



# Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería en Construcción

## “ESTUDIO DE LOS BENEFICIOS ENERGÉTICOS, AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS DE LOS MATERIALES HIGROTÉRMICOS EN CONSTRUCCIONES DE EDIFICIOS SUSTENTABLES PARA LA REGIÓN DE LOS RÍOS”

Tesis para optar el Título de:  
***Ingeniero Constructor***

Profesor Patrocinante:

Sr. Jorge Alvia! Pantoja.

Ingeniero Constructor

Licenciado en Ciencias de la Construcción

Doctorado en Negocios Internacionales

Profesor Co-Patrocinante:

Sr. Rubén Seguel Vidal.

Ingeniero Constructor

Licenciado en Ciencias de la Construcción

Diplomado en Eficiencia Energética y

Calidad Ambiental en la Edificación

**CRISTIAN ANDRÉS PRIETO LÓPEZ**

**VALDIVIA-CHILE**

**2013**

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**INDICE DE CONTENIDOS**

**INDICE DE FIGURAS**

**INDICE DE TABLAS**

**INDICE DE GRAFICOS**

**SIMBOLOGIA**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

**HIPÓTESIS**

**OBJETIVOS GENERALES**

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **DEDICATORIA**

Esta memoria se la dedico en primer lugar a mis padres, a mis hermanos y a todos mis familiares directos; en especial abuelos y abuelas.

Este aporte también va dirigido a todos los profesores que tuve a lo largo de ésta carrera, ya que todos me aportaron en sabiduría para ejecutar toda la información contenida aquí, así como también mi experiencia como profesional, y en especial dedicación, a mi profesor patrocinante, Ingeniero Constructor y MBA, Sr. Jorge Alvial, por su disponibilidad y apoyo que me entregó, lo mismo acoto por mi profesor co-patrocinante, Ingeniero Constructor y DEE Sr. Rubén Seguel, por su apoyo técnico y conocimiento para este estudio.

A la vez, dedico ésta tesis a la carrera de Ingeniería en Construcción de la Universidad Austral de Chile en si, porque aporta al conocimiento y al desarrollo de soluciones constructivas que hoy en día o a futuro ésta información que dejé plasmada en ésta memoria será utilizada para quien la quiera diseñar y/o ejecutar en Valdivia o en Chile.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos van dirigidos a mis padres, ya que sin ellos, no sería lo que soy actualmente, gracias a ellos por todos sus consejos, apoyo incondicional, constancia y amor que me entregaron a lo largo de toda mi formación profesional. También incluyo a mis hermanos, por la paciencia que tuvieron conmigo al estar en este proceso.

De igual forma, agradezco a todos los que aportaron un grano de arena en cuanto a conocimiento e información de contactos, profesores Jorge Alvial, Rubén Seguel, Eduardo Larrucea, Carlos Vergara, colegas, subcontratos, al Gerente de Sto Chile Sr. Daniel Lindey, al Jefe del SECPLAN Valdivia Sr. Cristian Hevia, al Arquitecto de Sto Chile, Sr. Hermann Corsen, y al Arquitecto e ITO y ex colega de trabajo, Felipe Zúñiga.

**CAPÍTULO I****DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN** **1-25**

|            |   |        |
|------------|---|--------|
| <b>1.1</b> | <b>Antecedentes generales</b> .....   | 1, 2   |
| <b>1.2</b> | <b>La necesidad de la sustentabilidad en la Región</b> .....                        | 3, 4   |
| <b>1.3</b> | <b>Normativa</b> .....  | 5      |
| <b>1.4</b> | <b>Edificación Sustentable</b> .....  | 6-11   |
| 1.4.1      | Técnicas generales en la construcción de edificaciones sustentables.....            | 12-14  |
| 1.4.3      | El sector construcción y el ciclo de vida de una edificación sustentable.....       | 14, 15 |
| 1.5.4      | Diseños de estrategias para lograr la eficiencia energética en una edificación..... | 15     |
| 1.5.4.1    | El soleamiento.....   | 16     |
| 1.5.4.2    | El almacenamiento energético.....   | 17     |
| 1.5.4.3    | Las estrategias pasivas.....  | 17, 18 |
| 1.5.4.4    | El efecto invernadero.....  | 19     |
| 1.5.4.5    | Estrategias pasivas de refrigeración.....   | 19, 20 |
| 1.5.4.6    | Calefacción eficiente.....  | 20, 21 |
| 1.5.4.7    | Enfriamiento eficiente.....   | 21, 22 |
| 1.5.4.8    | Refrescamiento pasivo.....  | 22, 23 |
| 1.5.4.9    | Producción de energías alternativas en edificios.....                               | 23     |
| 1.5.5      | Otras formas de generación de energía.....  | 24     |
| 1.5.5.1    | El reciclado energético.....  | 24     |
| 1.5.5.2    | Implantación y emplazamiento.....   | 24, 25 |

## CAPÍTULO II

### **CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD Y MATERIALES SOSTENIBLES** **26-50**

---

|         |  |        |
|---------|--|--------|
| 2.1     | <b>Criterios de sustentabilidad para la Región</b> .....   | 26, 27 |
| 2.1.1   | Dimensión del Medio Ambiente Natural.....  | 27-29  |
| 2.1.2   | Dimensión del Medio Ambiente Construido.....   | 29-31  |
| 2.1.3   | Dimensión Socioeconómica del Medio Ambiente.....   | 31-34  |
| 2.2     | <b>Enfoque de los materiales hacia la dirección sustentable</b> .....                            | 35     |
| 2.2.1   | Aspectos generales de los Materiales de Construcción Sustentables.....                           | 35, 36 |
| 2.2.2   | Ciclo de Vida de los Materiales.....   | 36     |
| 2.2.3   | Pautas para seleccionar materiales sostenibles.....  | 37     |
| 2.3     | <b>Factores claves de los materiales a considerar en un proyecto de diseño sustentable</b> ..... | 37     |
| 2.3.1   | Materiales.....  | 38, 39 |
| 2.3.2   | Productos y temas de edificación.....  | 39     |
| 2.3.3   | Nivel de sustentabilidad de los productos.....   | 39, 40 |
| 2.4     | <b>Estudio general del hormigón</b> .....  | 41     |
| 2.4.1   | El hormigón.....   | 41     |
| 2.4.1.1 | Propiedades térmicas del Hormigón.....   | 42     |
| 2.4.1.2 | Propiedades de eficiencia energética del Hormigón.....   | 42, 43 |
| 2.4.1.3 | Ventajas de la eficiencia energética de los edificios de hormigón.....                           | 43     |
| 2.5     | <b>Aislantes</b> .....   | 44, 45 |
| 2.5.1   | Ventajas de aislar correctamente.....  | 46     |
| 2.6     | <b>Ejemplo de sistema de aislante</b> .....  | 47     |
| 2.6.1   | ACM.....   | 47     |
| 2.6.2   | Fabricación.....   | 48     |
| 2.6.3   | Propiedades térmicas.....  | 48     |
| 2.6.4   | Resistencia Térmica.....   | 48     |
| 2.6.5   | Coeficiente de transmisión del calor $W/(m^2.K)$ .....   | 48     |

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 2.6.6 | Dilatación térmica.....  | 48        |
| 2.6.7 | Conductividad térmica del material del núcleo.....             | 48        |
| 2.6.8 | Información de Subcontrato Contec.....                         | 49        |
| 2.7   | <b>Discusión de los resultados de los Capítulos 1 y 2.....</b> | <b>50</b> |

### **CAPÍTULO III**

#### **DETERMINACIÓN DEL AISLANTE TÉRMICO. EIFS, TERMOPANEL. ESTUDIO DEL SISTEMA TRADICIONAL Y SISTEMA PROPUESTO. 51-99**

|           |  |              |
|-----------|--|--------------|
| 3.1       | <b>Determinación y fundamentos de la elección de aislante térmico.....</b> | <b>51-53</b> |
| 3.1.1     | Ventajas y desventajas de ambos sistemas a utilizar.....                   | 54           |
| 3.1.1.1   | Ventajas del sistema tradicional y propuesto.....                          | 54           |
| 3.1.1.2   | Desventajas del sistema tradicional y propuesto.....                       | 55           |
| 3.2       | <b>Sistema de Aislación y Terminación Exterior (E.I.F.S).....</b>          | <b>56</b>    |
| 3.2.1     | <b>Composición del EIFS.....</b>   | <b>56</b>    |
| 3.2.1.1   | Pasta adhesiva (Sto 80100).....  | 56, 57       |
| 3.2.1.2   | Poliestireno expandido.....  | 57           |
| 3.2.1.3   | Características Térmicas.....  | 57           |
| 3.2.1.4   | Malla STO.....   | 58           |
| 3.2.1.5   | Terminación.....   | 58           |
| 3.2.1.6   | Primer.....  | 58           |
| 3.2.1.7   | Finish.....  | 58, 59       |
| 3.2.1.8   | Sto Silt.....  | 59           |
| 3.2.1.9   | Ejot Ejotharm.....   | 59           |
| 3.2.1.9.1 | Datos técnicos de Ejot de Ejotharm.....                                    | 60           |
| 3.2.1.9.2 | Ventajas.....  | 61           |

|            |  |              |
|------------|--|--------------|
| 3.2.1.9.3  | Secuencia de anclaje del Ejothem.....  | 62, 63       |
| 3.3        | <b>Cálculo de la “Rt” y “U” de Valdivia, Región de los Ríos.....</b>                 | 64-67        |
| 3.3.1      | Detalle de cálculo.....  | 68           |
| 3.3.1.1    | Poliestireno e: 3 cms.....   | 68, 69       |
| 3.3.1.2    | Poliestireno e: 5 cms.....   | 69           |
| 3.3.1.3    | Poliestireno e: 10 cms.....  | 70-77        |
| <b>3.4</b> | <b>Rendimientos de Materiales.....</b>   | <b>78</b>    |
| 3.4.1      | EIFS.....  | 78           |
| 3.4.2      | Sto Silt.....  | 78           |
| <b>3.5</b> | <b>Precios.....</b>  | <b>79</b>    |
| 3.5.1      | Mano de obra.....  | 79           |
| 3.5.1.1    | Desglose de la instalación.....  | 79-80        |
| 3.5.1.2    | Subcontrato de Sto Silt.....   | 81           |
| 3.6        | <b>Ejecución de la instalación en terreno.....</b>                                   | <b>82</b>    |
| 3.6.1      | Preparación de la superficie.....  | 82           |
| 3.6.2      | Instalación de andamios (si es que se requiere).....                                 | 82           |
| 3.6.3      | Chequeo de andamios.....   | 82           |
| 3.6.4      | Instalación de la envolvente térmica.....  | 83           |
| 3.6.5      | Raspado de la superficie.....  | 83           |
| 3.6.6      | Aplome la superficie.....  | 83, 84       |
| 3.6.7      | Sellado de la superficie.....  | 84           |
| 3.6.8      | Secado de la envolvente.....   | 84           |
| 3.6.9      | Enlucido.....  | 84           |
| 3.6.9.1    | Aplicación del Primer.....   | 85           |
| 3.6.9.2    | Aplicación de Grano o Finish.....  | 85           |
| 3.6.9.3    | Sto Silt.....  | 86, 87       |
| 3.7        | <b>Cálculo del consumo monetario anual tradicional de un sistema calefactor.....</b> | <b>88-90</b> |

|       |  |        |
|-------|--|--------|
| 3.7.1 | Consumo monetario anual (C.M.A) del edificio calefaccionado con leña las 12 hrs (08 hrs – 20 hrs.).....                        | 90     |
| 3.7.2 | Comparación cuantitativa y cualitativamente de los sistemas de calefacción versus EIFS.....                                    | 90, 91 |
| 3.7.3 | Determinación de cantidad de leña a utilizar en el sistema propuesto.....  | 92, 93 |
| 3.7.4 | Cálculo de la determinación de cantidad de leña a utilizar en el sistema propuesto.....  | 93, 94 |
| 3.7.5 | Cuadros de flujo del consumo de calefacción a leña versus la aislación térmica EIFS.....                                       | 94, 95 |
| 3.7.6 | Cuadro de Flujo – Consumo calefacción a leña sin impuesto versus aislación térmica EIFS + Termopanel.....                      | 96, 97 |
| 3.7.7 | Determinación del VAN.....   | 98     |
| 3.7.8 | Análisis del cuadro de flujo entre sistema tradicional de calefacción a leña sin impuesto versus EIFS + Termopanel + leña..... | 99     |

## **CAPITULO IV**

### **IMPACTO SOCIOECONÓMICO 100-106**

|     |   |          |
|-----|---|----------|
| 4.1 | <b>Impacto económico</b> .....          | 100, 101 |
| 4.2 | <b>Beneficios socioeconómicos</b> ..... | 101, 102 |
| 4.3 | <b>Impacto social</b> .....             | 102-105  |
| 4.4 | <b>Sostenibilidad social</b> .....      | 105, 106 |

## **CAPITULO V**

### **IMPACTO AMBIENTAL**

**107-120**

|       |   |          |
|-------|---|----------|
| 5.1   | <b>Impacto ambiental de una edificación sustentable</b> .....       | 107-110  |
| 5.2   | <b>Normativa y certificación ambiental sustentable</b> .....        | 111      |
| 5.2.1 | Normativa nacional.....   | 111      |
| 5.2.2 | Normativa internacional.....  | 112      |
| 5.2.3 | Certificación ambiental.....  | 113, 114 |
| 5.2.4 | Iniciativas internacionales.....                                    | 115      |
| 5.3   | <b>Incidencia Ambiental de los materiales de construcción</b> ..... | 115      |
| 5.3.1 | Consumo de energía.....   | 115      |
| 5.3.2 | Consumo de recursos naturales.....                                  | 116      |
| 5.3.3 | Impacto sobre los ecosistemas.....                                  | 116      |
| 5.3.4 | Emisiones que generan.....  | 116      |
| 5.3.5 | Comportamiento como residuo.....                                    | 116      |
| 5.4   | <b>Gestión ecológica</b> .....                                      | 117      |
| 5.4.1 | La gestión ecológica.....   | 117-120  |

## **CAPITULO VI**

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| <b><u>CONCLUSIONES</u></b> ..... | 121-123 |
|----------------------------------|---------|

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| <b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b> ..... | 124-134 |
|----------------------------------|---------|

|                     |         |
|---------------------|---------|
| <b>ANEXOS</b> ..... | 135-148 |
|---------------------|---------|

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> El soleamiento.....  | 16 |
| <b>Figura 2:</b> Inserto de Ejot Ejothem.....   | 61 |
| <b>Figura 3:</b> Perforación al EIFS previa para la instalación del anclaje.....        | 62 |
| <b>Figura 4:</b> Instalación del anclaje en el EIFS.....                                | 62 |
| <b>Figura 5:</b> Presión del anclaje Ejothem para insertarlo en el hormigón y EIFS..... | 62 |
| <b>Figura 6:</b> Tapado de la hendidura del anclaje.....                                | 63 |
| <b>Figura 7:</b> Inserción del Ejothem en el hormigón y EIFS.....                       | 63 |
| <b>Figura 8:</b> Plano Zona Térmica.....  | 64 |
| <b>Figura 9:</b> Espaciamiento entre los dowels Ejot.....                               | 87 |

---

|  |        |
|--|--------|
| <b>Tabla 1.</b> Ventajas de los sistemas tradicionales y propuesto.....  | 54     |
| <b>Tabla 2.</b> Desventajas de los sistemas tradicionales y propuestos.....  | 55     |
| <b>Tabla 3.</b> Datos técnicos de Ejot de Ejotharm.....  | 60     |
| <b>Tabla 4.</b> Resistencias térmicas y transmitancias térmicas de techumbres, muros y pisos ventilados de acuerdo a la zonificación térmica de Chile..... | 65     |
| <b>Tabla 5.</b> R100 de techumbre, muros y pisos ventilados de acuerdo a la zonificación térmica de Chile.....   | 66     |
| <b>Tabla 6.</b> Rendimiento de materiales para EIFS.....   | 78     |
| <b>Tabla 7.</b> Rendimiento de materiales para Sto Silt.....   | 78     |
| <b>Tabla 8.</b> Registro consumo leña año 2012.....  | 88     |
| <b>Tabla 9.</b> Superficies Fachadas.....  | 89     |
| <b>Tabla 10.</b> Resumen de C.M.A y V.T.E.....   | 91     |
| <b>Tabla 11.</b> Resultados simulación energética de ambos sistemas.....   | 92     |
| <b>Tabla 12.</b> Resumen de inversiones.....   | 94     |
| <b>Tabla 13.</b> Cuadro de flujo – consumo calefacción a leña sin impuesto versus aislación térmica EIFS.....  | 96, 97 |

**INDICE DE GRAFICOS****PAG.**

---

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Climograma Valdivia.....   | 72 |
| <b>Gráfico 2.</b> Temperatura media Valdivia, Febrero.....                         | 73 |
| <b>Gráfico 3.</b> Temperatura media Valdivia, Julio.....                           | 74 |
| <b>Gráfico 4.</b> Curvas de demandas energéticas de ambos sistemas en estudio..... | 93 |

## **SIMBOLOGIA**

$\lambda$  : Conductividad térmica [W/(m·K)]

e : Espesor [mms.]

t : Temperatura [°C]

Rt: Resistencia térmica [m<sup>2</sup>·K/W]

U: Transmitancia térmica [W/m<sup>2</sup>·°C]

## **RESUMEN**

---

En la actualidad, cada día toma mayor importancia la implementación de criterios de sustentabilidad y de eficiencia energética en el diseño de cualquier proyecto de edificación. Es por esto, que la presente tesis, establece un estudio y ejecución en terreno de un sistema aislante acorde a las exigencias climáticas para la Región de los Ríos, de acuerdo a las normas de aislación térmica, resistencias térmicas y transmitancias térmicas de la normativa vigente. Asimismo, ésta tesis entrega la manera de aportar y dar como opción un sistema sustentable socioeconómicamente y dar cumplimiento al estatuto vigente en el diseño de un proyecto eficiente energéticamente en el tiempo para dicha Región. Finalizando con un cálculo detallado del análisis comparativo entre un sistema tradicional y el sistema propuesto; además del análisis térmico del sistema a elegir, rendimientos de materiales y precios para poder tener una perspectiva económica al momento de ejecutarlo en algún futuro proyecto.

## **ABSTRACT**

---

At present, every day takes greater importance to implement sustainability criteria and energy efficiency in the design of any building project. It is for this reason that this thesis provides a study and implementation in the field of insulation system according to the climatic requirements for Region de los Ríos, according to the standards of thermal insulation, thermal resistance and thermal transmittance of the current regulations.

Furthermore, this thesis provide a way to deliver and provide an optional socioeconomically sustainable system and comply with current thermal regulations in designing an energy efficient project in time for that Region. Finishing with a detailed calculation of the comparative analysis between the traditional system and the proposed system, in addition to the thermal analysis of the system of choice, yields and prices for materials to have an economic perspective when run at some future project.

## **INTRODUCCION**

---

La presente tesis, tiene la propuesta de entregar una solución en cuanto a un tipo de aislación térmica sustentable en el tiempo, para un edificio tipo, siendo el Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia objeto del estudio comparativo, proyectando el estudio para la Región de Los Ríos. Dicho estudio es implementar un sistema de aislación energética altamente eficiente en las fachadas de obra gruesa aplicando la solución al hormigón externamente, adicionando la tecnología del termopanel en vanos de ventanas.

Debido a la imperante investigación y tendencia de buscar soluciones eficientes y sustentables de diferentes tipos de aislaciones térmicas en edificaciones del sector de la construcción, nace el cuestionamiento de que solución sustentable es mas viable y menos costosa; asimismo, que entregue un mayor confort térmico, y mejor calidad de vida al momento de implementar, diseñar y construir un sistema de aislación que perdure en el tiempo y que entregue todas las características térmicas favorables en los aspectos de ahorro energético, ahorro económico, impacto social e impacto ambiental.

En cuanto a la dificultad de elegir una solución viable, debido a las diferentes soluciones que hay hoy en día en el mercado tradicional, algunas ahorran tiempo en instalar, otras son menos costosas pero su vida útil se disminuye por aspectos técnicos, pero sus costos aumentan, como las mantenciones, reposiciones, y la calidad de vida no avanza, por lo que no hay una capacitación profesional competente, ni investigativo, ni cultural que imponga una brecha para evitar pérdidas económicas importantes a la hora de implementar un tipo de solución de característica sustentable en el tiempo y en la calidad de vida. Si se hicieran estudios acabados, en relación al costo futuro de un sistema de aislación, se tendrían retornos de capital evidentes a la hora de calcularlos y compararlos con las soluciones tradicionales versus las sustentables.

Es por esto el estudio tesis, la de entregar una solución, un aporte significativo para todos los ámbitos constructivos, con el fin de implementar cierto sistema térmico, como propuesta para realizar futuras comparaciones con el sistema de construcción tradicional, y ejecutar el estudiado, ya que entrega la información e investigación necesaria para que los futuros proyectistas utilicen ésta propuesta como base para implementar una aislación viable y sostenible.

El plan de investigación, consiste primeramente en una revisión de la documentación y de la metodología existente; luego, dar una solución de mejora a un determinado edificio de la ciudad de Valdivia, para su posterior aplicación, haciendo un estudio comparativo del sistema propuesto o mejorado con el tradicional que utiliza actualmente el edificio elegido.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

---

Actualmente el sector de la construcción cada vez es más amplio y tiene una alta demanda, por lo que es muy relevante como una actividad económica de gran envergadura para el país; es por ello, que es imperante la necesidad de evolucionar para absorber el aumento de las edificaciones y de la población. Este aumento provoca un grave impacto en el entorno, desde la extracción de agregados hasta la proliferación de vertederos (Diario El tiempo, 2011); es por esto, que la industria de la construcción debe acoger los beneficios de la construcción sustentable y los aplique, equilibrando los recursos naturales no renovables, haciendo uso de materiales y de sistemas capaces de aumentar la eficiencia energética y disminuir el impacto medioambiental.

La sustentabilidad en la construcción no puede limitarse a proteger el ambiente solamente; se trata también de promover beneficios sociales (impacto social), calidad de vida, responsabilidad social y ambiental de toda la cadena productiva. (Diario El tiempo, 2011).

Hoy en día, hay materiales que causan un mejoramiento en términos energéticos y de calidad de vida de las personas y una protección al medio ambiente, logrando un equilibrio térmico; éstos materiales son los materiales sustentables, que en conjunto forman un sistema energético logrando un mayor confort térmico en la edificación. Es por esto, que para edificar, tiene que lograrse un equilibrio con el medio ambiente; el beneficio y ese equilibrio, se lograría con el uso de materiales higrotérmicos, bioclimáticos y sustentables, que pueden hacer y cambiar de manera significativa la calidad de vida de todos, obteniendo un mayor confort en la vida y con el medio ambiente, disminuyendo así las emisiones, contaminación y escombros.

Esta investigación está relacionada con la implementación de un sistema de alta eficiencia energética en un edificio y reforzar el diseño y construcción de edificaciones sustentables, para luego utilizarlo con sus propiedades en una propuesta comparativa de diseño para un edificio tipo, enfocado en criterios de sustentabilidad definidos para esta Región, dando énfasis en el

aporte de eficiencia y de ahorro energético, obteniendo un análisis bajo conceptos sustentables, de los beneficios socioeconómicos, de la higrotermicidad y del impacto que provocarían al utilizarlos, otorgando un estudio de apoyo y de conciencia para profesionales que impulsen el diseño de edificaciones sustentables en la Región, y también en el país.

## **HIPOTESIS**

---

Los materiales o sistemas de materiales sustentables en comparación con los empleados en construcciones tradicionales, buscan y poseen más externalidades positivas para el ambiente, para las personas y para la vida en general. Como son materiales sustentables, poseen características eficientes energéticamente, provocando una mayor aceptación y uso en el rubro de la edificación a nivel nacional y mundial.

Para la Región de los Ríos es de vital importancia contar con estos tipos de materiales, ya que de acuerdo al clima imperante en esta zona, estos materiales ayudarían mucho en una edificación a tener un equilibrio energético del interior al exterior y viceversa, y mas aún como sistema o un conjunto de materiales que incrementen el beneficio energético y térmico, ya que se regularía de mejor forma la transferencia de calor, la temperatura ambiental en los tiempos especialmente en verano e invierno, logrando un confort higrotérmico adecuado y aceptable para las personas que habiten tales viviendas o edificios con estas características; de esta forma las soluciones constructivas sustentables estarían protegiendo y ayudando al medio ambiente de una forma positiva para preservar la ecología fomentar la calidad de vida de las personas.

## **OBJETIVOS GENERALES**

---

- Revisar las normas vigentes para edificaciones sustentables.
- Investigar las técnicas de diseño de edificaciones sustentables.
- Investigar materiales higrotérmicos para soluciones constructivas para la Región.
- Definir criterios de sustentabilidad para la Región.
- Investigar materiales en general, de carácter sustentable.
- Determinar solución sustentable para la edificación original.
- Realizar análisis de simulación energética.
- Mediante análisis de cuadro de flujo determinar inversiones.
- Establecer las etapas de la ejecución en terreno con el material o sistema a emplear, como solución resultante sustentable de diseño en el edificio tipo.
- Investigar sobre el impacto económico y social de un proyecto sustentable.
- Investigar sobre la Gestión Ecológica imperante y resultante de estas edificaciones.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

---

- Indicar las normas vigentes en el análisis para edificaciones sustentables.
- Revisar técnicas de diseño sustentable que se pueden incorporar a un estudio en la Región.
- Especificar criterios de sustentabilidad para la Región.
- Detallar las distintas etapas que conforman secuencialmente al sistema de alta eficiencia energética y térmica.
- Determinar solución de mejora para el edificio en estudio, mediante análisis comparativos y cuantitativos.
- Confeccionar simulación energética para la modelación térmica comparativa entre sistemas a estudiar, determinando demandas, ganancias y pérdidas de energías.
- Precisar los resultados comparados de un sistema tradicional versus el propuesto en un análisis de cuadro de flujo, definiendo determinaciones cuantitativas de inversiones y rentabilidades.
- Profundizar mediante apoyo bibliográfico sobre los preceptos del impacto económico y social de un proyecto sustentable.
- Destacar los fundamentos mediante registro de autores sobre la Gestión Ecológica sustentable.

## **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

---

Este estudio se centra en fomentar la edificación desde la perspectiva sustentable, utilizando materiales convencionales de carácter sostenible, enfocándolo con criterios de sustentabilidad para la Región. Para esto, es necesario incrementar el conocimiento sobre las edificaciones de aspecto sostenible y los materiales que se pueden hacer uso para aquello, generando una conciencia para incorporar éstos modelos logrando desarrollarlos en esta ciudad, y en Chile. Ésta investigación no desconoce la evolución en la inserción de materiales con un fin sustentable que ha tenido el país en los últimos años, pero si, es un aporte para una región que necesita incrementar con edificaciones con características de ahorro energético y cuidado ambiental como una realidad regional.

Para la realización de esta investigación, se consultarán la Revista de la Construcción, Guías de Diseño, normas nacionales e internacionales; en lo posible, tesis relacionadas, libros acorde al tema, portales y páginas webs de empresas, arquitectos y grupos referentes a la edificación sostenible; así como también la experiencia que tengo con materiales en ejecución en terreno.

A continuación se detallan los pasos que seguirá la investigación para la elaboración de la presente tesis.

En primer lugar se realizará una profundización de conceptos relacionados al tema del diseño sustentable, con el fin de comprender mejor este tópico y tener preceptos generales del tema abordado. Se recopilará información acerca de los antecedentes generales de este tipo de edificación, en conjunto con la normativa vigente que rige estos diseños. Asimismo, se abordará todo lo relacionado con la revisión de materiales sustentables disponibles para un proyecto de estas características; así como también se hará una revisión bibliográfica de todo el espectro de la edificación sustentable.

En segundo lugar se definirán los criterios de sustentabilidad para la Región, además se realizará una descripción generalizada de los aspectos de diseño y criterios que deben cumplir los materiales que cuenten con las características benefactoras necesarias al momento de ahorrar energía.

En tercer lugar se procederá a realizar la solución de mejora para el edificio en estudio; además de profundizar tanto en aspectos teóricos como en su ejecución en terreno en un futuro proyecto aplicando las restricciones energéticas y de calidad apoyándolo en una simulación energética de una modelación térmica, definiendo valores comparativos, cualitativos y cuantitativos de un sistema tradicional de aislación y el propuesto, así como también demandas de energías, tales como ganancias y pérdidas en el Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia, reuniendo los datos del estudio, y llevando los resultados arrojados a un cuadro de flujo, determinando la recuperación de la inversión en un determinado tiempo, para una edificación tipo con el sistema de aislación propuesto.

En cuarto lugar se realizará una generalización de los beneficios económicos que traería consigo la creación de un proyecto en general, con todos los conceptos y diseños que trae consigo una edificación de este tipo, tomando en cuenta el impacto económico, cuya información será extraída de otros ejemplos de diseños sustentables, y el impacto social, sus repercusiones y aceptación en el lugar de implantación. Cabe destacar que, esta información es generalizada a otros proyectos, apoyándome en fuentes de información principalmente de la web; ya que no es tema propiamente tal de este estudio, investigar sobre este tópico, por lo que son lineamientos generales para este proyecto y tener en cuenta lo que implicaría como un impacto en la ciudad donde se construiría este tipo de proyecto.

En quinto lugar se procederá a investigar sobre el impacto ambiental que generaría este proyecto en si, como lineamientos generales sobre este tema, como ha de ser extenso, se centrará en definir en aspectos generales basados en fuentes de internet, proporcionados por webs de proyectos y estudios de impactos ambientales que suscitan diseños sustentables como

éste. Como tema importante, me apoyaré en la normativa vigente y las certificaciones ambientales que hay en Chile, y en aspectos internacionales también; por ende, es menester cumplir con los requisitos que se exigen en proyectos de esta envergadura.

Asimismo, los proyectos en general se rigen por normas, pero en este tipo, si se trata de un diseño sustentable, hay que profundizar más en este tema, ya que es de suma importancia mantener el equilibrio medioambiental, para cuidarlo y heredarlo a las futuras generaciones.

Y por último, un análisis de los resultados de los capítulos anteriores, con las conclusiones correspondientes de este estudio, determinando los aspectos más relevantes de esta investigación, y obteniendo los beneficios, y aportes del proyecto en cuestión. Toda la información recopilada, estará debidamente citada, con el fin de mantener el rigor y legalidad de las fuentes de información que se mencionarán en el presente estudio.

Es necesario acotar que ésta información corresponde al período 2012-2013.

## **GLOSARIO**

---

**-Bioclimático:** Es el diseño con el cual, tiene el fin de conseguir unas condiciones de bienestar interior, aumentando notablemente la calidad de vida. Esto se consigue aprovechando las condiciones del entorno, donde el clima, el microclima, la orientación, los vientos, la humedad, las aguas subterráneas, las corrientes telúricas, los campos electromagnéticos y por supuesto una buena elección de materiales, nos dan como resultado una solución particularizada consiguiendo una casa más integrada en el medio, más agradable, económica y sobre todo sana. (Adoss, 2011).

En resumen, se propone como temperaturas de comodidad de referencia un margen de 20 a 26°C para estancias en el exterior, y un límite de temperatura exterior de 16°C para ocupantes de edificios sin calefacción. (PDF Optimización del Diseño Solar Pasivo de Hoteles, 2011).

**-Bioconstrucción:** Se refiere a la elección de los materiales pasa por todo un análisis, teniendo en cuenta, no solo su disposición, sino su comportamiento y su ciclo completo de vida. Tanto desde el punto de vista económico, como desde el ecológico, es interesante saber cómo se desarrolla la vida de un material desde su origen, cómo se produce, cómo vive, cómo muere y cómo se incorporan de nuevo a la naturaleza. (Adoss, 2011).

**-Ecoeficiencia:** Proporcionar bienes y servicios a un precio competitivo, que satisfaga las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que reduzca progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad de carga estimada del planeta".

También se puede entender la ecoeficiencia como la relación entre el valor del producto o servicio producido por una empresa y la suma de los impactos ambientales a lo largo de su ciclo de vida: Ecoeficiencia = valor del producto o servicio / impacto ambiental

(Forumambiental, 2011).

**-Eficiencia energética:** En términos simples, el concepto eficiencia energética se refiere básicamente a hacer un buen uso de la energía para, junto con el desarrollo de energías renovables y la utilización de transportes menos agresivos con el medio, tratar de frenar el cambio climático. La eficiencia energética supone la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con menos recursos, sin renunciar a la calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de dichos recursos. (Web Erenovable, 2011).

**-Envolvente:** Resultante exterior de los límites interiores de un edificio. Conjunto establecido por el complejo de techumbres, muros perimetrales y pisos. (EE.TT. CHRSA, 2012).

**-Gestión ecológica:** Es la gestión de recursos naturales cuyo objetivo es mantener los ecosistemas para satisfacer tanto las necesidades ecológicas y humanas en el futuro. (Greenfacts, 2011).

**-Higrotermicidad:** Característica que poseen algunos materiales sustentables, cuya particularidad es presentar un cambio en las propiedades debido a la absorción de humedad y temperatura en el ambiente. (EE.TT. CHRSA, 2012)

**-Inercia térmica:** Concepto que expresa la capacidad de un cerramiento o de la envolvente de una edificación de almacenar calor y transmitirlo con retardo. (EE.TT. CHRSA, 2012)

**-Puente térmico:** Un puente térmico es una zona donde se transmite más fácilmente el calor, por ser de diferente material o espesor. Se produce una discontinuidad en la piel de un edificio (envolvente: llámese fachadas, pisos, techos) con menor resistencia térmica o, lo que es lo mismo, mayor transmitancia (valor U). El calor pasa con facilidad, pudiendo ser de afuera hacia adentro (sobrecalentamiento en condiciones de clima cálido), o de adentro hacia afuera (pérdida de calor interior en clima frío); en este último caso, además, disminuye la temperatura

superficial interior y aumenta el riesgo de condensaciones superficiales sobre la pared fría resultante.

Para evitar esta fuga se usa lo que se denomina ruptura de puente térmico. Consiste en evitar que la cara interior y exterior tengan contacto entre sí, intercalando un mal conductor, con lo que se reducen mucho las pérdidas de energía (y se ahorra en requerimientos energéticos para climatizar) y se limita la condensación, con lo que se evita la aparición de rocío, humedad, hongos y malos olores. (EE.TT. CHRSA, 2012).

**-Resistencia térmica:** Oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. Para una capa de caras planas y paralelas, de espesor  $e$ , conformada por un material homogéneo de conductividad térmica  $\lambda$ , la resistencia térmica queda dada por  $R: e/\lambda$ , y se expresa en  $[m^2 \cdot K/W]$ . (EE.TT. CHRSA, 2012)

**-Sustentabilidad:** Se refiere al equilibrio de una especie o en este caso, construcción, con los recursos de su entorno. Por extensión se aplica a la explotación de un recurso por debajo del límite de renovación del mismo. (Wikipedia, 2011).

## **CAPÍTULO I**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 -Antecedentes generales**

La construcción en Valdivia es cada vez más acentuada, y está en base a materiales de uso común, y al recorrer esta ciudad no se ve un número determinado de edificaciones de carácter sustentable, sea de cual sea el tipo; es por esto que hace menester diseñar y construir de manera amigable al medio ambiente casas y edificios con materiales sostenibles, que proporcionen un mayor confort a la calidad de vida, que posean una eficiencia energética adaptable al tipo de clima que hay en esta zona y que reduzcan las concentraciones de contaminantes de materiales no reciclables al ecosistema. En términos concernientes a nivel nacional (Construible, 2011), el sector de la construcción ocupa una posición muy importante en la economía en Chile, ya que es uno de los pilares fundamentales de ella, y sus perspectivas a corto y medio plazo son de fuerte crecimiento. Adicionalmente, el sector de la construcción, con todos los subsectores en los que influye, es uno de los que genera mayor impacto ambiental. Existen datos, (Construible, 2011), que corroboran que los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, contribuyen en gran manera al aumento de las emisiones y la contaminación, tanto durante el proceso constructivo como a lo largo de su vida útil una vez terminados. También resulta evidente el elevado impacto de su emplazamiento sobre el territorio, ya que la mayoría de las personas reside en zonas urbanas. Un tema fundamental es la importante generación de residuos, constructivos, de mantenimiento y de derribo de viviendas y de edificios, con perspectivas de aumento y dificultades para su reutilización o reciclaje.

La construcción sostenible o sustentable abarca no sólo la adecuada elección de materiales y procesos constructivos, si no que se refiere también al entorno urbano y al desarrollo del mismo. Este tipo de construcción se basa en la adecuada gestión y reutilización de los recursos naturales y la conservación de la energía. También se refiere a la planificación y comportamiento social, hábitos de conducta y cambios en la usabilidad de los edificios con el objeto de incrementar su vida útil. La construcción sostenible analiza todo el ciclo de vida: desde el diseño arquitectónico de la vivienda o edificio y la obtención de las materias primas, hasta que éstas regresan al medio en forma de residuos. (Web Construible, 2011).

Una construcción de este tipo en Valdivia repercutiría enormemente, ya que hay una vasta ecología en los alrededores que provocaría una duración mas prolongada del entorno, también ayudaría a vivir en una vivienda con tales características en un confort térmico para las personas. Como el tipo de clima que hay en Valdivia es templado lluvioso, hay que tener en cuenta qué materiales como un sistema constructivo serían los necesarios y aptos en tiempos de mucha lluvia y fríos prolongados, equilibrándose la temperatura interior con dichos materiales higrotérmicos empleados en este tipo de construcción.

## 1.2 -La necesidad de la sustentabilidad en la Región.

Hoy en día en la Región de los Ríos, es necesario la implementación de una Gestión ecológica a nivel constructivo; es decir, la creación de un proyecto sustentable que aporte y proteja al medio ambiente, sería muy interesante realizar un proyecto de este tipo, teniendo en cuenta el tipo de clima, los materiales existentes en el mercado local , y los materiales sustentables que se pueden obtener o traer a Valdivia con el fin de tener una construcción a nivel de países desarrollados que fomentan en gran medida construcciones de este tipo, que buscan principalmente el equilibrio térmico en la edificación, el ahorro de energía, el cuidado del medio ambiente y un mejoramiento ostensible en la calidad de vida.

Para este tipo de estudio, es necesario el aporte de un estudio del impacto y las externalidades que generaría la construcción de una vivienda o edificación con estas características, como los socioeconómicos y ambientales que repercutirán en dicho resultado físico.

En Chile, particularmente en Santiago y otras ciudades, (Chilecubica, 2011), han implementado construcciones sustentables actualmente, con materiales sostenibles, reciclables, que van de acuerdo a la necesidad del mandante, de los estándares de vida y calidad medioambiental, ofertas de inmobiliarias; así como también del clima que se da en la zona respectiva; es por esto que hay que adecuar los materiales al clima de esta Región, que en algunos presenta fuertes lluvias, bajas de temperatura considerables; cuyos datos hacen necesario hacer el estudio de ahorro y de eficiencia energética de los materiales disponibles para poder ejecutar un proyecto de esta envergadura.

La construcción sostenible o sustentable, como una concepción internacional en términos a grandes rasgos, no tiene como objeto único la creación de espacios habitables sino que influye también en el uso de los mismos aportando un plus de responsabilidad en la manera de crearlos y utilizarlos.

Es necesario establecer una serie de criterios básicos que permitan fijar objetivos que sea posible analizar y medir tanto al inicio del proceso como a lo largo de la vida útil de los edificios. Considerando los recursos de los que disponemos en el ciclo constructivo: energía, terreno, materias primas y agua, se establecen cinco criterios básicos sostenibles, se tiene como criterio, en base a la construcción sustentable los siguientes parámetros:  
(Web Construible, 2011).

-Grado de ocupación del territorio

-Aportación al cambio climático

-Variación del ciclo natural del agua

-Modificación del ciclo de los materiales

-Calidad de espacios habitables.

### 1.3 -Normativa

La normativa vigente que respalda un estudio de una construcción de edificios sustentables, es regida por las siguientes normas aquí en Chile, todas estas normas están sujetas a ser implementadas en construcciones de tipo sustentable para esta Región, por lo que hace más expedito el uso de estas normas en una eventual edificación sustentable, ya que cuentan en general con términos adecuados y estandarizados, incorporando las eficiencias térmicas, comportamientos térmicos de materiales y diseño sustentable en nuestro país:

-**NCh 3149 of 2008** – Diseño ambiental de edificios –Eficiencia energética - Terminología

-**NCh 853 2007** Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.

-**NCh 3048/1 2007** Sustentabilidad en la construcción de edificios - Métodos para el desarrollo de indicadores de sustentabilidad

Parte 1: Edificios

-**NCh 3049/1** Sustentabilidad en la construcción de edificios - Métodos de evaluación del comportamiento ambiental de los trabajos de construcción

Parte 1: Edificios

-**NCh 3149** Diseño ambiental de edificios - Eficiencia energética - Terminología

#### 1.4 -Edificación Sustentable

La edificación sustentable en nuestro país tiene sus años ya, pero no es masiva físicamente, por lo que hay que crear esa conciencia ambiental-ecológica, ya que el entorno en donde se sitúa una edificación se modifica, por lo que tiene que haber una regulación del tipo de material que estamos usando, los beneficios que generan, las externalidades positivas o negativas si las hubiere, así como también la calidad de vida de las personas disminuyendo los niveles de contaminación existentes también.

Como los edificios y viviendas (Portal Distrito Federal, 2011), aún constituyen una importante fuente de contaminación que perjudica la calidad del aire urbano y que favorece el cambio climático; suponen un aporte sustancial de las emisiones de dióxido de sulfuro (presente en los combustibles y residuos domésticos), óxido nitroso y dióxido de carbono.

Por eso, (Portal Distrito Federal, 2011), uno de los desafíos de las sociedades desarrolladas es construir edificaciones que optimicen el uso de la energía, utilicen fuentes alternativas, reduzcan el consumo de agua potable a través de la racionalización, del tratamiento y de recirculación, y que ofrezcan a sus habitantes un alto nivel de calidad del ambiente interior en cuanto a confort, temperatura y humedad.

Para esto la OGUC (OGUC, 2011), ha planteado una solución para mejorar la calidad de vida de los chilenos, que es la de determinar las zonas térmicas en nuestro país, favoreciendo a las edificaciones con un menor consumo de energía. El menor uso de calefacción mejora la calidad de la salud de los hijos, protege el bolsillo y se disminuyen las emisiones de CO<sub>2</sub>, que es el producto de la combustión para generar esa energía de calefacción.

La menor generación de CO<sub>2</sub> (gas invernadero) ayudará a paliar los severos efectos en que la humanidad está comprometiendo a la Tierra.

El portal Chilecubica (Chilecubica, 2011) nos entrega una definición amplia de la sustentabilidad, para comprender de qué estamos hablando cuando nos referimos a la sostenibilidad: “la edificación sustentable o sostenible, como construcción del futuro, se puede definir como aquella que respeta y existe un compromiso con el medio ambiente, que implica el uso sostenible o de la energía. Para esto, es fundamental el uso de las energías renovables en la construcción de los edificios, así como una especial atención al impacto ambiental que ocasiona la aplicación de determinados materiales de construcción y la minimización del consumo de energía que implica la utilización de estos edificios. La construcción sustentable se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso y derribo de los edificios y por el ambiente urbanizado.

El término de edificación sustentable abarca, no sólo los edificios propiamente dichos, sino que también debe tener en cuenta su entorno y la manera cómo se comportan para formar las ciudades. El desarrollo urbano sostenible deberá tener la intención de crear un entorno urbano que no atente contra el medio ambiente, con recursos, no sólo en cuanto a las formas y la eficiencia energética, sino también en su función, como un lugar para vivir.

La construcción sustentable deberá entenderse como el desarrollo de la construcción tradicional pero con una responsabilidad considerable con el Medio Ambiente por todas las partes y participantes. Lo que implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción, en favor de la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental o los prejuicios, y proporcionar un ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno”. (Chilecubica, 2011).

Este tipo de edificaciones están diseñados de manera que su ciclo de vida –construcción, uso, mantención, y eventual demolición– resulte amigable con el medio ambiente; usan, además, un alto porcentaje de materiales reciclados y privilegian lo natural por sobre lo químico. Tienen muy buenos sistemas de ahorro de energía, en especial de calefacción y refrigeración, y una muy reducida demanda energética que se logra a través del uso de mejores materiales aislantes y aprovechando la radiación solar (tragaluces, quiebravistas, persianas exteriores, etcétera). (Edificios sustentables, 2012).

La edificación sustentable es la que relaciona de un modo armónico las aplicaciones tecnológicas, los aspectos funcionales y estéticos, y la vinculación con el entorno natural o urbano, para lograr hábitats que respondan a las necesidades humanas en condiciones saludables, sostenibles e integradoras. (Edificios sustentables, 2012).

Para lograr la sostenibilidad en la construcción de un edificio o vivienda, de acuerdo al Portal Biohaus (Biohaus, 2011), se deben tener en cuenta:

- El emplazamiento y evaluación medioambiental.
- Orientación y aprovechamiento de las energías pasivas.
- Sistemas constructivos.
- Materiales de construcción saludables.
- Consumo energético.
- Generación de residuos y reciclaje.

De donde podemos deducir que la construcción sustentable se asienta en la racionalidad, en tanto y en cuanto contempla el aprovechamiento de las condiciones naturales, aplica el conocimiento científico y los avances tecnológicos en términos de ahorro energético, reciclaje y disminución de residuos, optimiza el rendimiento de sistemas constructivos tradicionales, e incluye el aspecto interior como el exterior.

En lo que respecta a los materiales, decimos que su grado de sustentabilidad esta relacionado con la zona de construcción. Es necesario conocer los recursos naturales de cada lugar y la medida en que estos se pueden renovar.

Como lo indica el Portal Bibliocad (Bibliocad, 2011), aunque hayan algunos materiales que globalmente se pueden catalogar como ecológicos, por su relación con productos naturales de amplia existencia. Como el adobe, las cañas de bambú, la tierra, los ladrillos de barro cocido, el ferrocemento, la construcción con cal y el cemento puzolánico.

De acuerdo a la Biotectura (Biotectura, 2011), la construcción sustentable tiene como criterios fundamentales, los siguientes:

- La salud y la ecología del lugar
  
- El sol, el ahorro energético y utilización de energías renovables
  
- La utilización de materiales naturales y transpirables
  
- El reciclaje y la gestión racional del agua
  
- La minimización de la contaminación electromagnética
  
- La utilización de tipologías adaptadas a la zona
  
- La utilización de barreras fónicas y materiales aislantes naturales
  
- El bajo coste económico y social.

Uno de los principales desafíos de estas construcciones es la racionalización en el uso de los recursos: energía, materiales de construcción, agua, suelo. Es importante entender que no se trata de un nuevo estilo arquitectónico, sino de aplicar una serie de criterios, como la correcta orientación de los ambientes, la elección de los materiales, el tamaño de las aberturas y su protección del sol.

Variables a considerar en el diseño de construcciones sustentables, de acuerdo al Portal Biotectura, (Biotectura, 2011), se tienen:

- Utilizar materiales de baja carga energética y materiales reciclados
- Emplear materiales propios del lugar
- Aprovechar estructuras existentes
- Generar un impacto menor sobre la compactación y propiedades del suelo
- Proporcionar un adecuado aislamiento térmico y acústico
- Aprovechar al máximo la luz solar y las condiciones climáticas del lugar
- Establecer la vegetación adecuada
- Disponer estratégicamente cuerpos de agua

En términos más específicos, como lo asevera el Portal Biotectura, (Biotectura, 2011), es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Reducción del impacto ambiental producido por la construcción de edificaciones o viviendas.
- Promoción del empleo de materiales de construcción con bajo impacto ambiental.
- Reducción del consumo energético en la utilización del edificio.
- Promoción del uso racional de los recursos naturales.
- Reducir las erogaciones de las familias en materia energética y mejorar las condiciones de salubridad de la población.
- Disminuir la emisión de gases que producen efecto invernadero.

#### 1.4.1 Técnicas generales en la construcción de edificaciones sustentables.

El portal Chilecubica, (Chilecubica, 2011), menciona las necesidades mínimas para que una construcción de una edificación de este tipo cumpla con la nueva normativa para ser un diseño ecológico, debe tener una serie de necesidades mínimas que determinarán si la construcción es más o menos ecológica. Es necesario mencionar que estas técnicas pertenecen a la eficiencia energética, que es una parte de la construcción sustentable.

Estas necesidades mínimas son las siguientes:

1.- El edificio o vivienda, sus ventanas deben orientarse de forma que reciban abundante luz natural (normalmente hacia el norte) y aprovechen las corrientes de aire para obtener una buena ventilación cruzada. La luz natural debería alcanzar al menos el 75% al interior de la casa.

2.- Con el fin de evitar el exceso de calor en verano, las ventanas y terrazas deben protegerse con un voladizo u otra alternativa que ofrezca sombra y frescor (árboles, persianas, pérgolas, vegetación natural). Los muros exteriores se pueden cubrir de plantas trepadoras (tipo vid o buganvilla) para proteger del exceso de calor en verano. De forma similar, en los patios la instalación de pérgolas o árboles evitarán islas de calor. Si el árbol es de hoja caducifolia, en invierno se podrá disponer de toda la luz y calor en el patio.

3.- Las ventanas de doble cristal (termopaneles) ayudan a reducir la entrada de calor en verano y la pérdida de este en invierno. Las de triple cristal minimizan además el ruido del exterior. También como barrera térmica, permite un ahorro en calefacción sobre el 40%, y, disminuye el efecto de "pared fría", ocupando de mejor manera los espacios en una habitación (se puede acercar una cama a la ventana sin sentir frío).

4.- La cubierta debiera de tener un a buena aislación en lana mineral o de vidrio, con fieltros como barrera de humedad en lo posible que tenga una capa de foil, que rechace los rayos solares. Si los muros son de estructura liviana debiera tener también una buena aislación en lana mineral o de vidrio junto con su barrera de humedad.

#### 1.4.2 Secuencia y pasos en la optimización de un proyecto de edificación sustentable

Se observa que en un proceso de optimización de un proyecto sustentable, (Revista de la Construcción, 2005) se pueden establecer una serie de acciones o pauta a seguir, para realizar en las distintas escalas de intervención, según la siguiente secuencia:

*-Definir objetivos ambientales, sociales y económicos:*

- Estrategias de control luz, aire y energía en fachadas
- Recursos disponibles
- Nivel de control del usuario

*-Incorporar estrategias claras al inicio del proyecto:*

- Forma edilicia, orientación, alternativas de diseño
- Carácter y tratamiento de la envolvente: fachadas + cubiertas
- Relación interior - exterior: 'amigable' con usuarios + ambiente

3. *-Verificar la eficacia de las estrategias:*

- Simulación física de factores básicos: luz, sol, viento
- Simulación numérica de comportamiento térmico

4. *-Demostrar el logro de aspectos calificables de sustentabilidad en el proceso de certificación.*

5. *-Medir resultados y aplicar las lecciones aprendidas.*

1.4.3 El sector construcción y el ciclo de vida de una edificación sustentable.

El sector de la construcción en términos de sostenibilidad, es clave en lo referente al consumo de energía en todos los países; preferentemente en nuestro país, ya que toda la diversidad ecológica y de la naturaleza que hay en Chile, y sobretodo en esta Región que existe aquí tiene que preservarse.

Uno de los métodos que existen actualmente para evaluar el consumo de energía de un edificio es considerando el ciclo de vida de éste, el cual puede separarse en 5 fases, (Revista de la Construcción, 2005):

1 -Extracción y fabricación de materiales y componentes (energía incorporada o “embodied energy”).

2 -Transporte de materiales y componentes al sitio de construcción.

3 -El proceso de construcción propiamente tal.

4 -La fase de operación.

5 -La demolición y reciclaje al fin del ciclo de vida del edificio.

Todas estas fases tienen importancia en el consumo de energía, siendo una de las más intensas la de operación del edificio, lo que no invalida la necesidad de incluir en el análisis todas las restantes fases del ciclo de vida del edificio, en especial para la toma de decisiones respecto del diseño y construcción.

Las diferentes etapas involucradas en todo proceso de construcción de edificios y viviendas, en los cuales cada uno impacta sobre el medio ambiente y en particular en las demandas y consumo de energía, desde la extracción de materiales hasta la demolición de la edificación, luego de lo cual idealmente el medio ambiente debe conservarse. (Revista de la Construcción, 2005).

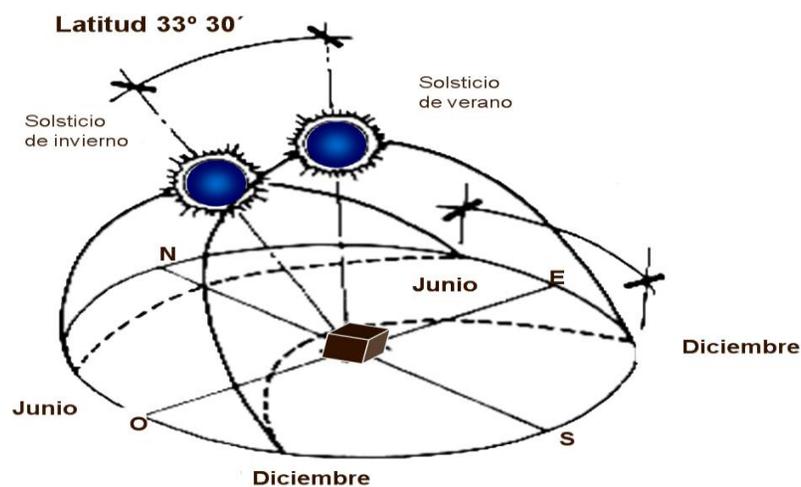
En cada una de estas etapas existe un consumo de energía, siendo el primero de ellos la extracción y fabricación de los materiales de construcción, asociados al concepto de energía incorporada.

#### 1.5.4 Diseños de estrategias para lograr la eficiencia energética en una edificación

Teniendo en cuenta factores de carácter específico en el estudio y el diseño de estos tipos de proyectos sustentables, (Construmática, 2011) indica los factores que hay que considerar a la hora de diseñar una construcción de esta índole; son los siguientes:

#### 1.5.4.1 -El soleamiento

Sabemos de la necesidad de la luz natural en los ambientes; partiendo de este punto, podemos prever estrategias para aprovechar la fracción infrarroja de la radiación solar incidente (la que aporta energía calorífica), y captarla, guardarla y usarla en beneficio de nuestro espacio. Para hacerlo, solamente debemos exponer las habitaciones, oficinas, etc. a esta radiación, con una adecuada orientación, accediendo a su soleamiento permanente, como lo indica la figura 1.



**Figura 1.** El soleamiento.

**Fuente:** Gráficos de Trayectoria Solar para Ciudades de Chile y Argentina, Hellmuth Stuen L. / Energía Solar para Todos, Pedro Serrano R. Recuperado el 25/03/2013 desde la web: <http://arqusach3.blogspot.com/2012/05/asoleamiento-para-santiago.html>

Es por eso que el soleamiento ha sido desarrollado para obtener la mayor eficiencia energética, teniendo como finalidad la de generar acceso directo de radiación solar en invierno y obtener sombra en verano en los distintos ambientes del edificio, lo que produce un continuo ahorro energético mejorando el desempeño funcional del edificio, disminuyendo la inversión en luz artificial y calefacción a lo largo del año, en los distintos momentos del día y de las estaciones.

#### 1.5.4.2 -El almacenamiento energético

Para poder almacenar la energía solar y usarla del mejor modo, deberemos ver dónde impacta el sol (en las paredes, suelos o techos), para poner en ellos el material adecuado para nuestro propósito. Tendremos que saber, entonces, que la madera no transmite bien la energía calorífica y tiene poca capacidad de acumulación, que el metal se calienta muy prontamente, que puede guardar mucho calor pero perderlo también con rapidez, que las piedras se calientan mucho al sol (cuanto más oscuras son más se calientan) y se enfrían lentamente, algo similar a lo que sucede con los ladrillos.

Conociendo estos datos podremos ser capaces de tener el control de la energía almacenada y luego restituirla al ambiente; es decir, la inercia térmica. (Construmática, 2011),

#### 1.5.4.3 -Las estrategias pasivas

Los llamados sistemas pasivos se encuentran integrados en el edificio, forman parte de la arquitectura. Puede ser un muro de ladrillo, un cerramiento de vidrio, una cubierta que además de cumplir sus funciones habituales (estructurales, constructivas, estéticas) captan la radiación solar y la trasmitan al interior del edificio. (Construmática, 2011).

Las losas de hormigón, muros de albañilería y el hormigón armado tienen la cualidad de una gran admitancia e inercia térmica. Es decir, absorben o liberan grandes cantidades de calor o frío, lentamente. (Construmática, 2011).

Si en un día de verano se expone a esta masa al calor interno provocado por el uso de oficinas, salones de clases, etc. permitiendo que se absorba y además se evita que ingrese la radiación solar, tenemos la posibilidad de que se acumule ese calor en las paredes, pisos y techos. Durante la noche, mientras está desocupado el edificio, éste se ventila aprovechando que la temperatura está más baja fuera, producto de la oscilación térmica. Así se libera el calor acumulado y se enfría para la mañana siguiente.

Esta estrategia permite mantener frío el edificio por varias horas de la jornada diurna, disminuyendo el tamaño y uso de una planta de refrigeración para aire acondicionado.

Para refrigerar un edificio hay que primero minimizar las ganancias de calor tanto externas como internas. Para recién refrigerar el excedente. (Construmática, 2011).

Por último, cuando no puede cambiarse el falso techo, existe el Material de Fase Cambiante (**PCM**, Phase Change Material), que cumple la tarea de acumular la energía en forma eficiente en un reducido volumen. Este material es a base de cristales de sal (tales como el Calcium chloride hexahydrate) contenido en unas bolsas que se instalan expuestas a la ventilación nocturna. El **PCM** se funde y solidifica a ciertas temperaturas y al hacer eso es capaz de acumular o entregar grandes cantidades de energía. Esto permite usarlos como acumuladores térmicos de frío, por ejemplo en el falso techo, para tener un ambiente fresco durante el día siguiente. (Construmática, 2011).

#### 1.5.4.4 -El efecto invernadero

El efecto invernadero se fundamenta en lo siguiente (Construmática, 2011): la longitud de onda de la radiación solar que llega a la tierra se encuentra comprendida generalmente entre  $0,3\mu\text{m}$  y  $3,5\mu\text{m}$ . La mayor parte de los vidrios son permeables a estas longitudes de onda corta, lo que hace que aproximadamente un 80% de la radiación incidente sobre el vidrio lo atraviese (el otro 20% se refleja o lo absorbe el propio vidrio). Esta radiación que ha atravesado el vidrio calienta las paredes, el suelo, y en general todas las superficies contra la cuales incide, de forma que estos cuerpos, al calentarse, re-irradian al ambiente una energía que, en esta ocasión es de onda larga (del orden de los  $11\mu\text{m}$ ) frente a la cual el vidrio se comporta como un cuerpo opaco. De esta forma, el vidrio se comporta como la compuerta de una trampa de calor, de forma que permite la entrada de la energía pero no su salida, con lo que se calienta el ambiente exterior. Esto es, pues, lo que llamamos calefacción solar por aportes pasivos. A modo de ejemplo, se podría decir que la aportación de calor solar en una vivienda ordinaria podría ser del orden del 70% de sus necesidades caloríficas.

#### 1.5.4.5 -Estrategias pasivas de refrigeración

Se trata de aprovechar la inercia térmica para que los paramentos encargados de acoger calor se encuentren sombreados y fríos. Elementos tales como parasoles, contraventanas, frailerros, celosías, lamas y vidrios con prestaciones de control reflectante y absorbente servirán a efectos del control del calor. (Construmática, 2011).

Mediante disposiciones en ventilación cruzada aprovechando la diferencia de presión y temperatura entre fachadas opuestas, la colocación de chimeneas que promuevan la convección natural por corrientes de aire en el entorno del conducto, o la ubicación de patinillos en zonas interiores de la vivienda se obtiene el saneamiento e higiene necesarios por renovación de aire y se mitiga el sobrecalentamiento de los ambientes.

También puede recurrirse a técnicas de enfriamiento latente que son las que reúnen el movimiento del aire y el aporte del agua. Pasando una corriente de aire seco por una zona húmeda (por vegetación o por presencia de fuentes y/o estanques) el aire se humedecerá y enfriará, con lo que contribuirá a bajar unos grados la temperatura ambiente. (Construmática, 2011).

Otros factores trascendentales de carácter específico que hay que mencionar para el diseño de estos proyectos de características sostenibles, son:

#### 1.5.4.6 Calefacción eficiente

El estudio del autor Javier Neila González (Neila, J. 2004), indica que los sistemas de climatización (ya sea calefacción, refrigeración o ambas) son un foco primario para la arquitectura sustentable porque son típicamente los que más energía consumen en los edificios. En un edificio solar pasivo el diseño permite que éstos aprovechen la energía del sol eficientemente sin el uso de ciertos mecanismos especiales, como por ejemplo: células fotovoltaicas, paneles solares, colectores solares (calentamiento de agua, calefacción, refrigeración, piscinas), valorando el diseño de las ventanas. Estos mecanismos especiales se encuadran dentro de los denominados sistemas solares activos. Los edificios concebidos mediante el diseño solar pasivo incorporan la inercia térmica mediante el uso de materiales de construcción que permitan la acumulación del calor en su masa térmica como el hormigón, la mampostería de ladrillos comunes, la piedra, el adobe, la tapia, el suelo cemento, el agua, entre otros (caso muro Trombe).

Además es necesario utilizar aislamiento térmico para conservar el calor acumulado durante un día soleado. Además, para minimizar la pérdida de calor se busca que los edificios sean compactos y se logra mediante una superficie de muros, techos y ventanas bajas respecto del volumen que contienen. Esto significa que los diseños muy abiertos de múltiples alas o con forma de espina deben ser evitados prefiriendo estructuras más compactas y centralizadas. Los edificios de alta compacidad tradicionales en los climas muy fríos son un buen modelo histórico para un edificio energéticamente eficiente.

Las ventanas se utilizan para maximizar la entrada de la luz y energía del sol al ambiente interior mientras se busca reducir al mínimo la pérdida de calor a través del cristal (un muy mal aislante térmico). En el hemisferio sur implica generalmente instalar mayor superficie vidriada al norte para captar el sol en invierno y restringir al máximo las superficies vidriadas al sur. Esta estrategia es adecuada en climas templados a muy fríos. En climas cálidos a tropicales se utilizan otras estrategias. El uso del doble vidriado hermético (DVH) reduce a la mitad las pérdidas de calor aunque su costo es sensiblemente más alto. Es recomendable plantar delante de las ventanas orientadas a los cuadrantes NO-N-NE, árboles de hojas caducas para bloquear el sol excesivo en verano y a su vez permitir el paso de la luz solar en invierno cuando desaparecen sus hojas. Las plantas perennes se plantan a menudo al sur del edificio para actuar como una barrera contra los fríos vientos del sur. (Neila, J. 2004).

#### 1.5.4.7 -Enfriamiento eficiente

Cuando por condiciones particulares sea imposible el uso del refrescamiento pasivo, como por ejemplo, edificios en sectores urbanos muy densos en climas con veranos cálidos o con usos que implican una gran generación de calor en su interior (iluminación artificial, equipamiento electromecánico, personas y otros) será necesario el uso de sistemas de aire acondicionado. Dado que estos sistemas usualmente requieren el gasto de 4 unidades de energía para extraer el aire del interior del edificio, entonces es necesario utilizar fuertes y activas estrategias de diseño sustentable. (Neila, J. 2004).

Entre otras:

- adecuada protección solar en todas las superficies vidriadas.
- evitar el uso de vidriados en techos.
- buen aislamiento térmico en muros, techos y vidriados.
- concentrar los espacios de gran emisión de calor (ejemplo: computadoras, cocinas, etc.) y darles buena ventilación.
- sectorizar los espacios según usos.
- utilizar sistemas de aire acondicionado con certificación energética a fin de conocer cuan eficientes son.
- ventilar los edificios durante la noche.

Con esto se colaborará en reducir el calentamiento global y el agujero de ozono en la atmósfera.

#### 1.5.4.8 -Refrescamiento pasivo

El autor Givoni (Givoni, B. 1976), dice que en climas muy cálidos donde es necesario el refrescamiento el diseño solar pasivo también proporciona soluciones eficaces. Los materiales de construcción con gran masa térmica tienen la capacidad de conservar las temperaturas frescas de la noche a través del día. Para esto es necesario espesores en muros o techos que varían entre los 15 a 60 cm y así utilizar a la envolvente del edificio como un sistema de almacenamiento de calor. Es necesario prever una adecuada ventilación nocturna que barra la mayor superficie interna evitando la acumulación de calor diurno. Puede mejorarse significativamente la ventilación en el interior de los locales con la instalación de una chimenea solar

Durante el día la ventilación debe ser mínima. Así al estar más frescos los muros y techos tomarán calor corporal dando sensación de frescura.

En climas muy cálidos los edificios se diseñan para capturar y para encauzar los vientos existentes, particularmente los que provienen de fuentes cercanas de humedad como lagos o bosques. Muchas de estas estrategias valiosas son empleadas de cierta manera por la arquitectura tradicional de regiones cálidas.

#### 1.5.4.9 -Producción de energías alternativas en edificios

Según Jones (Jones, D. 2002), aporta que las energías alternativas en la arquitectura implican el uso de dispositivos solares activos, tales como paneles fotovoltaicos o generadores eólicos que ayudan a proporcionar electricidad sustentable para cualquier uso. Si los techos tendrán pendientes hay que tratar de ubicarlas hacia el mediodía solar con una pendiente tal que optimice la captación de la energía solar a fin que los paneles fotovoltaicos generen con la eficacia máxima. Para conocer la pendiente óptima del panel fotovoltaico en invierno (cuando el día es más corto y la radiación solar más débil) hay que restar al valor de la latitud del lugar el ángulo de la altura del sol. La altura del astro la obtendremos de una carta solar. Se han construido edificios que incluso se mueven a través del día para seguir al sol. Los generadores eólicos se están utilizando cada vez más en zonas donde la velocidad del viento es suficiente con tamaños menores a 8 m de diámetro. Los sistemas de calefacción solar activos mediante agua cubren total o parcialmente las necesidades de calefacción a lo largo del año de una manera sustentable. Los edificios que utilizan una combinación de estos métodos alcanzan la meta más alta que consiste en una demanda de energía cero y en los 80s se denominaban autosuficientes. Una nueva tendencia consiste en generar energía y venderla a la red para lo cual es necesario contar con legislación específica, políticas de promoción de las energías renovables y programas de subsidios estatales. De esta forma se evitan los costos excesivos que representan los sistemas de acumulación de energía en edificios. Uno de los ejemplos más notables es la Academia de Mont-Cenis en Alemania de los arquitectos Jourda & Perroudin inaugurado en 1999.

### 1.5.5 Otras formas de generación de energía

Otras formas de generación de energía basadas en fuentes renovables son la energía solar térmica (para calefacción, agua caliente sanitaria y aire acondicionado), biomasa o incluso la geotérmica. Lo ideal para garantizar el suministro energético durante todo el año, bajo condiciones climáticas y ambientales cambiantes, es combinar las diferentes fuentes.

#### 1.5.5.1 -El reciclado energético

De acuerdo a William Clark (Clark, W. 1998), el reciclado energético entre las primeras tareas se encuentra la de realizar una auditoría energética para conocer cuales son las entradas y salidas de energía al edificio como sistema, siempre buscando mantener el confort térmico, la salubridad y la seguridad.

#### 1.5.5.2 -Implantación y emplazamiento

De acuerdo a los autores Paris, Jenks & Dempsey, (Paris, O. et al. 2002), y (Jenks, M. et al. 2005), la localización del edificio es un aspecto central en la arquitectura sustentable y a menudo no es tenida muy en cuenta. Aunque muchos arquitectos ecologistas sugieren la localización de la vivienda u oficinas ideal en medio de la naturaleza o el bosque esto no siempre es lo más aconsejable; ya que resulta perjudicial para el ambiente natural. Primero tales estructuras sirven a menudo como la última línea de atracción del suburbio de las ciudades y pueden generar una tensión que favorezca su crecimiento. En segundo lugar al estar aisladas aumentan el consumo de energía requerida para el transporte y conducen generalmente a emisiones innecesarias de gases de efecto invernadero. Debe buscarse una localización urbana o suburbana cercana a vías de comunicación buscando mejorar y fortalecer la zona. Esta es la actual tendencia del nuevo movimiento urbanista.

Una cuidadosa zonificación mixta entre áreas industriales (limpias), comerciales, residenciales implica mejor accesibilidad para poder viajar a pie, en bicicleta, o usando el transporte público.

Para la implementación de un proyecto sustentable al ubicarlo en lugar determinado, es necesario determinar ciertos parámetros de sustentabilidad, los que regirán al proyecto propuesto al definirlo en nuestra Región, los cuales se analizarán y determinarán en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO II**

### **CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD Y MATERIALES SOSTENIBLES**

#### **2.1 -Criterios de sustentabilidad para la Región**

Es necesario definir ciertos criterios de sustentabilidad para esta propuesta, ya que con ellos se centraliza la idea de proyectar algo acotándolo a un sistema de preceptos para que sea considerable sustentable y armónico para el medio ambiente. Una vez definiéndolos, facilitaría el proceso de toma de decisiones para cualquier proyecto de envergadura sustentable bajo éste ámbito de carácter ambiental.

Para que sea una edificación de carácter sostenible, debe mantener una relación de equilibrio con el entorno natural y construido presentando índices adecuados de calidad de vida, con el propósito de lograr los objetivos para el entorno en el que se efectuará la edificación, y que se fomente el desarrollo sustentable local, regional y global.

Por desarrollo sustentable, se entiende como un proceso de elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y el mejoramiento social, en una combinación armónica con la protección del medio ambiente, de modo que se satisfagan las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo las de las futuras generaciones. Es decir, el proceso de desarrollo provoca alteraciones sobre el medio ambiente, pero no necesariamente éstas conducen al deterioro del mismo. En la medida que las intervenciones se mantienen dentro de los límites compatibles con la capacidad de regeneración del ecosistema, se puede asegurar que sus propiedades fundamentales permanezcan dentro del umbral permitido, en el largo plazo.

Éstos criterios se basan en el estudio de González (González, C. et al., 2005), los que aportan los criterios necesarios para aplicarlos o generalizarlos a cualquier Región del país.

Los indicadores que a continuación se detallan pretenden entregar una herramienta lo más completa posible para realizar una gestión ambiental que permita acercarnos progresivamente al desarrollo sustentable de la ciudad.

Para enfrentar el problema de la sustentabilidad de los ecosistemas urbanos, necesariamente nuestra óptica debe ser multidimensional ya que los mismos involucran en su dinámica de funcionamiento diversos aspectos. De este modo se describen una serie de criterios que ayudarán a conformar una propuesta de modelo teórico de lo que debería ser una ciudad sustentable. Para ello se identifica en primer lugar la dimensión a la cual están referidos.

#### 2.1.1 -Dimensión del Medio Ambiente Natural

La gestión de los diversos actores sociales involucrados en la vida de la ciudad debe estar orientada a la conservación armónica y sana de los elementos naturales, tales como: aire, agua, suelos, vegetación y fauna, a través del uso racional de éstos de tal forma que no se exceda la capacidad de carga de la zona atentando contra su resiliencia, es decir, la capacidad del ecosistema de retornar a su equilibrio luego de haber sido perturbado.

Los criterios propuestos para este medio son:

**1.)** El conocimiento de la geología del territorio es de suma importancia ya que no todos los suelos tienen la misma resistencia para soportar el medio ambiente construido, unos requieren más inversiones que otros. También debe analizarse los posibles riesgos que pueden afectar a la ciudad como son movimientos sísmicos, deslizamientos, lahares, etc.

- 2.) La geomorfología de una zona va a condicionar los usos del suelo y el crecimiento urbano ya que una ciudad debe estar ubicada físicamente en zonas que no tengan riesgos naturales que atenten contra la salud física y psicológica de las personas. De este modo deberían estar localizadas lejos de lugares donde puedan desbordarse ríos. Asimismo, su ubicación debe contemplar un relieve adecuado que facilite la radiación solar y una ventilación que disperse los contaminantes, y que favorezca la escorrentía superficial, así como la cercanía a zonas húmedas que permitan mejorar las condiciones de la humedad atmosférica local.
- 3.) Dentro de las diversas actividades que se desarrollan en la ciudad, ya sean de los tipos productivas, educativas, recreativas, etc., se deben desarrollar de forma planificada y sistemática, acciones encaminadas al reciclaje y tratamiento ecológicamente adecuado del aire contaminado, a través de la vegetación, limitación de las emisiones, filtros, etc.
- 4.) Las actividades que se desarrollen en la ciudad deben considerar la capacidad real del recurso hídrico que tiene la zona para obtener un balance adecuado entre la disponibilidad y consumo de agua. Para lograr este equilibrio es importante conocer la pluviosidad, la permeabilidad de los suelos, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, etc.
- 5.) Localizar las fuentes fijas de emisión de contaminantes atmosféricos de tal forma que la dirección y velocidad de los vientos de la zona sirvan para dispersar los tóxicos y no se depositen sobre ella. Por lo tanto, es importante conocer sobre estas variables a la hora de localizar dichas fuentes.
- 6.) Presencia y conservación de áreas verdes al interior y en el entorno de la ciudad ya que las mismas mejoran las condiciones del microclima local y el bienestar de la población, actuando como una manta sobre el suelo, impidiendo que la tierra absorba mucho calor durante el día y evitando que se enfríe en exceso durante la noche.

Además, protegen al suelo de la erosión, reducen la proporción de precipitaciones que contribuyen al escurrimiento, ayudan a mantener la biodiversidad, frenan el viento, la contaminación por ruidos, olores, humos, polvos e impurezas (estos últimos tienen un límite, pues cantidades excesivas de contaminantes pueden dañar los árboles). Las mejores pantallas la constituyen las de especies de hoja perenne, las cuales “son capaces de atenuar en una frecuencia de 1.000 Hertzios, 17 dB por cada 100 metros lineales de vegetación; frente a los 9 dB en árboles de hoja caduca”. En dependencia a la función a que se destinen las áreas verdes se tendría que tener en cuenta determinada especie, su densidad, el tipo de hojas ya que por ejemplo la presencia de especies arbóreas de hoja caduca en las plazas y espacios verdes permiten la insolación en invierno y la sombra en verano; “un kilómetro cuadrado de bosque genera unas 1.000 toneladas de oxígeno anuales, requiriendo el doble de superficie una plantación de césped.

#### 2.1.2 Dimensión del Medio Ambiente Construido

1.) Su tamaño físico o superficie debería ser medio, es decir, de un tamaño tal que la población pueda acceder fácilmente a la utilización de bienes y servicios sin tener que desplazarse a grandes distancias con el consiguiente uso de transportes excesivos que sólo consumen recurso tiempo, atentan contra la calidad de vida de las personas y aumentan los índices de contaminación. De esta manera se debe estimular que los mayores viajes se realicen a pie y/o en bicicleta.

2.) Se debe asegurar una vivienda digna en tamaño físico y calidad de la construcción de tal forma de asegurar la calidad de vida de la población y su proyecto de vida futuro.

3.) La ciudad debe tener una cobertura total de infraestructura de saneamiento básico. Esto está dado por el porcentaje de la población que tiene acceso a un agua potable con la calidad requerida y, a instalaciones sanitarias adecuadas para la eliminación de sus excrementos, con el fin de reducir el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las heces y la frecuencia de estas enfermedades. También se debe contar con cobertura de tratamiento eficiente de las aguas servidas ya que el insuficiente o no tratamiento de las aguas servidas reduce la capacidad de este recurso para determinados fines, provocando consecuencias negativas en la salud de la población.

4.) La conservación del patrimonio construido y en especial el histórico-arquitectónico como expresión de la cultura e identidad de la sociedad.

5.) La planificación urbana debería considerar el trazado fundacional de la ciudad, de tal manera de lograr una armonía con la trama histórica y los requerimientos naturales de la topografía (en lugares que no se inundan, no obstaculicen la insolación y expuesto al norte, que no interfieran en la dirección predominante de los vientos y las direcciones de canales y ejes de drenaje (obliteración)), en topografía plana o bien trazados siguiendo curvas de nivel, etc. Los nuevos modelos arquitectónicos deben ser coherentes con la experiencia histórica con el fin de mantener la identidad cultural de la ciudad y su población.

6.) Las principales calles y aceras de la ciudad deben estar pavimentadas y limpias para evitar el polvo en suspensión y facilitar la circulación; pero manteniendo bajo control las islas térmicas y escurrimiento a través de una distribución adecuada de la vegetación.

7.) Debe existir una infraestructura de alumbrado público adecuada a las necesidades de la población, poniéndose énfasis en la iluminación nocturna de aquellos lugares de mayor riesgo para la población.

**8.)** Buen servicio de transporte público en términos de frecuencia, calidad del transporte, cobertura y ruta privilegiando aquellos que no sean contaminantes. Además, los camiones de carga deberían transitar por la periferia de la ciudad, evitando su paso por dentro de ella. También se debería planificar el crecimiento y uso del parque automotor privado, incentivando el uso del transporte público ya que produce grandes ahorros de energía, reduciendo de esta manera las emisiones de gases y partículas contaminantes.

**9.)** Los medios de comunicación juegan un importante rol en el logro de la sustentabilidad urbana ya que influyen sobre la producción, distribución y consumo de la información por ejemplo: a través de ellos se pueden promover pautas de desarrollo sustentable como que se reduzcan las demandas del transporte particular y se promueva el uso del transporte colectivo, se den a conocer oportunidades de empleo, se fomente la apreciación por el patrimonio histórico, natural, religioso, etc.; la promoción de actividades deportivas, recreativas y culturales; se expliquen los problemas causados a la salud humana debido a condiciones ambientales adversas (falta de saneamiento, eliminación inadecuada de desechos, contaminación del agua, aire y suelo, exposición a niveles de ruido excesivos, etc.). A través de la diversificación de periódicos, revistas, libros, etc. se puede conocer sobre esta información, por lo que debe de haber una distribución de los kioscos de venta de estos materiales en toda la ciudad de manera que la población pueda acceder a ellos todos los días caminando, así como de teléfonos públicos y buzones de correspondencia que permitan una mejor comunicación entre la población.

### 2.1.3 Dimensión Socioeconómica del Medio Ambiente

**1.)** La densidad de población es una variable esencial de considerar para lograr la sustentabilidad de las ciudades ya que define los recursos que serán necesarios para satisfacer adecuadamente las necesidades de la población.

Una alta concentración de habitantes entraña una mayor demanda local de empleo, vivienda, lugares de recreo, seguridad social y servicios, y la necesidad de una infraestructura ambiental de saneamiento y gestión de residuos. Por otro lado, se tiene que si el crecimiento de las ciudades se realiza por expansión de baja densidad entonces se requerirá de una inversión en infraestructura muy costosa en relación con la cantidad de personas que vivirán allí, aumentará además, el uso del automóvil particular con el consiguiente consumo de combustibles y emisiones de contaminantes debido a que al transporte público no le resultará factible su recorrido por esa zona.

2.) El crecimiento de la población debería ser planificado considerando las potencialidades y características de la ciudad ya que un excesivo y rápido aumento de ésta ponen en riesgo el equilibrio del sistema ambiental. Este tipo de crecimiento es superior a la capacidad de los gobiernos para satisfacer sus demandas de alimentos, vivienda, suelo, empleo, educación, suministro de agua, saneamiento, servicio de recogida de basuras, áreas verdes, deportivas, etc., lo cual puede generar una serie de efectos físicos y patologías psico-sociales que finalmente atenten contra la viabilidad del sistema.

3.) La eliminación de los desechos sólidos urbanos debe realizarse a través de sistemas adecuados de eliminación y tratamiento de los mismos, promoviendo la reducción de los desechos domésticos desde el origen (las viviendas, industrias, comercio, etc.) e incentivando así la reutilización y reciclado de los mismos lo que provoca una disminución de los costos operacionales de la gestión de los recursos sólidos, se mantiene la capacidad de los vertederos, permitiendo además, la generación de ingresos a la población urbana pobre. El caso de los residuos peligrosos como los provenientes de hospitales, industrias, artículos domésticos como pilas, etc., deben recibir un tratamiento y disposición específicos para ellos. Sobre los movimientos transfronterizos de desechos y sustancias peligrosas, tiene que existir un control de acuerdo a lo que está estipulado en los tratados internacionales.

Los sitios de vertederos deben de tener una localización adecuada (que no sean en lechos de ríos, y que no contaminen el acuífero y el aire), alejados de la ciudad y utilizando como tipo de tratamiento los rellenos sanitarios.

4.) La no presencia de asentamientos urbanos no autorizados ya que estas personas se caracterizan por no tener derechos sobre la tierra que ocupan, sus viviendas son precarias, su entorno es inseguro, carecen de servicios básicos, se ubican en zonas expensas a desastres naturales, prácticamente no disponen de áreas verdes, son vulnerables a enfermedades infecciosas, etc.

5.) Para asegurar la sustentabilidad de una ciudad un requisito insoslayable es la cobertura de los servicios de educación y salud.

6.) Una ciudad sustentable debe asegurar la seguridad física, emocional y psicológica del individuo y su entorno familiar y social.

7.) Una participación ciudadana activa a través de sus organizaciones sociales, territoriales y funcionales, reconocidas por su gobierno y demás actores sociales, permite una mejor toma de decisiones. Junto a ello se debe generar espacios y estímulos necesarios para que la población se comprometa en la solución de los problemas de su comunidad. También se debe estimular a aquellos actores sociales pertenecientes a la comunidad y que cuentan con recursos que son necesarios para solucionar problemas ambientales sean capaces de ponerlos a su disposición por ejemplo, intelectuales que den charlas de educación ambiental, empresarios que faciliten recursos económicos o maquinarias, cedan parte de su suelo para alguna actividad específica, etc.

**8.)** Que existan suficientes espacios de uso público y de buena calidad, que posibiliten el encuentro e integración social y cultural de la población de manera que no se conviertan en lugares propensos a asaltos, agresiones, violaciones, etc. No debería haber sitios eriazos, que en el caso de existir deberían estar ocupados por ejemplo con áreas verdes debido a su efecto positivo sobre el microclima de la ciudad.

**9.)** Una ciudad sustentable debería garantizar fuentes de empleo a toda la población económicamente activa en condiciones físicas de trabajo dignas, con contratos y sueldos justos. Por lo tanto, debería considerarse la posibilidad de generar programas de estudios técnicos para preparar una fuerza de trabajo que efectivamente sea necesaria a las características de desarrollo productivo de la zona.

**10.)** Que exista una infraestructura de bienes y servicios (comercio, etc.) que satisfaga adecuadamente las demandas de la población de tal manera de evitar su emigración, propendiendo además, a la utilización de usos mixtos del suelo ya que puede significar ahorros energéticos debido especialmente a la disminución del uso del transporte particular.

**11.)** Debe existir una integración social de los diferentes estratos socioeconómicos evitando la segregación socio-espacial de cualquiera de ellos.

**12.)** Que los sistemas productivos utilicen tecnologías limpias, poniendo especial énfasis en la reducción de la cantidad de desechos, incrementando al máximo la cantidad de desechos que se reutilizan y reciclan.

## **2.2 Enfoque de los materiales hacia la dirección sustentable**

### **2.2.1 Aspectos generales de los Materiales de Construcción Sustentables**

La consecuencia que traen los efectos que generan las construcciones sobre el cambio climático, es necesario que se tomen providencias para que durante el proceso constructivo de una obra como sobre el edificio terminado se pueda saber que impacto produce sobre el medio ambiente, poder disminuirlo y controlarlo.

Es necesario que en nuestro país, y sobretodo en nuestra Región, los habitantes puedan saber que contiene el edificio que van a habitar, que gases emite dicho edificio, qué consumo energético tiene, etc.

De acuerdo al portal Construmática, (Construmática, 2011), se consideran como materiales sostenibles e higrotérmicos a aquellos que son duraderos y que necesiten un escaso mantenimiento, que puedan reutilizarse, reciclarse o recuperarse.

Siempre producen menor impacto reutilizar que reciclar y reciclar que desechar.

No se puede negar la importancia de los materiales sostenibles e higrotérmicos al momento de idear un modelo de construcción sustentable. El 40% de los materiales utilizados en la Unión Europea está destinado a la construcción y mantenimiento de edificios.

Hemos pasado por cambios fundamentales en el desarrollo de la obtención de los materiales, ya que tiempo atrás las poblaciones rurales los conseguían en las proximidades con un bajo impacto sobre el territorio. Luego, con medios de extracción y elaboraciones más poderosas y eficaces, y medios de transporte más accesibles, la producción de materiales devino en una actividad de alto impacto.

A diferencia del planeamiento, el diseño y la construcción de los edificios, que se circunscribe a un grupo de técnicos, el tema de los materiales está más al alcance de cualquier persona (reformas, mantenimiento, etc.)

De acuerdo a la Guía de la edificación Sostenible. Calidad energética y medioambiental en edificación, (IDAE & Institut Cerdá. 1999), los materiales adecuados para su uso en edificios sustentables deben poseer características tales como bajo contenido energético, baja emisión de gases de efecto invernadero como CO<sub>2</sub> - NO<sub>x</sub> - SO<sub>x</sub> - material particulado, ser reciclados, contener el mayor porcentaje de materiales de reutilización, entre otros. En el caso de maderas evitar las provenientes de bosques nativos y utilizar las maderas de cultivos como el pino, el eucaliptus entre otras especies. Entre los materiales usados en la construcción que más energía propia poseen se encuentran el aluminio primario (215 MJ/kg), el aluminio comercial con 30% reciclado (160 MJ/kg), el neopreno (120 MJ/kg), las pinturas y barnices sintéticos (100 MJ/kg), el poliestireno sea expandido o extruido (100 MJ/kg) y el cobre primario (90 MJ/kg), junto a los poliuretanos, los polipropilenos y el policloruro de vinilo PVC.

### 2.2.2 Ciclo de Vida de los Materiales

Los materiales empleados para cualquier construcción tienen un ciclo de vida (Construmática, 2011), que es válido para todos los materiales como un proceso a considerar al aplicarlos en una edificación. Como este es el caso de una edificación sustentable, tienen el mismo ciclo:

- Extracción: Consideración por la transformación del medio
- Producción: Plástico y Metal: Emisiones generales y consumo energético
- Transporte: Consumo de energía (más alto cuanto de más lejos provenga el material) y emisión de gases
- Puesta en obra: Riesgos sobre la salud de la población y generación de residuos
- Deconstrucción: Emisiones contaminantes y transformación del medio, residuos.

### 2.2.3 Pautas para seleccionar materiales sostenibles (Construmática, 2011):

- Que tengan larga duración.
- Que puedan ajustarse a diferentes modelos.
- Que sean valorizables.
- Que sean no contaminantes, de bajas emisiones de gases y COV (Componentes Orgánicos Volátiles).
- Que consuman poca energía en su ciclo de vida.
- Que provengan de fuentes renovables.
- Que posean un porcentaje de material reciclado.
- Que no utilicen materiales de acondicionamiento térmico que contenga CFC.
- Que al final de su vida útil sean recuperables y reciclables.

### 2.3 Factores claves de los materiales a considerar en un proyecto de diseño sustentable

Conforme al autor Sjöström (Sjöström, C. 2001), para considerar materiales para estos diseños de edificaciones sustentables se tiene que tener en cuenta varios aspectos: El de los materiales, edificaciones, todo relacionado con el impulso de la sustentabilidad en ellos.

Los aspectos a los que se refiere Sjöström para emplear estos materiales son los siguientes:

### 2.3.1 -Materiales

En cuanto a los materiales, la reducción en el uso de recursos minerales y la conservación del medio ambiente requieren el empleo de materiales renovables o reciclados/reusables, según la selección de los mismos y la predicción de la vida en servicio.

Algunos objetivos concretos son:

- Desarrollo de metodologías para el ahorro y reciclado de materiales de construcción, re uso y sustitución por materiales renovables (incluyendo aspectos de durabilidad, fácil desarmado, dimensiones normalizadas, nuevas técnicas de demolición y desguace, materiales no tóxicos, etc.).
- Desarrollo de formas para la selección y el uso eficiente de materiales (vida en servicio, sistema de reparación/retroalimentación, calidad mejorada de los materiales, componentes y servicios, control de consecuencias para la salud, etc.).
- Desarrollo de métodos y herramientas para la distribución del mapa y flujo de materiales en la construcción y el medio construido, por ejemplo mediante el uso de GIS (Sistemas de Información Geográfico).
- Desarrollo de procesos de restauración que provoquen una interrupción mínima a los ocupantes y al ambiente inmediato (incluyendo el desarrollo de sistemas modulares adaptados) componentes livianos, técnicas nuevas de juntas y arreglos, sistemas de encastre).
- Desarrollo de materiales nuevos e innovadores.

- Desarrollo del uso y la expectativa de materiales y tecnologías de construcción naturales.
- Desarrollo de nuevas técnicas de reparación ambientalmente amistosas para mejorar la infraestructura envejecida.
- Actividades pre o co-normativas para la identificación de componentes con el fin de facilitar, por ejemplo, la eliminación selectiva y el reciclado, y el desarrollo de normas para materiales reciclados.

### 2.3.2 -Productos y temas de edificación

Los productos y los temas de edificación están relacionados con la forma de optimización de las características de las edificaciones de manera de mejorar el comportamiento de la sustentabilidad, teniendo en cuenta todos los factores importantes. Con la definición de los parámetros apropiados y empleando los indicadores adecuados, los métodos de evaluación del comportamiento que permitirán estimar el nivel de la sustentabilidad de los productos, componentes y edificios conducirá a una mejor verificación de las tareas de construcción final.

### 2.3.3 -Nivel de sustentabilidad de los productos

En lo relativo a la fabricación de productos, se pueden monitorear numerosos temas importantes tales como la cantidad de material contenida y la energía de los productos (las menores emisiones de los productos en uso, reparabilidad, posibilidad de reciclado, aspecto de residuo, etc.).

Algunos de los objetivos son (Sjöström, C. 2001):

- Desarrollo de métodos de verificación basados en el análisis de Ciclo de Vida y el análisis de riesgos.
- Desarrollo de herramientas adecuadas para el uso por los fabricantes y usuarios de materiales/productos/componentes.
- Disminución de emisiones de los productos en uso (cubiertas ambientalmente amistosas, pretratamiento, etc.).
- Desarrollo de reparabilidad y posibilidad de reciclado(incluyendo los aspectos logísticos)
- Desarrollo de normalización y modularidad de componentes.
- Desarrollo de sistemas de información de producto on-line.
- Pre y co-normativa, investigación y desarrollo sobre la vida en servicio de los productos de edificios en soporte de la normalización del producto.

## 2.4 Estudio general del hormigón

### 2.4.1 El hormigón

- *Hormigón para edificios energéticamente eficientes. Beneficios de la inercia térmica:*

El Hormigón es un material sustentable, porque persiste en el tiempo, debido a su longevidad el consumo de energía para su producción se prorratea por los años de durabilidad, además es resistente a las inclemencias del tiempo y es reciclable.

El hormigón, (Cemex, 2011), puede ser enviado al lugar de la construcción como prefabricado o realizado in-situ. Si no hay notable diferencia energética entre ambos tipos, el hormigón prefabricado implica menos consumo. Por otro lado, la medida de los bloques de hormigón es limitado debido a los impedimentos del transporte.

Por su parte, el cemento y el concreto, (Cemex, 2011), juega un papel importante en el cumplimiento de las normas de construcción sustentable en el futuro. Se han desarrollado materiales que mejoran el aislamiento, reducen el uso de energía y las emisiones de dióxido de carbono. Además se comercializan productos que facilitan el drenado para evitar inundaciones y que contienen materiales alternos o reciclados. A continuación, algunos ejemplos:

- Cemento producido con la utilización de combustibles alternos en el horno y con contenido de materias primas alternas, tales como los subproductos de las plantas termoeléctricas que queman carbón y de la industria del hierro y el acero.
- Concreto aislante que ayuda a regular la temperatura en los edificios. Esto mantiene a las construcciones frescas en climas cálidos y atrapa el calor en climas fríos, lo que se traduce en ahorros de energía.
- Concreto poroso que permite que el agua pluvial se filtre al subsuelo, disminuyendo el riesgo de inundaciones y ayudando a mantener los niveles freáticos. El color claro del concreto poroso hace que guarde menos calor, reduciendo las trampas de calor en las ciudades.
- Concreto antibacteriano que controla el crecimiento de las bacterias, ayudando a mantener ambientes limpios en lugares como laboratorios, restaurantes y hospitales.

#### 2.4.1.1 - Propiedades térmicas del Hormigón:

La principal ventaja energética derivada de la utilización del hormigón en los edificios es su elevada masa térmica que conduce a la estabilidad térmica. Ésta ahorra energía y proporciona un mejor ambiente interior para los usuarios del edificio.

La inercia térmica del hormigón en edificios; es decir, absorber o liberar grandes cantidades de calor o frío, lentamente, produce (Cemex, 2011):

- Suaviza las variaciones de la temperatura interna.
- Retrasa las temperaturas máximas en oficinas y edificios comerciales hasta la salida de sus ocupantes.
- Reduce los picos de las temperaturas (máximas y mínimas) y puede hacer innecesaria la climatización.
- Puede emplearse con la ventilación nocturna para eliminar la necesidad de enfriamiento durante el día.
- Hace un mejor uso de las fuentes de calefacción de baja temperatura, tales como bombas de calor para suelos radiantes.

#### 2.4.1.2 -Propiedades de eficiencia energética del Hormigón (Cemex, 2011):

- Optimiza las ventajas de la aportación solar reduciendo la necesidad de calefacción.
- Reduce el consumo energético de calefacción entre un 2 y un 15 %

- Cuando se combina con la climatización, puede reducir la energía utilizada hasta en un 50 %.
- Puede reducir el coste energético de los edificios.
- Las reducciones en el consumo energético, tanto de la calefacción como de la refrigeración, reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>, el principal gas de efecto invernadero.
- Ayudará a los futuros edificios frente al cambio climático.

#### 2.4.1.3 Ventajas de la eficiencia energética de los edificios de hormigón

El hormigón es un material de construcción arraigado, seguro y bien conocido, empleado a lo largo de todo el mundo en una amplia gama de tipos de edificios. Sus aplicaciones más comunes en edificios son las siguientes (Cemex, 2011):

- Soleras y forjados.
- Pórticos de estructuras (por ejemplo, vigas, pilares y losas).
- Muros interiores y exteriores, incluyendo paneles, bloques o elementos decorativos.
- Tejas.

El hormigón es extremadamente versátil en términos de sus características estructurales y materiales, lo cual es una de las razones de su éxito. La mayoría de edificios utiliza el hormigón denso, conocido por su resistencia, protección frente al fuego, aislamiento acústico y, cada vez más, por su inercia térmica.

## 2.5 Aislantes

Los materiales aislantes presentan cierta resistencia al paso de calor. Es decir, se puede considerar como aislante térmico cualquier material con un bajo coeficiente de conductividad térmica; en otras palabras, aquellos materiales que presenten una resistencia importante al flujo de calor.

El aire en reposo o quieto, a 0°C (Manual de aislación térmica, 2011), presenta una conductividad térmica muy baja de 0,024 [W/(m·K)] (NCh853.Of91), siendo el “material” más aislante que se puede considerar. Por esta razón, los buenos materiales aislantes son aquellos capaces de retener aire en reposo.

Los aislantes más utilizados, (Manual de aislación térmica, 2011), en construcción son las espumas en forma de panel o de proyectado. Al ser causantes de la reducción de la capa de ozono, los CFC se reemplazaron por otros productos como el HFC y el HCFC, que a pesar de no afectar la capa de ozono, provocan el calentamiento global. Hay otras opciones, como la fibra de vidrio o de roca, el vidrio celular, y otras más saludables para el ambiente, ya que provienen de fuentes renovables como la celulosa, el corcho o el cáñamo.

Aislaciones orgánicas: Constituidos por fibra de celulosa, fibra vegetal y lana de oveja.

La energía incorporada es menor que en las artificiales. No son tóxicos. No dependen de sustancias químicas que ataquen la capa de ozono.

La puesta en práctica de medidas que mejoren el aislamiento térmico de los edificios, (Balance de la dependencia, 2011), puede suponer ahorros energéticos, económicos y de emisiones de dióxido de carbono del 30%, gracias a un menor consumo de energía en las instalaciones térmicas de los edificios. Aislar térmicamente un inmueble consiste en lograr que sus elementos en contacto con el exterior aumenten su resistencia al paso del calor o del frío, lo que se consigue incorporando materiales aislantes en muros exteriores, cubiertas, suelos, y tabiques.

Si bien es más sencillo aislar un edificio de nueva construcción, rehabilitar térmicamente un inmueble no es tan complicado ni tan caro como en principio pudiera parecer, y sus beneficios son muy notables. La rehabilitación de los edificios suele asociarse a una necesidad puntual relacionada con el deterioro de la infraestructura, o mantención de dicha edificación. Debemos, por tanto, cambiar la mentalidad y cuando sea necesario rehabilitar un edificio, será el momento de incorporar el aislamiento para reducir su consumo de energía.

### 2.5.1 Ventajas de aislar correctamente:

Las aislaciones, si son adecuadamente diseñadas, cumplen funciones muy importantes, tales como (Manual de aislación térmica, 2011):

- a) Frenar las fugas de calor ayudando a ahorrar energía y mantener la temperatura de confort.
- b) Permitir conseguir temperaturas superficiales radiantes de los muros envolventes necesarias para el mejor confort (entre 17 y 23°C).
- c) Evitar, por la misma razón anterior, que se produzca condensación en los muros perimetrales previniendo sus efectos nocivos para el edificio y para la higiene ambiental.
- d) Disminuir las manchas que se producen en las terminaciones interiores a causa de “puentes térmicos”.
- e) Eliminar los puentes térmicos formados por estructuras más o menos conductoras (caso de perfiles metálicos, vigas, pilares u otros) en muros envolventes y en techos.
- f) Ayudar a mantener un mejor equilibrio higrotérmico con el ambiente, mejorando los niveles de salud, al disminuir la ocurrencia de enfermedades.
- g) A nivel país disminuyen los gastos en salud.
- h) A nivel país disminuyen los gastos de energéticos en viviendas, especialmente petróleo y gas que son importados.

## **2.6 Ejemplo de sistema de aislante.**

En la actualidad, hay una gamma de materiales y aislantes para elegir, peor de acuerdo a la experiencia forjada en terreno, proyectos revisados que se desarrollan dentro del marco sustentable, como por ejemplo la construcción del nuevo Hospital de Rancagua, han empleado sistemas de materiales sustentables en sus fachadas, como el EIFS, ACM y muros cortinas con Termopanel.

Como es una revisión de materiales, se detalla en líneas generales el ACM:

### **2.6.1 ACM**

El ACM (panel composit de aluminio), es un compuesto de dos placas de aluminio unidas por una capa de polietileno de baja densidad.

El ACM establece una buena elección como un tipo de revestimiento para fachadas, ya que la superficie exterior proporciona una gran seguridad en cuanto a confort térmico, variedad de diseños geométricos, se encuentra en variados colores, dimensiones y de fácil transporte y colocación. Además, ayuda y aporta a la envolvente térmica y a la aislación térmica de un edificio como un sistema de materiales que en cierta forma, están ligados y definidos para aportar el máximo de energía al sistema interior del edificio. (ACM COMPANY, 2012)

La estructura del ACM, combina ligereza y alta resistencia a la rotura, por lo que se manipula con gran facilidad. Es un panel ideal para la construcción de fachadas ligeras ventiladas, de cubiertas y marquesinas, para el revestimiento de paramentos, así como para la formación de barandillas, cerramientos y decoración interior. (EE.TT CHRSA, 2012).

### 2.6.2 Fabricación.

Espesores: 3, 4, 6 mm.

Anchos: máx. 1.500 mm

Largos: máx. 8.000 mm.

Mil-Finish (aluminio natural) ambas caras

Termo-lacado PVDF una o ambas caras

Revestimientos de folio PVC una o ambas caras.

### 2.6.3 Propiedades térmicas.

Constancia térmica entre - 50 °C y + 80 °C

### 2.6.4 Resistencia Térmica.

1/Am<sup>2</sup>.K/W

### 2.6.5 Coeficiente de transmisión del calor W/(m<sup>2</sup>.K).

3 mm. 0.0069 5.65

4 mm. 0.0103 5.54

6 mm. 0.0172 5.34

### 2.6.6 Dilatación térmica.

Esta es determinada por las láminas de aluminio del revestimiento.

La dilatación lineal es de 2,4 mm/m/100° C

### 2.6.7 Conductividad térmica del material del núcleo

PE = 0.29 W/ (m<sup>2</sup>. K)

Todas estas referencias se encuentran en el portal de ACM Company. (ACM COMPANY, 2012).

### 2.6.8 Información de Subcontrat Contec

El subcontrato Contec, es especialista en cuanto al trabajo e instalación de estos paneles, por lo que el Supervisor de este subcontrato, Sergio Millao, (Millao, S. 2012) indica lo siguiente:

-Una de las características favorables en cuanto a la terminación final del ACM, es su planeidad, ya que es realizada mediante una planimetría o estación total.

-Como el sistema de instalación de los módulos de ACM es apornado, es de fácil mantenimiento de cada panel, si se quiere mantener o reemplazar algún módulo.

-Cada panel tiene un coste de unos \$40.000 aproximados, abarcando 1 m<sup>2</sup>, pudiendo fabricarse paneles con dimensiones más grandes acorde a los requerimientos del diseño del proyecto.

-La vida útil de cada panel es de unos 40 años por lo menos, siendo bastante favorable en el aspecto de mantención y/o posible reemplazo, en comparación con muchos revestimientos de fachadas, ya que no necesita mantención de pintura, ni solturas.

-El coste por la instalación de estos módulos de acuerdo a subcontrato CONTEC, es de 3 UF/m<sup>2</sup>, lo que encarece bastante una fachada extensa en cuanto a su adquisición e instalación.

En el siguiente capítulo se abordará el sistema de aislación exterior EIFS y Termopanel, ya que reúnen las condiciones apropiadas para este estudio, -por conceptos de coste y aplicación-, por lo que se detallarán los fundamentos de su elección, análisis térmicos, precios, rendimientos y proceso de instalación; además de su inversión en un sistema propuesto, todo esto detallado en el capítulo siguiente.

## **2.7 Discusión de los resultados de los Capítulos 1 y 2.**

Los resultados de la indagación sobre materiales sustentables aportan un gran beneficio de eficiencia térmica y energética, ayudando a corroborar que para la elección entre un material y otro, es conveniente elegirlo por términos energéticos, de eficiencia térmica y energética; así como también, tener en cuenta los beneficios de los impactos ambientales y socioeconómicos. Para que sea viable esta elección, por las razones antes mencionadas, se opta por un sistema de aislación exterior complementándolo con un sistema de calefacción de forma intermitente, y para ello se debe analizar un edificio a mejorar térmicamente y energéticamente en la ciudad de Valdivia.

Tales características a analizar en el edificio a mejorar, se detallarán y fundamentarán con profundidad en el siguiente capítulo 3, sobre la elección, información técnica del sistema elegido y análisis de costos invertidos en el mejoramiento del edificio, determinando ganancias y pérdidas energéticas para determinar cantidades exactas para invertir en el sistema propuesto, para mejorar el original.

## **CAPÍTULO III**

### **DETERMINACIÓN DEL AISLANTE TÉRMICO. EIFS, TERMOPANEL. ESTUDIO DEL SISTEMA TRADICIONAL Y SISTEMA PROPUESTO.**

#### **3.1 Determinación y fundamentos de la elección de aislante térmico.**

De los materiales y sistemas de aislación que se investigaron, se optó por el sistema EIFS, por ser un sistema de aislación altamente eficiente energéticamente, es de fácil instalación, su durabilidad se acerca a los 40 años aprox., su mantención es ínfima y los costos de instalación serían una sola vez, y no es ostentosa su ejecución en terreno. Se opta el análisis de este estudio al Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia como edificio tipo, para mejorarlo energéticamente, con los datos propios del Edificio en cuestión, entregados por los distintos departamentos de la Ilustre Municipalidad, llevándolos a un análisis cualitativo comparativo, determinando consumos anuales de energía y de capitales invertidos de ambos sistemas.

Para fundamentar la elección de este sistema de aislación exterior, se entrevistaron personalmente y telefónicamente a expertos en el tema a abordar.

De acuerdo a una entrevista telefónica con el actual arquitecto de Sto Corp Chile, Hermann Corssen -fundamentando la elección-, indicó lo siguiente: “al emplear el sistema EIFS en una fachada de una edificación, se estaría ahorrando enormemente las cantidades de energía del edificio; incluso es mas, obteniendo los cálculos de espesores del poliestireno y que cumplan con la normativa en una dada zona térmica, prácticamente es mínima la calefacción a emplear interiormente, ya que se tendría una temperatura entre 18 y 23 °C con esté aislante térmico, y en el peor de los casos , en zonas extremas al sur de chile, se puede calefaccionar en días de Otoño e Invierno, pero de forma temporal, con algún sistema de estufa o algo parecido, para apoyar el ambiente térmico interior del edificio que otorga el sistema EIFS”.

Para apoyar mas la elección de este sistema EIFS, incluyo otra opinión profesional del Arquitecto Felipe Zúñiga, mediante entrevista personal y telefónica, que indica lo siguiente: “El elemento EIFS como elemento constructivo no funciona solo, ya que se debe tener en cuenta las resistencias del material al cual se va a implementar la aislación exterior, y obtener los espesores adecuados de la envolvente térmica lo que baja considerablemente la sollicitación de calefacción. Luego hay que tomar en cuenta factores de arquitectura pasiva, como la orientación del edificio, cartas de iluminación de fachadas, el entorno, la zona del país, etc. Teniendo estos factores controlados se puede disminuir al mínimo la necesidad de calefacción o refrigeración, pero casi ningún proyecto llega a cero. Para eso es necesario que el proyecto desde su génesis contenga todos los factores antes mencionados, mas loc cálculos y simulaciones energéticas; además se pueden adicionar otros elementos de control como los quiebravistas, o cubiertas verdes, pero si es posible tener un ambiente controlado soplo adicionando EIFS y termopanel, pero igual va a tener sollicitaciones de calefacción y ventilación, pero si bajarán los consumos enormemente. El edificio si puede mantener temperaturas constantes y agradables interiormente, pero como mi experiencia lo indica, recomiendo que en meses de invierno en la ciudad de Valdivia es bastante frío, por lo que se puede implementar la calefacción a peña, o algún método más artesanal y no ostentoso para apoyar el beneficio energético que suscita la aislación exterior. Con respecto a la ventilación se puede optar por algún tipo de ventana termopanel proyectante u oscilo-batiente. Si no se tienen los recursos disponibles para implementar termopaneles, se puede optar para la ventilación algún tipo de shaft por donde pasan las descargas de alcantarillado, pero vacío y con celosías por cada piso para una ventilación del mismo.”

Para apoyar aun más mi elección, la opinión del profesional y docente de la UACH, Dr. Carlos Vergara, indica que: “Al elegir este sistema de aislación exterior, al referirnos al medio interno del edificio, si necesita calefacción adicional, que sea de uso intermitente cuando las temperaturas sean inferiores a 18°C, que es la temperatura mínima el EIFS en condiciones normales, y para saber cuando calefaccionar, se debe realizar los cálculos de pérdidas y ganancias de energía a través de una tabla de grados-días, y luego comparar los resultados

obtenidos de los valores de demandas energéticas”.

Como opinión personal y profesional, la elección de este sistema de aislación exterior, se complementará con la elección de termopaneles de tipo proyectante, para asegurar el confort térmico interior del edificio, y de la misma forma, poder ventilar los recintos interiores del mismo, apoyando con calefacción temporal mediante a leña en los meses más desfavorables térmicamente. Es por estas razones, que los beneficios energéticos son considerables a la hora de adoptar un sistema de aislación exterior, ya que rige todo el ambiente interior solamente con este tipo de aislación. Ésta información se basará con los cálculos de la  $R_t$  y  $U$  acorde a la norma vigente, debiendo obtener resultados que cumplan con dicho reglamento.

En cuanto a los beneficios ambientales, se utilizan productos reciclados, se utiliza poliestireno expandido y malla de fibra de vidrio, elementos que no tienen un impacto negativo en el ecosistema, ni liberan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> al medioambiente.

Sus beneficios socioeconómicos son altamente beneficiosos, ya que el costo que concierne la instalación, se instalará una vez arrojando una rentabilidad significativa al momento de compararlo con algún sistema de calefacción, que se invierte todos los años en dichos sistemas. Con el EIFS solamente se invertiría una sola vez a un costo bajo, otorgando la inversión en muy poco tiempo, favoreciendo al ahorro de capital; sumándole a esto también, la calidad de vida que se tendría interiormente, ahorrándose un sistema de calefacción al interior, mantenciones, mano de obra competente con dicho sistema, etc.

Es un impacto beneficioso socioeconómicamente, ya que hay ahorro de capital y una mejora notable en la calidad de vida, aspectos que se profundizarán al avanzar en la tesis.

En términos sustentables, el EIFS es sostenible, porque tiene la cualidad de no realizarle mantención alguna, se instala y no requiere inyección de recurso humano ni material para perdurar en el tiempo, por lo que no agota los recursos que hay disponibles; es decir, no utiliza recurso alguno para mantenerse intacto, lo que no altera el medio y lo hace sustentable en el tiempo.

### 3.1.1 Ventajas y desventajas de ambos sistemas a utilizar.

En las tablas 1 y 2 se analizan las características del sistema tradicional; es decir el edificio calefaccionado solamente a leña sin EIFS y sin Termopanel, en comparación con el sistema propuesto; es decir, con EIFS y Termopanel.

#### 3.1.1.1 **Tabla 1.** Ventajas del sistema tradicional y propuesto.

| <i>Sistema tradicional</i>  | <i>Sistema propuesto</i>   |
|---|--|
| -Se encuentra y comercializa a nivel local                                      | -Se encuentra y comercializa a nivel local   |
| -Genera empleo directo e indirecto.   | -Genera empleo directo e indirecto.  |
| -Permite conseguir temperaturas interiores con sistemas de calefacciones caras. | -Permiten conseguir temperaturas con un confort entre 17 y 23°C con las envolventes.   |
| -Es de uso común.   | -Aporta positivamente a combatir el efecto invernadero.  |
| -Hay instaladores en todos lados.   | -Sus instaladores son certificados.  |
| -Es rentable en el momento.   | -Es rentable en el tiempo.   |
| - Está industrializado.   | -Está industrializado  |
|   | -Sus elementos no son contaminantes.   |
|   | -Ayuda a mantener un mejor equilibrio con el ambiente, mejorando los niveles de salud, aminorando la ocurrencia de enfermedades. |
|   | -A nivel de país disminuye el gasto energético en viviendas, especialmente petróleo y gas que son importados.                    |
|   | -A nivel de país, disminuyen los gastos en salud.  |

**Fuente:** Elaboración propia.

3.1.1.2 **Tabla 8.** Desventajas del sistema tradicional y propuesto.

| <i>Sistema Tradicional</i>  | <i>Sistema Propuesto</i>  |
|---|---|
| Aporta negativamente a combatir el efecto invernadero, ya que los principales componentes como el gas y la electricidad eliminan componentes dañinos al medio ambiente. | -No es muy masificada su tendencia.   |
| -Precios muy mayores que las alternativas energéticas existentes.   | -Es probable que algunos materiales componentes del EIFS se deban traer de otra ciudad. |
| -Es contaminante en sí misma  | -Es probable que la mano de obra se tenga que traer desde fuera de Valdivia.            |
| -Se importan, como el gas, lo que genera un incrementado gasto a nivel país.  |   |
| -A nivel país aumentan los gastos en salud.   |   |

**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.2 Sistema de Aislación y Terminación Exterior. (E.I.F.S)**

Como ya se argumentó que el sistema EIFS es conveniente en términos energéticos y económicos, de acuerdo a las opiniones de los expertos y revisión bibliográfica, que se producen al comparar con un sistema tradicional –tópico que se revisará mas adelante en los cálculos de rentabilidades en capítulo 3-; al tener definido el sistema EIFS, que se va a utilizar en un edificio tipo, es necesario determinar qué es, en qué consiste, aportes energéticos, sustentabilidad, el cómo se va a instalar; vale decir qué aspectos se deben tener en cuenta al momento de planificar la instalación y como se va a materializar éste sistema de aislación.

El sistema conocido genéricamente como EIFS, sigla en inglés de *Exterior Insulation and Finish System* (sistema de aislación y terminación exterior). Se indica como referencia el sistema *Sto therm Premier de Sto Corporation* (en general, aparece indicado como PROMURO en detalles), representado en Chile por STO CHILE.

El EIFS consiste en un sistema de aislación energéticamente eficiente y térmico. Consiste en una solución para revestimiento de muros exteriores con una gran aislación térmica, la cual por constituirse de placas de poliestireno expandido de alta densidad genera una excelente barrera entre el clima exterior y el interior de la edificación revestida con ella, puesto que corta los puentes térmicos entre los elementos del muro y el exterior.

#### **3.2.1 Composición del EIFS**

##### **3.2.1.1 -Pasta adhesiva (Sto 80100)**

Pasta para reforzar muros, usada en la nivelación y protección de muros exteriores, especialmente en combinación con Mallas de Fibra de Vidrio.

También es usada en su aplicación sobre estructuras sólidas tipo hormigón. Presenta excelentes propiedades elastoméricas que le permiten comportarse con mucha flexibilidad ante requerimientos extremos de las estructuras soportantes.

En cuanto a la adherencia, ésta presenta gran y segura adherencia sobre hormigón, albañilería, estuco, poliestireno, metal, todo tipo de placas y prácticamente sobre todos los materiales constructivos.

#### 3.2.1.2 -Poliestireno expandido:

El poliestireno expandido (EPS) es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector del envase y la construcción. Hay planchas cuadradas y rectangulares, pero para nuestro caso las medidas recomendadas son las siguientes:

Envolvente 1000x500x50 (20kg/m<sup>3</sup>)

Envolvente 1000x500x30 (30kg/m<sup>3</sup>)

#### 3.2.1.3 Características Térmicas:

Con tan solo 25 mm. de espesor de poliestireno se llega en el peor de las posibles configuraciones térmicas (muro de hormigón de 15 cm.) a un valor de transmitancia térmica de U de 1.095 W/m<sup>2</sup> °C.

La nueva normativa Chilena exige en muros para las zonas 1-6 un valor de 1.1, entonces el Sistema EIFS es una forma muy eficiente para conseguir el cumplimiento.

#### 3.2.1.4 Malla STO

La aplicación de la malla de fibra de vidrio como armadura de revoques tanto internos como externos, previene la formación de grietas, fisuras y micro fisuras causadas por el movimiento de asentamiento de los materiales. Hay mallas finas y gruesas.

Las finas es para el EIFS con terminación de pintura o grano (primer mas finish), mientras que la gruesa, es para el STO SILT, definiéndolo mas adelante.

#### 3.2.1.5 Terminación

#### 3.2.1.6 Primer

Es una barrera con función de barrera impermeabilizante, y debe ser una mezcla inerte basada en resinas acrílicas altamente elastoméricas, de cuarzo y mármol, pigmentos inorgánicos resistentes a radiación UV, antihongos, antibacteriales y otros aditivos especiales, permitiendo una fuerte hidropelencia y autolimpieza con el fin de evitar pasadas de lluvias por futuras fisuras, o grietas.

#### 3.2.1.7 Finish

Pasta granular con color incorporado de fábrica, usada para revestimiento exterior de muros.

#### **Datos Técnicos:**

- Peso específico 1.7 Kg/lt
- Extracto Seco 87 %
- Resistencia al vapor 68 U
- Ph 8,8

### **Almacenamiento y Duración**

Tinetas plásticas de 34 KG, conservar entre +5 y + 30 grados centígrados

Duración 1 año en envase cerrado

#### 3.2.1.8 Sto Silt

El sistema Sto Silt es una alternativa en recintos en donde el EIFS puede tener otro tipo de terminación.

#### 3.2.1.9 Ejot Ejothem

En vez del primer y finish, se puede revestir con algún tipo de porcelanato, y para ésto se deben anclar unos dowels de ejotherm, exportados desde Alemania a nivel de metro y a 40 cms en los sentidos X e Y. Se instalan con un taladro eléctrico a profundidad requerida, de acuerdo al espesor del EIFS, muro de hormigón o tabique.

Éste dowel o perno de anclaje con rosca y tapa, es para materiales de construcciones sólidas con categorías ABCDE, como hormigones, tabiques, a parte del anclaje en el EIFS.

Éste sistema de anclaje está autorizado por la aprobación europea ETA-04/0023, Z-21.2-1.769. Éste dowel se instala a ras de la superficie de 100 mms de espesor del panel, a una profundidad desde los 35 mms a 75 mms en el sustrato del EIFS.

### 3.2.1.9.1 Datos técnicos de Ejot de Ejotherm

**Tabla 3.** Datos técnicos de Ejot de Ejotherm.

|                        |  |
|------------------------|--|
| Profundidad de anclaje | 25 mms para tabiques<br>65 mms para hormigón |
| Diámetro anclaje       | 8 mm   |

**Fuente:** Web Keimfarben. Datos técnicos de Insertos Ejot de Ejotherm.

Rescatado y traducido el 05/10/2012 desde la web alemana:

[http://www.keimfarben.de/en/produktprogramm\\_2012/etics/keramik\\_mw\\_ceramic\\_finish/](http://www.keimfarben.de/en/produktprogramm_2012/etics/keramik_mw_ceramic_finish/)

### 3.2.1.9.2 Ventajas

El EJOT *ejotharm* (Web Ejot Alemania, 2012), como se aprecia en la figura 2, tiene la Aprobación Técnica Europea (ETA). Es un sujetador de alto rendimiento que garantiza un anclaje seguro en todos los materiales de construcción y en combinación con todos los materiales aislantes. Sus ventajas: una gama de productos eficientes para todas las aplicaciones, el stock-holding es de fácil elección.

**Figura 2:** Inserto de Ejot Ejotharm



**Fuente:** External Thermal Insulation Composite Systems (WDVS)

Recuperado el 05/10/2012 desde la web:

<http://hmozdinky-talirove.heureka.cz/ejotharm-str-u-2g/galerie/>

### 3.2.1.9.3 Secuencia de anclaje del Ejotherm

#### **Figura 3**

Perforación al EIFS previa para la instalación del anclaje



#### **Figura 4**

Instalación del anclaje en el EIFS



#### **Figura 5**

Presión del anclaje Ejotherm para insertarlo en el hormigón y EIFS



**Figura 6**

Tapado de la hendidura del anclaje.



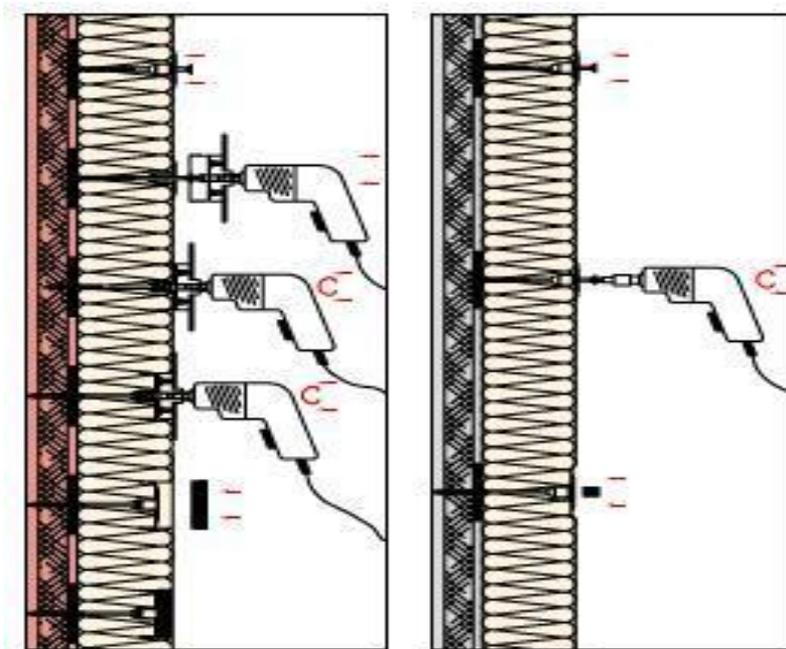
Generalmente se estuca con el adhesivo del EIFS para emparejar la superficie.

**Fuente figuras 3 a la 6:** Web Ejot de Hungría.

Recuperado el 05/10/ 2012 desde la web:

<http://www.ejot.hu/content/homlokzatihoszigeteles/dubelek.html>.

**Figura 7:** Inserción del Ejotherm en el hormigón y EIFS



**Fuente:** Web Ecospai, España.

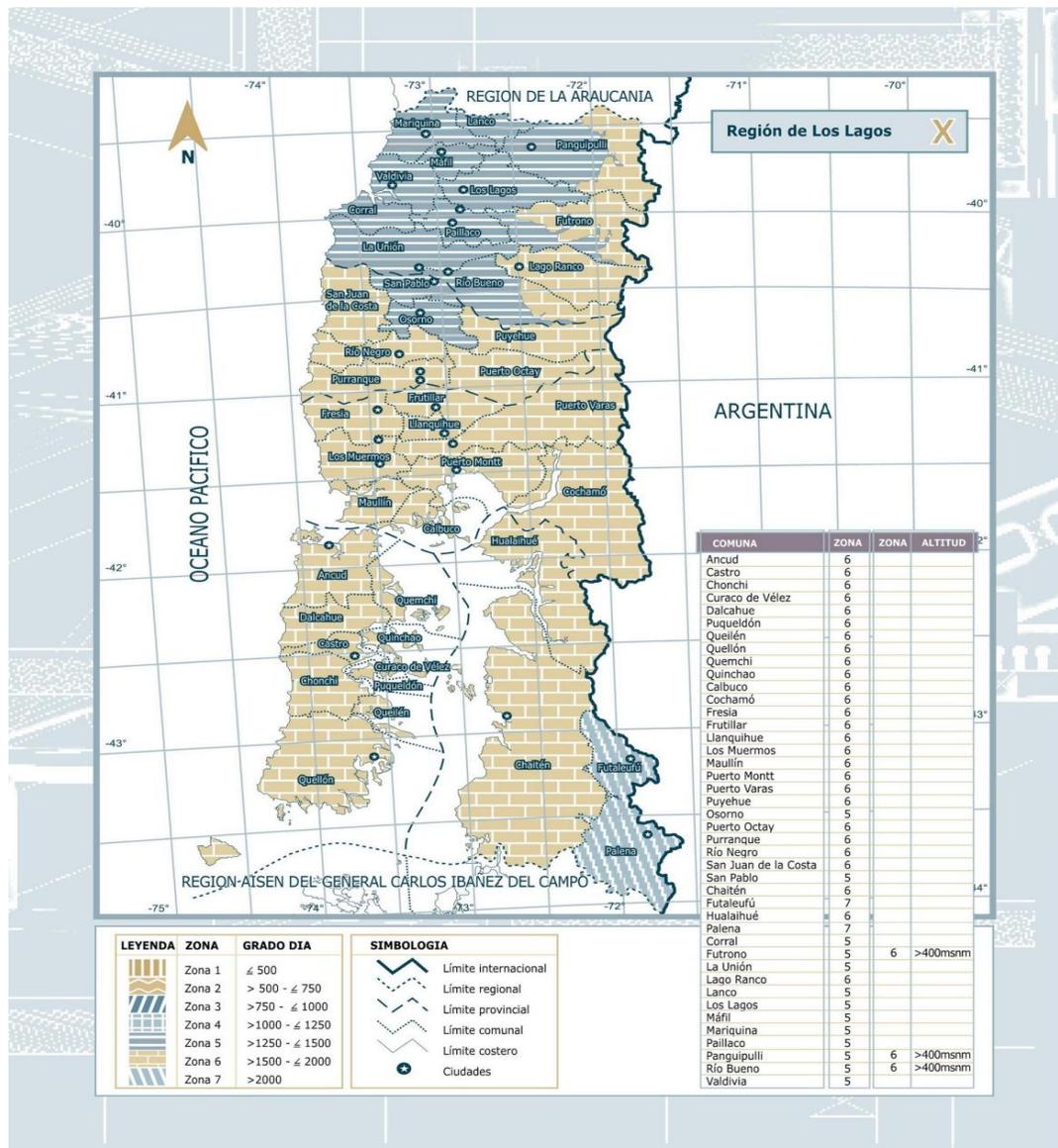
Recuperado el 05/10/2012 desde la web:

<http://ecospai.com/sistemas-de-succion-/bases-de-madera-o-metal/242-ejotherm-str-h>

### 3.3 Cálculo de la “Rt” y “U” de Valdivia, Región de los Ríos

La ciudad de Valdivia, donde se calculará el diseño del EIFS en cuestión, de acuerdo al plano de zona térmica del MINVU 2006, figura 8, adjunto en ésta tesis, corresponde a la Zona 5.

**Figura 8:** Plano Zona Térmica. Región de Los Lagos (incluye actual Región de Los Ríos)



**Fuente:** MINVU 2006. Recuperado el 15 de Diciembre de 2011, desde la web [www.minvu.cl](http://www.minvu.cl)

Acorde a la tabla 4 de la presente tesis, extraída de la OGUC (actualizada el 13 Diciembre 2011), indica que la transmitancia térmica “U” es de 1,3 y la Resistencia Térmica Total “RT” es de 0,63. (OGUC, 2011).

Asimismo, la tabla 5 de ésta memoria, extraída de la OGUC (actualizada el 13 Diciembre 2011), determina que el factor *R100* para muros para esta zona es de 50 ( $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W} \times 100$ ), lo que indica la capacidad de aislación térmica. (OGUC, 2011).

**TABLA 4:** Resistencias térmicas y transmitancias térmicas de techumbres, muros y pisos ventilados de acuerdo a la zonificación térmica de Chile.

| Zona | Techumbres         |                    | Muros              |                    | Pisos Ventilados   |                    |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|      | U                  | Rt                 | U                  | Rt                 | U                  | Rt                 |
|      | W/m <sup>2</sup> K | m <sup>2</sup> K/W | W/m <sup>2</sup> K | m <sup>2</sup> K/W | W/m <sup>2</sup> K | m <sup>2</sup> K/W |
| 1    | 0,84               | 1,19               | 4,0                | 0,25               | 3,60               | 0,28               |
| 2    | 0,60               | 1,67               | 3,0                | 0,33               | 0,87               | 1,15               |
| 3    | 0,47               | 2,13               | 1,9                | 0,53               | 0,70               | 1,43               |
| 4    | 0,38               | 2,63               | 1,7                | 0,59               | 0,60               | 1,67               |
| 5    | 0,33               | 3,03               | 1,6                | 0,63               | 0,50               | 2,00               |
| 6    | 0,28               | 3,57               | 1,1                | 0,91               | 0,39               | 2,56               |
| 7    | 0,25               | 4,00               | 0,6                | 1,67               | 0,32               | 3,13               |

**Fuente:** O.G.U.C 2011. Tabla 1, Capítulo 1, Título 4: De la arquitectura. D.S. N°47 de 1992. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (actualizada al 13 de Diciembre del 2011).

Esta información solo es válida para viviendas, y solo se utiliza como referencia para edificaciones de otro uso.

**TABLA 5:** R100 de techumbre, muros y pisos ventilados de acuerdo a la zonificación térmica de Chile

| <b>ZONA</b> | <b>TECHUMBRE<br/>R100(*)</b> | <b>MUROS<br/>R100(*)</b> | <b>PISOS VENTILADOS<br/>R100(*)</b> |
|-------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| <b>1</b>    | 94                           | 23                       | 23                                  |
| <b>2</b>    | 141                          | 23                       | 98                                  |
| <b>3</b>    | 188                          | 40                       | 126                                 |
| <b>4</b>    | 235                          | 46                       | 150                                 |
| <b>5</b>    | 282                          | 50                       | 183                                 |
| <b>6</b>    | 329                          | 78                       | 239                                 |
| <b>7</b>    | 376                          | 154                      | 295                                 |

**Fuente:** O.G.U.C. 2011. Tabla 2, Capítulo 1, Título 4: De la arquitectura, D.S. N°47 de 1992. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (actualizada al 13 de Diciembre del 2011)  
 (\*) Según la norma NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia Térmica (m<sup>2</sup>K / W) x 1

Esta información solo es válida para viviendas, y solo se utiliza como referencia para edificaciones de otro tipo.

Para el cálculo de la Rt y U del EIFS que se quiere usar, se calculará solamente al poliestireno expandido, ya que la barrera que aporta el adhesivo y la malla es prácticamente nulo, por lo que se calculará de acuerdo a las densidades y espesores del poliestireno; esto se fundamenta en que la norma NCh 853 propone no tomar en cuenta los materiales cuyo espesor sea menor a 3 mms., de acuerdo a los cálculos se elegirán los espesores que cumplan con la tabla 1 de la OGUC 2011. Una vez obtenidos los resultados, se elegirá el más favorable.

También, hay que tener cuenta que a menor densidad en el poliestireno expandido, es mayor la conductividad térmica, y a mayor densidad, es menor la conductividad térmica.

Cabe destacar que, según la web de Eurotec, (Eurotec, 2012), indica que “con tan solo 25 mm. de espesor de poliestireno se llega en el peor de las posibles configuraciones térmicas (muro de hormigón de 15 cm. ) a un valor de transmitancia térmica de U de 1.095 W/m<sup>2</sup> °C.

La empresa Eurotec, que actualmente, es Sto Chile, indica que la nueva normativa chilena exige en muros para las zonas 1-6 un valor de 1.1, entonces el Sistema EIFS de Eurotec es una forma muy eficiente para conseguir el cumplimiento.”

### 3.3.1 Detalle de cálculo

#### 3.3.1.1 -Poliestireno e: 3 cms.

-Muro hormigón escogido, e: 20 cms. (si es mayor el espesor, mejoran aún mas las condiciones de eficiencia energética)

-Rsi: 0,12 (De acuerdo a tabla 2, de resistencias térmicas de superficies, Nch 853)

-Rse: 0,05 (De acuerdo a tabla 2, de resistencias térmicas de superficies, Nch 853)

-Poliestireno expandido densidad: 20 kg/m<sup>3</sup>.

Mediante vía telefónica, tuve contacto con el Gerente General de Sto Chile, Daniel Lindley, (Lindley, D., 2012), por lo que él recomienda ésta densidad; ya que es para muros, para losas y sobrelosas se usa densidad: 40 kgs/m<sup>3</sup>, y para cielos, se utiliza densidad: 30 kgs/m<sup>3</sup>.

-λ Hormigón Armado normal: 1,63 W/(m x K). (Según tabla A.1, Conductividad térmica de materiales, NCH 853, 2007, Acondicionamiento térmico - envolvente térmica - cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.)

-λ poliestireno d: 20kg/m<sup>3</sup>: 0,0384 W/(m x K). (Según tabla A.1, Conductividad térmica de materiales, NCH 853, 2007, Acondicionamiento térmico - envolvente térmica - cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.)

$$R_t = R_{si} + \sum(e/\lambda) + R_{se} \Rightarrow R_t = 0,12 + \sum((0,03/0,0384) + (0,20/1,63)) + 0,05 \Rightarrow$$

$$R_t = 0,12 + 0,781 + 0,12 + 0,05 \Rightarrow \mathbf{R_t = 1,071 (m^2 \times K/W)}$$

$$\text{Por lo tanto el } U = 1/R_t \Rightarrow U = 1/1,071 \Rightarrow \mathbf{U = 0,934 W/(m^2 \times K)}$$

Al comparar los valores, la  $R_t$  obtenida debe ser mayor a la que indica la norma, por lo que:  $R_t$  obtenida de 3 cms.: **1,071 (m<sup>2</sup> x K/W) > 0,63 (m<sup>2</sup> x K/W)** de la norma; por lo que sí se cumple lo que exige la norma.

Al comparar los valores la U obtenida debe ser mayor a la que indica la norma, por lo que: U obtenida espesor 3 cms.: **0,934 W/(m<sup>2</sup> x K) < 1,6 W/(m<sup>2</sup> x K)** de la norma; por lo que sí se cumple lo que exige la norma.

### 3.3.1.2 -Poliestireno e: 5 cms.

-Muro hormigón escogido, e: 20 cms. (si es mayor el espesor, mejoran aún mas las condiciones de eficiencia energética)

-Rsi: 0,12 (De acuerdo a tabla 2, de resistencias térmicas de superficies, Nch 853)

-Rse: 0,05 (De acuerdo a tabla 2, de resistencias térmicas de superficies, Nch 853)

-Poliestireno expandido densidad: 20 kg/m<sup>3</sup>.

-λ Hormigón Armado normal: 1,63 W/(m x K). (Según tabla A.1, Conductividad térmica de materiales, NCH 853, 2007, Acondicionamiento térmico - envolvente térmica - cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.)

-λ poliestireno d: 20kg/m<sup>3</sup>: 0,0384 W/(m x K). (Según tabla A.1, Conductividad térmica de materiales, NCH 853, 2007, Acondicionamiento térmico - envolvente térmica - cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.)

$$R_t = R_{si} + \sum(e/\lambda) + R_{se} \Rightarrow R_t = 0,12 + \sum((0,05/0,0384) + (0,20/1,63)) + 0,05 \Rightarrow$$

$$R_t = 0,12 + 1,302 + 0,12 + 0,05 \Rightarrow \mathbf{R_t = 1,592 (m^2 \times K/W)}$$

$$\text{Por lo tanto el } U = 1/R_t \Rightarrow U = 1/1,592 \Rightarrow \mathbf{U = 0,628 W/(m^2 \times K)}$$

Al comparar los valores, la R<sub>t</sub> obtenida debe ser mayor a la que indica la norma, por lo que: R<sub>t</sub> obtenida de 5 cms.: **1,592 (m<sup>2</sup> x K/W) > 0,63 (m<sup>2</sup> x K/W)** de la norma; por lo que sí se cumple lo que exige la norma.

Al comparar los valores la U obtenida debe ser mayor a la que indica la norma, por lo que: U obtenida de espesor 5 cms.: **0,628 W/(m<sup>2</sup> x K) < 1,6 W/(m<sup>2</sup> x K)** de la norma; por lo que sí se cumple lo que exige la norma.

### 3.3.1.3 -Poliestireno e: 10 cms.

-Muro hormigón escogido, e: 20 cms. (si es mayor el espesor, mejoran aún mas las condiciones de eficiencia energética)

-Rsi: 0,12 (De acuerdo a tabla 2, de resistencias térmicas de superficies, Nch 853)

-Rse: 0,05 (De acuerdo a tabla 2, de resistencias térmicas de superficies, Nch 853)

-Poliestireno expandido densidad: 20 kg/m<sup>3</sup>.

-λ Hormigón Armado normal: 1,63 W/(m x K). (Según tabla A.1, Conductividad térmica de materiales, NCH 853, 2007, Acondicionamiento térmico - envolvente térmica - cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.)

-λ poliestireno d: 20kg/m<sup>3</sup>: 0,0384 W/(m x K). (Según tabla A.1, Conductividad térmica de materiales, NCH 853, 2007, Acondicionamiento térmico - envolvente térmica - cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.)

$$R_t = R_{si} + \sum(e/\lambda) + R_{se} \Rightarrow R_t = 0,12 + \sum((0,1/0,0384) + (0,20/1,63)) + 0,05 \Rightarrow$$

$$R_t = 0,12 + 2,604 + 0,12 + 0,05 \Rightarrow \mathbf{R_t = 2,894 (m^2 \times K/W)}$$

$$\text{Por lo tanto el } U = 1/R_t \Rightarrow U = 1/2,894 \Rightarrow \mathbf{U = 0,345 W/(m^2 \times K)}$$

Al comparar los valores, la  $R_t$  obtenida debe ser mayor a la que indica la norma, por lo que:  $R_t$  obtenida de 10 cms.: **2,894 (m<sup>2</sup> x K/W)** > **0,63 (m<sup>2</sup> x K/W)** de la norma; por lo que sí se cumple lo que exige la norma.

Al comparar los valores, la  $U$  obtenida debe ser mayor a la que indica la norma, por lo que:  $U$  obtenida de espesor 10 cms.: **0,345 W/(m<sup>2</sup> x K)** < **1,6 W/(m<sup>2</sup> x K)** de la norma; por lo que sí se cumple lo que exige la norma.

Como resultado del cálculo de elaboración propia, y apoyándome en la reglamentación de la Nch 853, los 3 tipos de planchas o módulos de EPS cumplen con la normativa., y por aseguramiento de la eficiencia energética, se aconseja implementar en **losas y sobrelosas**, espesor de 200 mms., **muros** de espesor de 100 mms y en **cielos** espesor de 15 mms, y densidades de 40 kgs/m<sup>3</sup>, 20 kgs/m<sup>3</sup> y 30 kgs/m<sup>3</sup>, respectivamente, cuyos espesores se utilizarán para la simulación energética que determinará las demandas, pérdidas y ganancias.

La decisión sobre el espesor del EPS, se basa en los requisitos de las disposiciones reglamentarias, OGUC artículo 4.1.10 como mínimo y el cálculo de la misma acudiendo a la NCh853 para el valor de R de todo el sistema de aislación, el valor de ahorro de energía calculado y la estética.

El espesor mínimo de la placa aislante para el sistema EIFS es el máximo entre 20 mms (mínimo necesario para una adecuada amortiguación entre el sustrato y la lámina) y la cantidad necesaria para cumplir con la reglamentación según la zonificación térmica del país. Este mínimo se aplica en todos los lugares de la placa aislante.

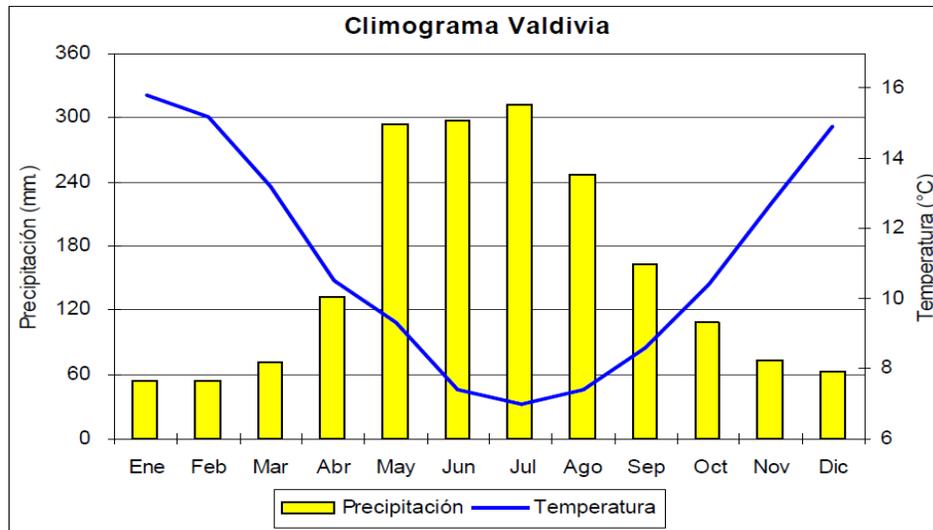
Hay casos (Nuevo Hospital De Rancagua), que incluso se han usado 2 planchas de EPS (100 + 50 mms, o 100 mms + 30 mms.), por lo quedará a criterio del mandante (s), arquitectos(as) e ingenieros(as) la decisión del espesor conforme a la estética y el nivel de ahorro energético.

Para tener otra perspectiva, hay que tener en cuenta el aspecto climatológico de la Región, para ver las fluctuaciones de las temperaturas y definir una temperatura promedio de diseño.

Basándose en términos climatológicos, (Climatología Regional, 2012), se tiene que la ciudad de Valdivia está ubicada en los 39° 38` de latitud sur, con 73° 5` de longitud oeste, a una altitud media de 19 metros.

Su clima se clasifica como templado lluvioso con influencia mediterránea. Las principales características de este clima son la abundante humedad relativa, las bajas temperaturas y el alto registro pluviométrico anual, que presenta un notorio mínimo en verano, aunque no se puede hablar de una estación seca.

**Gráfico 1:** Climograma Valdivia



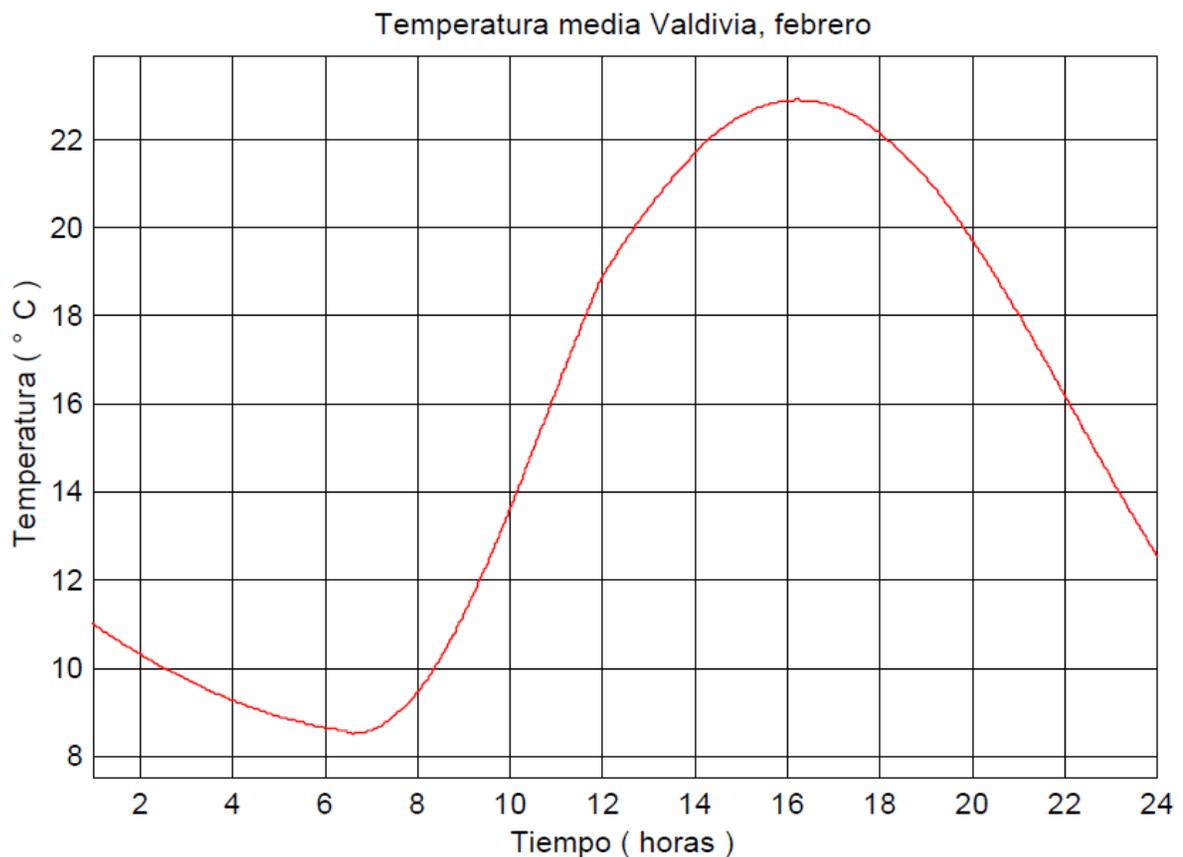
**Fuente:** PDF Climatología Regional, Dirección Meteorológica de Chile. Departamento de Climatología y Meteorología, 2001. Recuperado el 8/10/2012 desde la web: [http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia\\_regional.pdf](http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia_regional.pdf).

En el gráfico 1 adjunto, se muestra el climograma de Valdivia, en donde se denotan las temperaturas mínimas y máximas anuales. Las temperaturas máximas en verano son mayores a 13°C, y las mínimas en invierno son alrededor de 7°C, lo que indica que hay consideraciones en cuanto a las bajas de temperatura y la abundante humedad relativa del aire. Hay que destacar que si llueve bastante, superando los 300 mms. en pleno invierno. Para éste caso de la lluvia, se utiliza el Primer y el Finish, ya que es un impermeabilizante y una barrera para la lluvia, respectivamente, aparte del aislante interior, como el hormigón o planchas de fibrocemento en un tabique cualquiera. Lo que nos indica que con el sistema de aislación acorde a estos parámetros, es eficiente una aislación de 2,5 mms. de acuerdo a Eurotec, pero depende de las características del proyecto y del análisis térmico para dar el confort ambiental interno de la construcción con el sistema EIFS al momento de determinar los espesores de EPS que se quiera instalar.

Al considerar los 2 meses más significativos en cuanto a mínimas y máximas de temperaturas, se escogió Febrero y Julio.

Con respecto a Febrero, el gráfico 2 adjunto demuestra que hay máximas sobre los 22°C, con una mínima aproximada de 9°C. Son temperaturas agradables al momento de tener una aislación por lo menos de 100 mms. de espesor de EPS en el EIFS, por lo que habría un confort térmico aceptable y beneficioso.

**Gráfico 2:** Temperatura media Valdivia, Febrero.



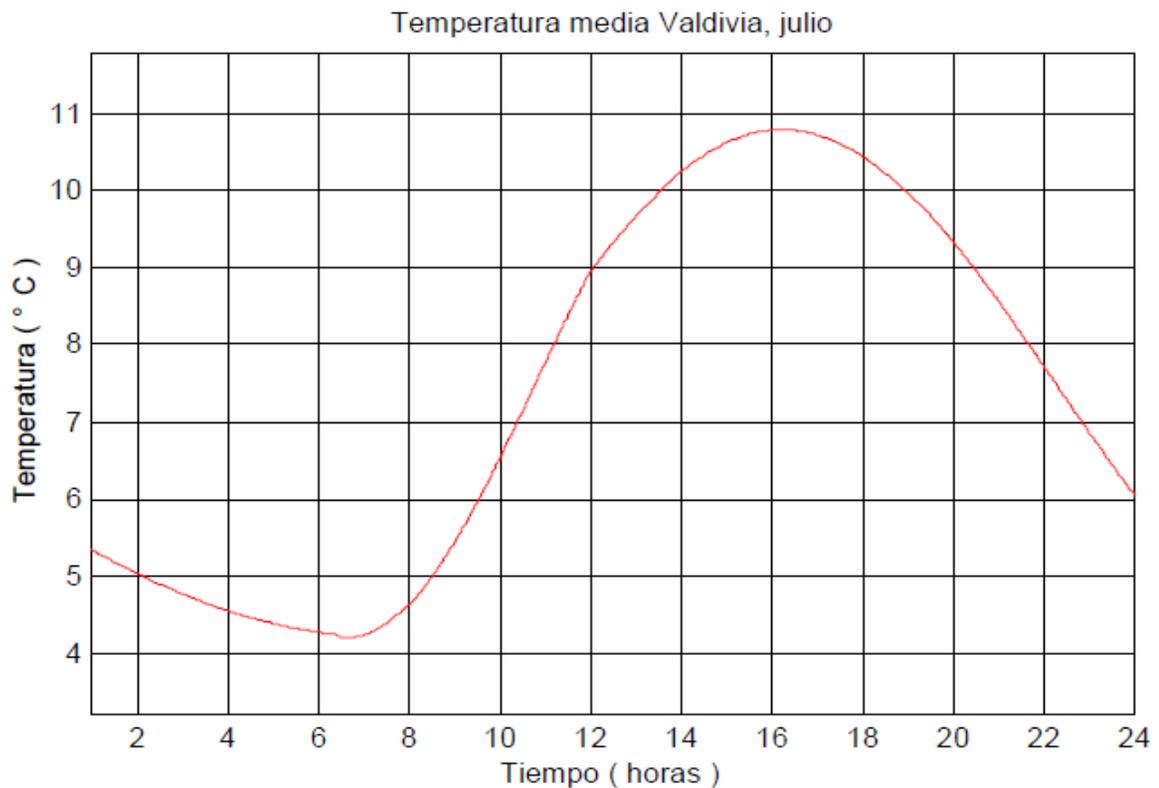
**Fuente:** PDF Climatología Regional, Dirección Meteorológica de Chile. Departamento de Climatología y Meteorología, 2001.

Recuperado el 8/10/2012 desde la web:

[http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia\\_regional.pdf](http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia_regional.pdf)

Con respecto al mes de Julio, como lo demuestra el gráfico 3, es el mes más lluvioso y con temperaturas mas frías en el año, el gráfico adjunto demuestra que hay máximas que no superan los 11°C, con una mínima aproximada alrededor de los 4°C. Son temperaturas frías, pero con el sistema EIFS, con el espesor escogido, se combate efectivamente las bajas temperaturas externas, ya que al momento de tener una aislación por lo menos de 100 mms. de espesor de EPS en el EIFS, la temperatura de rocío o punto de inflexión entre las temperaturas internas y externa, se lograría en el límite exterior del EPS, entregando el EIFS una temperatura interior de por lo menos 20°C, por lo que se opta por esta solución en este estudio.

**Gráfico 3:** Temperatura media Valdivia, Julio.



**Fuente:** PDF Climatología Regional, Dirección Meteorológica de Chile. Departamento de Climatología y Meteorología, 2001. (2012).

Al tener estas condiciones en conocimiento, hay que abordarlos al momento de realizar un proyecto en Valdivia y ejecutarlo físicamente. Como las condiciones climáticas influyen directamente en la energía necesaria para conseguir condiciones de confort (Manual de diseño para soluciones en edificaciones, 2011), ya que estas son las variables que influyen directamente en el tipo de aislación a usar.

Las más importantes son:

- Temperaturas medias, máximas y mínimas del aire.
- Humedad relativa máximas y mínimas del aire
- Radiación solar.
- Dirección y velocidad del viento.
- Niveles de nubosidad.
- Pluviometría.

Es importante tener en cuenta los factores climáticos, como las lluvias, la humedad, la condensación, para que la resultante de la envolvente cumpla con las condiciones térmicas hacia el ambiente interior.

Se tiene que la presencia excesiva de humedad del aire interior de los edificios afecta directamente el bienestar y el confort térmico, además de producir daños tales como (Manual de diseño para soluciones en edificaciones, 2011):

- Deterioro de terminaciones: pinturas, papeles, estucos, enchapes, molduras, pisos, etc.

- Deterioro estructural: corrosiones, erosiones, hinchamiento y putrefacción de maderas, etc.
- Disminución de la aislación térmica de los elementos perimetrales.
- Aumento de gastos de calefacción.
- Ambientes insanos que atentan contra la salud de sus moradores.
- Inconfort térmico.
- Aumento de los gastos de mantención.
- Desvalorización de la propiedad.
- Menor vida útil del inmueble.

También se distinguen cinco tipos principales de humedades que afectan un edificio (Manual de diseño para soluciones en edificaciones, 2011):

- Humedad de construcción: residual luego de la construcción.
- Humedad proveniente del suelo: absorción de agua presente en el suelo que asciende por capilaridad de los elementos constructivos.
- Humedad climática o atmosférica: presencia de vapor de agua en la atmósfera a causa del clima del lugar.

- Humedad de condensación: producto de la presencia de aire cargado de vapor de agua en el interior de los recintos.

- Humedad accidental: humedad proveniente de filtraciones, accidentes, entre otras.

De estos tipos de humedades la más frecuente y, a la vez difícil de evitar es la que se produce por condensación.

### 3.4 Rendimientos de Materiales

#### 3.4.1 EIFS

**Tabla 6.** Rendimiento de materiales para EIFS.

| PRODUCTO                                       | UBICACIÓN     | UNIDAD         | FORMATO | RENDIMIENTO un/formato |
|--|---------------|----------------|---------|------------------------|
| STO 80100                                      | Adhesivo      | m <sup>2</sup> | Tineta  | 19                     |
| Envolvente 1000x500x100 (20kg/m <sup>3</sup> ) | Superficie    | m <sup>2</sup> | Plancha | 0,5                    |
| Envolvente 1000x500x50 (30kg/m <sup>3</sup> )  | Superficie    | m <sup>2</sup> | Plancha | 0,5                    |
| Malla STO para EIFS                            | Superficie    | m <sup>2</sup> | Rollo   | 44,1                   |
| STO Adhesive 80100                             | Enlucido      | m <sup>2</sup> | Tineta  | 14                     |
| Primer   | Revestimiento | m <sup>2</sup> | Tineta  | 70                     |
| Finish   | Revestimiento | m <sup>2</sup> | Tineta  | 10                     |

**Fuente:** OTEC CHRSA. Oficina Técnica Consorcio Hospital Rancagua, 2012.

#### 3.4.2 Sto Silt

**Tabla 7.** Rendimiento de materiales para Sto Silt.

| PRODUCTO                                       | UBICACIÓN  | UNIDAD         | FORMATO | RENDIMIENTO un/formato |
|--|------------|----------------|---------|------------------------|
| STO Adhesive 80100                             | Adhesivo   | m <sup>2</sup> | Tineta  | 19                     |
| Envolvente 1000x500x100 (20kg/m <sup>3</sup> ) | Superficie | m <sup>2</sup> | Plancha | 0,5                    |
| Envolvente 1000x500x50 (30kg/m <sup>3</sup> )  | Superficie | m <sup>2</sup> | Plancha | 0,5                    |
| Malla STO para STO SILT                        | Superficie | m <sup>2</sup> | Rollo   | 44,1                   |
| STO 80100                                      | Enlucido   | m <sup>2</sup> | Tineta  | 14                     |

**Fuente:** OTEC CHRSA. Oficina Técnica Consorcio Hospital Rancagua, 2012.

### **3.5 Precios:**

#### **3.5.1 Mano de obra**

Los precios de la mano de obra más lo materiales que se obtuvo del instalador especialista certificado en EIFS, fuera de Valdivia, Juan García; del subcontrato CyT, de la ciudad de Santiago, son los siguientes:

##### **3.5.1.1 Desglose de la instalación**

- Pegado de envoltente: UF 0,3/m<sup>2</sup>
- Raspado: UF 0,5/m<sup>2</sup>
- Aplome: UF 0,3/m<sup>2</sup>
- Enlucido: UF 0,3/m<sup>2</sup>
- Retornos: UF 0,2/m<sup>2</sup>
- Pintura (Primer): UF 0,2/m<sup>2</sup>
- Terminación final (Finish): UF 0,3/m<sup>2</sup>

**Subtotal: UF 2,1/m<sup>2</sup>**

**Por lo tanto, el total de la instalación del EIFS es de:**

**TOTAL: 2,1 UF/m<sup>2</sup>.**

El valor de la UF calculado al día es de = UF: \$ 22.601,5 al 07/10/2012. (Banco Central, 2012).

En nuestra ciudad de Valdivia, hay instaladores de EIFS, y están autorizados por los productos de Sto, con residencia en Valdivia.

Al consultar sobre el coste para instalar EIFS, el Arquitecto, Sr. Jorge Morgenstern, indicó lo siguiente:

“- Para elaborar una cotización para su proyecto, se necesita conocer el proyecto para desarrollar la cubicación de las áreas a intervenir, si se requiere incluir aislación o solo barrera de vapor y lluvia, tipo de Finish (terminación) que se quiere implementar, ya que existen varios tipos de grano y color y que modifican el valor final de la instalación. Sabiendo esa información se puede elaborar un presupuesto.

- Se implementa un servicio completo, en el que se incluyen los materiales y todo lo requerido para la instalación.

- Los productos de Sto no incluyen el poliestireno expandido de alta densidad, pero éste lo implemento yo dentro del presupuesto.

- Respecto al valor del servicio de instalación, se entrega un valor final que incluye materiales según cubicación que desarrollo y mano de obra. No puedo entregar un valor por m<sup>2</sup>, ya que cada proyecto difiere en tipo de Finish, espesor de aislación requerida, altura del proyecto (uso de andamios) y detalles de aplicación según la modulación de las ventanas en fachadas.

- Además, para garantizar la correcta instalación de los productos Sto, se debe revisar sobre que materialidad se instalará y la distancia entre placas de ser el caso.”

Como éste estudio entrega la información necesaria para un proyecto de aislación térmica, en el caso que se tenga un futuro proyecto asociado a ésta memoria, se podrá tener contacto con el instalador de EIFS acá en Valdivia, ya que el propósito de ésta consulta en específica es para aportar información para un futuro proyecto.

Otro subcontrato que es mas rentable, es el subcontrato Emilio Galindo y RVC, de la ciudad de Santiago; el cual mediante entrevista telefónica, su dueño Sr Emilio Galindo, indicó que el coste de instalación de todo el sistema EIFS -esto incluye todo el proceso de instalación hasta su terminación- es de \$7.000/m<sup>2</sup>; es decir, 0,345 UF/m<sup>2</sup> , por lo que la cotización que se tendrá en consideración para el estudio comparativo de esta tesis **será con este valor de instalación para reducir costos y ahorrar capital.**

#### 3.5.1.2 Subcontrato de Sto Silt.

Con respecto ésta partida, de acuerdo a un subcontrato llamado Urbano Construcciones, que instala el sistema EIFS, y que además instala el Sto Silt, de Santiago; ellos cobran con los términos de que se le cedan todos los materiales, cobran **UF 0,822/m<sup>2</sup>.**

### **3.6 Ejecución de la instalación en terreno**

Las etapas que constituyen este sistema elegido de alta eficiencia energética, acorde a procedimientos de EE.TT (EE.TT, CHRSA, 2012), comprende de:

#### **3.6.1 Preparación de la superficie**

Antes que todo, se debe tener una superficie apta para su correcta instalación. Como se instala sobre la obra gruesa, se debe:

- Retirar las partículas sueltas
- La superficie debe estar limpia
- Retirar moldajes de obra gruesa
- En el caso que hayan enfierraduras que deriven hacia la fachada, se deben cortar previamente
- Los agujeros existentes, se deberán rellenar con estuco.

*(Ver Anexo A, foto 1)*

#### **3.6.2 Instalación de andamios (si es que se requiere)**

Como se debe trabajar en altura para la instalación, se debe tener los siguientes materiales e implementos necesarios para la correcta instalación:

- Andamios de tipo PERI, Scafom, Multimetall, etc.

*(Ver Anexo A, foto 2)*

#### **3.6.3 Chequeo de andamios**

Después del armado de andamios, se deben chequear para su correcto uso.

#### **3.6.4 Instalación de la envolvente térmica**

Luego se procede a la instalación de la envolvente térmica. Se instalarán planchas traslapadas tipo ladrillo de poliestireno expandido de 1000x500x100 mms (espesor 100mms.) y con una densidad de 20 kgs/m<sup>3</sup> en paramentos verticales, en rasgos de ventanas se usará de la misma densidad espesor de espesor 50 mms. Se fijará a la fachada de hormigón con adhesivo STO Adhesive (80100). La razón para hacer la mezcla adhesiva, es un saco de cemento, por cada 2 tinetas de STO Adhesive (80100).

*(Ver Anexo A, foto 3)*

#### **3.6.5 Raspado de la superficie**

Por consiguiente, una vez instalada la envolvente térmica, se deberá raspar las planchas, pudiendo ser con reglas dentadas o espátulas, de acuerdo al espacio a raspar.

*(Ver Anexo A, foto 4)*

#### **3.6.6 Aplome la superficie**

Se deberá aplomar la superficie como un plano mismo, sin dejar curvaturas ni sobresaltos. Para comprobar de forma rápida, puede ser con simples plomos manuales, o si se quiere tener certeza de la verticalidad y planeidad de la superficie puede ser con un levantamiento taquimétrico, o si se quiere una mayor exactitud y exigencia, se deberá realizar con una estación total, calándose en un punto cualquiera.

En el caso que la estación total acuse desaplomes, se pueden marcar las zonas u puntos que están desaplomadas, y posteriormente se deberá raspar o pegar algún aplancha mas delgada. Si el caso indica que son pocos milímetros, se recomienda cargar mas con STO en esa zona afectada.

La norma ASTM C3097, indica que en el EIFS, el rango de desaplome que se puede tener, es de 6 mms cada 6,4 mts., que equivale aproximadamente a un milímetro por cada metro.

*(Ver Anexo A, foto 5)*

### **3.6.7 Sellado de la superficie**

Una vez que se haya instalado correctamente la envolvente y aplomada ya, se recomienda sellar las juntas de dilataciones entre cada plancha (en el caso que hayan quedado separadas), con Soudal espuma de poliuretano. Todo esto es para evitar los puentes térmicos.

*(Ver Anexo A, foto 5)*

### **3.6.8 Secado de la envolvente**

Al momento de estar seco el sellado, se debe esperar por lo menos 12 horas para poder enlucir.

### **3.6.9 Enlucido**

El enlucido se hace sobre las planchas ya selladas, con STO Adhesive (80100). Primero se va colocando la mezcla sobre las planchas y en la medida que vayan avanzando se va instalando la malla fibra de vidrio STO de color amarilla fina, y luego se tapa nuevamente con la mezcla, para que quede sellada la malla por ambas caras con la mezcla.

En los rasgos de ventanas y puertas, se deberán hacer refuerzos de mallas en forma diagonal, para fijar de mejor forma las juntas o cortes de la malla en los retornos de rasgos de ventanas o puertas.

*(Ver Anexo A, foto 6)*

### **3.6.9.1 Aplicación del Primer**

Se debe aplicar un primer (pintura) sobre el enlucido, transcurrido unas 12 horas por lo menos, para que cubra y proteja la envolvente. Éste puede ser de color a elección del diseñador, profesional, o acorde a la terminación final que se requiera. Cabe destacar que éste primer, es una barrera impermeabilizante, y debe ser una mezcla inerte basada en resinas acrílicas altamente elastoméricas, de cuarzo y mármol, pigmentos inorgánicos resistentes a radiación UV, antihongos, antibacteriales y otros aditivos especiales, permitiendo una fuerte hidrorrepelencia y autolimpieza con el fin de evitar pasadas de lluvias por futuras fisuras, o grietas.

*(Ver Anexo A, foto 7)*

### **3.6.9.2 Aplicación de Grano o Finish**

Se aplicará sobre la superficie pintada con primer, algún tipo de grano a elección del diseñador, profesional o acorde al proyecto en sí, destacando la uniformidad o mezcla de colores que el proyecto requiera.

*(Ver Anexo A, foto 8)*

### 3.6.9.3 Sto Silt

Otra alternativa para darle una terminación al enlucido, puede ser instalando algún tipo de porcelanato, y más aún, si se quiere mezclar EIFS mas porcelanato se puede hacer, ya que el porcelanato puede ser instalado en recintos transitados y el EIFS en lugares que no sean transitables. Eso queda a criterio del arquitecto e ingenieros.

Para éste caso, de acuerdo a EE.TT. (EE.TT, CHRSA, 2012), se recomienda instalar el Sto Silt, que es un sistema de fijación con tornillos de anclajes sobre el enlucido para sostener el porcelanato y evitar que se caiga.

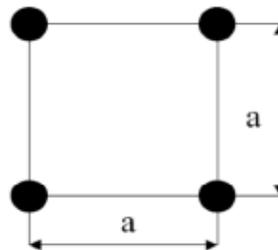
Los pasos a seguir para ésta instalación es la misma que el EIFS, hasta la etapa del enlucido, con os mismos espesores y densidades de planchas de poliestireno expandido.

Una vez que la envolvente esté enlucido, se deben fijar a nivel de metro, éstos tornillos de anclajes, según el proyecto, y deben ir a una distancia equidistante de “a” cms en los ejes “X” e “Y”, como lo indica la figura 9.

**Figura 9.** Espaciamiento entre los dowels Ejot.

#### Dowelling through the mesh

| Number of dowels [pcs / m <sup>2</sup> ] | Dowel spacing a [cm] |
|--|----------------------|
| 2  | 71                   |
| 3  | 58                   |
| 4  | 50                   |
| 5  | 45                   |
| 6  | 41                   |
| 7  | 38                   |
| 8  | 35                   |
| 9  | 33                   |
| 10                                       | 32                   |
| 11                                       | 30                   |
| 12                                       | 29                   |
| 13                                       | 28                   |
| 14                                       | 27                   |



**Fuente:** Sto Silt. TC –Meeting 1 March 2011. Joint planning and realization of EWIS with rigid coatings. D. Keßler. Sto- Bewusst bauen.

De acuerdo a EE.TT (EE.TT CHRSA, 2012), al porcelanato o la terminación que se elija instalar, se recomienda que en los sectores indicados como niveles transitables, en el caso con porcelanato, puede revestirse con porcelanato de doble carga, color a elección, pudiendo ser de diferentes modelos, adhesivos y con las canterías respectivas definidas por el proyecto en cuestión.

Se pueden colocar espaciadores plásticos a elección, pero siempre tiene que coincidir el ancho de la cantería con el ancho del separador, ya que el fragüe es el único elemento que genera elasticidad al paño en caso de sismos.

Ahora, con toda la información detallada del sistema elegido, que es el EIFS mas Termopanel, para el análisis de este estudio, **se compararán cuantitativamente los valores de los consumos monetarios y energéticos del sistema propuesto, con el tradicional u original del edificio a estudiar, siendo el Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia.**

### 3.7 Cálculo del consumo monetario anual tradicional de un sistema calefactor.

Para definir qué sistema es conveniente a la hora de ejecutar un proyecto sustentable de estas características, se debe comparar el sistema tradicional de calefacción, que no incluye un sistema de aislación térmica; del Edificio Consistorial de Valdivia, versus el sistema a proponer con aislación térmica que será apoyado intermitentemente con calefacción a leña.

Para aquello se comparará el balance térmico y económico de ambas propuestas, lo que arrojará un resultado analítico que definirá cuantitativa y cualitativamente la elección de sus mejores potencialidades.

Los valores representativos del balance térmico para este edificio en particular como edificio tradicional, se indican en la Tabla 8, (Registro de consumo de leña año 2012), donde indica que el consumo anual de m<sup>2</sup> de leña a utilizar en el edificio, es de 186 m<sup>2</sup>.

**Tabla 8:** Registro consumo leña año 2012

| <b>Edificio Consistorial/Meses</b> | <b>Monto</b>        | <b>Metros</b> |
|------------------------------------|---------------------|---------------|
| Enero                              | \$ 684.000          | 24            |
| Marzo                              | \$ 1.140.000        | 40            |
| Mayo                               | \$ 912.000          | 32            |
| Junio                              | \$ 1.026.000        | 36            |
| Septiembre                         | \$ 1.089.600        | 40            |
| Noviembre                          | \$ 427.500          | 14            |
| <b>TOTAL CONSUMO</b>               | <b>\$ 5.279.100</b> | <b>186</b>    |

**Fuente:** Gonzalo Muñoz, Jefe de Adquisiciones, Unidad de Administración, Ilustre Municipalidad de Valdivia, 2013.

Para hacer la comparación entre el sistema tradicional de calefacción con el sistema de aislación térmica a proponer, se considerará como sistema propuesto, la instalación térmica EIFS en este edificio, en comparación con el sistema de calefacción a leña como posible

sistema en el estudio del nuevo proyecto para este edificio. Para realizar el cálculo, el Jefe del Departamento de Planificación Territorial SECPLAN, Sr. Cristián Hevia Balbontín, de la Ilustre Municipalidad de Valdivia, indica que las superficies de las fachadas son las siguientes:

**Tabla 9:** Superficies Fachadas

| Fachadas         | m2               |
|------------------|------------------|
| Fachada Norte    | 1023,54          |
| Fachada Sur      | 1193,983         |
| Fachada Oriente  | 464,6144         |
| Fachada Poniente | 551,525          |
| <b>Subtotal</b>  | <b>3233,6624</b> |
| - Sup. Vidriada  | 689,61           |
| - Sup. Puertas   | 81,34            |
|                  |                  |
| <b>Total</b>     | <b>2462,7124</b> |

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Total fachadas: 2462,7124 m2.**

Con este valor que indica la tabla 9, se compararán los distintos tipos de calefacción interior en el edificio Consistorial.

También, se debe incluir en el coste de la inversión, la tecnología térmica de termopaneles en el edificio (ventanas proyectantes y fijas), como se fundamentó mas arriba.

Para esta información, se investigó el valor por m2 de termopanel, y se estudió la cotización en la empresa personal de Francisco Lizama, impulsado por Proyectos Innova Biobio patrocinados por Cidere Biobio, de la ciudad de Concepción; ya que tiene precios más baratos que las competencias. Por ejemplo, Venteko de Valdivia, la ejecutiva comercial Milka Miller, indica que el valor del m2 de termopanel está a \$89.000/m2, incluyendo el perfil de aluminio, los cristales y la instalación, cosa que encarece significativamente el proyecto, por lo que se optó por el servicio de Francisco Lizama, ya que fomenta el ahorro, con tecnología de vanguardia y acorde a la normativa vigente de termopaneles y elementos vidriados.

Se contactó con él, el 28 de Marzo de 2013, e indicó que el valor del m<sup>2</sup>, incluyendo los cristales, perfiles de aluminio, mantiene las piernas de los vanos, sellos con silicona con color del perfil y mas la instalación, tiene un coste de \$45.000 (4 mms X 12 mms X 4 mms), el valor no incluye traslado a otras ciudades; y es mas, si las ventanas están instaladas en el edificio, ésta empresa adapta los perfiles a los marcos existentes, y trabaja con las medidas que él obtiene de sus adaptaciones, ya que no es necesario eliminar todo lo que hay en el vano, pero si se requiere, como en el caso de este proyecto en estudio para la instalación del EIFS en los retornos de ventanas, se instalarían de forma completa, lo que el precio no variaría.

Entonces, resultaría lo siguiente para el proyecto en estudio:

Total Superficies vidriadas: 689,61 m<sup>2</sup>.

Total coste Termopaneles: \$45.000/m<sup>2</sup>

**Total coste proyecto: \$31.032.450.-**

### **3.7.1 Consumo monetario anual (C.M.A) del edificio calefaccionado con leña las 12 hrs (08 hrs – 20 hrs.):**

*Q leña: 186 m<sup>2</sup>.* El precio del m<sup>2</sup> de leña es variable dentro del año; además se adquiere leña 6 veces al año, siendo la resultante en capital de \$ **5.279.100.-**

C.M.A= \$5.279.100/año

**C.M.A= \$5.279.100/año.-**

### **3.7.2 Comparación cuantitativa y cualitativamente de los sistemas de calefacción versus EIFS.**

El sistema de aislación térmica EIFS se comparará en esta tesis, con el sistema de calefacción a leña, ya que es el único modo de calefacción con que cuenta el Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia.

Entonces, una vez que se hayan calculado el parámetro comparativo, se realizará los cálculos de las inversiones y rentabilidades anuales.

La superficie total de las fachadas del Edificio Consistorial es de: **2.462,7124 m<sup>2</sup>**.

Se tiene en el estudio del EIFS, que se detalló en el punto 3.5.1 en la presente tesis, la instalación del EIFS tiene un coste de 0,345 UF/m<sup>2</sup> (\$7000).

El valor total entonces, es de:

V.T.E (Valor Total EIFS) = **2.462,7124 m<sup>2</sup>** X 0,345 UF/m<sup>2</sup> = **2.462,7124 m<sup>2</sup>** X \$7.000

**V.T.E = \$17.238.986.-**

**Total Inversión (EIFS + Termopanel): \$31.032.450 + \$17.238.986**

**Total Inversión (E + T): \$48.271.436.-**

Ahora, en la tabla 10, se tienen los valores monetarios de cada consumo a comparar, y se obtiene:

**Tabla 10.** Resumen de C.M.A y V.T.E

| <b>Sistemas</b>      | <b>Tradicional</b> | <b>EIFS + Termopanel</b> |
|----------------------|--------------------|--------------------------|
| <b>Qleña (C.M.A)</b> | <b>\$5.279.100</b> | <b>\$48.271.436</b>      |

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.7.3 Determinación de la cantidad de leña a utilizar en el sistema propuesto.

Para determinar de forma exacta el consumo de leña que se debe utilizar al año, de acuerdo a este estudio, se calculará con una simulación energética al edificio, como un edificio con las características actuales o reales, comparado con las características propuestas, en la cual se consolidarán los resultados finales determinando las pérdidas y ganancias de ambos sistemas. La comparación se hizo con un software creado por el Ingeniero Constructor Rubén Seguel, Subgerente del CIVA, Valdivia, en el cual se ingresan los datos necesarios para los cálculos energéticos solicitados. El uso de este software se fundamenta para modelar el consumo original del edificio y el consumo mejorado del mismo edificio, obteniéndose resultados determinantes y exactos en cuanto a consumos, pérdidas y demandas energéticas empleando ambos sistemas a comparar. Para una revisión exhaustiva y específica, revisar anexo B.

Se observan en la tabla 11, los resultados finales de la simulación, de acuerdo al ANEXO B.

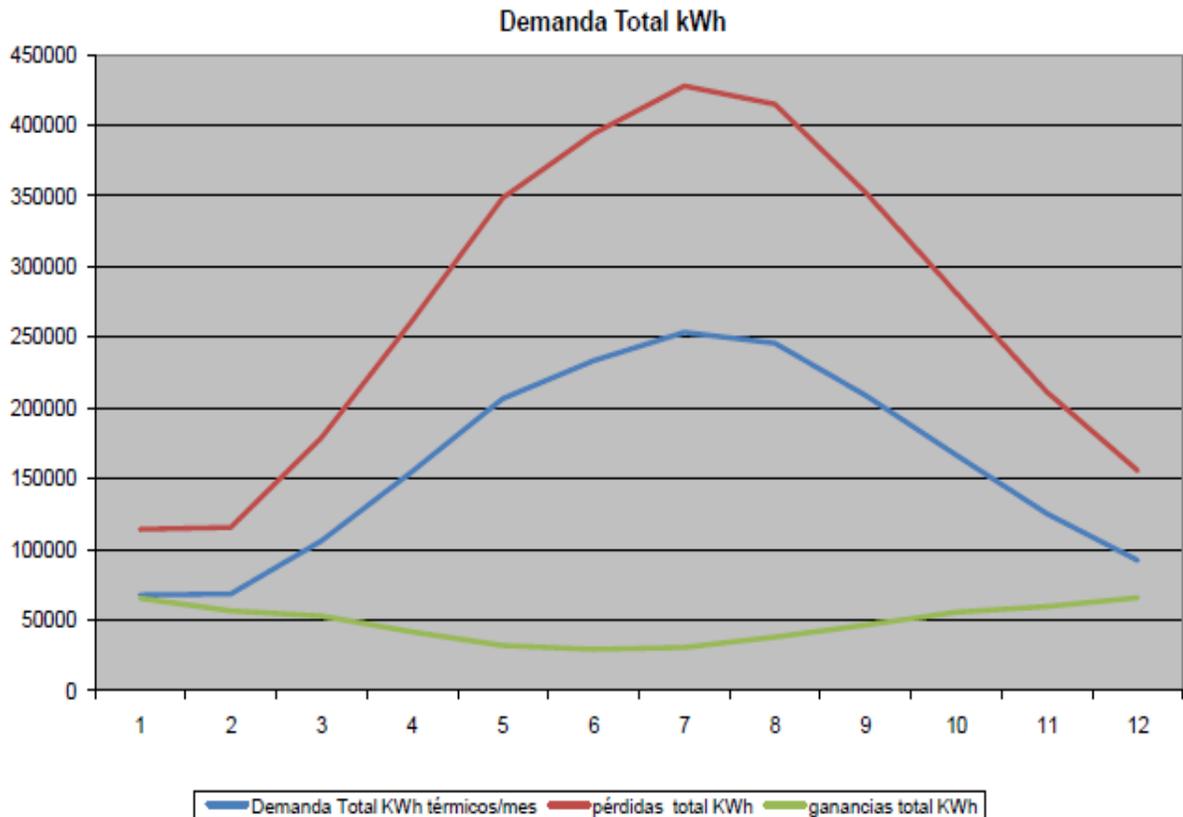
**Tabla 11.** Resultados simulación energética de ambos sistemas.

| <b>Datos/Sistemas</b>                     | <b>Sistema Tradicional o Real<br/>(Ventanas Comunes)</b> | <b>Sistema Propuesto<br/>(EIFS + Termopanel)</b> |
|---|--|--|
| <b>kWh anual</b>                          | 2.684.329,39   | 1.357.088,23                                     |
| <b>kWh/año-m2</b>                         | 342  | 172,73   |
| <b>Costo</b>                              | \$ 322.119.526   | \$ 162.850.587                                   |
| <i>Ahorro en capital : \$ 159.268.939</i> |  |  |
| <i>Ahorro en Energía : 49%</i>            |  |  |

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede observar, los resultados son determinantes y críticos al momento de comparar el sistema tradicional con el sistema propuesto, obteniéndose **un ahorro significativo de \$159.268.939 por concepto de kWh anual, un ahorro de 169.27 kWh/año-m2 y un ahorro de energía anual del 49%; es decir, de 1.327.241,16 kWh anuales.**

**Gráfico 4.** Curvas de demandas energéticas de ambos sistemas en estudio.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el **gráfico 4**, se observan las curvas de demandas energéticas calculadas, en las cuales se observan las diferencias de consumo entre ambos sistemas planteados.

### 3.7.4 Cálculo de la determinación de cantidad de leña a utilizar en el sistema propuesto.

Como se indica en este estudio, el consumo de leña real del Edificio Consistorial, es de 186 m<sup>3</sup>; en efecto a estos cálculos precisos, se determina que el consumo de leña para el sistema propuesto, debe ser el 51% de lo que se utiliza actualmente, ya que es necesario solamente ese porcentaje para lograr el equilibrio en cuanto a calefacción con el sistema de aislación exterior EIFS + Termopanel.

**Consumo Real m3 de leña:** 186 m3

**Consumo Propuesto:** 51%.

**Consumo Propuesto:** 94,83 m3 de leña.

Por lo que habría que invertir en estos 94,83 m3 de leña, y se optaría por ahorrar también en cuanto al coste de m2 de leña en Valdivia, por lo que optaría con el vendedor Sebastián Cárcamo, cuyo m3 de leña hualle se vende a \$18.500, haciendo una rebaja en cuanto a la cantidad indicada, ya que en pequeñas cantidades vende el m3 de leña hualle a \$21.000.-

**Total Inversión leña:** 94,83 m3 x \$ 18.500/m3 = \$1.754.355, ahorrándose \$3.524.745 al año.

**Total Inversión en leña: \$1.754.355.**

Por lo tanto, el total de la Inversión Propuesta está reflejada en la tabla 12:

**Tabla 12.** Resumen de Inversiones

| <b>Sistemas</b> | <b>Leña</b>          | <b>EIFS + Termopanel</b> |
|-----------------|----------------------|--------------------------|
| <b>SubTotal</b> | <b>\$1.754.355.-</b> | <b>\$48.271.436.-</b>    |

Fuente: Elaboración propia.

**Total Inversión: \$48.271.436.-**

### 3.7.5 Cuadros de flujo del consumo de calefacción a leña versus la aislación térmica EIFS.

Para realizar las comparaciones respectivas, es necesario confeccionar un cuadro de flujos a través de los años, en este caso el horizonte de evaluación será de 10 años, con el objeto de determinar la cantidad de años o períodos (n) en la que se recupera la inversión.

#### **a) Depreciación anual**

$D = (\text{Valor inicial} - \text{Valor final}) / \text{vida útil}$

$D_{ac} = (\$48.271.436 - 0) / 40 \text{ años. } \underline{\underline{D_{an} = \$1.206.785.-}}$

Éste es el valor de la depreciación al año 1 de la instalación del sistema EIFS

b) **Depreciación acumulada** = (Valor inicial-Valor final /Vida útil) x horizonte de evaluación

(Este caso es de 10 años)

$$Dac = \$1.206.785 \times 10$$

**Dac= \$12.067.850.-**

Éste es el valor de la depreciación acumulada, teniendo un horizonte de evaluación de 10 años, como criterio fundamental de Evaluación de Proyectos.

c) **Valor de desecho** = (Valor inicial - depreciación acumulada)

$$Vd = (\$48.271.436 - \$12.067.850)$$

**Vd= \$36.203.586.-**

Este es la cantidad del valor de desecho para este proyecto en cuestión.

Por lo tanto, se tiene como gastos fijos y variables, solamente el consumo de leña requerido para el sistema propuesto, que es del 51% del real; es decir:

**CF. + CV. : \$1.754.355.-**

**3.7.6 Tabla 13. Cuadro de Flujo – Consumo calefacción a leña sin impuesto versus aislación térmica EIFS + Termopanel.**

**Datos**

Inversión: \$48.271.436.-

Consumo: \$5.279.100.-

CF + CV: \$1.754.355.-

Vida útil: 40 años.

Depreciación anual: \$1.206.785.-

Horizonte de Evaluación: 10 años.-

Valor de Desecho: \$36.203.586.-

| <b>ITEM</b>             | <b>0</b>             | <b>1</b>           | <b>2</b>           | <b>3</b>           | <b>4</b>           |
|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Ingresos anuales</b> |                      | \$5.279.100        | \$5.279.100        | \$5.279.100        | \$5.279.100        |
| <b>CF + CV</b>          |                      | -\$1.754.355       | -\$1.754.355       | -\$1.754.355       | -\$1.754.355       |
| <b>Depreciación</b>     |                      | -\$1.206.785       | -\$1.206.785       | -\$1.206.785       | -\$1.206.785       |
| <b>Utilidad</b>         |                      | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        |
| <b>Impuesto</b>         |                      | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| <b>Utilidad Neta</b>    |                      | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        |
| <b>Depreciación</b>     |                      | \$1.206.785        | \$1.206.785        | \$1.206.785        | \$1.206.785        |
| <b>Inversión</b>        | <b>-\$48.271.436</b> | -                  | -                  | -                  | -                  |
| <b>Valor de Desecho</b> | 0                    | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| <b>F.N.O</b>            | <b>-\$48.271.436</b> | <b>\$3.524.745</b> | <b>\$3.524.745</b> | <b>\$3.524.745</b> | <b>\$3.524.745</b> |

| <b>5</b>           | <b>6</b>           | <b>7</b>           | <b>8</b>           | <b>9</b>           | <b>10</b>           |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| \$5.279.100        | \$5.279.100        | \$5.279.100        | \$5.279.100        | \$5.279.100        | \$5.279.100         |
| -\$1.754.355       | -\$1.754.355       | -\$1.754.355       | -\$1.754.355       | -\$1.754.355       | -\$1.754.355        |
| -\$1.206.785       | -\$1.206.785       | -\$1.206.785       | -\$1.206.785       | -\$1.206.785       | -\$1.206.785        |
| \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960         |
| 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                   |
| \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960        | \$2.317.960         |
| \$1.206.785        | \$1.206.785        | \$1.206.785        | \$1.206.785        | \$1.206.785        | \$1.206.785         |
| -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                   |
| 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | \$36.203.586        |
| <b>\$3.524.745</b> | <b>\$3.524.745</b> | <b>\$3.524.745</b> | <b>\$3.524.745</b> | <b>\$3.524.745</b> | <b>\$39.728.331</b> |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.7 Determinación del VAN.

**Fórmula:**  $VAN = - \text{Inversión} + \frac{F.N.O.}{(1+i)^n}$  con  $n = 1$  a  $n$  períodos,  $i = 6\%$

**$VAN = 0 = - \text{Inversión} + \frac{\text{Flujos Netos Operacionales}}{(1+i)^n}$**

$$\begin{aligned} \underline{VAN} = 0 = & -\$48.271.436 + \$3.524.745/\{(1+0.06)^1\} + \$3.524.745/\{(1+0.06)^2\} + \\ & \$3.524.745/\{(1+0.06)^3\} + \$3.524.745/\{(1+0.06)^4\} + \$3.524.745/\{(1+0.06)^5\} + \\ & \$3.524.745/\{(1+0.06)^6\} + \$3.524.745/\{(1+0.06)^7\} + \$3.524.745/\{(1+0.06)^8\} + \\ & \$3.524.745/\{(1+0.06)^9\} + \$39.728.331/\{(1+0.06)^{10}\} + \$3.524.745/\{(1+0.06)^{11}\} + \\ & \$3.524.745/\{(1+0.06)^{12}\}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{VAN} = 0 = & -\$48.271.436 + \$3.325.231 + \$3.137.011 + \$2.959.444 + \$2.791.928 + \\ & \$2.633.895 + \$2.484.806 + 2.344.157 + 2.211.469 + \$2.086.291 + \$22.184.093 + \$1.856.792 \\ & + \$1.751.690. \end{aligned}$$

**A los 10 años:  $-\$48.271.436 + \$46.158.325 = -\$2.113.111$**

**Recuperándose la Inversión a los 12 años:  $-\$48.271.436 + \$49.766.807 = +\$1.495.371.-$**

### 3.7.8 Análisis del cuadro de flujo entre sistema tradicional de calefacción a leña sin impuesto versus EIFS + Termopanel + leña.

Al tomar el sistema propuesto con calefacción a leña **sin impuesto**, considerando al Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia, como institución estatal, queda exento del pago de impuestos, cuya inversión del sistema propuesto es de **\$48.271.436**, definiendo un horizonte de evaluación de 10 años, obteniéndose un valor negativo aún en los 10 años, se observa que a los **12 años se recupera la inversión, teniendo ya un ahorro de +\$1.495.371**; y como este sistema EIFS tiene una vida útil de 40 años aproximadamente, habrá un **ahorro de capital ostensible dentro de los 30 años restantes**, por lo que indica que el proyecto es **viable**. Esto es, sin considerar mantención del sistema tradicional calefactor, e imprevistos.

Con este sistema de aislación exterior, con el ahorro de consumo monetario y energético que significa, además del confort térmico y la alta eficiencia energética de los elementos constructivos empleados, realza mas el carácter sustentable que poseen estos elementos, por el hecho de disminuir el consumo de leña anualmente, significando una menor tala de árboles en los bosques y aportando beneficiosamente al medioambiente, a la vida humana, y a la flora y fauna del bosque Valdiviano.

Con estos resultados, en el siguiente capítulo se abordarán lineamientos generales relacionados con el impacto económico y social de un proyecto sustentable como el detallado en este capítulo.

## **CAPÍTULO IV**

### **IMPACTO SOCIOECONÓMICO**

#### **4.1 -Impacto económico**

De acuerdo a los resultados obtenidos con las inversiones obtenidas para la mejoría del Edificio Consistorial, de la Ilustre Municipalidad de Valdivia, hay ahorros significativos económicamente, dentro de los 30 años restantes de la vida útil del sistema elegido para mejorar térmicamente y energéticamente al edificio, además se tiene que hay una recuperación de la inversión a los 12 años, lo que hace realmente viable este proyecto a dicho edificio en el tiempo.

Es por ello, que el impacto económico producido ante una eventual edificación del tipo sostenible en nuestra Región, debe ser para muchos, como para llevar a cabo un proyecto de esta magnitud (Zarzosa, A. 2006), algo bastante oneroso; pero al comparar costos de materiales, de instalación, vanguardia de nuevos materiales, disminuyen los costos que pudiera ocasionar la ejecución de un proyecto sustentable. Podría ocurrir que la suma atención en la realización de todos los trabajos de obra, el uso de materiales sustentables, la reagrupación y el inventario de los residuos de demolición o construcción, o la implementación de diferentes métodos de captación de la energía, precisa imponer sobrepuestos en relación a la construcción convencional, pero este estudio, ayuda a demostrar lo contrario, indicando que si es viable.

Los estudios que necesita un proyecto con estas singularidades son de una importancia mayor, en el aspecto como la inclusión de técnicos en ciencias del ambiente, que lógicamente los proyectistas darán como un visto de inversión mayor al normal, lo que respalda este estudio lo contrario, ya que actualmente es menos costoso invertir en nuevas tecnologías ya que las rentabilidades se recuperan en poco tiempo. Esa es la conciencia que hay que forjar, invertir un poco más para vivir mejor en un confort ambiental y cuidar el entorno, en contra de

construcciones a veces contaminantes y perjudiciales, sin lograr la calidad de vida que tanto se busca al arrendar oficinas de edificios, o viviendas.

También hay diversas estrategias a considerar que no precisan más que del conocimiento del entorno y la utilización y ejecución acorde de los parámetros determinantes, como la vegetación circundante, los vientos, las lluvias y el soleamiento.

#### **4.2 Beneficios socioeconómicos**

Hay varios beneficios y razones para construir de forma sostenible, que logran obtener de forma directa una ayuda económica y que se traduce a una ayuda social a la vez.

Según el estudio de (Zarzosa, A. 2006), indica que los beneficios socioeconómicos de una construcción sustentable son:

-Aumento en las rentas de alquiler, por la opción de elegir un lugar para vivir con mayor confort en el interior del edificio, en comparación con otros sistemas de vivienda.

-Períodos de recuperación del leasing más rápidos

-Tasas de retención de los inquilinos mayores debido al incremento del confort

-Costes de funcionamiento menores para: energía, agua, residuos y mano de obra

-Costes de renovación más reducidos

-Potencial plazo de ejecución de la obra más acelerado

-Ordenes de cambios menores durante la construcción

-Menores obligaciones y riesgos que llevan a menores primas de seguros

-Mayor valor de los préstamos y menores requisitos de capital

-Mayor valor del edificio a la hora de la venta y de la tasación

-En general un mayor rendimiento de la inversión

### 4.3 -Impacto social

#### *Desarrollo urbano sustentable*

Los impactos de la construcción (SciELO, 2011; Sjöström, C. 2001), sobre el desarrollo urbano sustentable son de importancia por cuanto la urbanización continua refuerza la importancia de crear un medio construido que sea sustentable para las generaciones futuras. El medio ambiente construido constituye uno de los soportes principales para el desarrollo económico y el bienestar social. Las provisiones de infraestructura, edificios y plantas son los recursos importantes que emplean las naciones. Los temas importantes están unidos a la calidad del medio ambiente, la calidad de la residencia, y los aspectos gubernamentales. El crecimiento urbano y el problema del uso de recursos y manejo de residuos son dos aspectos transversales principales. La sustentabilidad de los asentamientos en los países en desarrollo aumentan las cuestiones específicas adicionales.

Algunos objetivos concretos son (SciELO, 2011):

- Investigación de problemas y soluciones para la extensión de la aglomeración urbana.

- Desarrollo de remedios para la mayor utilización de recursos sustentables y manejo de residuos.
- Reducción de inconvenientes y riesgos naturales y tecnológicos.
- Aumento de la calidad de vida en las ciudades (accesibilidad a servicios, calidad del espacio público, herencia cultural, densidad, transporte, vida local, calidad de la residencia, etc.).
- Desarrollo de protocolos de tomadores de decisión y herramientas para la consideración balanceada y efectiva de los factores de sustentabilidad.
- Aspectos de gobernabilidad.
- Desarrollo de la sustentabilidad de asentamientos en países en desarrollo.

Este impacto es tal vez el más importante a obtener con una construcción o edificación que presente un mayor estándar en cuanto a la calidad ambiental interior, estará directamente asociado a la disminución de problemas de salud de las personas. Ello es debido (MINVU, 2011), a mejores condiciones térmicas, acústicas, de iluminación, de contenido de humedad y calidad del aire en estos ambientes (menos contaminación intra-domiciliaria).

De este modo nos acercamos a los equilibrios necesarios al que toda sociedad debe aspirar, aportando al desarrollo sustentable, el que en una visión holística depende de un conjunto de factores en permanente interacción y en el que el ser humano juega un rol fundamental para lograr el equilibrio entre lo social, lo económico y el medio ambiente.

El objetivo (MINVU, 2011), es conservar la integridad presente y futura del medio ambiente, con toda su diversidad.

La economía debe conseguir la gestión óptima de los recursos humanos, naturales y financieros para permitir la satisfacción de las necesidades de las comunidades humanas, con sentido de equidad entre las naciones, entre los individuos e intergeneracional.

En el contexto de la edificación y la ciudad (MINVU, 2011), el desarrollo sustentable se consigue al considerar una serie de factores que interactúan entre ellos, los que al ser tomados en cuenta permiten conseguir una ciudad sustentable. En este sentido, la vivienda social no es considerada como un elemento aislado.

No basta con incrementar el estándar de calidad de la vivienda desde el punto de vista ambiental, sino que también todo el contexto territorial en que se inserta. La gente vivirá en un ambiente habitable (espacio en que las personas perciben y manifiestan satisfacción en su interacción con el) solo si se reúnen condiciones en cuanto a la arquitectura, el urbanismo y la construcción. En otras palabras, la interrelación entre estos tres aspectos y en equilibrio con el medio ambiente depende si se tendrá una vivienda, barrio o ciudad sustentable, con el consiguiente beneficio para sus habitantes.

La interrelación que podrá conseguir una ciudad sustentable en la medida que cada una de sus partes y las interacciones entre ellas se desarrollen en un marco de respeto por el medio ambiente general.

La edificación contempla la materialidad, las propiedades físicas de los materiales, los sistemas de acondicionamiento ambiental con eficiencia y uso de recursos renovables. La arquitectura considera estrategias climáticas, las condiciones de confort, las tipologías de edificios.

Tomando en cuenta la información destacada proporcionada por (Zarzosa, A. 2006), éstos beneficios sociales se traducen en una amplia gama de impacto a nivel social, en cuanto a la salud de los individuos y a la productividad de los mismos.

Destacan:

- Calidad ambiental interior aumentada.
- Control y confort térmico de los usuarios aumentado.
- Menores quejas en relación con los usuarios del edificio.
- Absentismo de los empleados menor (14% - 48% de reducción).
- Menores riesgos de salud con los empleados.
- La productividad de los empleados aumentada.

#### **4.4 La sostenibilidad social**

A nivel Regional, es necesario el cuestionamiento de este impacto en la Región, y es aquí en donde entran conceptos tales como: ¿cuál es el costo inicial de un edificio?, ¿cuál es el costo de mejoramiento de un edificio en términos de eficiencia energética? ¿cuál es el costo a lo largo de su vida útil?, la vulnerabilidad de las edificaciones y el análisis de riesgo, ¿puede una familia o una sociedad pagar dichos costos?, ¿Puede afrontarse el costo ambiental?. Son todas preguntas que cada sociedad local debe responder y la dirigencia debe dar respuestas adecuadas y sustentables, preguntas que se pueden responder con este estudio en particular. Estos son datos estadísticos y técnicos que deben manejarse a la hora de querer implementar un diseño de magnitud en esta región para tener en cuenta todas las externalidades, sean negativas y/ positivas.

Es por ello (MINVU, 2011), que al emplear un diseño de este tipo en un lugar cualquiera, a parte de haber un cambio físico del entorno, se produce un cambio en las mentes de la sociedad, aceptando algo que se cree que es aceptable para todos, favoreciendo la vida de todos los usuarios, y lo mas importante aún, favoreciendo la vida al reloj del planeta. Como todo proyecto es estudiado, implica que hay base científica para establecer un diseño sustentable, por lo que hay un impulso o impacto en las mentes de querer cuidar y de concientizar a los entes encargados de diseñar y ejecutar estos tipos de proyectos, que si miramos alrededor en esta ciudad, hace falta, ya que hay que cuidar la vasta vegetación, flora y fauna en la que estamos rodeados.

Para reforzar los lineamientos generales de los impactos económicos y sociales de este proyecto, es necesario determinar y fundamentar estrategias y normativas ambientales concernientes a proyectos de este tipo. Para profundizar en el tema, en el siguiente capítulo se detallará el impacto ambiental que suscita un estudio de estas características.

## **CAPÍTULO V**

### **IMPACTO AMBIENTAL**

#### **5.1 Impacto ambiental de una edificación sustentable.**

En cuanto al impacto ambiental que causaría una implementación de este tipo de construcción, como el estudio del mejoramiento del Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia, estudiado en la presente tesis, se tiene que (MINVU, 2011) tener en cuenta que actualmente existen claras evidencias científicas sobre la existencia del cambio climático, debido al efecto invernadero generado por las emisiones de CO<sub>2</sub>. Estas emisiones se asocian directamente con el sector de la energía, pues se producen por la combustión de energías fósiles, tales como el carbón, el gas, el petróleo y la quema de leña. Este fenómeno ha estado provocando un aumento significativo de la temperatura media del globo, generando deshielos de glaciares, incremento en el nivel de los océanos, aumento de las precipitaciones, deterioro de los suelos (sequías) y el crecimiento de ciertas infecciones epidémicas.

Por otra parte, en el planeta se observa un conjunto de desigualdades y desequilibrios globales, que se manifiestan en el consumo energético y en sus respectivas emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases tóxicos, cuya mayor responsabilidad se encuentra en los países desarrollados, y es de importancia, porque nuestro país cada vez más se está insertando en ese plano socioeconómico.

Al respecto el Informe sobre Desarrollo Humano, (Informe sobre Desarrollo Humano, 2007-2008) expone: “En el mundo de hoy, son los pobres los que llevan el peso del cambio climático. Mañana, será toda la humanidad la que deberá enfrentar los riesgos asociados al calentamiento global.

La veloz acumulación de gases efecto invernadero en la atmósfera de la Tierra, está cambiando de manera fundamental el pronóstico climático de las próximas generaciones.

Estamos acercándonos al borde de los llamados “puntos de inflexión”, sucesos impredecibles y no lineales que pueden desencadenar catástrofes ecológicas, entre ellas, la pérdida acelerada de los hielos polares de la Tierra, que transformarán a los sistemas de asentamientos humanos a disminuir la viabilidad de economías nacionales completas.

Es posible que nuestra generación no se vea afectada por sus consecuencias. Pero nuestros hijos y nietos no tendrán alternativa y tendrán que vivir con ellas. La aversión a la pobreza y a la desigualdad de hoy y al riesgo catastrófico de mañana provee un sólido fundamento para actuar ahora con máxima premura.

De acuerdo a lo establecido en el Informe sobre Desarrollo Humano, del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2007-2008), bajo este mismo contexto, las energías renovables y la eficiencia energética constituyen un recurso inevitable a considerar dentro de toda planificación en el sector energético, contribuyendo a reducir los efectos que provocan las emisiones, debido al uso de combustibles fósiles y madera en el medio ambiente del planeta.

La eficiencia y preservación de los recursos también es un tema importante de destacar dentro del ámbito ambiental, por lo que Zarzosa, (Zarzosa, A. 2006), indicó que en este contexto es necesario mencionar:

- Menor coste de la obra, al reducir las cargas y al empleo mas eficientes de los materiales (hasta el 30%).

- Menor consumo de energía (electricidad 30% - 70%, iluminación 40% - 70%, y gas natural hasta 7%).

- Menor consumo de agua (hasta el 65%).

- Menos residuos generados durante la construcción y funcionamiento del edificio.

- Utilización de recursos renovables, menor uso de los no renovables.

- Utilización de materiales con contenido en reciclados.

- Vida más larga para materiales, sistemas electromecánicos y el edificio en si.

- Reciclabilidad de los materiales del edificio y del edificio en si mismo (segunda vida).

- Factor de la mano de obra mejorado a través de la productividad y la optimización del capital intelectual del equipo de redacción del proyecto.

Los beneficios medioambientales que se generan con el impacto ambiental, son considerables para el entorno en el que se desenvolverá un proyecto de este tipo en esta zona. Apoyándome en el estudio propuesto por Zarzosa, (Zarzosa, A. 2006), estos beneficios son los siguientes:

- Se reduce el impacto que producen sobre el transporte.
- Se preservan el hábitat y los ecosistemas de los entornos en donde se implantan.
- Se reducen las necesidades de tratamientos de aguas y de los sistemas de abastecimiento y saneamiento.
- Contaminación reducida en agua, aire, suelos, incluyendo las contribuciones al ozono y al calentamiento global.
- Menos escorrentía superficial generada y más infiltración al terreno.
- Huellas de los edificios menores.

## 5.2 -Normativa y certificación ambiental sustentable

### 5.2.1 Normativa nacional

A nivel nacional se cuentan con normas NCh, que son las siguientes:

-**NCh 3149 of 2008** – Diseño ambiental de edificios –Eficiencia energética - Terminología

-Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

-**NCh 853 2007** Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.

-**NCh 3048/1 2007** Sustentabilidad en la construcción de edificios - Métodos para el desarrollo de indicadores de sustentabilidad

Parte 1: Edificios

-**NCh 3049/1** Sustentabilidad en la construcción de edificios - Métodos de evaluación del comportamiento ambiental de los trabajos de construcción

Parte 1: Edificios

-**NCh 3149** Diseño ambiental de edificios - Eficiencia energética - Terminología

### 5.2.2 Normativa internacional

A nivel internacional se cuentan con las siguientes normas válidas para cualquier edificación en donde se cumplan los estándares mundiales:

Los marcos descriptivos de los impactos medioambientales de las construcciones se están normalizando a nivel internacional:

-A nivel de la (ISO) International Organization for Standardization's Technical Committee 59 (ISO TC59) - Building Construction.

-A nivel del comité europeo de normalización: European Committee for Standardization's CEN TC350 -Sustainability of Construction Works.

-En Argentina el subcomité de Construcciones Sostenibles de IRAM.

### 5.2.3 Certificación ambiental

También es necesario, aparte de cumplir con los estándares y normativas nacionales e internacionales, es imperante la certificación energética bajo comitivas, directivas, códigos, que tengan un respaldo pleno para la ejecución de proyectos importantes como edificaciones sustentables.

El IDAE & Institut Cerdá (IDAE & Institut Cerdá, 1999), arrojan datos concernientes a estas certificaciones, que indican que “El sector de la vivienda y de los servicios (compuesto en su mayoría por edificios), absorbe más del 40 % del consumo final de energía en la Comunidad Económica Europea. Se encuentra además en fase de expansión, que hará aumentar el consumo de energía...”. En el caso de países con menor nivel de industrialización y alta urbanización puede alcanzar hasta el 50% del consumo final de energía primaria, como por ejemplo nuestro país.

Estas afirmaciones pueden encontrarse en gran cantidad de directivas y reglamentaciones que priorizan la necesidad de reducir el consumo energético del sector edificación, tanto para avanzar en el cumplimiento de los compromisos ambientales (protocolo de Kyoto) como para reducir la dependencia energética de combustibles fósiles o fuentes de energía convencionales.

Casos:

- la Directiva 93/76/CEE,
- en El Libro Verde de la UE (Hacia una estrategia para la seguridad de suministro energético en la UE, 2000).
- la Directiva 2002/91/CE,
- el Código Técnico de la Edificación (CTE), España
- la Certificación Energética (CALENER), España
- el Etiquetado energético en Alemania
- el Etiquetado energético en Francia HQE

- el Etiquetado energético en USA. Certificado LEED - Leadership in Energy and Environmental Design.
- el concepto Embodied Energy
- el Programa LIDER
- el proyecto de Etiquetado Energético para la UE: Proyecto PREDAC (Promoting Actions for Renewable Energies)
- la Certificación Passiv Haus, Alemania.
- la Certificación Plus Energie Haus, Alemania.
- la Regulación energética edilicia en Argentina y el Etiquetado energético de edificios.
- la Plataforma Edificación Passivhaus de España PEP

Uno de los motivos que pueden justificar el escaso debate sobre los procesos de regulación y certificación energética de viviendas en casi todo el mundo es la elevada complejidad técnica del sistema edificio desde un punto de vista energético. Esto sin duda ha alejado al resto de sectores sociales del debate destinado a definir los procedimientos a seguir para implementar las Directivas citadas (Caso UE).

Sin embargo, según García Casals, (Casals, C. 2002), en el sector de la edificación, tal y como han mostrado las experiencias en muchos países europeos, es fundamental la aceptación de distintos sectores de la sociedad para que una herramienta como la certificación energética tenga alguna utilidad. Un inicio es que estas certificaciones sean voluntarias hasta que logre impactar al mercado inmobiliario.

#### 5.2.4 Iniciativas internacionales (Wikipedia, 2011).

- La Sustainable Building Alliance SB Alliance
- IPCC Fourth Assessment Report
- UNEP and Climate change
- GHG Indicator
- Agenda 21
- FIDIC's PSM
- iiSBE's SBtool
- BREEAM ES

### 5.3 **Incidencia Ambiental de los materiales de construcción**

Hay 5 puntos en los que se debe focalizar el impacto que causan los materiales sobre la salud y el medio ambiente, según el Portal Construmática (Construmática, 2011):

#### 5.3.1 Consumo de energía:

Utilizar materiales de bajo consumo energético en todo su ciclo vital, será uno de los mejores indicadores de sostenibilidad. Los materiales pétreos como la tierra, la grava o la arena, y otros como la madera, presentan el mejor comportamiento energético, y los plásticos, los metales, sobre todo el aluminio, que es el más negativo.

Los plásticos y los metales consumen mucha energía en el proceso de fabricación; sin embargo, los plásticos son muy aislantes y los metales, muy resistentes.

### 5.3.2 Consumo de recursos naturales:

El consumo a gran escala de ciertos materiales puede llevar a su desaparición. Sería una opción interesante el uso de materiales que provengan de recursos renovables y abundantes, como la madera.

### 5.3.3 Impacto sobre los ecosistemas.

El uso de materiales cuyos recursos no provengan de ecosistemas sensibles, es otro punto a tener en cuenta. Como la bauxita que proviene de las selvas tropicales para fabricar el aluminio o las maderas tropicales sin garantías de su origen.

### 5.3.4 Emisiones que generan:

La capa de ozono se redujo, entre otras razones, por la emisión de los clorofluorocarbonos (CFC).

El efecto invernadero se produjo como consecuencia de la emisión de gases como el metano y el dióxido de carbono.

El PVC, defensor en la causa en la industria del cloro, debido a sus emisiones de furanos y dioxinas, tan contaminantes, van siendo prohibidos en cada vez más usos, como el suministro de agua para consumo humano.

### 5.3.5 Comportamiento como residuo:

Al concluir su vida útil, los materiales pueden causar graves problemas ambientales. El impacto será menor o mayor según su destino (reciclaje, incineración, reutilización directa).

El uso posterior de vigas de madera, antiguas tejas cerámicas o material metálico para chatarra es muy apreciable.

## 5.4 -Gestión ecológica

### 5.4.1 La gestión ecológica

La Gestión Ecológica (Guía Metodológica, 2011) es una aproximación a mantener o restablecer la composición, estructura, función, y la prestación de los servicios de los recursos naturales y modificar los ecosistemas para el objetivo de lograr la sostenibilidad.

Esta se basa en una, en colaboración desarrollada la visión futura deseada de adaptación de las condiciones que integra ecológicas, socioeconómicas e institucionales perspectivas, aplicado dentro de un marco geográfico y natural definido principalmente por límites ecológicos.

Actualmente, en la ciudad de Valdivia, al analizar el medioambiente social, ha aumentado la segregación socio-espacial, con construcciones convencionales, produciendo una incrementación en el desarrollo sociocultural, pero que implícitamente conlleva a una conciencia expansiva activa; es decir, no genera la conciencia suficiente como para expandir con edificaciones o construcciones de casas con una ecología ambiental amigable a lo que se está realizando físicamente, con lo que se podría lograr un avance pequeño, pero que se vería afectada positivamente el entorno en el cual se desenvuelve la población ubicándose con sus diseños y construcciones sostenibles, provocando también un impacto visual al utilizar lo “verde” en todo el espacio de la ciudad, y lógicamente resguardar el sentido ambientalista y ecológico, ya que como hay mucha vegetación, mucho verde, y la ciudad de Valdivia como zona turística, tendría un mayor impacto a la vista de la población flotante que visita esta ciudad, y se estaría equilibrando el bienestar social, el bienestar ambiental, y la calidad de vida que llevarían los usuarios al implementar las estrategias y diseños de construcción sustentable acorde a las normativas ambientales existentes en nuestro país, dándole un uso potente y beneficiando a todo el entorno.

Acorde a los estudios propuestos por los autores chilenos (Romero et al., 1999); y (Romero y Toledo, 2000 y 2001); plantean que actualmente las ciudades intermedias chilenas han experimentado significativos cambios durante los últimos años, como consecuencia del impacto espacial de las transformaciones económicas, sociales y culturales asociadas al volumen, ritmo y naturaleza del proceso de desarrollo económico del país. Como se sabe, éste ha consistido principalmente en la apertura a las inversiones extranjeras directas, que se han orientado a la explotación y exportación intensiva de la base de recursos naturales y a dotar de servicios e infraestructura moderna, especialmente a los enclaves productivos y las áreas urbanas, utilizando las ventajas comparativas y competitivas de los lugares.

Las ciudades se encuentran entre las aglomeraciones urbanas mayormente impactadas por cambios y por el despliegue territorial de los capitales nacionales y extranjeros, manifestado, por ejemplo, en la instalación en su interior o cercanías, de numerosos proyectos forestales e inmobiliarios, plantas termoeléctricas y complejos industriales de celulosa, como es el caso de nuestra ciudad. Estos cambios se traducen en términos ambientales, en apareamiento o incremento de la contaminación de las aguas, aire y suelos; desarrollo de islas de calor, de ventilación y de humedad; reducción y fragmentación de áreas verdes, congestión vehicular y creciente segregación socio-espacial de sus habitantes (Romero et al., 1999; Romero y Toledo, 2000 y 2001).

Como en esta zona no hay información acabada a la mano, estos estudios se traducen en una de las mayores dificultades que enfrenta el análisis y evaluación ambiental de esta ciudad, ya que hay limitaciones de la información existente. Para la casi totalidad de las ciudades a las cuales se les han hecho estudios de estos diseños sustentables, dicha información no existe o bien se reduce a esporádicas observaciones sobre calidad del aire o de las aguas. Las limitaciones de la información impiden desarrollar enfoques ambientales concretos, tales como los hábitats o paisajes urbanos, cuyo conjunto refleja la complejidad de los medio ambientes naturales, socio-económicos y construidos.

Para crear una estrategia para poder implementar un diseño sustentable factible para una ciudad cualquiera, y que es totalmente apta aplicarla en esta ciudad de Valdivia, se haría uso la aplicación de los principios y metodologías de la Ecología de Paisajes, que pueden aportar a superar dichas limitaciones, y tener información más concreta para detectar los pro y los contra de un eventual proyecto de este tipo.

Para ello se han implementado Sistemas de Información Geográfica (SIG), en que se han ingresado mapas, fotografías aéreas e imágenes satelitales. La combinación de estas fuentes de datos ha permitido el análisis de los usos del suelo y coberturas, temperaturas superficiales e indicadores de productividad vegetal al interior y alrededor de las ciudades, cuyos datos podrían referirse a un tema en conexión a éste.

De acuerdo a lo que plantea el Investigador Hugo Romero (Romero et al, 2000); igualmente importante es resaltar que si bien la ecología de paisaje tiene en la mantención de la biodiversidad una de sus principales misiones, no es menos cierto que para la planificación urbano-regional, el desarrollo articulado de la matriz espacial incluye los servicios ambientales asociados: producción de aire y agua limpios, reciclaje y depuración de aire y aguas sucios, abatimiento de ruidos y aislamiento de fuentes contaminantes, morigeración de las islas térmica, de humedad y ventilación; calidad de vida, etc.

El último eslabón (o si se quiere el primero) del saber ambiental, corresponde a la acción, la gestión o las prácticas instrumentales concretas de aplicación de este conocimiento.

Como definición general, planteada por el investigador Di Pace (Di Pace et al, 2004), la gestión ambiental es el conjunto actividades humanas encaminadas a procurar el ordenamiento del ambiente y contribuir al establecimiento de un modelo de desarrollo sustentable en su dimensión económica, ecológica y social. Como sistema de gestión, se ocupa de establecer políticas ambientales (globales y sectoriales); desarrolla el marco jurídico para el desarrollo de instrumentos para la concreción de las nuevas políticas públicas y, la institucionalidad correspondiente.

Desde el punto de vista de la administración pública, el investigador Chabalgoity (Chabalgoity, 2006), el principal actor en la planificación y ordenamiento territorial; la gestión ambiental se define como aquel conjunto de acciones normativas, administrativas y operativas que impulsa el Estado para alcanzar el desarrollo con sustentabilidad ambiental. Es decir, el objetivo de desarrollo sustentable, se lograría mediante funciones tales como el diseño y formulación de; políticas ambientales; una legislación ambiental; de un sistema administrativo; y de un conjunto de instrumentos de acción.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES**

-La normativa nacional vigente presenta información de apoyo para diseñar un proyecto sustentable, de acuerdo a las técnicas de diseño, la definición de criterios y la determinación de sistemas de soluciones y de ejecución que son necesarias a la hora de concretarlas; la cual aborda solo una parte de la construcción sustentable, que es, la eficiencia energética.

-El aislamiento térmico de edificios tiene por finalidad principal ahorrar energía de calefacción o de refrigeración para conseguir niveles adecuados de confort térmico, disminuyendo en parte, por ejemplo, las condensaciones. Además, el aislamiento térmico permite mejorar la calidad de vida de las personas ya que disminuye la proliferación de microorganismos, tales como hongos, causantes de mal olor y de diversas enfermedades.

-Se eligió el sistema EIFS y Termopanel, como solución de mejora al edificio Consistorial real, porque es sustentable en el tiempo, es mas económico que otros materiales investigados en la revisión bibliográfica, como por ejemplo, el ACM; aplica un concepto de bajo consumo energético, basado en una tecnología disponible y económica, ayudando a combatir el efecto invernadero; además, de no ser contaminante tanto para el ambiente como para los usuarios, mejora los niveles de salud, disminuyendo la ocurrencia de enfermedades, favoreciendo a nivel de país, una disminución en los gastos en salud.

-Como sistema EIFS, en cuanto al material de poliestireno expandido, éstas otorgan una aceptable alineación como fachada, ya que el cálculo de la instalación, y los aplomes respectivos, resuelven el tema de las imperfecciones de nivel y plomo de la obra gruesa, ya que una de las características favorables en cuanto a la terminación final del EIFS, es su planeidad, ya que es realizada mediante una planimetría o estación total.

-La vida útil del EIFS es de aproximadamente de 40 a 50 años, a menos que haya algún problema de desastres naturales, acontecimientos geopolíticos o el mismo calentamiento global, lo que otorga sustentabilidad en el tiempo.

-Fue favorable mejorar el sistema tradicional de calefacción del Edificio Consistorial, ya que al elegir el EIFS y Termopanel, como sistema propuesto, disminuyen el consumo de leña anualmente, ya que el sistema original de calefacción emplea un consumo elevado de leña al año, significando una menor tala de árboles en los bosques y aportando beneficiosamente al medioambiente, a la calidad de vida, y a la flora y fauna del bosque Valdiviano.

-La cotización del sistema EIFS y Termopanel elegida para este estudio, fue de **0,345 UF/m<sup>2</sup>** para el **EIFS**, junto al Termopanel de **1,92 UF/m<sup>2</sup>**, otorgando un gran ahorro económico al comparar los resultados de ambos sistemas estudiados.

-Los valores de la simulación energética que se calcularon para el modelamiento térmico propuesto para el Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia, se obtuvieron en base al sistema original o real, comparando los datos con el sistema mejorado térmicamente, entregando resultados determinantes y críticos al momento de comparar ambos sistemas, obteniéndose las demandas totales de ganancias y pérdidas, otorgando **un ahorro de capital de \$159.268.939 por concepto de kWh anual, un ahorro de 169.27 kWh/año-m<sup>2</sup>, y un ahorro de energía anual del 49%; es decir, de 1.327.241,16 kWh anuales, determinando la cantidad exacta de leña a usar con respecto a la real, utilizándose solamente el 51% de los 186 m<sup>3</sup> de leña que son adquiridos actualmente; por lo que se puede calefaccionar a todo el edificio solamente con 94.83 m<sup>3</sup> de leña al año; es decir, invertir en un gasto fijo de \$1.754.355 al año, ahorrándose \$3.524.745 anuales, del total utilizado en la realidad de \$5.279.100 al año.**

-Al tomar el sistema propuesto con calefacción a leña que necesita de acuerdo a la simulación energética realizada al edificio mejorado energéticamente, se calcularon los datos al evaluar el proyecto, **sin impuesto**, ya que el Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia, es una institución estatal, queda exento del pago de impuestos, siendo la inversión del sistema propuesto de **\$48.271.436**, definiendo un horizonte de evaluación de 10 años, obteniéndose un valor negativo aún en los 10 años, observándose que a los **12 años se recupera la inversión, teniendo ya un ahorro de +\$1.495.371**; y como este sistema EIFS tiene una vida útil de 40 años aproximadamente, habrá un **ahorro de capital ostensible dentro de los 30 años restantes**, por lo que indica que el proyecto **es viable**.

-Los factores socioeconómicos, sociales y ambientales son indicadores importantes y necesarios al momento de aplicarlos a un estudio de edificación sustentable en el tiempo, ya que con sus criterios, normativas e impactos otorgan la viabilidad y estándar que se exige al estudio en si.

## **BIBLIOGRAFÍA**

-ACM COMPANY. (2012). Información general del ACM. Recuperado el 30 Agosto de 2012, desde la web <http://www.acmcompanyca.com/index.php>

-ADOSS, (2011). *Web Arquitectura Bioclimática, Urbanismo y Medio Ambiente*. Recuperado el 06 de Abril de 2011, desde la web: <http://www.adoss.com/es/inicio/index.asp?iddoc=22>.

-BALANCE DE LA DEPENDENCIA. (2011). *Web Balance de la dependencia, 2011*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2011, de [http://www.balancedeladependencia.com/Eficiencia-energetica-en-la-edificacion\\_a64.html](http://www.balancedeladependencia.com/Eficiencia-energetica-en-la-edificacion_a64.html).

-BANCO CENTRAL. (2012). *Banco Central, Valor UF al día*. Recuperado el 05 de Octubre de 2012, de: <http://www.bcentral.cl/index.asp>.

-BIBLIOCAD. (2011). Portal Bibliocad. Recuperado el 20 de Mayo de 2011, desde la web: <http://www.bibliocad.com/blog/tag/materiales?lang=es>.

-BIOHAUS. (2011). Portal Biohaus. Recuperado el 18 de Mayo del 2011, desde la web: <http://www.biohaus.es/bioconstruccion.php>.

-BIOTECTURA. (2011). *Web Biotectura*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2011, de: <http://www.biotectura.com>.

-CÁRCAMO, S. (2013). Sebastián Cárcamo, *vendedor de leña de la ciudad de Valdivia*. Contactado telefónicamente el 04 de Abril de 2013. Celular: 87039915.

- CASALS, G. (2002). García Casals, X. (2002). *Regulación y certificación energética de edificios*.
- CEMEX. (2011). *Web Cemex*, 2011. Recuperado el 03 de Octubre de 2011, de <http://www.cemex.com/ES/>.
- CLARK W. (1998). Clark, William H. 1998. *Análisis y gestión energética de edificios. Métodos, proyectos y sistemas de ahorro energético*. Ed. Mc Graw Hill. ISBN 84-481-2102-3.
- (CONSTRUIBLE, 2011). *Portal Construible, España*. [http://www.construible.es /noticias Detalle.aspx?c=10](http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=10).
- CONSTRUMATICA. (2011). *Portal Construmatica*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2011, de: <http://www.construmatica.com>.
- CHABALGOITY. (2006). *Seminario Internacional. Maestría Paisaje, Medioambiente y Ciudad*. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- CHILECUBICA. (2011). *Portal Chilecubica*. Recuperado el 27 de Octubre de 2011, de <http://chilecubica.jimdo.com/sostenibilidad/4-construcciones-sostenibles>.
- CORSSSEN, H. (2012). Hermann Corssen, Arquitecto de *Sto Corp Chile*. *Entrevista telefónica sobre fundamentos de eficiencia energética y térmica del EIFS*. Celular 66094629.
- DI PACE ET AL. (2004). *Ecología de la Ciudad*. Universidad Nacional de General Sarmiento. Libros Prometeo. Buenos Aires, Argentina.

-DIARIO EL TIEMPO. (2011). Diario El Tiempo. *Archivo / El Tiempo. Publicación eltiempo.com, Sección Nación. Fecha de publicación 14 de noviembre de 2009. Autor Ivanog.* Recuperado el 09 de Abril de 2011, desde la web: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3715698>.

-DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE. (2012). *Climograma Valdivia. PDF Climatología Regional. Departamento de Climatología y Meteorología, 2001.* Recuperado el 8 de Octubre de 2012, desde la web: [http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia\\_regional.pdf](http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia_regional.pdf).

-DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE. (2012). *Temperatura media Valdivia, Febrero. PDF Climatología Regional,. Departamento de Climatología y Meteorología, 2001.* Recuperado el 8 de Octubre de 2012, desde la web: [http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia\\_regional.pdf](http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia_regional.pdf)

-DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE. (2012)*Temperatura media Valdivia, Julio. PDF Climatología Regiona,. Departamento de Climatología y Meteorología, 2001.* Recuperado el 8 de Octubre de 2012 desde la web: [http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia\\_regional.pdf](http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia_regional.pdf).

-DISTRITO FEDERAL. (2011), *Portal Ciudadano del Gobierno del Distrito Federal, México.* Recuperado el 25 de Mayo de 2011, desde la web: <http://www.df.gob.mx/>

-ECOSPAI. (2012). Web Ecospai, España. *Inserción del Ejotharm en el hormigón y EIFS.* Recuperado el 05 de Octubre de 2012, desde la web: <http://ecospai.com/sistemas-de-sujecion-bases-de-madera-o-metal/242-ejotharm-str-h>.

- EDIFICIOS SUSTENTABLES. (2012). *PDF “Edificios sustentables”, por Schneider Electric. CNX Anixter / Edición 7 - 09 de Abril de 2012. Recuperado el 14 de Mayo de 2012, desde la web: <http://www.anixtersoluciones.com/latam/print/18545>.*
- EJOT, Hungría. (2012). *Secuencia de anclaje de Ejotharm. Recuperado el 05 de Octubre de 2012, desde la web: <http://www.ejot.hu/content/homlokzatihoszigeles/dubelek.html>.*
- EJOT EJOTHERM. (2012). *External Thermal Insulation Composite Systems (WDVS). Recuperado el 05 de Octubre de 2012, desde la web: <http://hmozdinky-talirove.heureka.cz/ejotharm-str-u-2g/galerie/>.*
- EJOT STO SILT. (2012). *Espaciamento entre los dowels Ejot. Sto Silt. TC –Meeting 1 March 2011. Joint planning and realization of EWIS with rigid coatings. D. Keßler. Sto-Bewusst bauen.*
- ERENOVABLE. (2011). *Web Erenovable. Recuperado el 06 de Abril de 2011, desde la web: <http://erenovable.com/2007/03/05/dia-mundial-de-la-eficiencia-energetica>.*
- EE.TT CHRSA. (2012). *Especificaciones Técnicas Generales, Construcción Nuevo Hospital de Rancagua.*
- EUROTEC. (2012). *Eurotec, es Sto Chile. Recuperado el 30 de Agosto de 2012, desde la web: [www.eurotec.cl](http://www.eurotec.cl).*
- FORUMAMBIENTAL. (2011). *Web Forumambiental, PDF Guía para la Ecoeficiencia. Recuperado el 07 de Abril de 2011, desde la web: <http://www.forumambiental.org/pdf/guiacast.pdf>.*

- GALINDO, E. (2013). Emilio Galindo, *dueño de subcontrato de EIFS Emilio Galindo RBC*, Santiago, 25 de Marzo de 2013. Celular: 76084687.
- GARCÍA, J. (2012). Juan García, *Instalador certificado de sistema EIFS en Chile, de subcontrato C y T, Santiago*. Celular: 86796880.
- GIVONI, B. (1976). Givoni, B. (1976). *Man, Climate and Architecture. Architectural Science Serves*. Publishers. Ltd. London.
- GONZÁLEZ, C. ET AL. (2005). Carmen Luisa González Garcíandía y Hugo Romero Aravena. *Criterios para la sustentabilidad ambiental urbana. Estudio de caso de la ciudad de San Fernando, VI Región, Chile*. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina, 20 a 26 de março de 2005. Universidade de São Paulo. Recuperado el 07 de Diciembre de 2011, desde la web: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Teoriaymetodo/Metodologicos/04.pdf>.
- GREENFACTS. (2011). *Web Greenfacts*. Recuperado el 07 de Abril de 2011, desde la web: [www.greenfacts.org/gestion\\_ecologica](http://www.greenfacts.org/gestion_ecologica).
- GUÍA METODOLÓGICA. (2011). PDF *Guía Metodológica*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 26 de Mayo de 2011, desde la web [http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user\\_46/file/Guia %20Metodologica.pdf](http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_46/file/Guia%20Metodologica.pdf).
- HEVIA, C. (2013). Cristian Hevia Balbontín, *Jefe Departamento de Planificación Territorial Secretaría Comunal de Planificación Municipalidad de Valdivia*. Entrevista personal superficies de fachadas Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia. Fono: 063-220267. E-mail: [chevia@munivaldivia.cl](mailto:chevia@munivaldivia.cl)

- IDAE & INSTITUT CERDÁ. (1999). IDAE & Institut Cerdá. (1999). *Guía de la edificación Sostenible. Calidad energética y medioambiental en edificación*. Madrid.
- IDAE & INSTITUT CERDÁ. OP CIT. (1999). *Guía de la edificación Sostenible. Calidad energética y medioambiental en edificación*. Madrid.
- INFORME SOBRE DESARROLLO HUMANO. (2007-2008). “Informe sobre Desarrollo Humano”. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2007-2008).
- JENKS, M. ET AL. (2005). Jenks, M. & Dempsey, N.(2005). *Future forms and design for sustainable cities*. Edit Architectural Press, London. ISBN 0-7506-6309-X.
- JONES, D. (2002). Jones, D.L. (2002) *Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción bioclimática*. Edit Blume. Barcelona. ISBN 84-9593-01-0).
- KEIMFARBEN. (2012). *Datos técnicos de Ejet de Ejothem*. Rescatado y traducido el 05 de Octubre de 2012 desde la web alemana: [http://www.keimfarben.de/en/produktprogramm\\_2012/etics/keramik\\_mw\\_ceramic\\_finish/](http://www.keimfarben.de/en/produktprogramm_2012/etics/keramik_mw_ceramic_finish/).
- LINDLEY, D. (2012). Daniel Lindley, *Gerente General a nivel nacional de Sto Chile*. Contactado vía telefónica el 05 de Octubre 10 de 2012. Fono: 02-9493593.
- LIZAMA, F. (2013). Francisco Lizama, *Empresa personal impulsado por Proyectos Innova Biobio, y patrocinado por Cidere Biobio*, de la ciudad de Concepción. Contactado vía telefónica el 28 de Marzo de 2013. Celular: 94938488.

-MANUAL DE AISLACIÓN TÉRMICA. (2011). *Web Aislación térmica*, 2011. Recuperado el 15 de Noviembre de 2011, desde la web: <http://www.aislaciontermica.cl/aislaciontermica/www/admintools/proveedores.aspx>.

-MANUAL DE DISEÑO PARA SOLUCIONES EN EDIFICACIONES. (2011). PDF Manual de Diseño para soluciones en edificaciones, Aislación Térmica. Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción. Recuperado el 17 de Mayo de 2011, desde la web: <http://biblioteca.cchc.cl/datapicture/21539-2.pdf>.

-MILLAO, S. (2012). Sergio Millao, *Supervisor de subcontrato CONTEC*. Información entregada personalmente el 01 de Septiembre de 2012.

-MINVU 2006. (2012). *Plano Zona Térmica Región de Los Lagos (Incluye actual Región de Los Ríos)*. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). 2006. Manual de Aplicación Reglamentación Térmica - Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones – Artículo 4.1.10. Recuperado el 15 de Agosto de 2010, desde la web: [http://www.minvu.cl/opensite\\_20070314093355.asp](http://www.minvu.cl/opensite_20070314093355.asp).

-MORGENSTERN, J. (2012). Jorge Morgenstern Medina, Arquitecto. *Consultor en Eficiencia Energética, e instalador certificado para los sistemas de aislación EIFS de Sto Chile*. Fono: +56 (0)9 96475594. E-mail: [jorgemorgenstern.m@gmail.com](mailto:jorgemorgenstern.m@gmail.com).

-MILLER, M. (2013). Milka Miller Urrutia, *Ejecutiva Comercial Ventekom*, Valdivia. Celular: 78070848. E-mail: [milkamiller@ventekom.cl](mailto:milkamiller@ventekom.cl).

- MUÑOZ, G. (2013). Gonzalo Muñoz, *Jefe de Adquisiciones, Unidad de Administración, Ilustre Municipalidad de Valdivia*, 2013. Entrevista personal sobre calefacción de Edificio Consistorial de la Ilustre Municipalidad de Valdivia, sobre el consumo y cantidades de leña utilizados como sistema de calefacción. E-mail: gmunoz@munivaldivia.cl.
- NCH 853 OF. 1991. (2012). *Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas*.
- NEILA, J. (2004). Javier Neila González, F. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Edit Munilla-Lería, Madrid.
- O.G.U.C 2011. (2011). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. *Resistencias térmicas y transmitancias térmicas de techumbres, muros y pisos ventilados de acuerdo a la zonificación térmica de Chile. Tabla 1, Capítulo 1, Título 4: De la arquitectura. D.S. N°47 de 1992. (Actualizada al 13 de Diciembre del 2011)*.
- O.G.U.C. 2011. (2012). *R100 de techumbre, muros y pisos ventilados de acuerdo a la zonificación térmica de Chile. Tabla 2, Capítulo 1, Título 4: De la arquitectura, D.S. N°47 de 1992. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. (Actualizada al 13 de Diciembre del 2011)*.
- OTEC CHRSA. (2012). *Rendimiento de materiales para EIFS*. Oficina Técnica Consorcio Hospital Rancagua, 2012.
- OTEC CHRSA. (2012). *Rendimiento de materiales para Sto Silt*. Oficina Técnica Consorcio Hospital Rancagua, 2012.

-OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO SOLAR PASIVO DE HOTELES, 2011). *PDF Optimización del Diseño Solar Pasivo de Hoteles*. Recuperado el 07 de Abril de 2011, desde la web: <http://editorial.cda.ulpgc.es/ftp/ambiente/03-MasterUrb+Paisaje/2002-Acond-Ambiental-urbano/Documentacion/Disegno/hotel-sostenible.pdf>.

-PARIS, O. ET AL. (2002). Paris, O. et Al. (2002). *Construyendo ciudades sustentables*. Edit i+p. ISBN 978-987-1385-01-0.

-REVISTA DE LA CONSTRUCCIÓN. (2005). *Revista de la Construcción*. Vol. 4 N° 1 – 2005, pág 8-9. Recuperado el 03 de Diciembre de 2011, desde la web: [http://www7.uc.cl/ccivil\\_revista/revista/Rev\\_6/\\_REVISTA\\_N6\\_FULL.pdf](http://www7.uc.cl/ccivil_revista/revista/Rev_6/_REVISTA_N6_FULL.pdf).

-ROMERO, H. Y X. TOLEDO. (2000). *Ecología urbana y sustentabilidad ambiental de las ciudades intermedias chilenas*. Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas 2000: 445-452.

-ROMERO, H. Y X. TOLEDO. (2001). *Desafíos geográficos causados por la sustentabilidad ambiental de las ciudades intermedias chilenas*. Revista de la Asociación Nacional de Profesores de Geografía de Uruguay (en prensas).

-ROMERO, H.; CALDERÓN, R.; GARÍN, A. Y TOLEDO, X. (1999). *Limitaciones para el desarrollo sustentable de ciudades intermedias en Chile: La geografía de la contaminación atmosférica de Temuco*. Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas 1999, páginas 251-263.

-ROMERO ET AL. (2000). *Ecología Urbana y Gestión Ambiental Sustentable de las ciudades intermedias chilenas. Urban Ecology and Environmental Sustainable Management of Chilean medium-size cities*. Hugo Romero, Departamento de Geografía de la Universidad de Chile y Centro EULA de Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción; Ximena Toledo, Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad de La Frontera, Temuco; Fernando Ordenes y Alexis Vásquez, Departamento de Geografía de la Universidad de Chile. PROYECTO FONDECYT 1000828.

-SCIELO. (2011). Web Scielo, *Tecnología y Construcción*. Tecnología y Construcción v.26 n.1 Caracas Enero 2010, versión impresa ISSN 0798-9601. Recuperado el 18 de Mayo de 2011, desde la web: [http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-96012010000100007&nrm=iso](http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012010000100007&nrm=iso).

-SEGUEL, R. (2013). Rubén Seguel V. *Software de Simulación Energética y Modelamiento Térmico en Edificios*. Rubén Seguel V., Ingeniero Constructor UACH, Subgerente de Unidad de Eficiencia Energética CIVA, [www.civa.cl](http://www.civa.cl). Diplomado en Eficiencia Energética, UACH. E-mail: [ruben.seguel@gmail.com](mailto:ruben.seguel@gmail.com). Fono: 063-221294.

-SJÖSTRÖM, C. (2001). *Traducción y Adaptación del artículo de C. Sjöström, Universidad de Gävic, Suecia*, publicado en Structural Concrete, septiembre de 2001.

-STUVEN, H. y SERRANO, P. (2013). Soleamiento. *Gráficos de Trayectoria Solar para Ciudades de Chile y Argentina*, Hellmuth Stiven L. / *Energía Solar para Todos*, Pedro Serrano R. Recuperado el 25 de Marzo de 2013 desde la web: <http://arqusach3.blogspot.com/2012/05/asoleamiento-para-santiago.html>.

-URBANO (2012). Subcontrato Urbano. *Faena: EIFS*, Contacto dueño: Abel Palma. Celular: 74305525. E-mail: [abelwpm@yahoo.com](mailto:abelwpm@yahoo.com).

-WIKIPEDIA. (2011). Web Wikipedia. *Definición de Sustentabilidad*. Recuperado el 07 de Abril de 2011, desde la web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sustentabilidad>.

-ZARZOSA, A. (2006). Pdf: *Un diseño para un edificio sostenible*, por Aurelio Zarzosa. Consejo construcción verde España. Miembro del World Green Building Council. 2006.

-ZÚÑIGA, F. (2013). Felipe Zúñiga, Arquitecto, *ITO EIFS* y *ACM del MINSAL* VI Región en CHRSA, Rancagua. Celular: 62376124. E-mail: [Felipe.zuniga@constructoraczu.cl](mailto:Felipe.zuniga@constructoraczu.cl).

## **ANEXOS**

### **Anexo A: FOTOS**

**Fotos de elaboración propia captadas en el nuevo Hospital Regional de Rancagua, 2012.**

**Foto 1.**



**Preparación de la superficie para instalar el EIFS. 29/09/2012. CPL**

**Foto 2.**



**Instalación de andamios (si es que se requiere) para instalar el EIFS. 29/09/2012. CPL**

**Foto 3.**



**Instalación de la envolvente térmica. 29/09/2012. CPL**

**Foto 4.**



**Raspado de la superficie. 29/09/2012. CPL**

**Foto 5.**



**Aplome y sellado de la superficie. 29/09/2012. CPL**

**Foto 6.**



**Enlucido. 29/09/2012. CPL**

**Foto 7.**



**Aplicación del Primer. 29/09/2012. CPL**

**Foto 8.**



**Aplicación de Grano o Finish. 29/09/2012. CPL**

## Anexo B: SOFTWARE DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA

### Simulación energética para el modelamiento térmico el Edificio Consistorial original.

| DETERMINACION U |             |               |             |             |
|-----------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| <b>PISO</b>     |             |               |             |             |
| material        | espesor     | conductividad | e / K       | U           |
| Hormigón        | 0,3         | 1,63          | 0,18        | <b>2,99</b> |
| TOTAL           |             |               | <b>0,18</b> |             |
| <b>MURO</b>     |             |               |             |             |
| material        | espesor     | conductividad | e / K       | U           |
| Hormigón        | 0,2         | 1,63          | 0,12        | <b>3,67</b> |
| TOTAL           |             |               | <b>0,12</b> |             |
| <b>CIELO</b>    |             |               |             |             |
| material        | espesor     | conductividad | e / K       | U           |
| Hormigón        | 0,2         | 1,6           | 0,13        | <b>3,64</b> |
| TOTAL           |             |               | <b>0,13</b> |             |
| <b>PUERTA</b>   |             |               |             |             |
| material        | U           |               |             |             |
| Puerta PVC      | <b>0,45</b> |               |             |             |
| <b>VENTANA</b>  |             |               |             |             |
| material        | U           |               |             |             |
| SIMPLE          | <b>5,8</b>  |               |             |             |

| DATOS            |               |                |                 |                  |                                   |        |
|------------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|--------|
| <b>RESUMEN U</b> |               |                |                 |                  | Transmisividad vidrio media anual | 0,8    |
| <b>U piso</b>    | <b>U muro</b> | <b>U cielo</b> | <b>U puerta</b> | <b>U ventana</b> |                                   |        |
| 2,99             | 3,67          | 3,64           | 0,45            | 5,8              | T in                              | 21     |
|                  |               |                |                 |                  | T ex                              | 10     |
|                  |               |                |                 |                  | DELTA T                           | 11     |
|                  |               |                |                 |                  | Área puertas                      | 81,34  |
|                  |               |                |                 |                  | CALOR SENSIBLE POR PERSONA, V     | 80     |
|                  |               |                |                 |                  | Numero personas                   | 200    |
|                  |               |                |                 |                  | m3/h                              | 7200   |
|                  |               |                |                 |                  | Horas promedio por persona        | 12     |
|                  |               |                |                 |                  | Consumo eléctrico medio mensual   | 1,3    |
|                  |               |                |                 |                  | ACH/h                             | 1,5    |
|                  |               |                |                 |                  | Largo casa                        | 59     |
|                  |               |                |                 |                  | Ancho casa                        | 23     |
|                  |               |                |                 |                  | Altura casa                       | 4,3    |
|                  |               |                |                 |                  | Ventanas norte                    | 285,96 |
|                  |               |                |                 |                  | Ventanas sur                      | 204,35 |
|                  |               |                |                 |                  | Ventanas Oeste                    | 74,65  |
|                  |               |                |                 |                  | Ventanas este                     | 124,65 |
|                  |               |                |                 |                  | Nº PISOS                          | 6      |

**ENERGIA**

| grados día |         |       |       |      |       |       |        |            |         |           |           |       |
|------------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
| enero      | febrero | marzo | abril | mayo | junio | julio | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre | total |
| 88         | 89      | 138   | 202   | 269  | 304   | 330   | 320    | 272        | 217     | 163       | 120       | 2512  |

| KWh/m2/mes vertical |       |         |       |       |       |       |       |        |            |         |           |           |       |
|---------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
|                     | enero | febrero | marzo | abril | mayo  | junio | julio | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre | total |
| norte               | 77,1  | 69,5    | 74,8  | 57,8  | 36,4  | 31,0  | 33,7  | 49,8   | 65,7       | 70,3    | 70,1      | 76,5      | 712,7 |
| este                | 119,9 | 100,7   | 79,6  | 48,2  | 28,6  | 23,1  | 25,9  | 40,4   | 60,0       | 96,2    | 104,6     | 118,7     | 845,9 |
| oeste               | 119,9 | 100,7   | 79,6  | 48,2  | 28,6  | 23,1  | 25,9  | 40,4   | 60,0       | 96,2    | 104,6     | 118,7     | 845,9 |
| sur                 | 74,0  | 49,3    | 39,8  | 26,0  | 16,1  | 12,4  | 14,2  | 22,3   | 33,5       | 46,2    | 63,1      | 78,9      | 475,8 |
| <b>PROMEDIO</b>     | 97,73 | 80,05   | 68,45 | 45,05 | 27,43 | 22,40 | 24,93 | 38,23  | 54,80      | 77,23   | 85,60     | 98,20     |       |

| MODELAMIENTO TÉRMICO MENSUAL |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ganancias KWh mes            | enero         | febrero       | marzo         | abril         | mayo          | junio         | julio         | ag            | sept          | oct           | nov           | dic           |
| solares                      | 48852         | 40015         | 36310         | 25158         | 15519         | 12802         | 14160         | 21480         | 30073         | 38973         | 43030         | 49325         |
| personas                     | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          |
| equipos                      | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         |
| <b>ganancias total KWh</b>   | <b>65197</b>  | <b>56359</b>  | <b>52654</b>  | <b>41503</b>  | <b>31864</b>  | <b>29147</b>  | <b>30505</b>  | <b>37824</b>  | <b>46418</b>  | <b>55318</b>  | <b>59374</b>  | <b>65669</b>  |
| pérdidas KWh mes             | enero         | febrero       | marzo         | abril         | mayo          | junio         | julio         | ag            | sept          | oct           | nov           | dic           |
| transmisión                  | 68851         | 69633         | 107971        | 158044        | 210465        | 237849        | 258191        | 250367        | 212812        | 169780        | 127531        | 93888         |
| infiltración                 | 39744         | 40196         | 62326         | 91231         | 121490        | 137298        | 149040        | 144524        | 122845        | 98005         | 73617         | 54196         |
| ventilación                  | 5474          | 5537          | 8585          | 12566         | 16734         | 18911         | 20529         | 19907         | 16921         | 13499         | 10140         | 7465          |
| <b>pérdidas total KWh</b>    | <b>114069</b> | <b>115366</b> | <b>178881</b> | <b>261841</b> | <b>348689</b> | <b>394058</b> | <b>427760</b> | <b>414798</b> | <b>352578</b> | <b>281285</b> | <b>211288</b> | <b>155549</b> |
| <b>Demanda Total KWh</b>     | <b>48872</b>  | <b>59006</b>  | <b>126227</b> | <b>220338</b> | <b>316826</b> | <b>364911</b> | <b>397255</b> | <b>376973</b> | <b>306160</b> | <b>225967</b> | <b>151913</b> | <b>89880</b>  |

| kW     | W/m2  | kWh anual  | kWh/año-m2 |
|--------|-------|------------|------------|
| 593,98 | 75,60 | 2684329,39 | 342        |

|            |        |
|------------|--------|
| 1357088,23 | 172,73 |
|------------|--------|

**Simulación energética para el modelamiento térmico Edificio Consistorial propuesto.**

| <b>DETERMINACION U</b> |                |                      |              |             |
|------------------------|----------------|----------------------|--------------|-------------|
| <b>PISO</b>            |                |                      |              |             |
| <b>material</b>        | <b>espesor</b> | <b>conductividad</b> | <b>e / K</b> | <b>U</b>    |
| Hormigón               | 0,3            | 1,63                 | 0,18         | <b>0,20</b> |
| Poliestireno           | 0,2            | 0,044                | 4,55         |             |
| <b>TOTAL</b>           |                |                      | <b>4,73</b>  |             |
| <b>MURO</b>            |                |                      |              |             |
| <b>material</b>        | <b>espesor</b> | <b>conductividad</b> | <b>e / K</b> | <b>U</b>    |
| Hormigón               | 0,2            | 1,63                 | 0,12         | <b>0,39</b> |
| Poliestireno           | 0,1            | 0,044                | 2,27         |             |
| <b>TOTAL</b>           |                |                      | <b>2,40</b>  |             |
| <b>CIELO</b>           |                |                      |              |             |
| <b>material</b>        | <b>espesor</b> | <b>conductividad</b> | <b>e / K</b> | <b>U</b>    |
| Hormigón               | 0,2            | 1,6                  | 0,13         | <b>0,27</b> |
| Poliestireno           | 0,15           | 0,044                | 3,41         |             |
| <b>TOTAL</b>           |                |                      | <b>3,53</b>  |             |
| <b>PUERTA</b>          |                |                      |              |             |
| <b>material</b>        | <b>U</b>       |                      |              |             |
| Puerta PVC             | <b>0,45</b>    |                      |              |             |
| <b>VENTANA</b>         |                |                      |              |             |
| <b>material</b>        | <b>U</b>       |                      |              |             |
| DVH                    | <b>2,8</b>     |                      |              |             |

| DATOS            |               |                |                 |                  |                                   |        |
|------------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|--------|
| <b>RESUMEN U</b> |               |                |                 |                  | Transmisividad vidrio media anual | 0,8    |
| <b>U piso</b>    | <b>U muro</b> | <b>U cielo</b> | <b>U puerta</b> | <b>U ventana</b> |                                   |        |
| 0,20             | 0,39          | 0,27           | 0,45            | 2,8              | T in                              | 21     |
|                  |               |                |                 |                  | T ex                              | 10     |
|                  |               |                |                 |                  | DELTA T                           | 11     |
|                  |               |                |                 |                  | Área puertas                      | 81,34  |
|                  |               |                |                 |                  | CALOR SENSIBLE POR PERSONA, W     | 80     |
|                  |               |                |                 |                  | Numero personas                   | 200    |
|                  |               |                |                 |                  | m3/h                              | 7200   |
|                  |               |                |                 |                  | Horas promedio por persona        | 12     |
|                  |               |                |                 |                  | Consumo eléctrico medio mensual   | 1,3    |
|                  |               |                |                 |                  | ACH/h                             | 1,5    |
|                  |               |                |                 |                  | Largo casa                        | 59     |
|                  |               |                |                 |                  | Ancho casa                        | 23     |
|                  |               |                |                 |                  | Altura casa                       | 4,3    |
|                  |               |                |                 |                  | Ventanas norte                    | 285,96 |
|                  |               |                |                 |                  | Ventanas sur                      | 204,35 |
|                  |               |                |                 |                  | Ventanas Oeste                    | 74,65  |
|                  |               |                |                 |                  | Ventanas este                     | 124,65 |
|                  |               |                |                 |                  | Nº PISOS                          | 6      |

| ENERGIA |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

| grados día |         |       |       |      |       |       |        |            |         |           |           |       |
|------------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
| enero      | febrero | marzo | abril | mayo | junio | julio | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre | total |
| 88         | 89      | 138   | 202   | 269  | 304   | 330   | 320    | 272        | 217     | 163       | 120       | 2512  |

| KWh/m2/mes vertical |       |         |       |       |       |       |       |        |            |         |           |           |       |
|---------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
|                     | enero | febrero | marzo | abril | mayo  | junio | julio | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre | total |
| norte               | 77,1  | 69,5    | 74,8  | 57,8  | 36,4  | 31,0  | 33,7  | 49,8   | 65,7       | 70,3    | 70,1      | 76,5      | 712,7 |
| este                | 119,9 | 100,7   | 79,6  | 48,2  | 28,6  | 23,1  | 25,9  | 40,4   | 60,0       | 96,2    | 104,6     | 118,7     | 845,9 |
| oeste               | 119,9 | 100,7   | 79,6  | 48,2  | 28,6  | 23,1  | 25,9  | 40,4   | 60,0       | 96,2    | 104,6     | 118,7     | 845,9 |
| sur                 | 74,0  | 49,3    | 39,8  | 26,0  | 16,1  | 12,4  | 14,2  | 22,3   | 33,5       | 46,2    | 63,1      | 78,9      | 475,8 |
| <b>PROMEDIO</b>     | 97,73 | 80,05   | 68,45 | 45,05 | 27,43 | 22,40 | 24,93 | 38,23  | 54,80      | 77,23   | 85,60     | 98,20     |       |

| MODELAMIENTO TÉRMICO MENSUAL |              |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |
|------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| ganancias KWh mes            | enero        | febrero      | marzo         | abril         | mayo          | junio         | julio         | ag            | sept          | oct           | nov           | dic          |
| solares                      | 48852        | 40015        | 36310         | 25158         | 15519         | 12802         | 14160         | 21480         | 30073         | 38973         | 43030         | 49325        |
| personas                     | 5760         | 5760         | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760          | 5760         |
| equipos                      | 10585        | 10585        | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585         | 10585        |
| <b>ganancias total KWh</b>   | <b>65197</b> | <b>56359</b> | <b>52654</b>  | <b>41503</b>  | <b>31864</b>  | <b>29147</b>  | <b>30505</b>  | <b>37824</b>  | <b>46418</b>  | <b>55318</b>  | <b>59374</b>  | <b>65669</b> |
| pérdidas KWh mes             | enero        | febrero      | marzo         | abril         | mayo          | junio         | julio         | ag            | sept          | oct           | nov           | dic          |
| transmisión                  | 22355        | 22609        | 35057         | 51316         | 68336         | 77227         | 83832         | 81292         | 69098         | 55126         | 41408         | 30485        |
| infiltración                 | 39744        | 40196        | 62326         | 91231         | 121490        | 137298        | 149040        | 144524        | 122845        | 98005         | 73617         | 54196        |
| ventilación                  | 5474         | 5537         | 8585          | 12566         | 16734         | 18911         | 20529         | 19907         | 16921         | 13499         | 10140         | 7465         |
| <b>pérdidas total KWh</b>    | <b>67574</b> | <b>68342</b> | <b>105968</b> | <b>155112</b> | <b>206560</b> | <b>233436</b> | <b>253401</b> | <b>245722</b> | <b>208864</b> | <b>166630</b> | <b>125165</b> | <b>92146</b> |
| <b>Demanda Total</b>         | <b>2377</b>  | <b>11982</b> | <b>53313</b>  | <b>113609</b> | <b>174697</b> | <b>204290</b> | <b>222896</b> | <b>207898</b> | <b>162446</b> | <b>111313</b> | <b>65791</b>  | <b>26476</b> |

| KW     | W/m2  | kWh anual  | kWh/año-m2 |
|--------|-------|------------|------------|
| 351,81 | 44,78 | 1357088,23 | 173        |