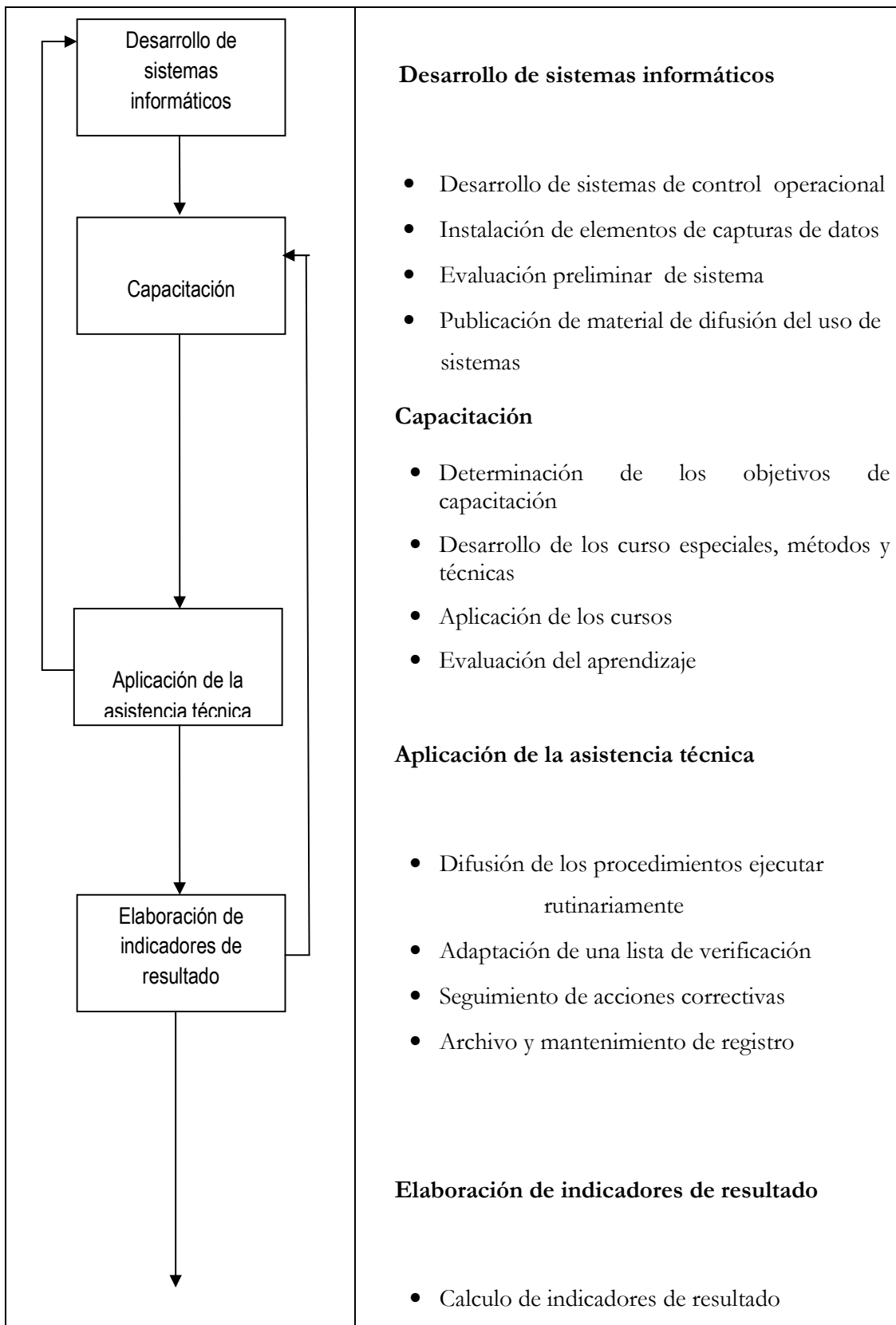
7. Plan de implementación

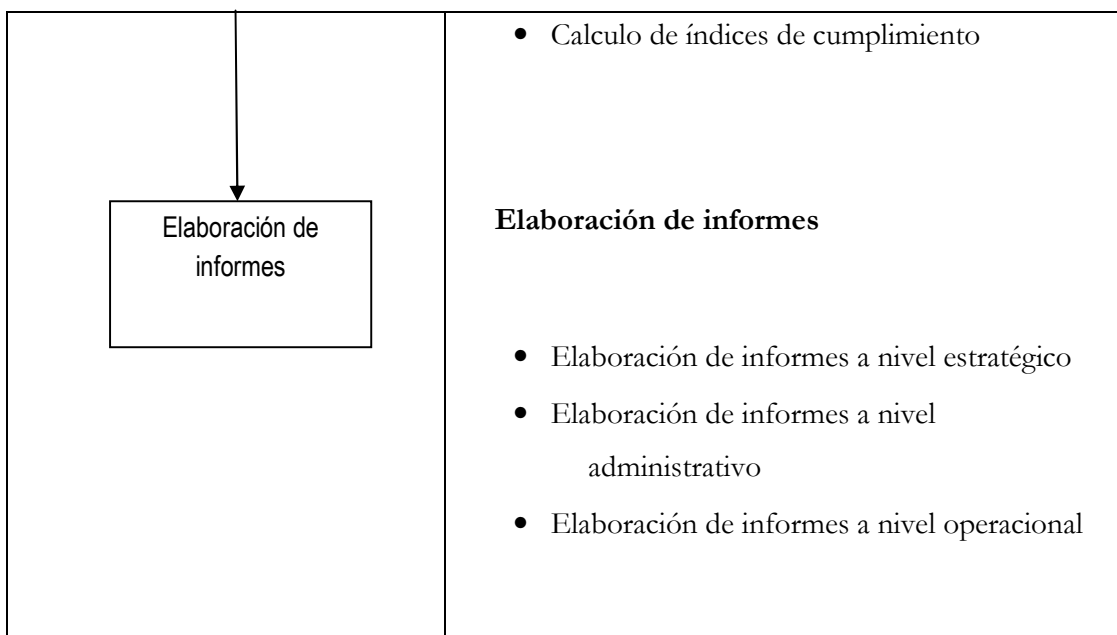
El plan de implementación que se presenta a continuación es de carácter genérico y debe ser aplicado según sea el sistema o subsistema en análisis. Las actividades que se presentan en forma secuencial tienen como punto de partida las definiciones estratégicas. El desarrollador de la asistencia técnica debe completar la totalidad de las actividades mencionadas a lo menos.

La relación entre actividades debe mantener un orden jerárquico, debiendo siempre explicitarse el origen que la alimenta. No todas terminan en el nivel inferior (Nivel operacional), pero si todas las actividades operacionales se relacionan con una a lo menos de nivel administrativo, y a su vez estas con actividades del nivel estratégico.









8. Costos asociados al desarrollo e implementación

El costo del desarrollo de cada una de las actividades antes descritas depende del sistema a tratar y del nivel de profundidad de la asistencia técnica, y de la complejidad de la municipalidad atendida, por lo que la estimación de los costos dependerá de la experiencia en trabajos similares.

La presentación de los costos por actividad debe ser entregada en una tabla, así como también los costos acumulados, de modo de poder dibujar una curva de costos agregados (ordenada) versus el tiempo agregado de ejecución (abscisa).

La curva de costos agregados debe guardar relación con el presupuesto estimado de la asistencia técnica, antecedentes que le permiten a la municipalidad, asignar, según los acuerdos que se fijen en el contrato, los pagos periódicos de las partidas presupuestadas.

De acuerdo a la experticia desarrollada en el programa piloto y el estado actual administrativo de las municipalidades resulta impensable ejecutar un programa de ahorro de eficiencia energética a distancia. A lo mas que se puede alcanzar es a un programa semi presencial. No es materia de esta asesoría organizar el desarrollo de una asistencia técnica de este tipo. Tema que se escapa a los objetivos planteados en las bases técnicas.

Con el fin de apoyar a los desarrolladores de este programa y teniendo en cuenta las actividades planteadas en el punto 7, Plan de implementación, a continuación se muestra una estimación de costos para tres niveles de actividad. Municipalidades grandes, medianas y pequeñas (Tamaño a calcular, según el número de personas que trabajan al interior de la municipalidad, tanto contratadas como subcontratos y honorarios).

Los valores que se indican en la tabla siguiente corresponden al costo de la implementación del programa de ahorro por municipalidades, considerando una atención conjunta de dos municipalidades a la vez.

El tiempo de desarrollo de cada proyecto depende el tamaño de cada municipalidad.

Costos Asociados	Grande	Mediana	Pequeña
Implementación	\$22.000.00	\$16.500.000	\$9.900.000
Operaciones (Mes)	\$500.000	\$500.000	\$500.000
Administración (Mes)	\$600.000	\$400.000	\$200.000
Tiempo desarrollo (Mes)	5	5	4
Total	\$27.500.000	\$21.000.000	\$12.700.000

Nota: Cabe destacar que los costos anteriores corresponden al costo por municipalidad, contemplando atender dos municipalidades a la vez. Ahora bien el programa para su ejecución debe atender un conjunto mayor de municipalidades en forma simultánea. Tamaño que no disminuye, los costos indicados anteriormente.

Los valores anteriores no incluyen costos de traslados y viáticos.

Adicionalmente a los costos indicados y si se desea mantener una atención permanente remota, el costo mensual de esta atención es de \$ 1.000.000, \$600.000 y \$300.000, en el entendido de que los costos del servicio telefónico y de video conferencia son de cargo de las municipalidades.

9. Control de seguimiento de la asistencia técnica

Para efecto del control de seguimiento, la asistencia técnica precisa contar con un sistema que permita ver el proyecto en su totalidad, debiendo contar para esto con un soporte a distancia para la implementación interna.

El sistema de control a utilizar debe permitir lo siguiente:

- Una visión de conjunto de los diversos componentes del proyecto de asistencia, ajustado al entorno de la municipalidad
- La creación de una plataforma computacional sólida para ejecutar los diversos componentes del proyecto
- Directrices claras para la evaluación de la implementación / prioridades de cada una de las actividades del proyecto
- Demostración de los diversos componentes atingentes a cada uno de los usuarios que participan de las actividades

- Un plan de formación específico y claro, para los usuarios municipales a todos los niveles

El procedimiento de control que presente el desarrollador, debe ser lo suficientemente flexible como para poder incorporar nuevos requisitos específicos, debiendo poder subdividirse en fases de actividades agrupadas de forma lógica, como son: el definir, preparar, desarrollar, lanzar y cerrar. Estas fases cubren el proyecto desde el principio hasta el final y engloban las principales tareas intermedias. La estructura suministrada por este enfoque debe permitir, al desarrollador, entregar proyectos de alto impacto, en los marcos de tiempo establecidos.

El desarrollador debe proporcionar un marco de trabajo flexible, que permita el suministro de aplicaciones con sus correspondientes entornos, donde las actividades de cada fase se darán a menudo de forma simultánea.

El sistema computacional que se utilice debe tener la flexibilidad de poder ser accesado de diferentes lugares de la municipalidad sin mediar la participación del desarrollador, debiendo poder obtenerse diferentes tipos de informes de control.

10. Método de verificación de resultado

La evaluación del nivel de resultados se llevara efecto sobre la base índices calculados provenientes del sistema de información que forma parte de la asistencia técnica. Tales índices son comparados con las metas definidas en la etapa de elaboración de objetivos.

Dos son los tipos de indicadores a considerar: A) Indicadores asociados a la actividad de la municipalidad B) Indicadores asociados a cada departamento o unidad operativa

A) Indicadores asociados a la actividad de la municipalidad

Foco del indicador	Indicador
Nivel de actividad de ahorro energético	<ul style="list-style-type: none"> • N° de intervenciones de ahorro energético por unidad • N° asistencia técnicas desarrolladas • Cantidad de mediciones de consumo
Ejecución de <i>up grade</i> tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • N° intervenciones de <i>up grade</i> tecnológico energético • N° proyectos trimestrales que introducen cambios tecnológicos • N° proyectos de cambios procedimentales de ahorro • N° proyectos de ingeniería realizados al interior de la municipalidad
Sustentabilidad y operación	<ul style="list-style-type: none"> • N° postulaciones a fondos concursables de energía • % Cumplimiento del presupuesto de proyectos • Medición de criterios ambientales para la municipalidad
Mejorar la capacidad	<ul style="list-style-type: none"> • N° personas capacitadas en eficiencia energética • N° cursos capacitación realizados en procedimientos energéticos
Cumplimiento de indicadores control	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores general de cumplimiento por área y función

B) Indicadores asociados a cada departamento o unidad operativa

Foco del indicador	Indicador
Unidad operativa	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de consumo energético • Porcentaje de ahorro trimestral y anual • Indicadores de satisfacción de los usuarios de otros departamentos • Días de retraso en la implementación de proyecto

- de EE
- Índices de capacitación en ahorro energético

11. Plan de difusión propuesto

El plan de difusión propuesto para la asistencia técnica se debe estructurar sobre la base de ocho acciones:

1. Desarrollo de un programa maestro de comunicación de carácter dinámico

El programa maestro de comunicación se concretiza a través de: mensajes sobre la generación de valor que aporta el ahorro energético.

A fin de elaborar los contenidos de los mensajes se tendrán en cuenta las siguientes políticas de comunicación:

- Los mensajes estarán centrados en el incremento de ahorros que significa seguir las pautas procedimentales destinadas al ahorro de energía.
- La información sobre los beneficios específicos para las municipalidades, con énfasis en beneficios del departamento y unidades.
- Las comunicaciones se establecerán sobre un formato individual destinado a las unidades, evitando la repetición del mismo mensaje.
- Los servicios serán respaldados por mediciones de consumo de ahorro.

2. El desarrollo de procedimiento de reconocimiento de necesidades

El reconocimiento de necesidades derivadas de la auditoria comprende dar a conocer lo siguiente:

- i. Los resultados del diagnóstico inicial, previo a la asistencia técnica.
- ii. Independientemente al diagnóstico se pondrá en funcionamiento un sistema de reconocimiento de ideas por parte del personal municipal en cuanto a acciones de ahorro.

3. Uso de distintos formatos de comunicación

Las siguientes son las acciones a desplegar y que dicen relación con los formatos de comunicación:

- i. Desarrollo de un sistema vía internet respecto a las finalidades de la asistencia técnica.
- ii. Generación de una publicación periódica que da cuenta del avance de la asistencia y de los logros alcanzados.
- iii. Desarrollo de una base de datos accedida a través de internet, en el que se encuentra toda la información referente a los resultados de las distintas unidades.

4. Desarrollo de una base de datos de municipalidades segmentada en grupo de intereses (eventual)

Se creará una base de datos de municipalidades, orientada a la personalización y gestión de cada uno de los proyectos de asistencia técnica de modo de generar una instancia de benchmarking.

La base de datos a la que se hace mención, tiene como especial característica el mantener información particular de los resultados obtenidos, de modo de poder introducir mecanismos que han dado resultado en otras municipalidades. Aspecto relevante y único que este proyecto presenta si se le compara a lo que habitualmente se utiliza en la administración pública.

5. Puesta en marcha de un procedimiento para reconocer la opinión del quienes participan o se relacionan con la asistencia

El reconocimiento de la opinión de quienes trabajan en el interior de las municipalidades tiene como propósito obtener alertas y alarmas de insatisfacción sobre la ejecución de la asistencia. Normalmente la captura de este tipo de información se logra informalmente consultando sobre las preferencias de este. Sin embargo este procedimiento oculta, en ocasiones, los verdaderos sentimientos.

12. Formato de entrega de la asistencia técnica

La asistencia técnica en el campo del ahorro de energía se desenvuelve en el campo de presentación de proyectos y en el cambio de procedimientos, y en ocasiones, alcanza a la introducción de unidades de control y reemplazo de equipos existentes, con el agregado de incorporar ERNC.

Consecuencia de lo anterior, la intervención del capital humano resulta ser relevante de aquí que cualquier modificación a lo existente tiene escasa validez sino se incrementa el conocimiento sobre el ahorro de energía de quienes trabajan al interior de las municipalidades. Por consiguiente, la capacitación resulta ser una parte sustantiva del proyecto de asistencia.

La forma que se entrega el servicio de asistencia técnica, ya sea utilizando páginas web, sistemas de asistencia telefónica (call center) o de manera presencial, es irrelevante en comparación con la forma de entregar la capacitación de la asistencia técnica. En esta busca aumentar significativamente el nivel de conocimiento para visualizar problemas, atender emergencias y proponer soluciones destinadas al ahorro de energía.

A fin de establecer un mecanismo de apoyo a las municipalidades que participarían en el programa, se propone incorporar una de las más modernas plataformas computacionales hoy vigente en el mercado de la educación, denominada Moodle. Por sus características, robustez y confiabilidad, su uso se encuentran totalmente difundido. Lo que facilita la estandarización y aplicación en las distintas municipalidades del país. En todo caso la incorporación de este software debe entenderse solo como una proposición que tiene objetivo establecer una línea base para el desarrollador de los requerimientos que debe cumplir en materia de poner a disposición de la asistencia técnica una plataforma de capacitación on line.

Características del Moodle

El Moodle es una plataforma web utilizada para la creación de entornos de aprendizaje online. Se distribuye como Software Libre (Open Source) y es actualmente, el sistema número uno en el Mundo para la gestión de comunidades de aprendizaje.

El uso del Moodle como parte de la asistencia técnica:

Cada departamento de la municipalidad posee una clave de acceso para poder interactuar con la plataforma vía Internet. En lo específico esta plataforma permite a las distintas unidades lo siguiente:

- *Recuperación de guías de instrucción y material de apoyo:*

El módulo base de datos permite a los empleados de los municipios buscar en un repositorio el material de apoyo de la asistencia. El formato y estructura de estas entradas es casi ilimitada, incluyendo imágenes, archivos, URLs, números y texto entre otras cosas.

- *Ejecución de actividades técnicas de aplicación de autodiagnóstico y mediciones para el seguimiento.*

Dependiendo de cuál sea la etapa de desarrollo del autodiagnóstico el personal de la municipalidad puede progresar al próximo paso de ejecución o volver a pasos anteriores. Cada intento es registrado y calificado.

- *Chat*

El módulo de Chat permite que los usuarios puedan mantener una conversación en tiempo real (síncrono) a través de Internet sobre los aspectos de la asistencia técnica

- *Foros*

El sistema permite la posibilidad de establecer debates y discusión de los temas tratados, en un modo. Síncrono ya que los participantes de las municipalidades no tienen que acceder al sistema al mismo tiempo.

- *Glosarios*

Esta actividad mantiene una lista de definiciones, como un diccionario de las materias de las guías de auto diagnóstico e instrucción propias a la asistencia técnica.

13. Pautas para la implementación del programa de ahorro de energía

Condiciones generales

Los **requerimientos del sistema de ahorro de energía** son el punto de inicio clave del programa de ahorro. La mayoría de los especialistas en eficiencia energética concuerdan que el responsable del ahorro de energía, en cualquier organización es la alta administración, en este caso, el alcalde y los directores del distintas áreas municipales.

La **responsabilidad directiva** representada por los Directores de Áreas de las municipalidades, es de suma importancia. En general no se inician ningún trámite si el o los responsables directos no están definidos formalmente por escrito. Todo esto para asegurar las intenciones de ahorro energético.

La **organización del programa** de ahorro energético debe quedar definida por un organigrama convencional, especificando la fecha de su edición y el responsable de este.

Deben definirse la **responsabilidad y la autoridad** en especial aquellas que se interrelacionan con el ahorro. Se deben incluir la responsabilidad de autoridad cuando tenga lugar la ocurrencia de cualquier no conformidad de las metas de ahorro a alcanzar y se debe identificar y registrar las acciones derivadas cuando suceda cualquier problema relacionado con la ejecución del programa.

La **verificación de recursos y personal** son responsabilidades de los directores de áreas, siendo estos los responsables por el suministro de los recursos adecuados tanto económico como humanos , entre los que se incluyen personal, capacitación, entrenamiento, programas de actividades, documentación de los datos de consumos de energía y su respectivos análisis.

Las **responsabilidades de los representantes del alcalde**, directores de áreas, deben ser claramente definidas.

Responsabilidades administrativas

La política. Es responsabilidad del alcalde establecer en un documento que exprese sus objetivos referentes a las metas de ahorro de energía.

La organización. Un programa que incluye elementos y recursos para lograr el ahorro energético el aseguramiento de éste en el tiempo.

La planeación del programa de ahorro. Deben existir procedimientos para determinar la forma de lograr los ahorros.

El control administrativo. Debe llevarse a cabo un registro periódico de los consumos y de los logros alcanzados por el programa. Debiéndose mantener procedimientos de rara rango tipo sistemático y recurrente.

La aplicación de métodos de análisis. Se deberán utilizar métodos estadísticos cualitativos y cuantitativos para estimación del ahorro.

Las bases de datos. Se deberán establecer y mantener bases de datos que permitan predecir analizar y estimar los ahorros

El programa de costo del plan de ahorro. Se deberá llevar un registro de todos los costos asociados al programa de ahorro.

El plan de ayuda mantenimiento y operación. Se deberá contar con un procedimiento para ejecutar acciones de ayuda externa frente a eventualidades que den cuenta de desviaciones significativas del programa de ahorro.

Un procedimiento de modificaciones y mejoramiento. Deberá establecerse un procedimiento para llevar adelante el mejoramiento de desempeño y mantenimiento del el programa de ahorro.

La retroalimentación de las experiencias del desarrollo del programa. Se deberá establecer un procedimiento para comunicar periódicamente a los participantes del programa sobre los resultados alcanzados.

Anexos

10.1 Anexo N°1: Precipitaciones y temperaturas medias

Datos Anuales últimos 30 años

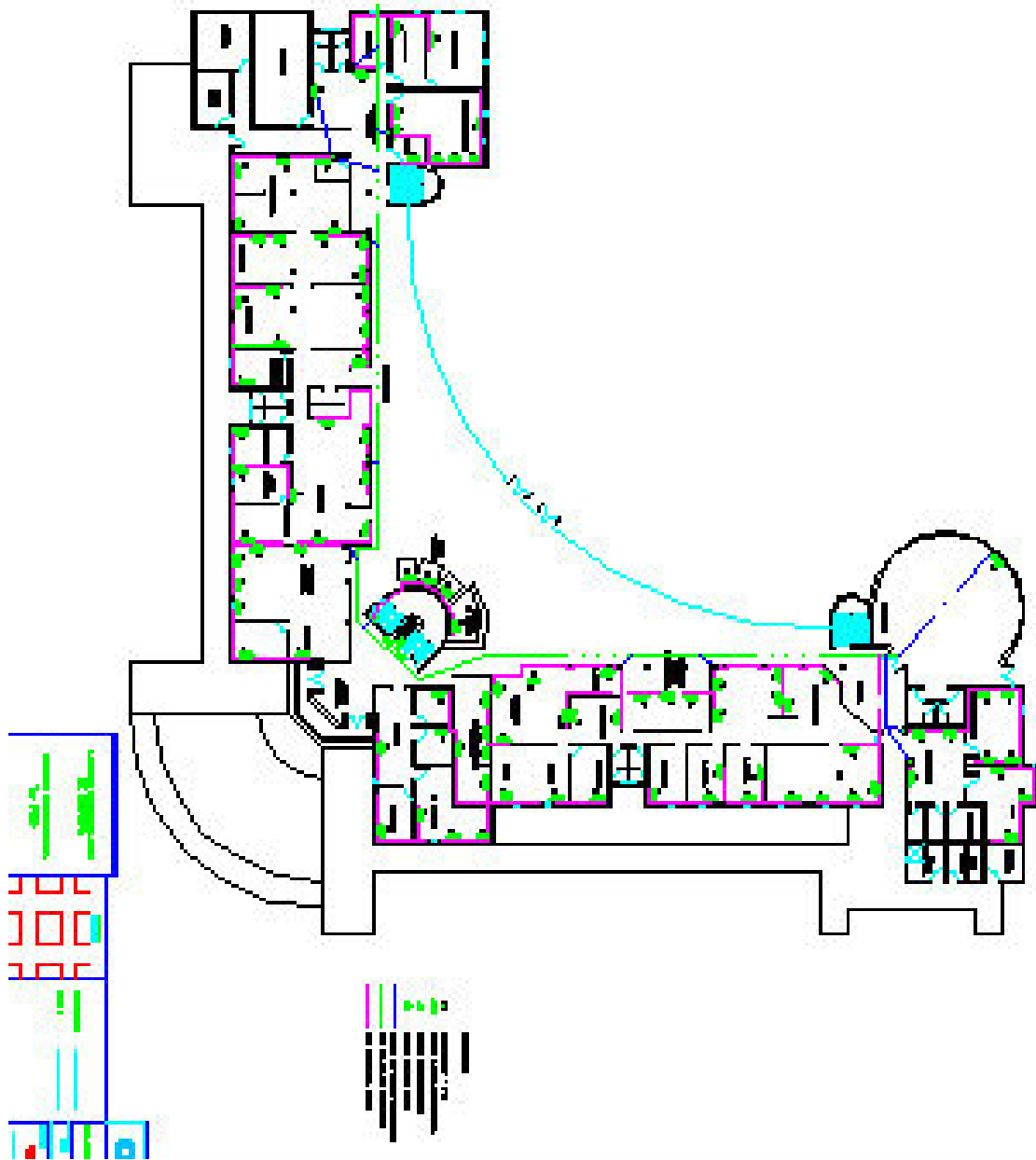
Lat. 27° 18' S	Long. 70° 25' O			Alt. 291 m.s.n.m.
	T e m p e r a t u r a (° C)			Agua
AÑO Y MES	Máxima	Mínima		caída
	absoluta	absoluta	Media	(mm)
1980	32,2	-0,2	15,7	29,3
1981	31,2	-0,2	15,4	5,0
1982	30,9	2,4	16,0	0,5
1983	33,6	2,1	16,3	42,6
1984	30,6	1,5	15,2	27,3
1985	30,4	1,4	15,0	3,5
1986	30,8	0,6	15,2	9,8
1987	33,1	-1,0	15,8	60,6
1988	34,0	-1,0	14,9	1,9
1989	32,0	1,8	15,1	16,5
1990	32,8	0,2	14,9	-
1991	31,0	1,0	15,4	59,2
1992	31,2	1,0	15,4	38,7
1993	32,6	-1,2	15,1	-
1994	32,6	-0,7	15,3	-
1995	33,2	0,4	15,0	-
1996	30,6	-0,2	15,1	-
1997	33,2	3,6	16,5	128,6
1998	32,3	2,5	15,7	-
1999	30,0	1,0	15,4	27,0
2000	31,6	2,6	14,9	30,8
2001	32,0	0,2	15,3	0,0
2002	34,2	1,2	15,5	19,9
2003	30,7	0,8	15,1	3,6
2004	31,4	2,6	15,5	15,2

Resumen temperaturas mensuales últimos 5 años

	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004	T° Promedio
Enero	19,4	19,5	19,5	19,2	19,3	19,4
Febrero	19,0	20,4	19,6	19,2	18,8	19,4
Marzo	17,6	18,0	18,8	17,8	18,1	18,1
Abril	15,4	15,9	15,4	15,0	16,3	15,6
Mayo	12,7	12,9	13,7	12,8	12,5	12,9
Junio	12,2	10,7	10,6	12,1	10,9	11,3
Julio	11,4	11,3	11,9	10,9	11,9	11,5
Agosto	12,2	12,5	12,7	12,2	12,7	12,5
Septiembre	13,6	12,3	13,6	12,1	13,7	13,1
Octubre	14,5	15,1	15,4	15,6	14,6	15,0
Noviembre	16,3	16,1	16,2	17,2	18,2	16,8
Diciembre	18,8	18,5	18	17,2	19,1	18,3

10.2 Anexo N°2: Planos del edificio

Primera planta



Segunda Planta



10.3 Anexo N°3: Gastos y consumos de energía y agua potable dentro de la municipalidad

Gastos en electricidad

Año	Mes	Monto	Energía kWh
2009	Junio	\$ 2.196.100	17660
	Julio	\$ 2.191.400	17670
	Agosto	\$ 4.121.300	26850
	Septiembre	\$ 4.332.800	36031
	Octubre	\$ 2.316.000	19260
	Noviembre	\$ 1.807.500	13980
	Diciembre	\$ 1.867.100	15810
2010	Enero	\$ 1.928.400	16650
	Febrero	\$ 1.774.200	15780
	Marzo	\$ 1.538.400	14730

Gastos en agua potable

Año	Mes	Costo	Consumo [m³]
2009	Junio	\$ 465.910	495
	Julio	\$ 342.930	378
	Agosto	\$ 353.790	390
	Septiembre	\$ 173.750	191
	Octubre	\$ 664.090	733
	Noviembre	\$ 453.300	500
	Diciembre	\$ 378.150	417
2010	Enero	\$ 293.130	335
	Febrero	\$ 332.380	380
	Marzo	\$ 354.760	387
	Abril	\$ 1.765.100	16890

10.4. Anexo N°4: Encuesta de uso y costumbre de ahorro energético

Información Cultural Energética y Facturación

Favor de marcar la alternativa que le represente

Conoce ud. el concepto Eficiencia Energética	SI		NO	
Cierra bien las ventanas, cosa que no se sienta corrientes de aire	SI		NO	
Tiene algún sistema para evitar las corrientes de aire en las ventanas				
Mantiene habitualmente cerrada las puertas de la oficina	SI		NO	
Siente corrientes de aire a través de las paredes	SI		NO	
Existe corrientes de aire provenientes de las rejillas de ventilación	SI		NO	
Posee persianas en su(s) ventana(s)	SI		NO	
Baja las persianas al anochecer	SI		NO	
Cuánto tiempo al día utiliza para ventilar su oficina	Menos de 15 mins.	Entre 15 a 30 mins.	Toda la mañana	Todo el día
Durante cuántos meses es necesario el uso de calefacción en su oficina	Cero	Entre 2 a 3	Entre 3 a 5	Más de 5
En promedio Cuánto gasta al mes en gas y electricidad (Consumo y monto)	Gas		Electra.	
Cuáles son sus meses críticos	Gas		Electricidad	
	Mes de Mayor Gasto		Mes de Mayor Gasto	
	Mes de Menor Gasto		Mes de Menor Gasto	

10.5. Anexo N°5: Entrevista de confort térmico

Horario en que se ocupa el edificio
Meses en que se ocupa el edificio
Cantidad de Personas que ocupan el edificio
Actividad predominante de estas personas
Fecha de Construcción de la Edificación
¿Se han hecho reformas o Ampliaciones?, ¿En qué año?

Favor llenar la siguiente tabla, con cada una de las habitaciones del edificio. Marcar la opción que corresponda para cada sección.

Espacio	N° de personas	Horas al día de uso [Hrs]	Renov. de aire [Renov/Día]	Acondicionado			Tipo de Iluminación			
				C*	F*	N*	INC*	FLU*	A.E*	Otra

C: Climatización caliente*

F: Refrigeración*

N: Ninguna*

INC: Incandescente*

FLU: Fluorescente*

A.E: Alta eficiencia*

10.6. Anexo N°6: Valores obtenidos en proceso de medición

Abril

Afuera de Municipalidad	8:49	77,6	11,1	15	-
Planificación y Medio ambiente	8:54	76,7	12,8	17	-
Planificación y Medio ambiente (Ventana)	9:47	63,9	12,1	19,2	16,9
Hall Atención al Público	9:56	61,8	12,5	20,4	-
Administración y Finanzas	10:12	61,9	12,7	20,7	-
Salida de Emergencia	10:16	61,7	10,5	17,9	-
Salida de Emergencia (Puerta)	10:18	67,1	10,4	16,7	15
Dirección de Obras (Ventana 1)	10:24	69	12,2	18,8	16,2
Dirección de Obras (Ventana 2)	10:40	61,2	13,3	21,2	15,5
Alcaldía	10:45	57,8	12,7	21,9	-
Dirección de Obras (Ventana 2)	15:06	50,9	13,3	24,2	23,2
Hall Atención al Público	15:31	49,3	12,9	24,3	-
Hall Atención al Público (Puerta)	15:37	51,8	12,7	23,7	23,2
Ventanilla Única	15:46	49,8	13,1	24,4	-
Tránsito (Ventana Norte)	16:08	51,2	13,5	24,4	22,8
Afuera de Municipalidad	16:52	51,1	12,4	23,1	-

Junio y julio

Debido a la cantidad de datos obtenidos, a las localidades medidas se le asignará un valor numérico, de la siguiente manera:

N°	Departamento
1	Planificación y Medio Ambiente
2	Dirección de Obras
3	Alcaldía
4a	DIDECO dentro
4b	DIDECO fuera
5	Hall y Atención al Público
6	PRODESA
7	Finanzas y Administración
8	Tránsito
9a	Pasillo Tránsito Puerta Cerrada

9b	Pasillo Tránsito Puerta Abierta
10	Baños Público
11	Ambiente Estacionamiento Norte

Los valores mostrados a continuación tienen el siguiente orden:

- N° Ronda: se realizaron 10 rondas diarias (a excepción del día 2 de julio), en períodos de tiempo relativamente iguales, durante la jornada de trabajo.
- Hora: muestra la hora de la primera y última medición realizada en cada ronda.
- Lugar: lugar físico en donde se obtuvieron las medidas respectivas, designadas con un número. Cada número representa una localidad
- Humedad: corresponde al valor de la humedad relativa obtenida en la medición, mostrada en porcentaje.
- Td: corresponde a la temperatura de punto de rocío (Dew Point) obtenida en la medición respectiva
- T1: corresponde a la temperatura ambiental interior del espacio, tomada a aprox. 1 m de la muralla y 1,5 m del suelo
- T2: corresponde a la temperatura superficial de la muralla del espacio en cuestión

N° Ronda	Hora	Lugar	Humedad [%]	Td [°C]	T1 [°C]	T2 [°C]
1	8:23	1	35,4	0,8	16,1	18,3
		2	38,7	1,1	15,1	14,4
		3				
		4a				
		4b	38,8	1,1	15	16,1
		5	30,9	-1,8	15,8	26,2
		6				
		7	34,2	0,2	16	16,1
		8	44,5	3,9	16	13,3
		9a				
		9b				
	8:37	10	27,3	-2,9	14,9	13
		11				
2	8:55	1	36,2	0,2	15,4	16,1
		2	36,9	1,2	16	15,2
		3				
		4a				
		4b	33,9	0,1	16,1	16,2

		5	27,3	-1,3	17,7	29,2
		6				
		7	29,9	-0,1	17,6	16,8
		8	36,9	2,1	17	13,3
		9a				
		9b				
	9:06	10	26,1	-4,2	15,4	13,5
		11				
3	9:52	1	33,9	-0,5	15,9	16,8
		2	37,5	2,7	17,4	14,9
		3	30,8	0,5	18,3	16,2
		4a				
		4b	33,3	1,6	17,9	17,4
		5	24,4	-2,6	18,4	37,2
		6	31,7	0,9	18,4	15,6
		7	28	-0,7	18,3	16,9
		8	36,7	3	18	14,3
		9a				
		9b	28,5	-1,3	17	15,1
	10:07	10	29	-1,5	16,7	13,8
		11				
4	10:56	1	32	0	16,8	17,2
		2	32,8	1,4	18	17,3
		3	29	0,6	19,1	17,3
		4a				
		4b	31,4	0,8	18,6	16,8
		5	23,5	-1,2	20,5	36,5
		6	29	0,6	19,1	16,4
		7	31,3	1,9	19,4	17,2
		8	39,9	5,7	19,9	15,5
		9a				
	11:11	9b	27,8	-0,8	18,2	16,1
		10	22,3	-3,8	18,1	14,1
		11				
5	11:52	1	24,8	-0,7	20	18,2
		2	27,9	1,1	20,5	16,9
		3	29,7	2	20,8	17,6
		4a				
		4b	25,2	-0,4	20	16,9
		5	30	2,8	21,1	27,7
		6	25,6	0	20,5	17,2

		7	29,9	2	20,5	16,4
		8	36,4	4,6	20,1	17,3
		9a				
		9b				
	12:04	10	26	-0,4	19,6	17,9
		11				
6	12:50	1	20,4	-2,3	21,6	20,8
		2	28,5	2,4	22	19,5
		3	23,9	0,5	22,2	19,2
		4a				
		4b	18,2	-3,9	21,2	18,2
		5	19,2	-3	21,8	28,2
		6	22,4	-1,1	21,4	19,5
		7	24,5	0,1	21,3	20,6
		8	31,1	3,3	21,1	18,5
		9a	18,9	-3,5	21,1	21,3
		9b				
	1:02	10	13,6	-7,8	20,9	19,2
		11				
7	2:28	1	20,5	-2,9	20,9	21,2
		2	18,6	-3,5	21,5	20,1
		3	22,6	0,1	22,9	21,6
		4a				
		4b	29,6	1,9	2,7	16,4
		5	19,4	-3	21,3	24,8
		6	21,4	-1,7	21,2	19,5
		7	21,9	-1,2	21,8	20
		8	24,7	0,2	21,5	20,3
		9a	18,4	-2,3	23	24,1
		9b				
	3:14	10	17	-4,1	22	22,2
		11				
8	3:19	1	17,4	-2,8	23,8	24,3
		2	18,6	-1,9	23,6	23,1
		3	23,7	1,3	23,4	21,2
		4a	24,2	0	21,6	16,7
		4b				
		5	19,4	-2,9	21,6	24,2
		6	22	-1,2	21,5	19,1
		7	24,1	0,6	22,1	22,1
		8	24,1	0	21,8	20,1

		8	57,7	8,6	17,1	16,9
		9a	55,6	7,1	16	16,5
		9b				
		10	57,6	6,7	15,2	16,4
	8:35	11	61,1	4,9	12,5	
2	9:01	1	62,2	8	15,9	18,3
		2	57	8	16,7	17,1
		3	55,7	8,3	17,3	17,9
		4a	57,6	8,1	16,6	15,8
		4b				
		5	58,5	8,3	16,6	17,6
		6	59	8,7	16,9	16
		7	58,9	8,6	16,8	18,4
		8	59,1	8,7	16,9	16,1
		9a	57,8	8	16,3	15,3
		9b				
		10	57,5	6,7	15	15,1
	9:15	11	65,6	5,9	12,3	
3	10:37	1	57,9	8,3	16,8	17,2
		2	54	8,2	17,7	18
		3	52,4	8,1	18	18,3
		4a				
		4b	52,6	7,7	17,5	16,8
		5	54,7	8,6	17,8	27,3
		6	56	8,9	17,9	17,6
		7	57,5	9,5	18	18
		8	56,1	9,1	17,9	17,3
		9a	53,7	7,5	17	15,6
		9b				
		10	54	5,8	15,1	14,2
	10:52	11	59,1	4,4	12,7	
4	11:17	1	52,9	8,2	18	18,3
		2	51,2	7,8	18,6	17,5
		3	50,3	7,5	18,9	18,5
		4a	58	9,6	18,1	16,7
		4b				
		5	52,3	8,1	18,2	22,4
		6	51,9	7,8	17,8	17,1
		7	54,6	8,7	17,9	19,6
		8	55,8	9	18,2	17,8
		9a	55	8,1	17,4	14,8

		9b				
		10	55,5	7,1	16,1	15
	11:31	11	58	5	13,1	
5	11:53	1	52,9	8,2	18	18,9
		2	50,8	7,6	18,7	18,8
		3	50,3	8,5	19,2	18,5
		4a	55,5	8,9	17,9	15,6
		4b				
		5	52,5	8,1	17,9	26,8
		6	54,7	8,7	17,9	16,7
		7	54	8,5	18	18,8
		8	57,6	9,5	18	17,3
		9a	53,4	7,7	17,3	15,3
		9b				
		10	55,4	7,4	16,5	15,5
	12:06	11	55,5	6,2	15,2	
6	2:10	1	45,9	7,6	19,6	20,7
		2	45,5	7,5	19,7	20
		3	46	7,7	19,8	19,6
		4a				
		4b	48,4	7,8	19	17,5
		5	48,1	6,9	18,7	21,5
		6	49,3	7,2	18,9	17,9
		7	49,1	8,1	19,1	19,6
		8	49,6	8,3	18,9	19,2
		9a	48,4	7,8	18,9	18
		9b				
		10	58,4	9,7	18,2	17,6
	2:26	11	51,7	7,5	17,5	
7	2:48	1	46,4	7,7	19,6	21,3
		2	45,7	7,6	19,7	21,3
		3	52,7	9,8	19,9	19,6
		4a	49,8	8,3	19	15,8
		4b				
		5	50,8	8,5	19	20
		6	51,3	8,9	19,2	18,2
		7	53,8	9,8	19,5	20
		8	53,3	9,8	19,6	18,5
		9a	48,6	8,4	19,6	20
		9b				
		10	48,7	8,2	19,3	18,2

	3:01	11	47,5	7,7	19,2	
8	3:38	1	46	8,1	20,4	21,8
		2	46,4	8,2	20,3	21,1
		3	49,5	9,2	20,4	19,7
		4a	51,8	9,2	19,4	16,2
		4b				
		5	50,8	7,6	18,5	19
		6	59,3	11	19,2	18,1
		7	52	9,6	19,9	21,5
		8	51,3	9,2	19,6	19,1
		9a	46,8	8,4	20,5	24,7
		9b				
		10	46,1	7,6	19,6	18,8
	4:00	11	48,8	7,1	18,7	
9	4:27	1	46,8	8,4	20,4	23,7
		2	46,5	8,3	20,5	22,1
		3	48,2	8,8	20,3	19,6
		4a	54,2	9,7	19,2	16,3
		4b				
		5	51,3	7,8	18,2	18,7
		6	54,4	10,9	20,9	18,4
		7	48,1	9,7	21,3	21,3
		8	49,8	9,4	20,7	18,7
		9a	50,2	7,5	18	18,3
		9b				
		10	52,2	8,1	18,5	19,2
	4:45	11	53,7	6,7	16,1	
10	4:55	1	48	8,4	19,8	21,2
		2	48,9	8,6	19,7	22,1
		3	51,5	9	19,4	19,6
		4a	54,4	8,7	18,6	16,2
		4b				
		5	54,3	8,3	17,7	17,2
		6	56,1	9,1	18,1	18,2
		7	55,8	9	18,3	21,1
		8	55,5	9	18,2	18,5
		9a	55,8	8,6	17,4	17,1
		9b				
		10	56,4	8,3	17,1	18,3
	5:06	11	58,4	7	15,7	

N° Ronda	Hora	Lugar	Humedad [%]	Td [°C]	T1 [°C]	T2 [°C]
1	8:00	1	47,4	4,8	16	15,5
		2	50,7	4,9	15,5	14,9
		3	46,5	4,7	16,2	16,6
		4a				
		4b	46,8	3,7	15,3	16,3
		5	47,7	4,1	15,6	23,8
		6	49,2	5,3	16	14,1
		7	48,5	5,3	16,2	17,1
		8	50,4	4,9	15,9	14,9
		9a	49,2	4,4	15	13,2
		9b				
		10	46,3	2,6	14	12,5
	8:12	11	48,8	1,7	12,6	
2	8:58	1	54,4	5,8	15	15,9
		2	52,2	5,5	15,9	16
		3	49,1	6,7	17,5	16,3
		4a				
		4b	37,4	2,8	17,4	16,4
		5	41	4,5	17,9	33,2
		6	43,5	5,4	18	14,7
		7	46,8	6,4	18	15,6
		8				
		9a	50,6	5,6	15	14,2
		9b				
		10	41,9	1,8	14,2	12,9
	9:17	11	44,8	0,5	12,5	
3	9:38	1	47,3	5,3	16,7	16,9
		2	45,2	5,5	17,5	15,5
		3	41,9	4,9	18,2	17,6
		4a	46,7	7,3	19	14,2
		4b				
		5	38,4	3,6	18,8	31,2
		6	41,7	4,8	18,8	15,6
		7	40,5	4,4	18,6	16,9

		8	46	6,2	18,4	15,2
		9a	41,9	4,5	17,5	14,8
		9b	35,4	-2,6	12,5	15
		10	39,9	1,5	15,4	13,5
	9:57	11	41,5	1,9	14,5	
4	10:18	1	33,4	4,5	21,6	17,6
		2	37,8	6	21	17,2
		3	36,7	5	20,7	18
		4a	44,5	6,9	19,3	13,5
		4b				
		5	42,2	4,9	18,1	33,2
		6	41,1	4,6	18,3	15,5
		7	40,1	4,2	18,4	16,4
		8	44,7	5,8	18,2	16,3
		9a	39,8	3,7	17,4	15,2
		9b	37,5	1,3	14,6	15,4
		10	39,6	2,6	16,3	14,2
	10:33	11	39,4	1,3	15,1	
5	11:27	1	45,8	5,6	17,4	16,8
		2	44,1	5,6	18	16,8
		3	43,8	5,5	18,3	17,8
		4a	48,9	6,5	17,4	15
		4b				
		5	46,5	6,1	17,7	22,4
		6	44,8	5,7	17,8	16,5
		7	44,8	5,8	18,2	16,8
		8	49,9	7,4	18,7	18,5
		9a	46,3	6,1	17,8	16,3
		9b	45,3	3,4	15,5	16
		10	47,8	4,9	16	15,3
	11:39	11	48,1	4,2	15,8	
6	12:39	1	45,3	6	18,2	17,6
		2	45,6	6,1	18,7	18,1
		3	44,4	6,8	19,3	18,3
		4a	48,1	6,9	18,4	15
		4b				
		5	44,2	5,6	18,9	28,2
		6	43,4	6,4	19,2	19,8
		7	45,4	6,9	19	17,2
		8	48,6	7,9	19	18,2
		9a	44,1	5,5	17,9	17,6

		9b				
		10	43,2	5,2	17,9	17,3
	12:55	11	44	5,1	17,4	33,3
7	2:06	1	43,6	6,6	19,3	19,2
		2	43,5	6,5	19,3	19,6
		3	43,5	6,8	19,7	19,2
		4a	43,5	6,6	19,4	17,5
		4b				
		5	43,3	6,3	19,1	21,8
		6	44,2	6,8	19,4	18,5
		7	44,2	6,9	19,5	18,8
		8	46,1	7,4	19,3	18,5
		9a	46,6	7,4	19,1	19,2
		9b	43,9	6,7	19,3	19,3
		10	43,2	6,4	19,2	19,3
	2:18	11	43,2	6,8	19,8	
8	2:43	1	43,4	7,2	20	20,6
		2	43,3	7,2	20,2	20,3
		3	42,5	6,9	20,2	19,5
		4a	50,5	8,8	19,4	15,7
		4b				
		5	45,1	7	19,2	21,1
		6	45,4	7,2	19,3	18,3
		7	45	7,3	19,7	19,3
		8	46,1	7,7	19,7	19
		9a	45,2	7,7	20	21,2
		9b	41,7	5,8	19,2	21
		10	42,8	6,3	19,4	19,4
	2:54	11	41	6	19,8	
9	3:24	1	42,8	7	20,1	20,7
		2	43,2	7,2	20,3	21,1
		3	44,4	7,6	20,3	19,8
		4a	45	7,3	19,7	18
		4b				
		5	44	6,7	19,3	20,2
		6	49,9	8,9	19,7	18,4
		7	45,8	8	20	19,9
		8	48,1	8,5	19,9	18,8
		9a	43,1		20,4	26,3
		9b	40,9	6,4	20,6	24,8
		10	40,5	5,7	19,4	19,6

	3:34	11	41	5,7	19,3	
10	4:04	1	42,8	7,1	20,5	22
		2	43,2	7,2	20,2	21,3
		3	46	8	20	19,3
		4a	51,1	8,7	19,1	15,8
		4b				
		5	47,1	6,6	18,9	19,3
		6	48,4	8,2	19,4	17,8
		7	47,4	8,1	19,7	20,5
		8	47,9	8,3	19,7	18,9
		9a	46,6	7,8	19,6	19,8
		9b	44,5	5,7	18,9	19,6
		10	45,3	6,9	19	20,2
	4:17	11	44,9	5,8	18,2	
11	4:35	1	41,9	6,8	20,4	22,5
		2	42,6	7	20,2	22,1
		3	44,2	7	19,6	19,3
		4a	46	7,2	19,1	17,7
		4b				
		5	45,8	6,2	18,7	18,7
		6	46	6,2	18,9	19,2
		7	46,8	7,5	19,2	21,2
		8	46,1	6,2	18,9	18,3
		9a				
		9b	45,4	6	18,4	18,7
		10	46	6,2	18,1	19,1
	4:43	11	46,1	6	17,8	