

V2  
N2

HS



Revista  
Habitat Sustentable  
ISSN 0719-0760 / Vol. 2 N° 2 / Jul-dic 2012

V2N2



UNIVERSIDAD DE CHILE

REVISTA HABITAT SUSTENTABLE

JULIO-DICIEMBRE 2012

## EDITORIAL

Los artículos que componen este nuevo número de la revista Hábitat Sustentable se centran principalmente en temáticas relacionadas con eficiencia energética y confort ambiental de las edificaciones, que es sin duda uno de los problemas más relevantes que enfrentan los países Latinoamericanos en materia de sustentabilidad.

Los dos primeros artículos abordan el problema de la eficiencia energética en viviendas en Chile, donde las experiencias de este país en el tema son relevantes a nivel Latinoamericano por ser el primer país de la región en incorporar una reglamentación térmica. Ambos artículos van más allá de los mínimos normativos para analizar el potencial de eficiencia energética que es posible alcanzar en viviendas, donde el artículo *“Policies to reduce residential energy consumption in Región Metropolitana of Chile, by socio-economic status and home type”* se centra en un análisis técnico-económico para el mejoramiento de viviendas existentes, con el objetivo de orientar futuras políticas públicas, mientras que el artículo *“Incidencia de la forma y envolvente en el desempeño térmico de las viviendas del Centro-Sur de Chile”* realiza un análisis del parque habitacional de esta zona con énfasis en las formas de agrupamiento y calidad de la envolvente térmica.

La importancia de aprender de los edificios en su etapa de uso, y con ello enriquecer los futuros procesos de diseño, se evidencia en los dos artículos siguientes que presentan resultados de evaluaciones post-ocupación de edificios de oficinas, tanto en Alemania como en Argentina. El artículo *“Eficiencia energética y confort en edificios de oficina: el caso Alemán”* presenta los principales resultados del monitoreo de 19 edificios de oficina en este país, concluyendo que una adecuada gestión operacional es esencial para alcanzar los resultados de eficiencia energética y confort esperados. Estos resultados se complementan con aquellos del artículo *“Automatización o control: la percepción de los usuarios de edificios de oficinas inmóticos”* que analiza la percepción del usuario en relación a los sistemas de automatización en casos de estudio localizados en Argentina. El siguiente artículo también se desarrolla sobre el caso de un edificio de oficinas en Alemania, y se denomina *“Integración de sistemas de energía solar fotovoltaica en el edificio de oficinas del ZAE en Alemania”*, donde analiza y compara distintas opciones para integrar módulos fotovoltaicos en edificios, así como la utilización de herramientas

de análisis para asistir la toma de decisiones en el proceso de diseño.

Finalmente, el artículo *“Revisión de indicadores de comunicación de aspectos ambientales para el consumo de productos sustentables”* presenta un exhaustivo análisis del estado del arte en materia de comunicación de aspectos ambientales de productos, centrándose principalmente en el Ecoetiquetado. El artículo enfatiza la necesidad de utilizar indicadores claros y creíbles para disminuir las asimetrías del mercado en esta materia. Estas conclusiones no son sólo relevantes en el campo de los productos de consumo masivo, sino también en el ámbito de los productos de la construcción y de las edificaciones, donde los etiquetados y certificaciones ambientales se están diseminando con rapidez.

El equipo editorial agradece a los autores la confianza depositada en nuestra revista y destaca la calidad de sus trabajos. Asimismo, quisiéramos agradecer a los revisores que realizaron un arduo trabajo de evaluación de artículos aportando constructivamente con cada uno de ellos.

Dra. Maureen Trebilcock  
Editora  
Revista Hábitat Sustentable

Políticas para reducir el consumo de energía en viviendas de la Región Metropolitana de Chile, por situación socioeconómica y tipo de hogar

## Policies to reduce residential energy consumption in Región Metropolitana of Chile, by socio-economic status and home type



**Pilar García Pérez de Arce** [pgarciaperezdearce@gmail.com](mailto:pgarciaperezdearce@gmail.com)

MSc Environmental Design and Engineering – University College London

**Ben Croxford** [b.croxford@ucl.ac.uk](mailto:b.croxford@ucl.ac.uk)

MSc Environmental Design and Engineering course at the Bartlett School of Graduate Studies – University College



# Policies to reduce residential energy consumption in Región Metropolitana of Chile, by socio-economic status and home type

Políticas para reducir el consumo de energía en viviendas de la Región Metropolitana de Chile, por situación socioeconómica y tipo de hogar

Pilar García Pérez de Arce <sup>(a)</sup>, Ben Croxford <sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> MSc Environmental Design and Engineering – University College London – United Kingdom – email: [pgarciaperezdearce@gmail.com](mailto:pgarciaperezdearce@gmail.com)

<sup>(b)</sup> Course director of and senior lecturer on MSc Environmental Design and Engineering course at the Bartlett School of Graduate Studies – University College London – United Kingdom – email: [b.croxford@ucl.ac.uk](mailto:b.croxford@ucl.ac.uk)

---

## ABSTRACT

### Key Words

Thermal comfort  
Liveability  
Public policies  
Energy efficiency

The objective underlying the present study is to present the performance of existing dwellings in Región Metropolitana of Chile, which were constructed before 2000. Consequently, the study proposes a public-private policy to improve the thermal conditions of the dwellings.

To evaluate the performance a matrix containing thirty two dwelling typologies was made and analysed in terms of: absolute energy consumption, relative energy reduction and payback period. As well, the evaluation was made in three different scenarios; Base Case, Regulation Case and Energy Efficient Case. Finally, the results were analysed in terms of three different income economic groups.

The results demonstrated that an Energy Efficient Refurbishment is more cost-effective than a Regulation Refurbishment. At the same time, increasing the energy efficiency in houses could contribute to: decrease health problems, fuel poverty and also the energy demand of the country. It was also concluded that a public incentive for the high income economic group, would generate a large private investment. Therefore have a big decrease in fuel import and production savings, with this saving it is possible to pay 66% of the total public subsidy for the refurbishment programme.

## RESUMEN

*Palabras clave:*  
Bienestar Térmico

El objetivo de este trabajo es presentar el rendimiento energético de viviendas existentes en la Región Metropolitana de Chile, construidas

Habitabilidad  
Políticas Públicas  
Eficiencia Energética

antes del año 2000. El estudio propone una política pública-privada para mejorar las condiciones térmicas de las viviendas.

Para realizar la evaluación se elaboró una matriz de treinta y dos tipologías de viviendas y se analizó en términos de: consumo energético, reducción de energía y periodo de recuperación de la inversión. A su vez, la evaluación se hizo para tres escenarios diferentes: Caso Base, Caso Regulación y Caso Eficiente Energéticamente. Finalmente, los resultados fueron analizados en función de tres grupos de ingresos económicos.

De los resultados se pudo desprender que el Caso Eficiente Energéticamente resulta más rentable que el Caso Regulación. A la vez, que la eficiencia energética en viviendas podría contribuir a disminuir: problemas de salud, inaccesibilidad económica a la cantidad de combustible requerido y demanda energética del país. También se concluyó que un incentivo público para renovación eficiente energéticamente al grupo económico de ingresos altos, generaría una gran inversión privada. Esto derivaría en una disminución en la importación y producción de combustibles, alcanzando un ahorro que podría pagar el 66% del subsidio necesario para el programa de renovación.

## 1. Introduction

Chile is currently in an energy crisis produced by the substantial increase in international fuel prices it depends on, as most of the supply consumed in the country is imported.

Consequently, the country has large energy import costs in and puts the country in an unstable scenario from an energy viewpoint. This means that it is advisable to reduce the energy demand to decrease the energy import costs.

On the other hand, in low income sectors the percentage of the family budget available for heating the house is not sufficient to achieve reasonable temperature conditions during winter; this translates into fuel poverty.

In addition, the poor energy efficient quality of construction in Chile is a fact. Before the Thermal Regulation for construction in 2000 (MINVU, 2012a), there were no mandatory standards that would ensure a certain level of thermal performance. This results in low thermal comfort dwellings and high cost heating and cooling, using too much energy to try to obtain adequate temperatures.

Increasing the energy efficiency in houses is the best alternative to achieve adequate internal temperatures. It could also contribute to decreasing health problems, fuel poverty and also the energy demand of the country.

The aim of this study is to present an information analysis for future studies and public policies use directed at increasing thermal conditions of the dwellings and stimulate the energy efficiency in space heating in existing Chilean dwellings located in Región Metropolitana, identifying the most cost effective scenarios.

## 2. Development

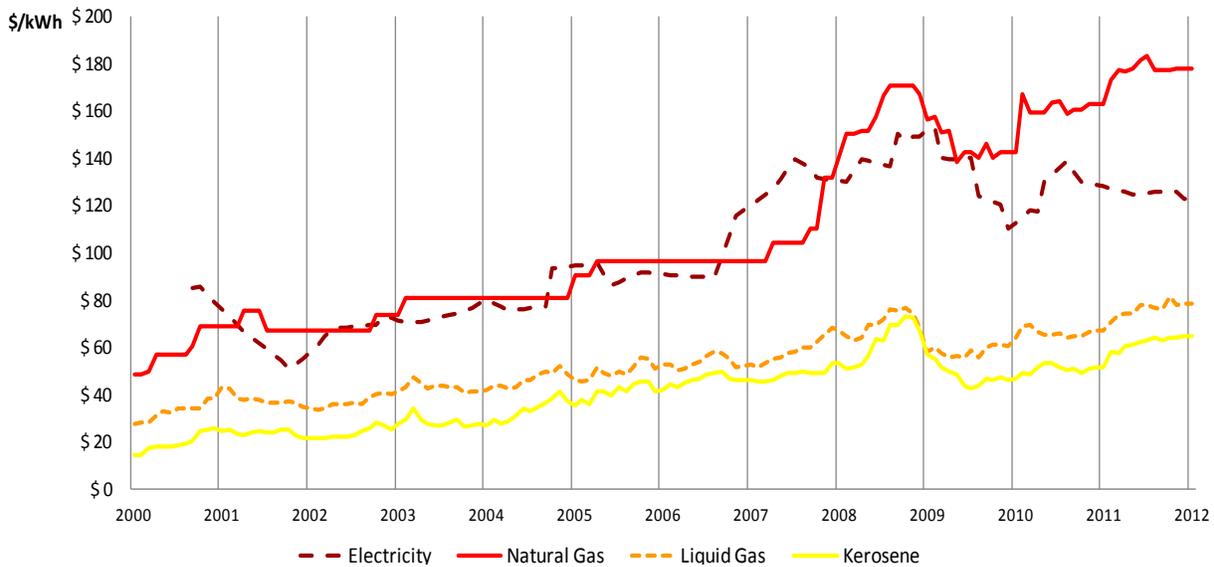
### 2.1 Background

#### 2.1.1 The energy sector

Chile has a lack of natural gas resources, 80% of all gas supplies depends on imports (CNE, 2012a) and the price of the gas and the electricity has increased notoriously during the years (CNE, 2012b) (Fig.1). Therefore, Chile must anticipate now a severe energy crisis that could occur in the future (Bustamante, Cepeda, Martínez, & Santa María, 2011).

The residential sector has not been an important subject of energy efficiency reduction in government policies even that heating represents about 11 per cent of the country's energy consumption (Collados & Armijo, 2009).

No restrictions apply in terms of fuel use for houses. However, if the house is located in a "saturated urban area" such as Santiago; open fires are prohibited and only double chamber wood or biomass burners may be used unless air



**Figure 1:** Chilean Historical Energy Prices in Chilean pesos by the author. Source: CNE, 2012.  
**Figura 1:** Precios Históricos de Energía en Chile en pesos chilenos, por el autor. Fuente: CNE, 2012

pollution rises, and “pre-emergency”<sup>1</sup> is declared.

The residential sector has not been an important subject of energy efficiency reduction in government policies even that heating represents about 11 per cent of the country’s energy consumption (Collados & Armijo, 2009).

No restrictions apply in terms of fuel use for houses. However, if the house is located in a “saturated urban area” such as Santiago; open fires are prohibited and only double chamber wood or biomass burners may be used unless air pollution rises, and “pre-emergency” is declared.

The main fuel energy used for domestic heating in the Region Metropolitana shows a clear inclination for gas and kerosene fuels (Hormazabal, 2010) (fig. 2).

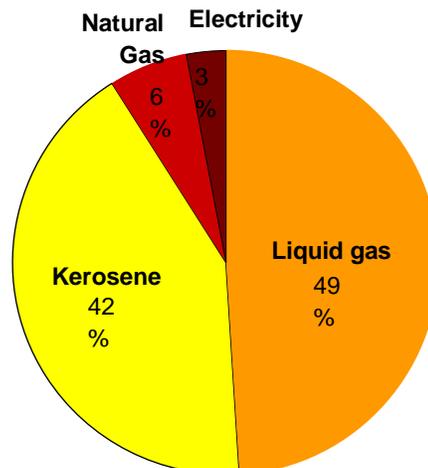
**2.1.2 Thermal Comfort and Fuel Poverty**

Energy consumption in the poorer sectors in Chile is not sufficient for achieving reasonable temperature conditions during the majority of the wintertime.

Also, the current high prices of energy in Chile and the low family incomes for the poorest sector, result in fuel poverty. “The inability to afford adequate warmth in the home” (Lewis,

1982). It refers to households that would need to spend more than 10% of their annual income on fuels in order to achieve satisfactory indoor heating. The concept refers to what people need to spend, not what they actually spend (Collados & Armijo, 2009).

According to Miguel Márquez (Márquez & Miranda, 2009), the increase in the cost of energy has a direct implication in the family budget. Low income families by 2009, spent around 12% of the family budget in heating and it could represent up to 20% of the household income.



**Figure 2:** Main energy use for domestic heating in Santiago. Made by the author. Source: Hormazabal, 2012  
**Figura 2:** Principales energías utilizadas para calefaccionar hogares en Santiago. Realizado por el autor. Fuente: Hormazabal, 2012

<sup>1</sup> There is a critical event when the PM10 air quality levels exceed the 200 of ICAP or, equivalently, to 195 ug/m3 concentration (SINIA, 2001). The regulation is supposed to change in 2014.

**Table 1:** Chilean Building Code regulation. Source: MINVU, 2011.  
**Tabla 1:** Regulación Térmica Chilena para la edificación. Fuente: MINVU, 2011

Thermic Zone	Degree Days Base 15°C	Reference City	Roof	Walls	Ventilated Floors	Windows		
			U	U	U	Single Glazing	Double Glazing	
			W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K		3.6 >U<2.4	U>2.4
1	<500	Antofagasta	0.84	4	3.6	50%	60%	80%
2	500-750	Valpariso	0.6	3	0.87	40%	60%	80%
3	750-1000	Santiago	0.47	1.9	0.7	25%	65%	80%
4	1000-1250	Concepción	0.38	1.7	0.6	21%	60%	75%
5	1250-1500	Temuco	0.33	1.6	0.5	18%	51%	70%
6	1500-2000	Puerto Montt	0.28	1.1	0.39	14%	37%	55%
7	>2000	Punta Arenas	0.25	0.6	0.32	12%	28%	37%

The inadequate thermal conditions of the existing dwellings affect the living standard, and low temperatures in winter have a negative impact on health. In addition, a considerable amount of pollution and humidity are produced indoors due to kerosene and liquid gas heating systems. Health services are oversaturated during winter due to respiratory diseases mainly in children and elderly people.

### 2.1.3 Chilean Thermal Regulations

Chile has been a pioneer in Latin America in the implementation of mandatory standards in the thermal performance of the new housing envelope. The thermal regulation was established in 3 stages, with the first one starting on 2000 (Table 1).

For improving the energy efficiency in existing dwellings; in 2006 a “Subsidio para Acondicionamiento Térmico de la Vivienda” (Thermal Subsidy) was established (AChEE, 2011). It consists of 100-130 UF subsidies for improvements aimed at decreasing the energy consumption, and the houses should have a maximum value of 650 UF<sup>2</sup> (AChEE, 2012).

### 2.1.4 Dwellings in Región Metropolitana

The total amount of dwellings in Chile according to the last pre census 2011<sup>3</sup> is 5.581.876 (INE, 2012a). The dwellings are heavily

concentrated in the Región Metropolitana, with 37% of them.

From the amount of dwellings considered in the last pre census 2011, 20% of them were built after the year 2002 (INE, 2012a). For the remaining 80%; the quality, warmth and health are far from being satisfactory. Nowadays, more apartments than houses are being built in Región Metropolitana. However, before 2002, 73% of the total dwellings in the Región Metropolitana were houses (INE, 2002) (Table 2).

**Table 2:** Amount of dwellings in the Región Metropolitana per Census. Source: INE, 2012a

**Tabla 2:** Cantidad de viviendas en la Región Metropolitana por Censos. Fuente: INE, 2012a

Census	Región Metropolitana
1992	1.286.492
2002	1.639.373
2011	2.045.896

## 2.2 Methodology

The sample studied is made up of 1.145.702 houses located in the Región Metropolitana and constructed before 2002 (INE, 2002). The houses typologies are analysed in terms of energy consumption in three steps; one with typical construction materials used before the Thermal Regulation, the second one with Thermal Regulation Standards and the third one with Energy Efficiency Standards propose by the author. The typologies for the houses studied were defined according to the data obtained from the INE and MINVU.

First, five groups were set according to the total amount of rooms in a house (INE, 2002). For each group, a surface related to the number of rooms was defined (INE, 2002). The dwelling

<sup>2</sup> The “Unidad de Fomento” (UF) is a unit of account used in Chile, indexed according to inflation. (1 UF = \$22.559 CLP 30/08/2012)

<sup>3</sup> The Pre-census 2011 is a survey (prior to Census 2012) that was used to update database with the number of blocks, buildings, houses and homes in the country.

surfaces defined to analyse were 50m<sup>2</sup>, 70m<sup>2</sup>, 150 m<sup>2</sup> and 300 m<sup>2</sup>.

The three different income economic groups were established according to the MINVU subsidies requirements. To obtain a low income subsidy; the price of the house should be less than 650 UF, and for medium income subsidies; less than 2.000 UF<sup>4</sup> (MINVU, 2012b) (Table 4). In addition, high income families were defined as the group with no government dwellings subsidies. These costs were linked with the INE dwellings average sizes.

**Table 3:** Income economic group's definition by the author. Source: MINVU, 2012

**Tabla 3:** Definición de los grupos económicos por el autor. Fuente: MINVU, 2012

Social Class	House Value	House Surface
High	> 2000 UF	150
		300
Medium	650 – 2000 UF	70
Low	< 650 UF	50

Second, a layout was defined for each of the surfaces of both; one-storey and two-storey dwellings (Fig.3).

Third, each one of these models was divided into two different orientations; north-south and east-west.

Fourth, every model was catalogued as either an attached or a detached typology.

Finally, each of the 32 models obtained was built in TAS software (EDSL, 2012), in order to simulate energy consumption.

In addition, for the public policy analysis the results were grouped according to the three different income economic groups.

### 2.3 Modelling

TAS software (EDSL, 2012) was used to evaluate the energy consumption (kWh/year) per dwelling.

The houses contemplate 2 adults and 2 kids, based on the average family members of Chile (3.6 persons per household) (INE, 2002).

The thermal comfort is set as a minimum of 20°C and a maximum of 27°C, 24 hours a day throughout the whole year.

<sup>4</sup> The "Unidad de Fomento" (UF) is a unit of account indexed according to inflation, used in Chile. (1 UF = \$22.559 CLP 30/08/2012)

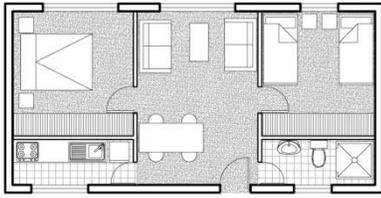
The internal gains were calculated based on CIBSE guide A (CIBSE guide A, 2006) (Table 4).

**Table 4:** Elements Configuration. Source: CIBSE guide A, 2006

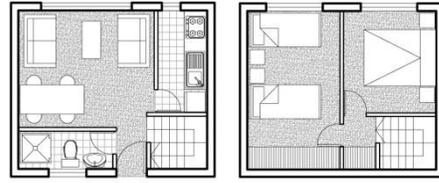
**Tabla 4:** Configuración de elementos. Fuente: CIBSE guide A, 2006

Element Configuration				
Code	Type	Thickness (mm)	Material (Out. to Ins.)	Emissivit y Ext/Int
01	External Wall	140	Brick	90/90
		140	Brick	87/90
02	External Wall	1	Moisture barrier	
		20	Polystyrene	
		8	Net+Render	
03	External Wall	140	Brick	87/90
		80	Polystyrene	
		1	Moisture Barrier	
		8	Net+Render	
04	Internal Wall	10	Gypsum	87/87
		20	Cavity	
		10	Gypsum	
05	Ground Floor	300	Earth	85/90
		80	Sand	
		70	Concrete	
		1.4	Ceramic Tile	
06	Floor	70	Concrete	85/90
		1.4	Ceramic Tile	
07	Ceiling	10	Gypsum	87/87
08	Ceiling	80	Glass Wool	87/87
			Gypsum	
09	Ceiling	160	Glass Wool Gympsum	
10	Roof	5	Fiber	90/90
		5	Plywood sheet	
11	Door	20	Aire	
		5	Plywood sheet	
		5	Plywood sheet	
12	Door	20	Polystyrene	90/90
		5	Plywood sheet	
		5	Plywood sheet	
13	Glass	10	Glass	84/84
		6	Glass	
14	Glass	12	Cavity	84/84
		6	Glass	
		6	Glass	
15	Window Frame	4	Aluminium	216/216
16	Window Frame	5	Wood	90/90

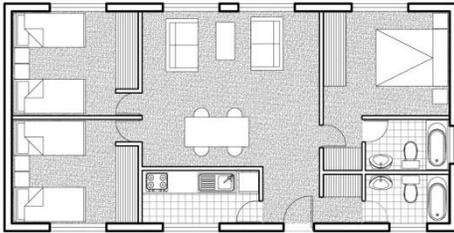
The schedule is set for a seven-day period, with bedroom use between 23:00 and 08:00, kitchen use between 10:00 and 13:00 and 19:00 and 20:00 and Living Room use between 17:00 and 23:00.



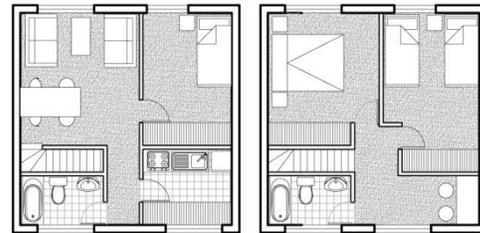
50 m<sup>2</sup> dwelling (1 floor)



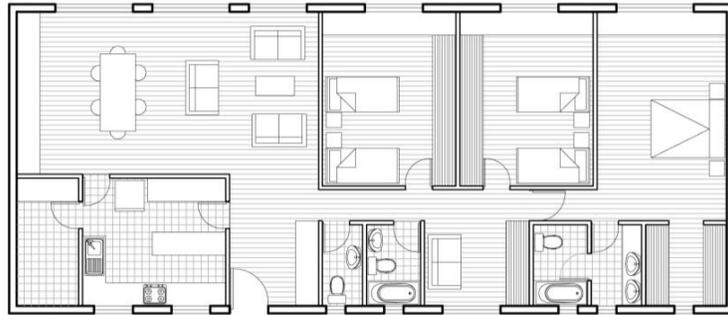
50 m<sup>2</sup> dwelling (2 floors)



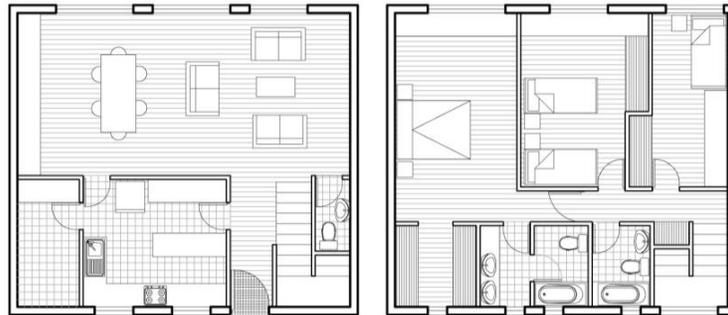
70m<sup>2</sup> dwelling (1 floor)



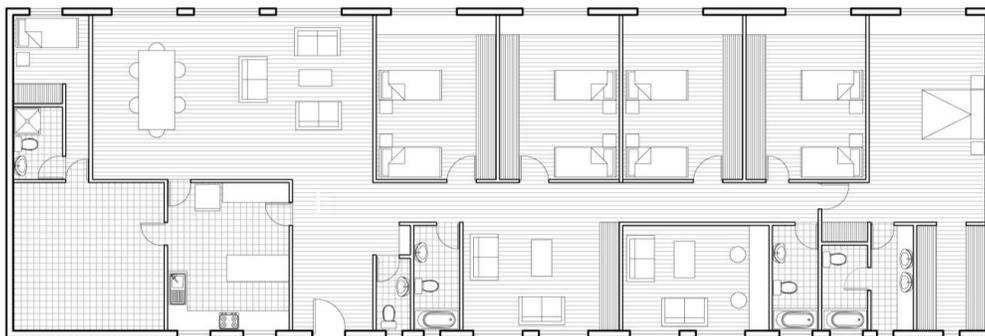
70m<sup>2</sup> dwelling (2 floor)



150m<sup>2</sup> dwelling (1 floor)



150 m<sup>2</sup> dwelling (2 floors)



300 m<sup>2</sup> dwelling (1 floor)



**Figure 3:** Dwellings surface proposed plans. Made by the autor. Source: INE, 2002b (amount of rooms per dwelling).  
**Figura 3:** Planos propuestos y superficie de viviendas. Realizados por el autor. Fuente: INE, 2012b (cantidad de habitaciones por vivienda)

The weather data used is from Meteonorm 4.0, Santiago.

The air changes per hour were considered 1.9 ach<sup>5</sup> for the Base and Case and 1.0 ach<sup>6</sup> for the Regulation and Energy Efficient.

The construction material values used are explained below.

For the Base Case the dwellings are based on the typical construction materials used before the Thermal Regulation (2000). The houses are constructed of brick (C01) in all external walls and the windows are single glass (C13), with aluminium frame (C15). The ceiling consists of gypsum board with no insulation (C07) and the roof is made of corrugated fibre cement sheets (C10). The ground floor and floor is made of concrete with ceramic tile as finishing (C06).

For the Regulation Case the dwellings are based on the typical construction materials used with the actual Thermal Regulation. The houses are constructed in all external walls of brick, moisture barrier, polystyrene and render (C02). The windows are single glass (C13) with aluminium frame (C15). The ceiling consists of gypsum board with glass wool (C08) and the roof is made of corrugated fibre cement sheets (C10).

The ground floor and first floor are made of concrete with ceramic tile as finishing (C06).

For the Energy Efficient Case the dwellings are based on a selection of fabrics according to an evaluation made in terms of cost benefit of each material. The houses are constructed in all external brick walls, moisture barrier, polystyrene and render (C03). The windows are double glass (C14) with wooden frame (C16) and wooden external shadings. The ceiling consists of gypsum board with glass wool (C09) and the roof is made of corrugated fibre cement sheets (C10). The ground floor and first floor is made of concrete with ceramic tile as finishing (C06).

The results are in terms of kWh/year and kWh/m<sup>2</sup>/year to analyse the energy consumption and energy reduction according to each improvement. The analysis per heating and cooling was done separately. The liquid gas; as the most common system for heating in Región Metropolitana, was calculated with 75.9 \$/kWh<sup>7</sup>.

On the other hand, the cooling is calculated with an electric supply of 121.5 \$/kWh<sup>8</sup>.

Finally, an economic analysis is set according to the payback period of each improvement per typology and case. The payback period was calculated with a discount rate of 3.5% according to the HM Treasury.

<sup>5</sup> According to a study made in the physical laboratory of University of Bio Bio Chile for brick houses (Bustamante et al., 2011).

<sup>7</sup> Bases on a study made in the University of Concepcion based on the proposal for the 2<sup>nd</sup> stage of Thermal Regulation (Bustamante et al., 2011).

<sup>7</sup> Chilean pesos, price based on the market price at March 2012 (CNE, 2012b)

<sup>8</sup> Chilean pesos, price based on the market price at March 2012 (CNE, 2012b)

*“The recommended discount rate is 3.5%. Calculating the present value of the differences between the streams of costs and benefits provides the net present value NPV) of an option. The NPV is the primary criterion for deciding whether government action can be justified” (Treasury, 2003).*

In addition, each improvement was calculated with a reinvestment according to the lifespan of each material. The construction budget was done according to the Chilean prices and workers' social laws for May 2012.

## 2.4 Results and analysis

Each case was analysed separately and represented in three general graphs: absolute energy consumption (in terms of kWh/year) (Fig.4), relative energy consumption (in terms of kWh/m<sup>2</sup>year) (Fig.5), and the improvements' payback period (in years) (Fig.6) which explains the total modelling results.

## 2.5 Macroeconomics

### 2.5.1 Total investment

The total investment for the Regulation Refurbishment for all the houses located in Región Metropolitana and constructed before 2002 is 7 billion pesos, and for the Energy Efficient Refurbishment is 8.45 billion pesos.

The figure 7 shows the total investment for the Energy Efficient Case for Región Metropolitana, for the three different income economic groups.

### 2.5.2 Total energy consumption

The total amount of annually energy consumption for the sample, considering the different percentages of dwellings per size is 15,200 Gigawatts for the Base Case, 9,400 Gigawatts for the Regulation Case and 5,300 Gigawatts for the Energy Efficient Case.

For the Regulation Case total sample, the proportion of cooling consumption from the total is higher than for the Base Case and for the Energy Efficient.

The total absolute energy consumption for the sample by income economic groups shows that the high income houses consume more energy than the medium and low income altogether (Fig.8) (Fig.9).

### 2.5.3 Total energy reduction

The energy consumption for the whole sample is reduced by 38% for the Regulation Case and by 65% for the Energy Efficient Case. The average in reduction for the Regulation Case is 48% in heating and 0% in cooling, with a standard deviation of 3% and 14 % respectively. According to the Energy Efficient Case, the average reduction for heating is 62% and for cooling 67% with a standard deviation of 2% and 3% respectively (Fig.10).

### 2.5.4 Total reduction in fuel import and production

The total amounts of energy savings for the Refurbishment can be calculated by money reduction from the import of liquid gas or production of electricity. The total amount of money investment saved annually in gas imported, for this sample, is \$127.021 (Table 5) million pesos and \$80.072 (Table 6) million pesos for electricity production. The 60% of the total amount of reduction in fuel imports is from the high income economic groups<sup>9</sup> (Fig.11).

## 2.6 Recommendations: Public policy a possibility

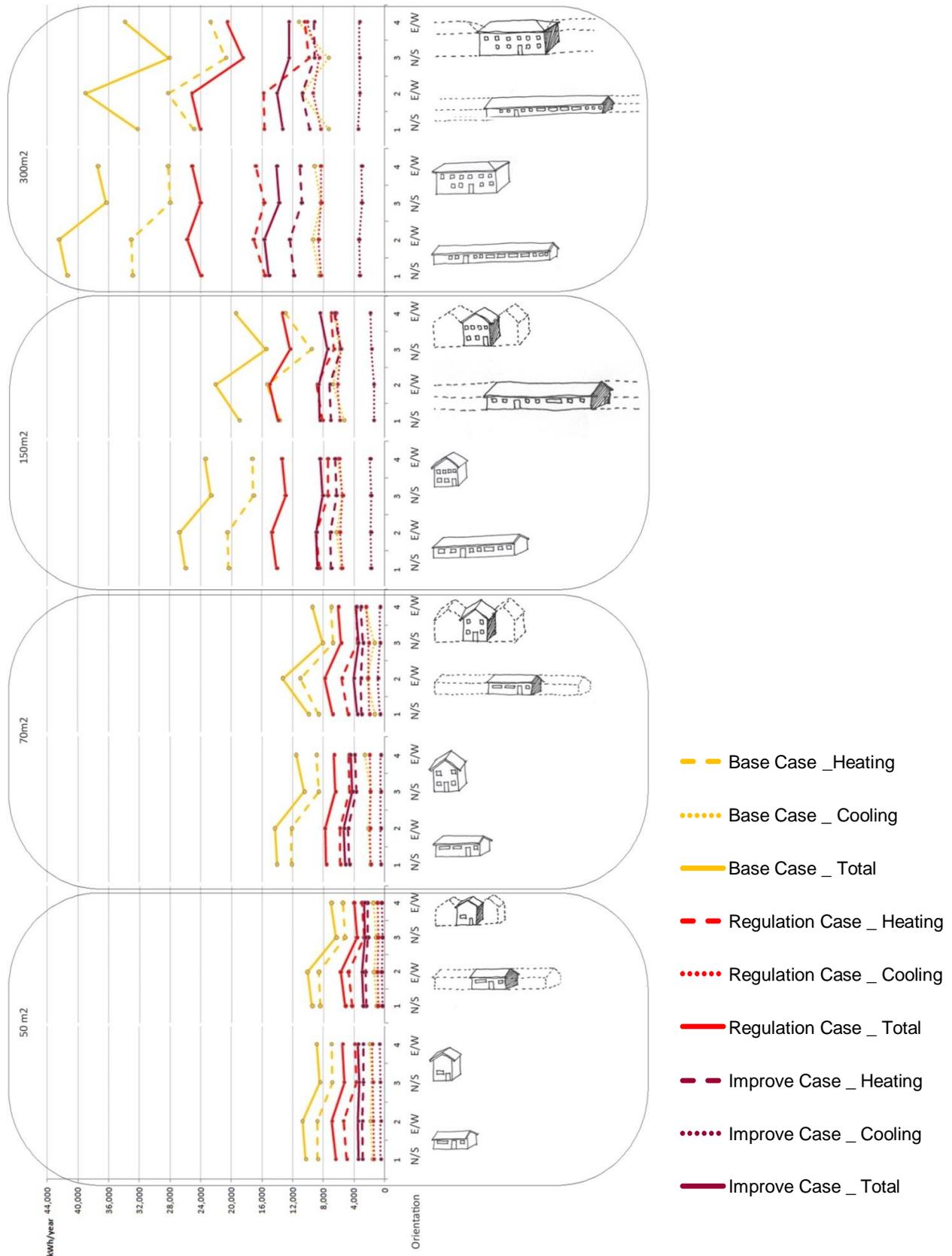
With the information from this study, a progressive government, banks and homeowners mixed investment programme in the Región Metropolitana, is proposed.

The implementation of the Energy Efficient Refurbishment programme instead of the Regulation Refurbishment programme was decided, due to its better results in efficiency in terms of energy reduction, capital costs and payback period. The existing thermal subsidy gives a maximum of 100 UF (\$2.255.900)<sup>10</sup> for the zone that is closer to the Región Metropolitana and the lowest investment for a low income house, to get the Energy Efficient Refurbishment standard is \$4.020.640.

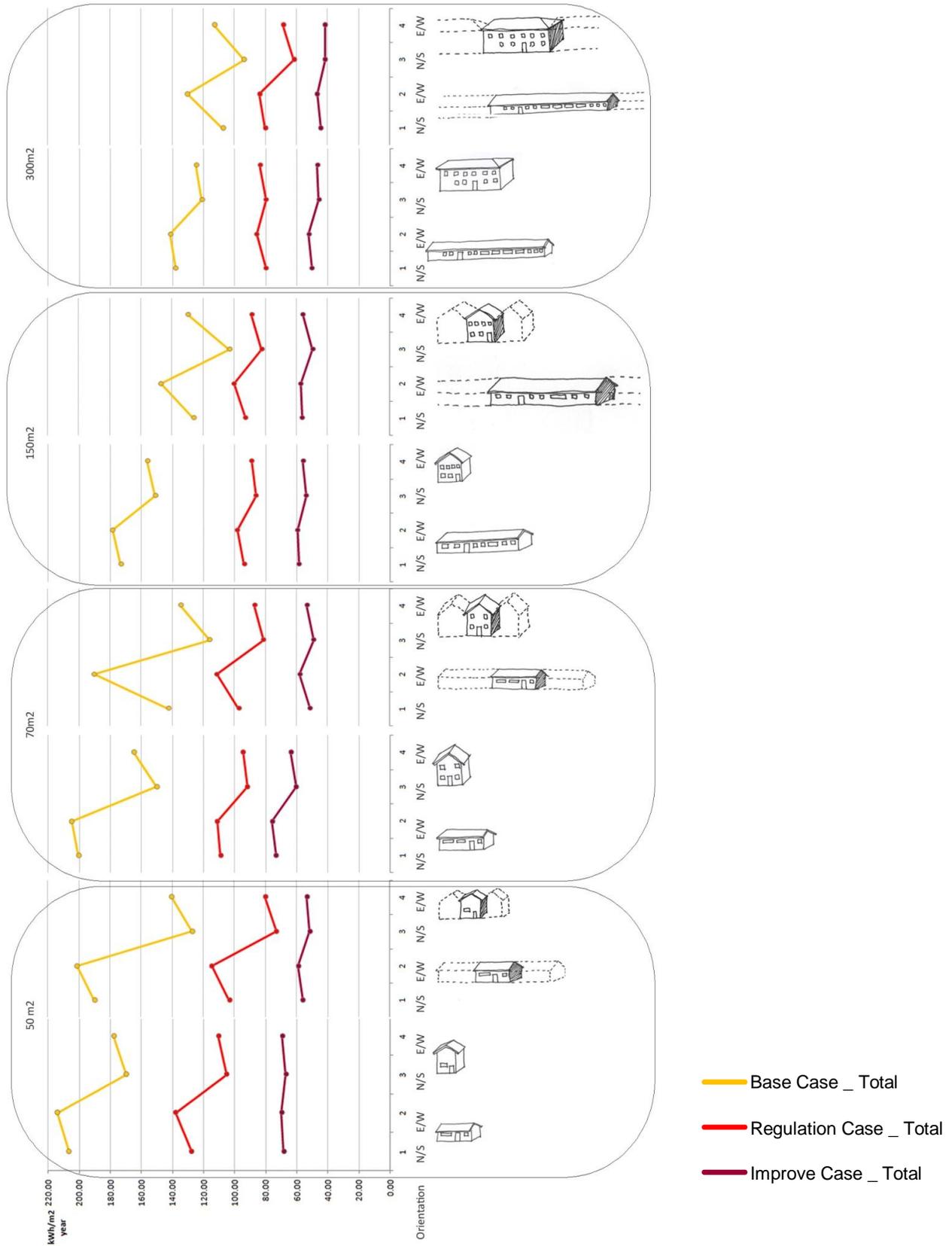
The programme is designed to be implemented in 26 years with 3 different steps, and divided in 3 different types of subsidies according to the income groups.

<sup>9</sup> Common OLADE conversion factors for energy units

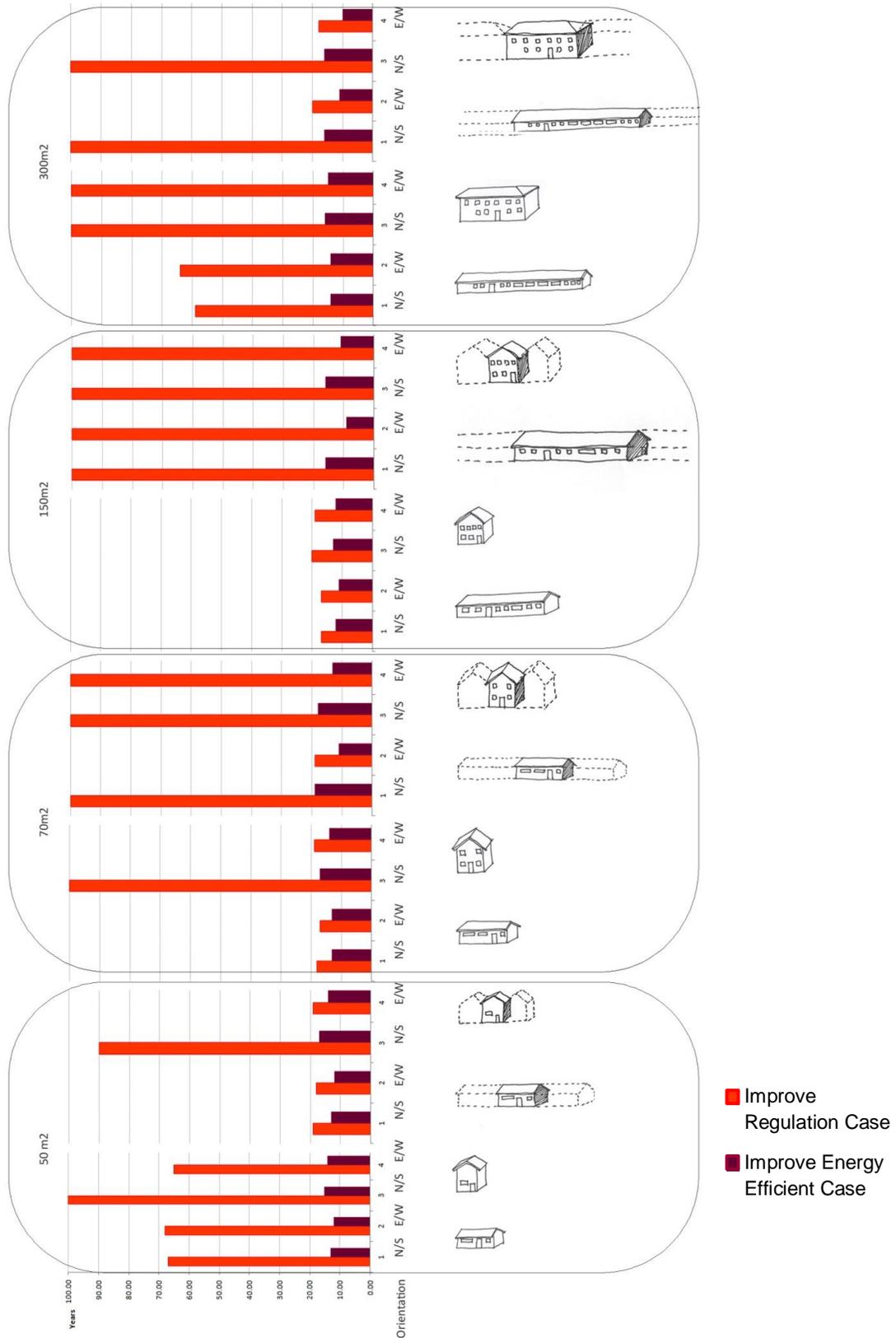
<sup>10</sup> 1 UF = \$22.559 chilean pesos (30/08/2012)



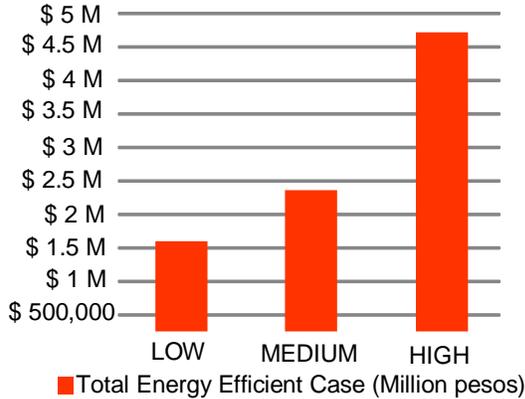
**Figure 4:** Absolute Energy consumption per dwelling typology (kWh/year). Source: Own Elaboration.  
**Figura 4:** Consumo absoluto de energía por tipología de vivienda (kWh/año). Fuente: Elaboración Propia.



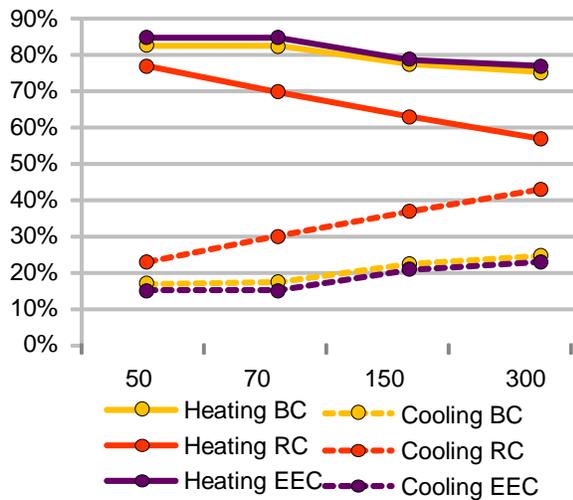
**Figure 5:** A Relative Energy consumption per dwelling typology (kWh/m²year). Source: Own Elaboration.  
**Figura 5:** Consumo relativo de energía por tipología de vivienda (kWh/m²año). Fuente: Elaboración Propia.



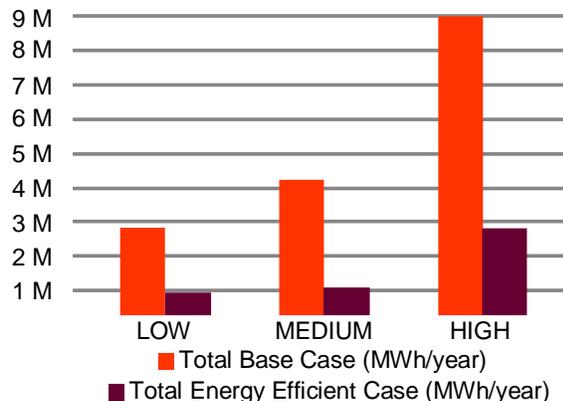
**Figure 6:** A Payback period per dwelling typology (years). Source: Own Elaboration.  
**Figura 6:** Periodo de retorno por tipología de vivienda (años). Fuente: Elaboración Propia



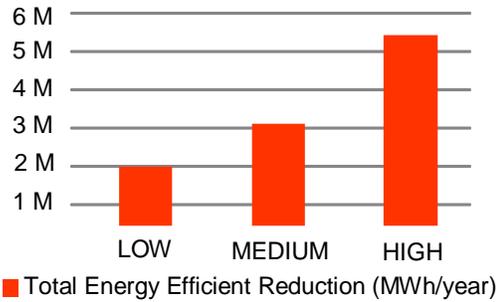
**Figure 7:** Total investment Energy Efficient Refurbishment. Source: Own Elaboration.  
**Figura 7:** Inversión total en Renovación Eficiente Energéticamente. Fuente: Elaboración Propia



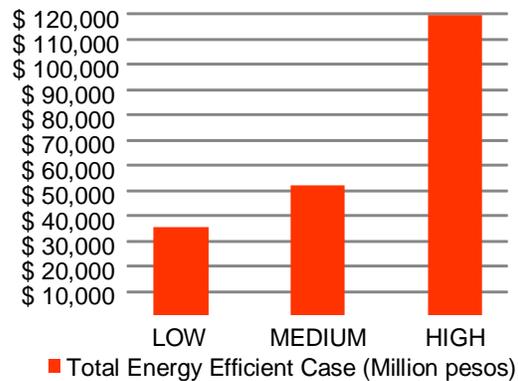
**Figure 8:** Total sample heating and cooling consumption per size of dwelling. Source: Own Elaboration  
**Figura 8:** Consumo total de la muestra de calefacción y refrigeración por tamaño de vivienda. Fuente: Elaboración Propia



**Figure 9:** Total sample absolute energy consumption by income economic groups. Source: Own Elaboration  
**Figura 9:** Consumo total de calefacción y refrigeración de la muestra por tamaño de vivienda. Fuente: Elaboración Propia



**Figure 10:** Total absolute energy reduction for the sample by income economic groups. Source: Own Elaboration  
**Figura 10:** Reducción absoluta total de la muestra de consumo de energía por grupos de ingresos económicos. Fuente: Elaboración Propia



**Figure 11:** Total yearly reduction of the sample in fuel imports and productions per income economic groups. Source: Own Elaboration  
**Figura 11:** Reducción total de la muestra en importación y producción de energía por grupos de ingresos económicos. Fuente: Elaboración Propia

### 2.6.1 Step 1 (year 1):

To make a national information programme, it is necessary to make people aware of the various measures that can be taken. From small things like changing light bulbs, to bigger energy efficient ones like the use of different heating systems and refurbishment opportunities.

In addition, the temperature, humidity, energy consumption and indoor air quality should be monitored in selected different houses in Región Metropolitana during one complete year to analyse the internal conditions and the fuel expenditure.

### 2.6.2 Step 2 (years 2 and 3):

To make a trial run of the Energy Refurbishment programme in the same selected

**Table 5:** Annual savings in production of Electricity. Source: Own Elaboration

**Tabla 5:** Ahorro anual por producción de Electricidad. Fuente: Elaboración Propia

ELECTRICITY		
Annual Consumption before the Refurbishment (MWh)	Annual Consumption after the Refurbishment (MWh)	Saving (MWh)
3,429,723	1,611,970	1,817,753
Conversion factor: MWh in KWh 1 MWh = 1000 KWh		
Annual Consumption before the Refurbishment (KWh)	Annual Consumption after the Refurbishment (KWh)	Saving (KWh)
3,429,723,000	1,611,969,810	1,817,753,190
Cost (\$/(KWh)*		\$44.05
Annual Consumption before the Refurbishment (million pesos)	Annual Consumption after the Refurbishment (million pesos)	Saving (million pesos)
\$ 362,918	\$ 235,897	\$ 127,021

\* International parity price defined by INE (National Institute of Statistics)

\* Average 2011 price

**Table 6:** Annual savings in import of Liquid Gas. Source: Own Elaboration

**Tabla 6:** Ahorro anual por importación de Gas Líquido. Fuente: Elaboración Propia

LIQUID GAS		
Annual Consumption before the Refurbishment (MWh)	Annual Consumption after the Refurbishment (MWh)	Saving (MWh)
11,743,873	7,633,517	4,110,356
Conversion factor: MWh in m <sup>3</sup> liquid gas 1 MWh = 81.2077 kgGLP 1 m <sup>3</sup> = 552.4 kgGLP So: 1 MWh= 0.15 m <sup>3</sup>		
Annual Consumption before the Refurbishment (m <sup>3</sup> )	Annual Consumption after the Refurbishment (m <sup>3</sup> )	Saving (m <sup>3</sup> )
1,726,454	1,122,195	604,259
Cost (\$/(m <sup>3</sup> )*		\$210,210.22
Annual Consumption before the Refurbishment (million pesos)	Annual Consumption after the Refurbishment (million pesos)	Saving (million pesos)
\$ 151,079	\$71,007	\$80,072

\* Average 2011 price

**Table 7:** Investment and savings costs per year for the Energy Efficient Programme in billion pesos. Source: Own Elaboration

**Tabla 7:** Inversión inicial y ahorro por año del Programa de Eficiencia Energética en billones de pesos. Fuente: Elaboración Propia

Social economic group	Total Investment	Total government investment	Government energy reduction savings	
	/year	/year	/year	
million pesos				
Low Income	\$62,487	98%	\$61,237	\$0
Medium Income	\$97,597	70%	\$68,318	\$51,641
High Income	\$207,208	25%	\$51,802	\$119,231
Total	\$367,292		\$181,357	\$170,872

\*The Government Energy Saving for the Low Income group according to the calculation should be 34,934 million pesos. For this purpose, due to the fuel poverty it was considered 0.

houses, to analyse the timeframe and prices for the improvements. Also, monitor the houses continuously for a year and measuring the difference in the internal conditions and the savings in energy consumption.

### 2.6.3 Steps 3 (year 4 to year 26):

To launch an Energy Efficient Refurbishment programme for every house constructed in the Región Metropolitana before 2000. The policy would be divided in three different types, according to the house values, established by the existing MINVU's subsidies. It should be implemented during 23 years to achieve the totality of the target group.

The table 8 shows the investments per income economic group divided into the different entities involved. The government investment for the average house is similar for the three groups; however the difference to achieve the total investment is made by the homeowners' savings or by bank loans.

The table 9 shows the total investment of the programme. The largest government investment is for the medium income group and the second one is for the low-income group.

#### - Low income programme:

Public plus homeowners investment for an Energy Efficiency Refurbishment to maximize thermal comfort, reduce fuel poverty, reduce national health expenses and increase property values.

**Table 8:** Average Investment per house in pesos for the Energy Efficient Programme . Source: Own Elaboration  
**Tabla 8:** Promedio de inversión inicial en pesos por vivienda del Programa de Eficiencia Energética. Fuente: Elaboración Propia

Social economic group	Average investments per house						Total
	Government Subsidy		Homeowners Investment		Bank Loan		
	pesos						
Low Income	98%	\$ 4,940,468	2%	\$ 100,826	0%	\$ 0	\$ 5,041,294
Medium Income	70%	\$ 4,559,228	3%	\$ 195,395	27%	\$ 1,758,559	\$ 6,513,183
High Income	25%	\$ 4,699,129	0%	\$ 0	75%	\$ 14,097,386	\$18,796,514

**Table 9:** Total Investment for the Energy Efficient Programme in billion pesos. Source: Own Elaboration  
**Tabla 9:** Inversión total del Programa de Eficiencia Energética en billones de pesos. Fuente: Elaboración Propia

Social economic group	Total investments per programme						Total
	Government Subsidy		Homeowners Investment		Bank Loan		
	Million pesos						
Low Income	98%	£ 1,408,458	2%	£ 28,744	0%	£ 0	£ 1,437,202
Medium Income	70%	£ 1,571,315	3%	£ 67,342	27%	£ 606,079	£ 2,244,736
High Income	25%	£ 1,191,445	0%	£ 0	75%	£ 3,574,336	£ 4,765,781

The government investment would be \$61.200 million pesos a year for 23 years. No savings are calculated in energy supply or production due to fuel poverty.

The government investment would be 98% of the total investment and the owners should contribute the other 2%, which is between \$100.000 and \$200.000 per house. This would make them part of the policy and also responsible for the investment.

The subsidy should be between \$4.000.000 and \$5.700.000 per house to ensure that the Energy Efficient Refurbishment is made complete and work as a whole airtight improvement.

- Medium income programme:

Public plus private plus homeowner's investment policy, for an Energy Efficient Refurbishment programme for medium income houses; to maximise the thermal comfort, reduction in energy bills, decrease in energy dependence and increase property values.

The medium income economic group has a lack of public policies in Chile; generally the subsidies are aimed at low-income families. However, the medium-income families do not have sufficient income to pay for all the necessities as high-income families do.

The refurbishment average cost per house should be \$6.500.000, 70% of it will be subsidised by the government, 3% will be the owner's savings and 27% a bank loan with low charges. If the bank loan is for 3.5 years, the monthly bank

fee would be the average in energy saving after the refurbishment; \$51.640.

The subsidy will have a total of \$68.300million pesos investment a year for 23 years and the production and import saving would be \$51.600 million pesos a year.

- High income programme:

Is focused on making a national programme to provide an incentive to private investment in high-income families, to reduce the energy consumption and also decrease the government costs in fuel production and imports.

The subsidy would be 25% of the total refurbishment cost to encourage private investment. The rest of the investment could be made directly by homeowners' savings or by a bank loan with low charges.

If the total cost for the homeowner's investment is made by a bank loan for 10 years, the monthly bank fee would be \$136.700 pesos; the average in energy saving after refurbishment.

The total government investment would be \$51.800 million pesos a year for 23 years and the total saving in energy supply or production would be \$119.200 million pesos a year with a difference of \$67.400 million pesos a year saving for the government.

Because the largest amount of energy consumption and energy savings, after refurbishment are in high-income households, this also provides the biggest savings in energy supply

for the government. If a public policy is adopted to encourage high-income homeowners' investment, the national saving in energy supply could pay 66% of the total investment of the programme. When adding the medium-income energy supply savings, the total government savings for the production and import of energy could pay 94% of the total investment proposed.

The total investment of the government for the programme would be \$4.170.000 million pesos and the total saving in 23 years in energy production and import would be \$3.930.000 million pesos. The savings continue after completion of the programme implementation.

It is also necessary to consider that the calculation is made in a conservative way. The budget prices are based on the actual market prices. If a public refurbishment policy is adopted, buying all the materials in a bulk purchase could significantly reduce prices and the total investment for the government and for the private sector would decrease.

Besides, there are other economic factors associated with the programme that should be taken into consideration; such as savings in the public health system and the economic house values increase.

In addition to the refurbishment programme, ventilation regulation and the use of internal combustion heaters should be regulated to maintain the indoor air quality due to the health problems they generate.

## Conclusion

The study has analysed a model of 32 dwelling typologies in the Región Metropolitana in terms of energy absolute energy consumption, relative energy reduction and payback period analysis.

The information of the study can be used as a basis for a Chilean public policy with a proposal to enlarge the study for the entire country. It can also be used as a database for further studies and for standards in the Región Metropolitana energy consumption by house typologies.

The study shows how poorly thermally constructions helps to increase the poverty circle with a large percentage of the family budget expenditure being spent on heating in low-income families.

Currently there are government actions being developed to improve the energy efficient construction with regulations and subsidies for new houses and buildings. There is also a necessity to take care of the existing dwellings to make sure that the energy efficient actions cover the whole population.

The Energy Efficient Refurbishment should be accompanied by an upgrade of the existing Thermal Regulation for new houses, in order to increase the thermal regulation standard to a more energy efficient one, such as the one presented as Energy Efficient Standard for Región Metropolitana.

The study proposed an Energy Efficient Refurbishment programme to increase the thermal conditions of the dwellings in the Región Metropolitana. This would contribute to having energy security, a decrease in health problems during the winter, an increase in thermal comfort and a reduction in energy consumption. Also a national programme could reduce the fuel poverty generated by heating expenses.

## Aknowledgements

My MSc studies in UCL were funded by a scholarship for postgraduate studies, Becas Chile Conicyt from the Chilean Government, to which I am grateful.

From the Bartlett School of Graduate Studies, I would like to thank my supervisor, Dr. Ben Croxford for his assistance in the preparation of the dissertation. In addition special thanks to Dr. Hector Altamirano Medina for his guidance.

I am mostly grateful to Juan Felipe Lopez, Cristina Hayden and Cecilia Flaño for all their help and expertise and for providing valuable professional guidance while I was conducting the study.

Finally, I would also like to thank my family and friends back in Chile, and specially my husband Patricio Bravo for his constant encouragement during the last year.

## References

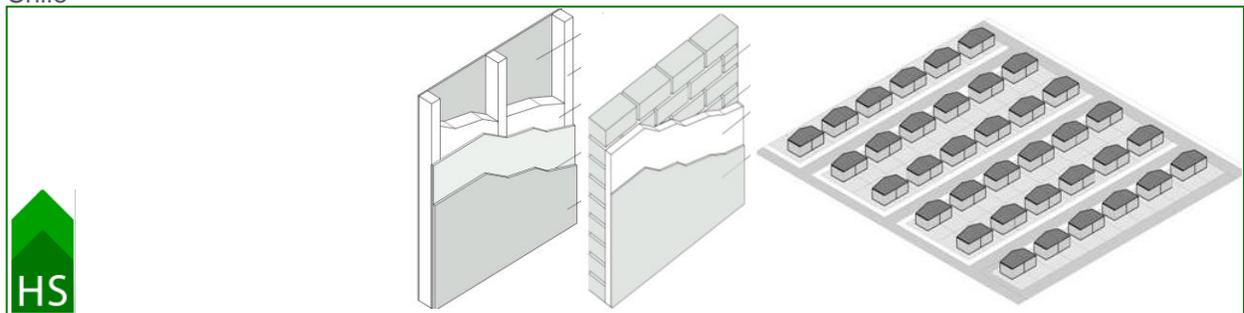
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE). (2011). Agencia Chilena de Eficiencia Energética: Certificación de viviendas. Retrieved March 23, 2012, from <http://www.acee.cl/576/article-58868.html>
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE). (2012). Agencia Chilena de Eficiencia Energética: Subsidio al Reacondicionamiento Térmico en viviendas existentes. Retrieved July 17, 2012, from <http://www.acee.cl/576/article-58761.html>

- Bustamante, W., Cepeda, R., Martínez, P., & Santa María, H. (2011). Eficiencia energética en vivienda social: un desafío posible. In Irrázaval, I., Puga E. (Eds.) *Camino al Bicentenario: Propuesta para Chile*, (pp. 253–282). Santiago: Centro de Políticas Públicas UC.
- Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) (2006). *CIBSE Guide A: Environmental design*. (7th edition). London, UK: CIBSE Publications, BSI British Standards.
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (2012a). Estadísticas Comisión Nacional de Energía. Retrieved June 6, 2012, from <http://www.cne.cl/estadisticas/energia/hidrocarburos>
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (2012b). Estadísticas Comisión Nacional de Energía. Retrieved June 6, 2012, from [www.cne.cl](http://www.cne.cl)
- Collados, E., & Armijo, G. (2009). Impact of Energy Refurbishment Programme in Chile: More than Energy Savings. In D. Mumovic & M. Santamouris (Eds.), *A Handbook of Sustainable Building Design & Engineering* (First., pp. 401–422). London, UK: publishing for sustainable future earthscan.
- EDSL. (2012). TAS software, building modelling and simulation. Milton Keynes, UK. Retrieved from <http://www.edsl.net/>
- Hormazabal, F. (2010). Observatorio Medio Ambiental Domiciliario. Santiago, Chile: Ingeniería Dictuc división Ingeniería Mecánica y Metalúrgica.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2002). Estadísticas CENSO de Población, Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. Retrieved June 6, 2012, from <http://espino.ine.cl/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalActio n?&MODE=MAIN&BASE=CPCHL2KCOM&MAIN=Web ServerMain.inl>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2012a). Instituto Nacional de Estadísticas: Resultados Precenso 2011. Retrieved June 23, 2012, from <http://www.ine.cl/filenews/files/2011/diciembre/pdf/cifras-precenso.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2012b). Estadísticas CENSO de Población, Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. Retrieved June 6, 2012, from [www.ine.cl](http://www.ine.cl)
- Ministerio Nacional de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2011). Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Retrieved March 12, 2012, from [http://www.minvu.cl/opensite\\_20070404173759.aspx](http://www.minvu.cl/opensite_20070404173759.aspx)
- Ministerio Nacional de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2012a). Manual de aplicación Reglamentación Térmica: Ordenanza General de Urbanismo y Construcción 4.1.10. Santiago, Chile: Gobierno de Chile, MINVU, Instituto de la Construcción. Retrieved from [http://www.sodal.cl/files/1\\_Manual A R T.pdf](http://www.sodal.cl/files/1_Manual A R T.pdf)
- Ministerio Nacional de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2012b). Ministerio de Vivienda y Urbanismo: Subsidios. Retrieved April 12, 2012, from [http://www.minvu.cl/opensite\\_20061113124710.aspx](http://www.minvu.cl/opensite_20061113124710.aspx)
- Márquez, M., & Miranda, R. (2009). *Una estimación de los impactos en los presupuestos familiares derivados del sostenido aumento en los precios de la energía*. Santiago, Chile. Retrieved from [www.aserta.cl](http://www.aserta.cl)
- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). (2001). *Norma de calidad primaria para material particulado respirable MP10*, 1–8. Retrieved from [http://www.sinia.cl/1292/articles-26290\\_pdf\\_mp10.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-26290_pdf_mp10.pdf)
- Treasury, H. M. (2003). *The Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government* Retrieved from: [http://www.hm-treasury.gov.uk/d/green\\_book\\_complete.pdf](http://www.hm-treasury.gov.uk/d/green_book_complete.pdf)

Recibido: 03|09|2012  
 Aceptado: 04|11|2012

Incidence of Form and Envelope  
in Thermal Behavior of  
Dwellings in the Centre-south of  
Chile

## Incidencia de la Forma y Envolvente en el Desempeño Térmico de las Viviendas del Centro-Sur de Chile



**Flavio Celis Damico** [flavio.celis@uah.es](mailto:flavio.celis@uah.es)

Depto. de Arquitectura – Universidad de Alcalá de Henares

**Olavo Escorcía Oyola** [oescorciao@unal.edu.co](mailto:oescorciao@unal.edu.co)

Escuela de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional

**Muriel Díaz Cisternas** [prof.fisch@egs-plan.de](mailto:prof.fisch@egs-plan.de)

Depto. Diseño y Teoría de la Arquitectura – Universidad del Bío – Bío

**Rodrigo García Alvarado** [rgarcia@ubiobio.cl](mailto:rgarcia@ubiobio.cl)

Depto. Diseño y Teoría de la Arquitectura – Universidad del Bío – Bío

**Ernesto Echeverría Valiente** [ernesto.echeverria@uah.es](mailto:ernesto.echeverria@uah.es)

Depto. de Arquitectura – Universidad de Alcalá de Henares



# Incidencia de la Forma y Envolverte en el Desempeño Térmico de las Viviendas del Centro-Sur de Chile

Incidence of Form and Envelope in Thermal Behavior of Dwellings in the Centre-south of Chile

Flavio Celis Damico <sup>(a)</sup>, Olavo Escorcía Oyola <sup>(b)</sup>, Muriel Díaz Cisternas <sup>(c)</sup>, Rodrigo García Alvarado <sup>(d)</sup>, Ernesto Echeverría Valiente <sup>(e)</sup>

*(a) Depto. de Arquitectura – Universidad de Alcalá de Henares – España – email: flavio.celis@uah.es*

*(b) Escuela de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional – Colombia – email: oescorciao@unal.edu.co*

*(c) Depto. Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío – Bío – Chile – email: muriel.diaz@antakori.com*

*(d) Depto. Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío – Bío – Chile – email: rgarcia@ubiobio.cl*

*(e) Depto. de Arquitectura – Universidad de Alcalá de Henares – España – email: ernesto.echeverria@uah.es*

---

## RESUMEN

### *Palabras Claves*

Vivienda

Eficiencia Energética

Análisis Climático

Centro-Sur de Chile

Reconstrucción Post Terremoto

Este artículo analiza la situación de la vivienda en Chile desde el punto de vista de la eficiencia energética con el fin de proponer mejoras aplicables, en particular en los programas de reconstrucción habitacional post terremoto 2010. El estudio se centra en el centro sur del país, entre la región del Maule y la región de la Araucanía, la zona más afectada por el sismo. Se presentan las condiciones climáticas, aspectos morfológicos y constructivos, para identificar posibles mejoras de eficiencia energética. A partir de este análisis se advierten características del diseño arquitectónico de las viviendas, especialmente de agrupamiento y materialidad de la envolvente que inciden significativamente en su desempeño energético. Se expone una evaluación simple de los costos asociados a los mejoramientos de la envolvente propuestos. Concluyendo que una construcción más eficiente es determinada por un correcto análisis de las condiciones climáticas para la demanda energética correspondiente e identificando formas más adecuadas y calidad de la envolvente. Se constata que modificaciones en el diseño arquitectónico de la vivienda, su emplazamiento y configuración son relevantes en el camino hacia la eficiencia energética.

## ABSTRACT

### *Key Words*

Housing

Energy –Efficiency

This paper analyses the housing situation in Chile according to energy efficiency, in order to propose improvements, in particular for reconstruction housing programmes post-earthquake of 2010. The study is targeted to the central-south zone of the country, between

Climate Analysis  
South-Center of Chile  
Earthquake Reconstruction

Maule and Araucanía region; which has been mostly affected by the seismic activity. It reviews climatic conditions, as well as shape and constructive features, in order to identify feasible improvements for energy efficiency. Based on that analysis, it states some housing design properties, in particular related to arrangements and envelope materials with great incidence on the environmental performance. A simple assessment of the costs associated to these improvements is made. The work concludes that a more efficient construction is determined by the correct analysis of climatic conditions for the energy requirements, to identify proper shapes and a quality of envelope. It demonstrates that modifications of housing design, location and construction can be significant in the way to energy efficiency.

## 1. Introducción

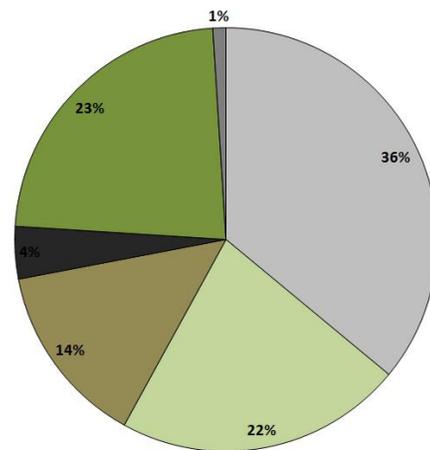
El sismo del 27 de Febrero de 2010 afectó numerosas construcciones en la zona del centro-sur de Chile, en particular viviendas pareadas y aisladas que se extienden en las periferias de las principales ciudades. Esta organización es producto de la intensa dinámica privada, que beneficia a los sectores populares con subsidios financieros, lo que ha permitido satisfacer las demandas residenciales del país, pero generando desregulación del suelo y falta de servicios urbanos. Respecto de la calidad de las viviendas, se puede constatar que el tamaño, los acabados y las densidades son similares entre las viviendas subsidiadas y las de clase media-alta, de igual modo que los campamentos de aquellos que se quedaron sin hogar por el terremoto. También los programas de reconstrucción habitacional desarrollan mayormente estas mismas viviendas individuales en extensión.

Este desarrollo urbano en baja densidad, fruto en parte del crecimiento económico, de la presión inmobiliaria y de la evidente necesidad de cubrir la demanda habitacional de la población más desfavorecida, posee debilidades desde el punto de vista ambiental. En Chile, la edificación residencial representa una cuarta parte del consumo total de energía (Fig.1) con lo que una reducción significativa en la demanda energética de dicho sector tendría un importante impacto económico y ecológico en el conjunto del país. Si a ello se le suma el hecho de que el país carece de recursos en materia de hidrocarburos y gas natural y por ende importa gran parte de su energía, se hace evidente la necesidad de repensar la edificación en relación a dicha demanda.

Chile enfrenta el reto energético mediante

dos estrategias paralelas, la primera, aumentando la capacidad instalada del país y la segunda, reduciendo la creciente demanda energética. En el área habitacional, mediante la implementación de la Reglamentación Térmica que divide el país en 7 zonas y está programada en tres etapas; la primera regula las techumbres desde el año 2000; la segunda condiciona muros, ventanas y pisos ventilados desde el 2007; y la tercera etapa pretende culminar con la certificación energética. En ese escenario, mejorar la envolvente de la vivienda encabeza la lista de requerimientos para limitar la demanda energética.

■ Transporte ■ Industria ■ Minería ■ Comercial ■ Residencial ■ Público



**Figura 1:** Consumo Energético por sector. Fuente: CNE, 2008.  
**Figure 1:** Energy Consumption by sector. Source: CNE, 2008.

El presente artículo, enmarcado en el proyecto “*Diseño Integrado para la Reconstrucción de Viviendas Energéticamente Eficientes*”, desarrollado por la Universidad del Bío-Bío y la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, con el apoyo de Conicyt-Chile, expone avances iniciales en los aspectos

arquitectónicos y constructivos que inciden en el desempeño energético de este parque habitacional. Identificando en particular condiciones morfológicas y materiales. Realizando una evaluación simple de estas características en relación a las tipologías frecuentes y planteando recomendaciones.

## 2. Situación geográfica y condiciones de distribución de la población

En la zona centro sur de Chile se encuentran las regiones del Maule, Bio-Bio y Araucanía. Estas regiones fueron las más afectadas por el terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010, y se identifican como una zona de oportunidad para plantear procesos de innovación en la construcción y rehabilitación de viviendas, al ser regiones priorizadas en los planes de reconstrucción (MINVU, 2010). Según la reglamentación vigente estas regiones abarcan 5 zonas térmicas, con una marcada diferenciación horizontal en orden a la latitud, con la única salvedad de la zona cordillerana. Esta división establecida por la normativa está basada en el concepto de los grados día de calefacción y parece insuficiente, en relación a la normativa NCH1079.Of2008 (Fig.2), que propone mayores diferencias, especialmente en lo referido a una mayor distinción climática entre litoral, centro y cordillera, combinando diferencias de latitud con orográficas, de proximidad al mar y altitud.

La distribución de la población en las regiones de estudio revela tanto la tendencia a la agrupación en ciudades, como la distribución tipológica de las viviendas, con una abrumadora mayoría de edificaciones unifamiliares. Por regiones, el Maule tiene 15 ciudades las que concentran un 57,9% de la población total de la región y que concentran un 56,8% de las viviendas. La región del Biobío tiene 35 ciudades que concentran un 77,1 % de la población total regional con un 74,4% de las viviendas de la región (INE, 2011). La región de la Araucanía tiene 20 ciudades que concentran un 59,8 % de la población total regional y un 56,8% de las viviendas de la región. Por zonas térmicas según la reglamentación, la mayoría de la población se concentra en la zona 4 y, en menor medida, en la 5, siendo la zona 3 (norte del Maule) y la cordillerana residuales en cuanto a población. Por tanto, las acciones estratégicas de mejora de la edificación residencial deberían concentrarse, fundamentalmente, en las viviendas unifamiliares de los núcleos urbanos de la zona 4, y en menor medida, de la 5, ya que una reducción del

consumo energético en dicho ámbito tendría un efecto multiplicador y de fuerte impacto por la densidad de población.

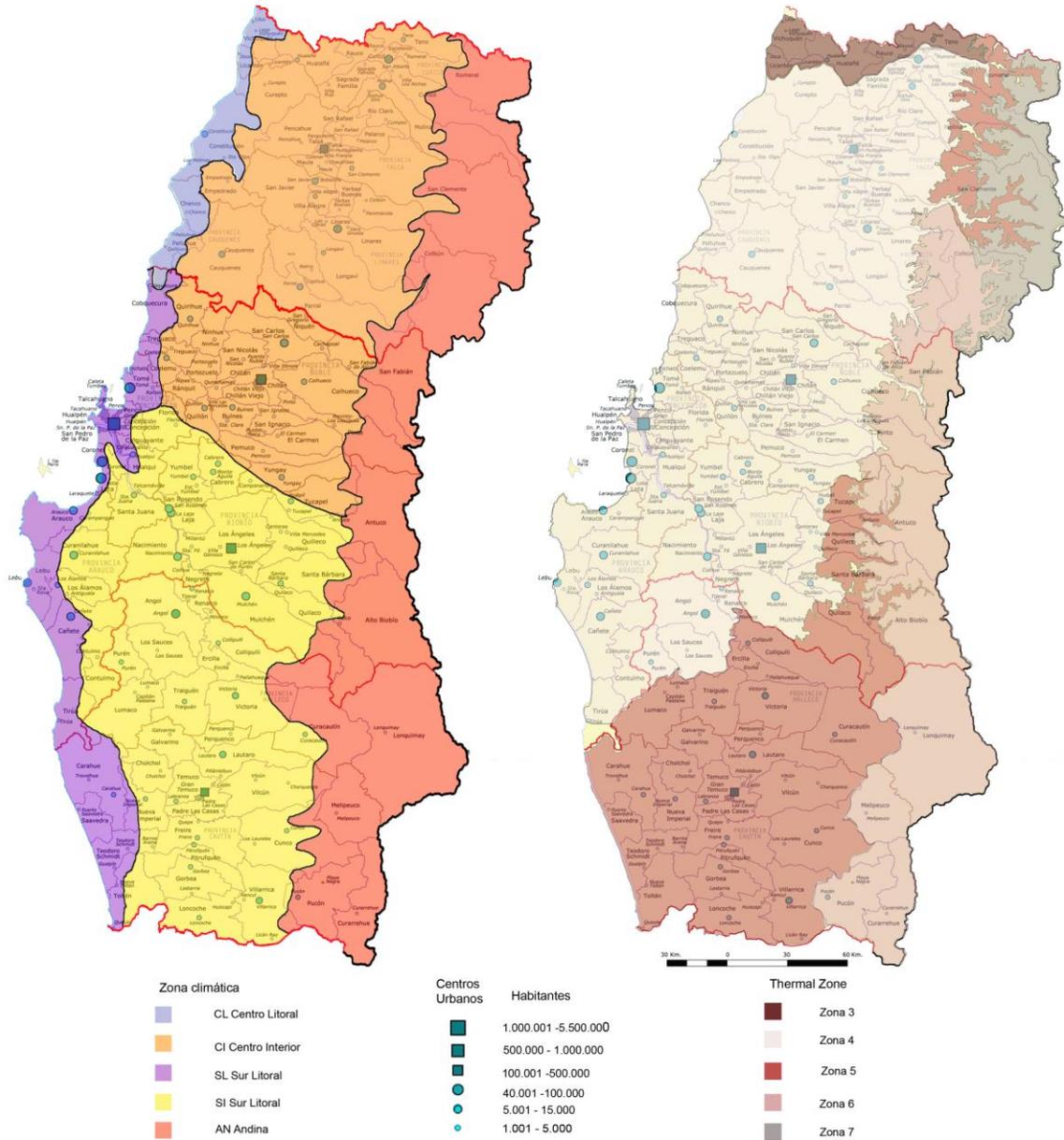
## 3. Análisis climático

Para establecer algunas recomendaciones precisas de acción y estrategia de diseño arquitectónico, se han utilizado los climogramas de Givoni, estudiados en los lugares señalados anteriormente. La carta de Givoni se basa en un índice de tensión térmica (ITS), que delimita una zona de bienestar. Este método contempla las características de la construcción como modificadoras de las condiciones del clima exterior, para alcanzar los niveles de confort en el interior de las edificaciones. Combina una triple entrada con temperaturas de bulbo seco, la tensión parcial del vapor de agua y la humedad relativa. Se delimitan varias áreas, cuyas características indican la conveniencia de utilizar unas determinadas estrategias de diseño en la edificación. En aquellas en las que se superponen distintas estrategias, se puede usar acciones combinadas. Las acciones se consideran superpuestas, de tal modo que un buen aprovechamiento pasivo, aunque insuficiente en sí mismo, disminuye el coste de energía destinado a calefacción activa.

En los climogramas utilizados, se ha usado el mismo estándar que el desarrollado en investigaciones análogas en otras latitudes (Luxan et al., 1996). Aunque la normativa chilena contempla estándares de confort más bajos (15C° como temperatura mínima), se considera utilizar un estándar de confort más universalmente aceptado y definido en el propio climograma, tanto como medida de comparación, como por considerar que el paulatino aumento de la calidad de vida y de la demanda de bienestar apuntarán en esta dirección. El estudio se ha realizado utilizando los datos climáticos obtenidos de los observatorios en los lugares estudiados, con medias de máximas y mínimas en cada mes.

### 3.1 Región del Maule:

La región presenta tres zonas bien diferenciadas climáticamente. La mayor parte de la población se distribuye en la zona costera (minoritaria) y en la central (mayoritaria), siendo la zona andina prácticamente testimonial en cuanto a ocupación. En el caso de la zona central, las condiciones de confort podrían alcanzarse



**Figura 2:** Zonas climáticas y zonas térmicas para las regiones de estudio. Fuente: Minvu, 2010  
**Figure 2:** Climatic and thermal zoning for the study region. Source: Minvu, 2010

básicamente mediante captación de radiación solar y acumulación en masa térmica. Sólo los valores más extremos invernales necesitan de un apoyo externo de calefacción, al igual que los estivales, que podrían resolverse mediante ventilación y protección de huecos. En la zona costera, dada la mitigación por efecto del mar, incluso estas condiciones extremas podrían asumirse, siempre y cuando se mitigara la humedad en el interior de las edificaciones.

### 3.2 Región del Bio-Bio:

Se constata aquí también la existencia de tres zonas climáticas diferenciadas, aunque en este caso la costa está mucho más poblada que la zona central, y se encuentra muy concentrada. La zona andina es prácticamente testimonial. En el caso de la zona central, las condiciones de confort podrían alcanzarse básicamente mediante captación de radiación solar y acumulación en masa térmica, teniendo cuidado con los sobrecalentamientos puntuales en verano,

protegiendo vanos, evitando ganancias solares directas e introduciendo ventilación en las horas más extremas. Los valores mínimos invernales necesitan de un apoyo externo de calefacción. En la zona costera, la mitigación por efecto del mar se considera sólo en los meses estivales, dado que en los meses invernales es necesario mitigar la humedad, para lo que también es necesario complementar las ganancias solares con algún sistema de calefacción activa.

### 3.3. Región de la Araucanía

La región presenta tres zonas diferenciadas climáticamente, aunque la población se agrupa principalmente en el área central. La población de la zona cordillerana se concentra en Pucón-Villarrica. En ambas zonas el clima es bastante extremo, con mayores oscilaciones en Temuco, que además presenta problemas de humedad en invierno. En ambos casos los problemas son de pérdida de confort por frío, más extremos y de mayor duración anual en la zona cordillerana, donde se necesita calefacción todo el año, incluso en verano. En la zona central, gran parte de las demandas por frío pueden ser resueltas con ganancias solares directas.

Del análisis realizado sobre las áreas de mayor población, y que se consideran significativos al abarcar un ámbito replicable, y aunque no se hayan considerado los factores de corrección necesarios derivadas de los microclimas locales, pueden ya desprenderse algunas consideraciones:

- Pueden considerarse tres grandes condiciones climáticas ligadas a zonas geográficas concretas: costa, centro y cordillera. La latitud influye en la corrección de la respuesta, en cuanto a extremar las condiciones de frío según se descende y se desplaza hacia la cordillera. En todas las situaciones, el problema de confort surge siempre de las necesidades de obtener calor, y en muchos casos de protegerse frente a la humedad, cuando no de disminuirla.

- No existen problemas de refrigeración, salvo los que pueda generar la mala práctica arquitectónica. Bastaría con proteger los vanos de la radiación y evitar acumular el mismo, o bien desfazar la acumulación unas 8 horas, para conseguir buenas condiciones de confort en verano, especialmente en las zonas centrales.

- Los problemas derivados de la necesidad de obtener calor, pueden ser resueltos, durante la mayor parte del año, mediante ganancias solares

directas y acumulación inercial de la misma. Salvo en las zonas de cordillera, donde es necesario un apoyo activo de calefacción durante todo el año, en el resto de zonas climáticas bastarían apoyos puntuales de calefacción activa entre mayo y septiembre, que podrían ser en baja temperatura, si fueran apoyados por la parte pasiva.

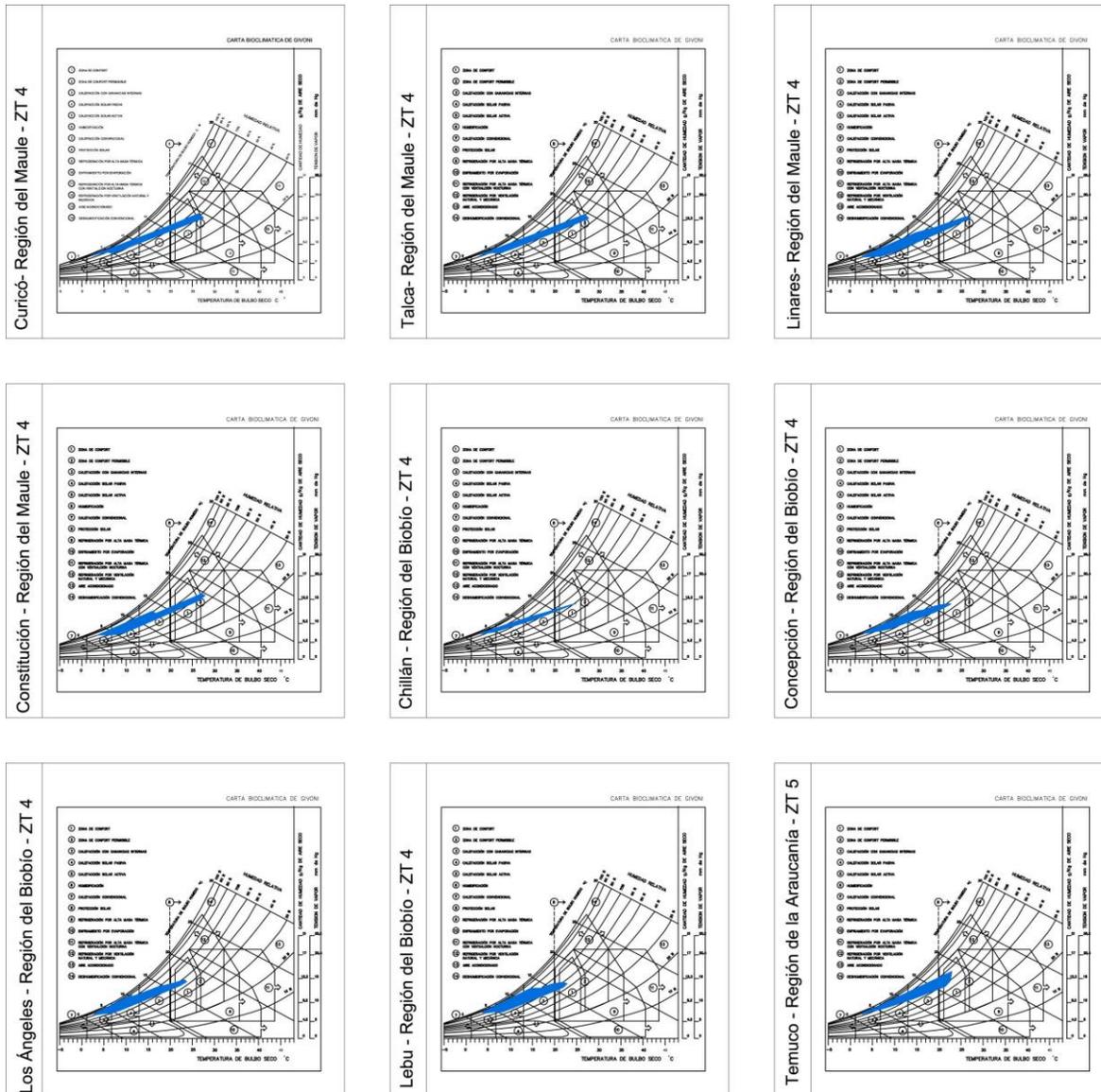
En cualquier caso, es necesario disponer prácticamente en todas las situaciones, de un sistema de calefacción de apoyo en las puntas de menor temperatura. El diseño y las especificidades de dicho sistema se consideran importantes a la hora de disminuir el gasto energético, con lo que se recomienda el estudio específico integrado de aquellos más adecuados, en costes de energía, mantenimiento y uso.

## 4. Parque habitacional

El mayor número de viviendas existentes en la región de estudio corresponde a viviendas unifamiliares, con porcentajes que rondan el 90% de la superficie construida en las tres regiones, la mayoría son viviendas aisladas o pareadas de uno o dos pisos. La tendencia actual es continuar las construcciones en baja densidad, de una o dos plantas, frente a la vivienda colectiva.

Diversos estudios tipológicos se han realizado para determinar teóricamente la relación entre densidad, agrupación y demanda energética (Fitzgerald et al, 2007). En general se determina que, a menor densidad, la demanda energética por unidad de vivienda aumenta, debido a las mayores pérdidas de transmisión por unidad de volumen. Si a ello se le suman las pérdidas producidas por costes ambientales en ocupación del territorio, por el incremento de longitud en las redes de abastecimiento, por el incremento de costes en transporte debido al incremento de las distancias (al que hay que sumar una mayor ineficiencia por el mayor uso del transporte privado frente al colectivo), se obtiene un panorama bastante desolador en cuanto a la estrategia global frente a la sostenibilidad en el territorio de estudio.

Con respecto a las cuestiones morfológicas, no existe normativa o reglamentación con respecto a la orientación de las edificaciones, su coeficiente de forma, factor solar, porcentaje de obstrucciones u otras características determinantes a la hora de posicionarse de un modo más eficiente para minimizar pérdidas y maximizar ganancias energéticas. La distribución de las urbanizaciones y de los bloques de



**Figura 3:** Climogramas. Fuente: elaboración propia.  
**Figure 3:** Givoni bioclimatic Charts. Source: Own Elaboration.

apartamentos parece que vienen consignadas más por la necesidad de maximizar la rentabilidad del terreno, que por otro tipo de cuestiones intrínsecas a la práctica arquitectónica, y mucho menos a la sostenibilidad. Llama la atención en dicho sentido que estas cuestiones, como las referidas al correcto asoleo de la edificación, sí estaban contenidas, en el plan urbanístico de Concepción de los años '60 (Goycoolea, 2011), mientras que en la actual han desaparecido.

De los datos de los permisos de edificación de la municipalidad de Concepción (Observatorio urbano, 2011) se puede advertir que el 41,1% de las viviendas se construyeron con ladrillo como

único material en muros y el 25,8% se construyeron en hormigón armado (principalmente edificios en altura). Otros tipos de muros fueron ladrillos combinados con madera (8,7%), madera (12,4%) y bloques de mortero cemento (5,8%). El resto corresponde a otros materiales u otro tipo de combinaciones. El sistema constructivo más habitual es el formado por muros portantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón, con losa de hormigón. En las viviendas unifamiliares de dos alturas, el segundo piso suele realizarse con estructura de madera. A falta de datos sobre los aislamientos y las carpinterías, convendría deducir que ambos se han realizado

con los mínimos establecidos por las normativas en vigor en cada momento. Los datos sobre la tipología constructiva no distingue la posición del aislamiento dentro del muro ni la composición de forjados y cubiertas, pero la práctica habitual en rehabilitación térmica es el aislamiento por el interior, y en construcción nueva, la colocación de un mortero térmico de 1cm. al exterior, o la introducción del aislamiento en el interior de tabiquería de madera.

Por otra parte se realizaron entrevistas a técnicos municipales, los que expusieron que el control del cumplimiento de la reglamentación térmica es muy precario, tanto a nivel de proyecto (basta presentar una declaración de intenciones, pero no una memoria de cálculo), como a nivel de obra ejecutada.

## 5. Análisis morfológico

Para revisar comparativamente el comportamiento térmico de la vivienda en baja densidad, se han realizado algunas simulaciones esquemáticas (con el programa CASAnova, versión 3.3.08., de la Universidad de Siegen), que deberán comprobarse con mayor precisión, pero que sirven de orientación general. Se partió de una vivienda tipo de 90m<sup>2</sup> en dos plantas, situada en Concepción, con una distribución tradicional, techumbre a dos aguas y una relación de ventana en fachada de un 30% al norte y de un 20% al sur. En las fachadas este y oeste se despreció el porcentaje de vanos, puesto que en muchas de las viviendas visitadas se comprobó que se eliminan los vanos en los muros medianeros laterales, para permitir adosamiento. Esta elección permite además simular adosamientos sin cambiar los parámetros de comparación.

Se consideró una construcción con valores de transmitancia propuestos por la Reglamentación Térmica para la zona 4. Se utilizó una planta cuadrada y rectangular de 6,7 m. Se realizaron variaciones respecto de los parámetros constructivos para averiguar la mejora producida al incrementar los valores de transmitancia en muros y pisos, el tipo de ventana, y construcción, con o sin masa térmica. Para ello, se utilizó una vivienda mejorada aplicando los parámetros del Código Técnico Español, utilizando valores intermedios correspondientes a las zonas C y D. En este último caso, se consideró exclusivamente los 10 cm. primeros de masa del material efectivo en contacto con el ambiente interior, despreciando la masa existente hacia el exterior a partir del

aislamiento. Todos los casos se estudiaron para una posición norte-sur con respecto al eje de fachada.

En relación con el método de análisis, puede inferirse que de la aplicación estricta de la norma obtiene unos resultados deficientes de comportamiento energético. Independientemente de la fiabilidad asignada al programa utilizado, menos preciso que otros (Bustamante, 2009), hay que resaltar que dicha desviación es constante. En todo caso, aunque los valores obtenidos no pueden tomarse como absolutos, son indicativos, y pueden relacionarse entre sí con respecto al modelo de partida, una relación que puede tomarse como más fiable.

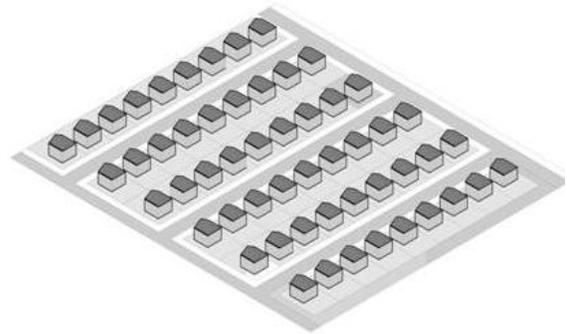
Al considerar la envolvente, se pueden lograr ahorros de hasta un 44% al preferir una vivienda en hilera continua y un 23% al preferir una vivienda pareada. Estos datos solo consideran el agrupamiento como factor. El siguiente factor determinante es la mejora de materialidad de la envolvente, considerando un mayor aislamiento, sin incremento de la masa térmica, se obtiene una disminución del consumo del orden de un 39% aunque en este caso, las mejoras son inversamente proporcionales al adosamiento, es decir, en el caso de las viviendas adosadas, esta diferencia se reduce a un 33%. La mejora de la masa térmica influye en el rendimiento aproximadamente en un 50% respecto de la vivienda que cumple con la reglamentación. Este dato se revela fundamental, puesto que es algo no incluido en la norma. A iguales valores de transmitancia de muro, no son iguales las respuestas dependiendo de donde se sitúen los aislamientos y la masa del edificio.

La última mejora analizada se refiere a las ganancias solares, aunque para que éstas sean significativas, es necesario previamente disponer de masa térmica al interior. Las simulaciones demuestran que la ausencia de masa térmica, aunque se incremente la captación solar, sólo produce mayores diferencias en la oscilación de la temperatura interior, pero no ganancias acumulables. Incorporando masa térmica, y aumentando la superficie de ventana captora, se obtienen mejoras variables, pero significativas. En el caso de las viviendas aisladas, se obtiene un 63%, mientras que en el caso de las viviendas pareadas se amplían a un 62 a 72%, dependiendo si es pareado (menos diferencias) o adosado por ambas medianeras (más eficiente).

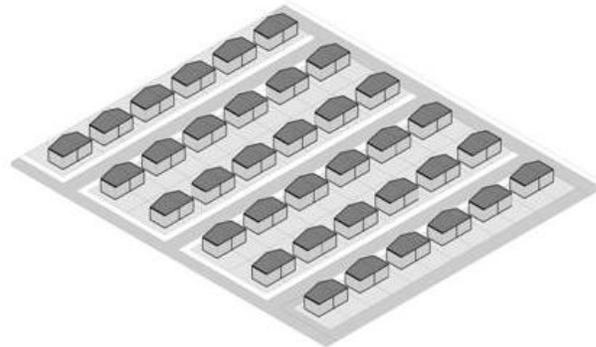
**Tabla 1:** Composición constructiva de las soluciones analizadas. Fuente: Elaboración Propia  
**Table 1:** Constructive composition of the analyzed solution. Fuente: Own Elaboration

	Valor U MUROS (W/m <sup>2</sup> °C)	Valor U VENTANAS (W/m <sup>2</sup> °C)	% VANOS NORTE	% VANOS SUR	MASA INTERIOR (10cm)
<b>Vivienda según norma</b>	1,7	5,8	30	20	No
<b>Vivienda mejorada</b>	0,8	3	30	20	No
<b>Con masa térmica</b>	0,8	3	30	20	Si
<b>Optimización de vanos al norte</b>	0,8	3	-	10	Si

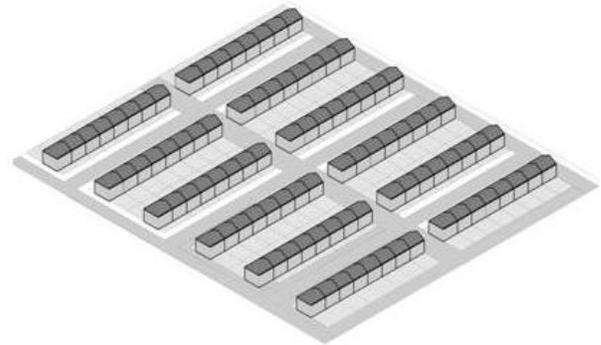
	Kwh/m <sup>2</sup> año
Vivienda según norma	143
Vivienda mejorada	87
Con masa térmica	71
Optimización de Vanos al Norte	54



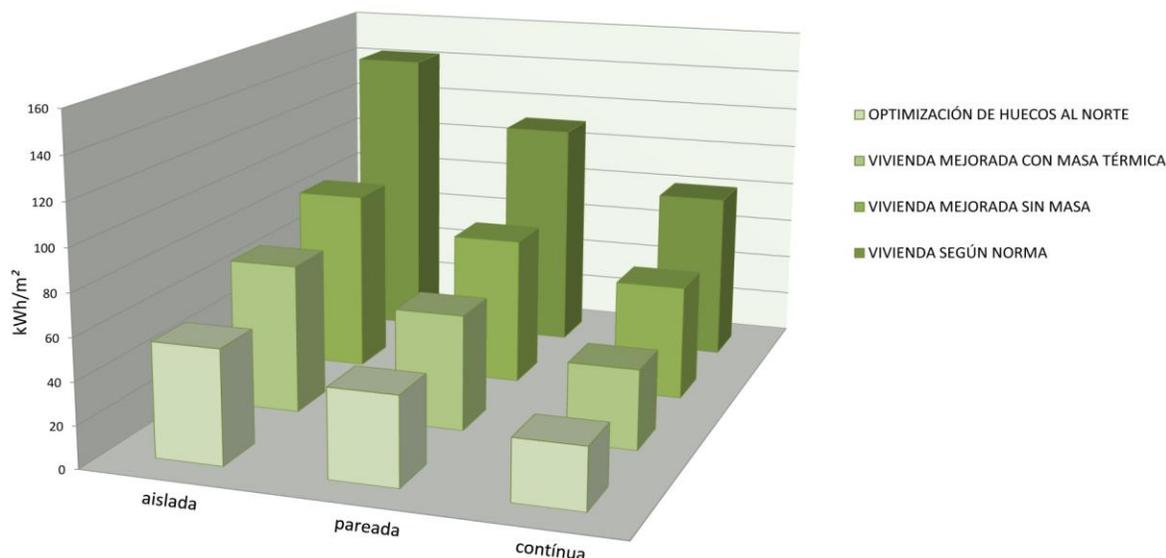
	Kwh/m <sup>2</sup> año
Vivienda según norma	111
Vivienda mejorada	71
Con masa térmica	55
Optimización de Vanos al Norte	42



	Kwh/m <sup>2</sup> año
Vivienda según norma	81
Vivienda mejorada	55
Con masa térmica	38
Optimización de Vanos al Norte	29



**Figura 4:** Análisis de comportamiento térmico según agrupación de viviendas. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 4:** Thermal behaviour analysis according to dwelling grouping. Source: Own Elaboration



**Figura 5:** Consumo energético para calefacción para los tres tipos de agrupamiento y mejoramiento de la envolvente. Fuente: Elaboración Propia

**Figure 5:** Energy consumption for heating for the three grouping and envelope improvement typologies. Source: Own Elaboration.

Para que las ganancias solares sean significativas, es necesario obtener una captación sobre el 20% de la superficie útil construida, independientemente de su adosamiento. A mayores superficies, aunque aumentan las ganancias, estas no son tan significativas, dado que también se incrementan las pérdidas por transmisión a través de los vanos, además de descompensaciones por sobrecalentamiento en los meses estivales. Una posible solución pasa por proteger los vanos en verano, pero las ganancias efectivas, aunque aumente la superficie, no resultan tan significativas al contrarrestarse con las pérdidas. En este caso, convendría realizar estudios más detallados.

Podrían optimizarse más las ganancias considerando captación en cubierta mediante lucernarios, una opción muy ventajosa y factible en las tipologías de vivienda unifamiliar, aunque conviene tener en cuenta que la radiación recibida en cubierta en invierno, entre 57° y 90° de inclinación, representa sólo el 20% de la radiación total recibida entre 27° y 57° de inclinación (Romero, 2008), con lo que los lucernarios deberán orientarse e inclinarse de modo adecuado para poder recibir radiación suficiente y efectiva.

## 6. Análisis de Envolvente

La composición de la superficie perimetral de una vivienda (muros exteriores, vanos, techumbre

y pisos), es un factor decisivo para la eficiencia energética, por lo que fueron objeto de revisión específica en las tres regiones de estudio. Para evaluar sus características térmicas se seleccionó una muestra de 22 ciudades representativas por mayor población, pertenecientes a tres zonas térmicas (4, 5 y 6), según la reglamentación.

Del comportamiento térmico no se tienen comprobaciones experimentales en la zona, por tanto las demandas de calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria, estarían por estadísticas en un rango promedio anual de 192 kWh/m<sup>2</sup>-año (según IIT, 2009). Otros estudios (Bustamante, 2009) indican demandas para las regiones de estudio, en viviendas pareada de dos pisos, de alrededor de 110 kWh/m<sup>2</sup> año.

Para la revisión del comportamiento energético y eventuales mejoramientos, se seleccionan ocho muestras de viviendas que reiteran envolventes predominantes en las 22 poblaciones visitadas. Se encuentra, coincidente con la simplificación de los climas, uniformidad de soluciones constructivas y materiales encontradas. Una mayoría en muros de albañilería (87,5%) en primer piso y paneles ligeros sobre estructura en madera o metal, en el segundo, otras (12,5%) en paneles de hormigón con poliestireno y fibrocemento entre marcos metálicos. Las techumbres son similares, con estructura en madera y cubiertas de planchas delgadas en metal (Zinc). En las ventanas se usa generalizadamente vidrio sencillo, de 3 mm, y

marco en aluminio. Los pisos son habitualmente radier de hormigón sobre el terreno sin aislación, aspecto no regulado en la RT.

La evaluación se centra en la zona metropolitana del Gran Concepción, representativa en tamaño de población respecto a toda la zona de estudio, presentando los mayores daños por el 27F y por la cobertura de la zonificación térmico-climática. Se revisó el comportamiento energético de la envolvente predominante, calificando su desempeño frente a la demanda de calefacción, proponiendo mejoramientos y estimando los costos correspondientes para establecer estrategias de retorno de la inversión. Realizando simulaciones simplificadas con el programa Ecotect para dimensionar el comportamiento energético de la envolvente modelando una vivienda social de  $\pm 50 \text{ m}^2$ , con la envolvente predominante y ajustado a los programas de reconstrucción.

El análisis del desempeño energético se desarrolló comparando parámetros de aislación térmica de muros de fachada, de techumbres y ventanas, otros no normados (aislación térmica sobre terreno, aislación térmica de puente, aislación ponderada vertical y cambios de aire por infiltración) utilizando valores límites de estudios para la certificación de desempeños en la zona (CITEC, UBB).

El primer escenario (E1 en Fig. 6) de mejoramiento tuvo como objetivo alcanzar un ahorro del 20% de la demanda,  $\pm 80 \text{ kWh/m}^2$  año, incluyendo además las aislaciones requeridas, realizadas al interior de la vivienda, ventanas en PVC, doble vidriado hermético:  $3,6 \text{ W/m}^2\text{K} \geq U > 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Un segundo escenario (E2 en Fig.7) fijó el ahorro energético en un 50% respecto al caso base ( $\pm 50 \text{ kWh/m}^2$  año), correspondiendo mejorar sustancialmente la envolvente de la vivienda, muros, techumbre, aplicando un sistema de aislación externa, sobrepuesto a la envolvente tipo "promuro" (EIFS), disminuyendo molestias de intervención en ocupantes. La calidad térmica de ventanas igual al E1 (Fig.6). Ambos casos estiman costos de mejoramiento.

Los mejoramientos comparativos, son mayores en E2 por la disminución del porcentaje de área de puente térmico al aislar exteriormente. En ambos casos, se muestra la baja capacidad térmica de la envolvente en pisos ya que estos no fueron intervenidos. Aunque se comprueba su incidencia (25% en E1), sugiriendo la aislación de

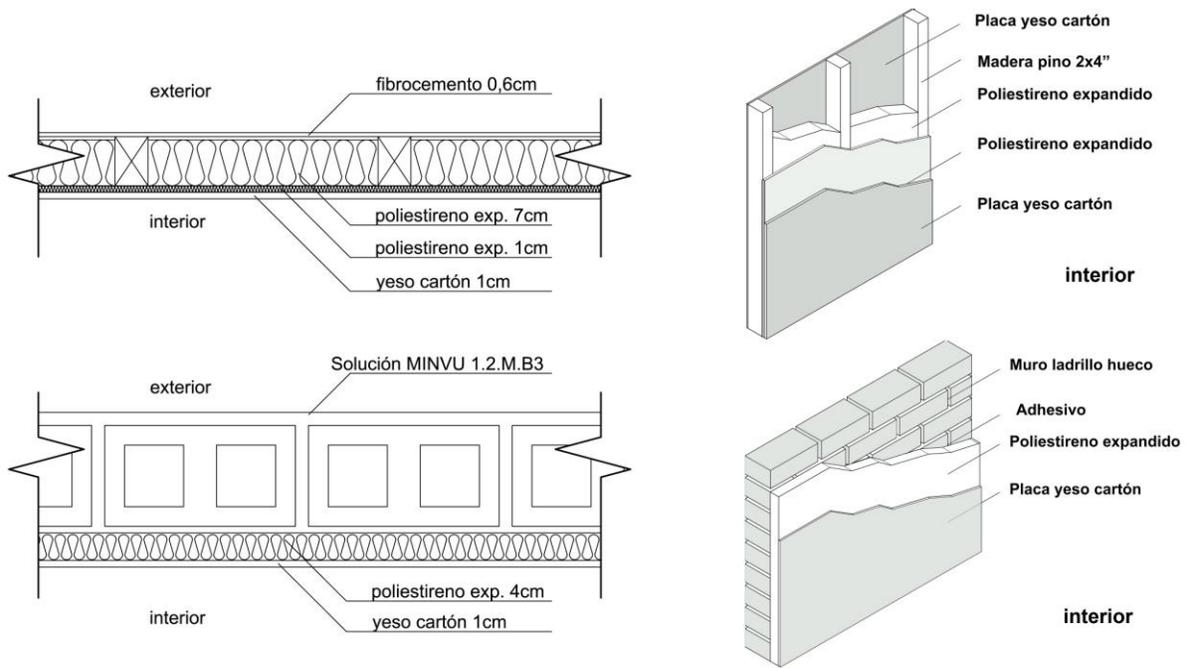
pisos sobre terreno. Se califica la capacidad para limitar demanda de energía por calefacción según caso base (Fig.7) Hay una relación directa con el poder aislante de la envolvente, si bien se advierte la necesidad de atender el nivel de infiltraciones de aire, dada la influencia de los cambios de aire, en las simulaciones.

Los costos de los mejoramientos calculados en Unidades de Fomento (UF), y comparados con los subsidios actuales para acondicionamiento térmico, son en E1 de 85 UF y en E2 de 120 UF (UF es la moneda reajutable de acuerdo con la inflación en Chile). Estos valores llevados a dólares son aproximadamente de 4000 USD para el caso E1 y 5670 USD en el caso E2. El cálculo de los consumos para calefacción en UF se realizó con combustibles tradicionalmente empleados en las regiones de estudio. Los resultados permiten comparar la diferencia de costos, mayor en gas licuado que en leña, lo cual anima a su uso, asociado también a la tradición cultural y a la imagen de calor que la leña representa en zonas climáticas más frías, en detrimento del medio ambiente (Fig.8)

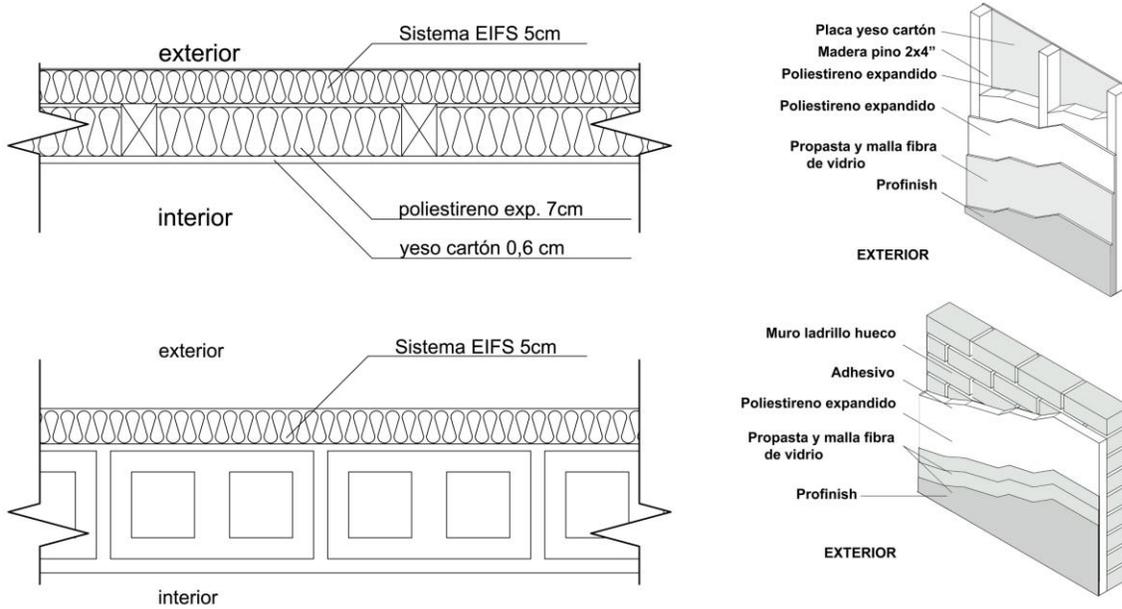
Por eso, para estimar los posibles ahorros, se realizaron escenarios de amortización del acondicionamiento térmico sólo a partir de consumos por gas licuado, y un régimen de calefacción permanente durante todo el año (Fig.9)

Los resultados dan un ahorro mensual de 0,79 UF, en E1 o de 1,25 UF en E2. La decisión final sobre un escenario u otro, debe incluir el análisis de vida útil de la vivienda y lo que representa el costo/beneficio tanto para el usuario, como para la demanda energética del país. Así mismo la efectividad de los subsidios comprometidos, frente a desempeños energéticos, considerando como alternativa la participación de Empresas de Servicios Energéticos capacitadas para amortizar la inversión inicial.

En el cuadro síntesis (Tabla 2) muestran los resultados del mejoramiento térmico de la envolvente vertical en los dos escenarios contemplados y el retorno de la inversión en 15 años, con ahorros estimados por consumo de calefacción con gas licuado durante un año. En los dos escenarios es posible amortizar los costos con los ahorros de consumo por mes de combustible, hipótesis a revisar posteriormente en una monitorización.



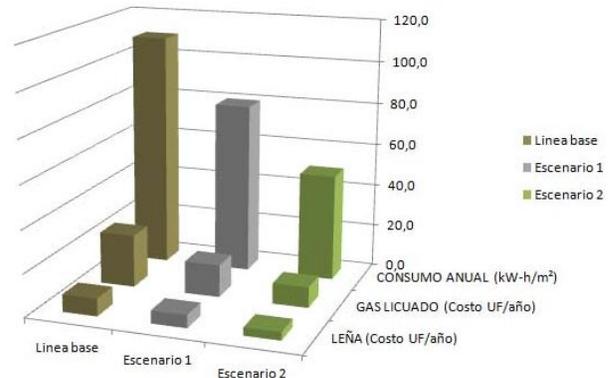
**Figura 6:** Escenario 1. Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 6:** Setting 1. Source: Own Elaboration.



**Figura 7:** Escenario 2. Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 7:** Setting 2. Source: Own Elaboration.

Escenario	Consumo Anual Kwh/m <sup>2</sup> año	Gas Licuado (Costo UF/año)	Leña (Costo UF/año)
Línea Base	110,0	24,7	8,3
Escenario 1	80,0	15,2	6,0
Escenario 2	50,0	9,7	3,8

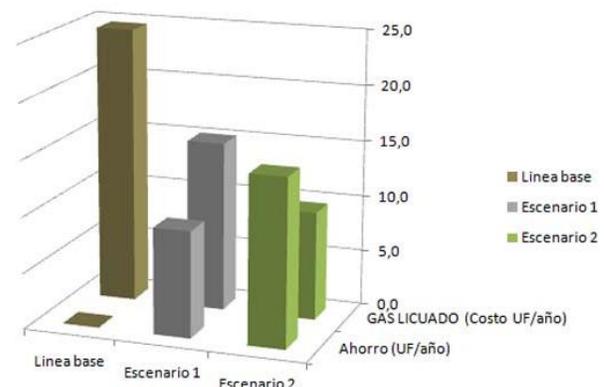
UF: Unidades de fomento, valor monetario variable por reajuste diario utilizado como referencia financiero en Chile



**Figura 8:** Consumos energéticos por calefacción. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 8:** Heating energy consumption. Source: Own Elaboration.

Escenario	Gas Licuado (Costo UF/año)	Ahorro (UF/año)	Ahorro (UF/mes)
Línea Base	24,7	0,0	0,0
Escenario 1	15,2	9,5	0,79
Escenario 2	9,7	15,0	1,25

UF: Unidades de fomento, valor monetario variable por reajuste diario utilizado como referencia financiero en Chile



**Figura 9:** Ahorros por consumo de combustible. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 9:** Money savings on fuel. Source: Own Elaboration

**Tabla 2:** Cuadro de síntesis de resultados de mejoramiento térmico y retorno de la inversión en UF. Fuente: elaboración Propia  
**Table 2:** Summary table of results of the thermal improvement and return on investment in UF. Source: Own Elaboration.

Escenario	Demanda Energética Kwh/m <sup>2</sup> año	Calificación Desempeño	Costo Mejoramiento Envoltente (CME) Vivienda Social (VS)	Consumo Gas Licuado en UF/mes	Ahorro Consumo Gas Licuado en UF/mes	Cuota Crédito Mejoramiento UF/mes (5,4% anual a 15 años)	Balance Económico Ahorro - Cuota - Crédito
0	110	E (base)	0	2,06	0,00	0,00	0,00
1	80	C (buena)	±85 UF	1,26	0,79	0,68	0,11
2	50	A (excelente)	±120 UF	0,81	1,25	0,97	0,28

## 5. Conclusiones

Las viviendas de la zona centro-sur de Chile se caracterizan por una morfología similar, constituida mayormente por construcciones aisladas de uno y dos pisos, entre 60 a 140 m<sup>2</sup>, ejecutadas en albañilería reforzada en primer nivel y tabiquería de madera en el segundo y techumbre. La zona presenta un clima templado cuyos requerimientos energéticos son

sustancialmente de calefacción, donde la vivienda tiene una participación del 22% del consumo energético nacional. El terremoto del 27 de Febrero del 2010 afectó una cantidad relevante de las viviendas, que están siendo reconstruidas en condiciones similares a las existentes. Aplicando una regulación constructiva, que a partir del año 2007 considera una zonificación climática del país para definir algunas condiciones de envoltente que mejoren su desempeño térmico. En relación con normativas españolas

similares, los valores de transmitancia exigidas son significativamente inferiores y no contempla aspectos de captación solar que podrían contribuir a su eficiencia energética, como también de distribución de la masa térmica y aislamiento.

Comparando condiciones de volumetría, adosamiento, orientación, materialidad de la envolvente vertical y cantidad de vanos en algunos modelos similares de vivienda en esta zona, se advierten fundamentalmente la incidencia de la agrupación y envolvente. De lo cual se pueden derivar algunas recomendaciones de diseño y construcción. Promoviendo disposiciones volumétricas más continuas, como también incrementando los valores de transmitancia, ponderados según la posición del aislamiento y de la masa térmica. Por otra parte, sería bueno introducir normativas que relacionen el soleamiento con la superficie captora, impidiendo orientaciones imposibles de recibir soleamiento suficiente (unas 4 horas) en un porcentaje determinado de superficie de captación relacionada con la superficie de planta a norte o compensado con aberturas en la cubierta. Considerando un mayor control de la transmitancia en vidrios.

Sugiriendo además aumentar el área de ventanas captoras a norte, al menos hasta un 20% de la superficie construida. A partir de ese porcentaje, es necesario proteger los vanos frente a la radiación solar en los meses no invernales. Las ganancias solares pueden conseguirse directamente de la correcta orientación del edificio, de su adecuada distribución y compacidad, y de los sistemas de captación, fundamentalmente de la relación entre radiación incidente, superficie de captura, superficie útil, capacidad de almacenamiento (inercia térmica) y pérdidas por transmisión (aislamiento). Considerando el porcentaje de días nublados o de disminución de la radiación incidente en los meses más fríos, para compensar las pérdidas con mayor captación. Podría optimizarse la radiación por cubierta, teniendo en cuenta la inclinación, muy penalizada en invierno a partir de los 57° de inclinación.

La distribución de la masa térmica y del aislamiento es determinante a la hora de conseguir ganancias solares acumulables. En condiciones de necesidad de captar calor, como es el caso, parecen recomendables aislamiento al exterior y masa al interior, protegiendo los vanos para evitar sobrecalentamientos. Una solución de compromiso pasaría por situar el aislamiento en

una posición intermedia, mediante doble muro. Armonizar medidas de diseño y construcción con acciones de análisis y control de desempeños, pueden contribuir a un mejoramiento efectivo. La declaración de cumplimiento de diseñadores acompañada de asesorías técnicas del diseño, monitorización y encuestas post-ocupación o etiquetado del gasto energético, garantizarían metas consecuentes a la calidad del diseño y la ejecución alcanzadas.

Evaluación de dos escenarios de mejoramiento de envolvente, en relación a un caso base, permiten identificar estrategias efectivas de disminución de consumo energético, alcanzables en programas estatales de construcción y rehabilitación de viviendas. Aumentando la transmitancia de la envolvente presenta una reducción significativa en consumos energéticos (hasta un 50%: alcanzando 50KWh/m<sup>2</sup> año). Las simulaciones efectuadas demuestran también la necesidad de complementar la reglamentación con aislación térmica de pisos no ventilados, de puente térmico, ponderada vertical y cambios de aire por infiltración. Las estrategias de mejoramiento sugeridas de envolventes de viviendas existentes por revestimientos exteriores aislados (EIFS) implican un menor impacto en la ejecución. Se señalan ahorros por consumos de combustible con gas, desestimulando al empleo de la leña y se sugieren tres alternativas de retorno de la inversión a contrastar experimentalmente.

Esta revisión y sugerencias de eficiencia energética de las viviendas en el centro-sur de Chile, revela requerimientos específicos y acciones factibles de ejecutar sobre el parque habitacional existente y los programas de reconstrucción en curso. Evidenciando especialmente condiciones de agrupación, captación solar y materialidad de la envolvente vertical, para alcanzar un mejoramiento significativo de la calidad ambiental en las viviendas.

### **Agradecimientos**

El presente artículo fue escrito en el marco del proyecto MEL 81100003 "Diseño Integrado para la Reconstrucción de Viviendas Energéticamente Eficientes" 2011-2012, desarrollado por la Universidad del Bío Bío y la agencia Chilena de eficiencia energética con fondos aportados por CONICYT-Chile

## Referencias Bibliográficas

Bustamante, W. (2009). *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. Santiago de Chile: MINVU y Programa País de Eficiencia Energética.

Comisión nacional de energía de Chile (CNE). (2008). *Consumo porcentual por sectores de energía secundaria en Chile. Promedio año 1998 al 2007*. En Eficiencia energética en vivienda: un desafío posible Recuperado 02 de diciembre 2011, de: <http://vinculosconlasociedad.uc.cl/documentos/12615031554666.pdf>

E. Fitzgerald, A. McNicholl, R. Alcock Y J. Owen Lewis. (2007). *Un Vitruvio ecológico*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Goycoolea Infante, R. (2011). Plan Regulador 1960-1980. Remembranzas personales en su cincuenta aniversario. *Arquitecturas del Sur*, 38, p.p. 24-37.

Instituto de investigaciones Tecnológicas y Asistencia Técnica, (IIT) Universidad de Concepción. (2009) *Sistema de Certificación Energética de Viviendas*. Recuperado 7 de noviembre 2011, de: [[http://barriosustentablecoronel.cl/pdf/sistema\\_de\\_certificacion\\_energetica\\_de\\_viviendas.pdf](http://barriosustentablecoronel.cl/pdf/sistema_de_certificacion_energetica_de_viviendas.pdf)

Instituto nacional de estadística, Gobierno de Chile.(2011). *Demografía de ciudades, pueblos Aldeas*

y Caseríos. Recuperado 18 de junio 2011, de: [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/demografia\\_y\\_vitales/demografia/demografia.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/demografia/demografia.php). Consulta 18 junio 2011.

Instituto nacional de normalización. (1979). *Norma NCh1079.Of1979. Arquitectura y construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico*.

Luxan, M., Celis F., Da Casa F., Echeverría E. (1996). *Arquitectura y clima en Andalucía, manual de diseño*. Sevilla: Junta de Andalucía.

Ministerio de la vivienda y urbanismo. (2010) *Estado de situación del sector*. Recuperado 8 de noviembre 2011, de: <http://www.gobiernodechile.cl/cuenta-publica-2010/ministerio-de-vivienda-y-urbanismo/cuenta-sectorial/>

Observatorio urbano. (2011). *Parque habitacional, viviendas tipo casa, departamento, precaria*. Recuperado 18 de junio 2011, de: [http://www.observatoriourbano.cl/indurb/pre\\_indicadores.asp](http://www.observatoriourbano.cl/indurb/pre_indicadores.asp).

Romero H. 2008. Irradiancia solar en territorios de la República de Chile. CNE / PNUD / UTFSM. Santiago.

Recibido: 05|08|2012  
Aceptado: 29|10|2012

Energy Efficiency and Comfort  
in Office Buildings: the German  
Case

## Eficiencia Energética y Confort en Edificios de Oficina: el Caso Alemán



**Ernesto Kuchen** [ernestokuchen@faud.unsj.edu.ar](mailto:ernestokuchen@faud.unsj.edu.ar)

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat – Universidad Nacional  
de San Juan Departamento de Arquitectura

**Stefan Plesser** [plesser@energydesign-bs.de](mailto:plesser@energydesign-bs.de)

Institute of Building Services and Energy Design - Technical University  
of Braunschweig

**Manfred Norbert Fisch** [prof.fisch@egs-plan.de](mailto:prof.fisch@egs-plan.de)

Institute of Building Services and Energy Design - Technical University  
of Braunschweig



# Eficiencia Energética y Confort en Edificios de Oficina: el Caso Alemán

## Energy Efficiency and Comfort in Office Buildings: the German Case

Ernesto Kuchen (a), Stefan Plesser (b), Manfred Norbert Fisch (c)

(a) IRPHa, Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat – Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – email: ernestokuchen@faud.unsj.edu.ar

(b) IGS, Institute of Building Services and Energy Design – Architektur Bauingenieurwesen Umweltwissenschaften – Technical University of Braunschweig – Alemania – email: plesser@energydesign-bs.de

(c) IGS, Institute of Building Services and Energy Design – Architektur Bauingenieurwesen Umweltwissenschaften – Technical University of Braunschweig – Alemania – email: prof.fisch@egs-plan.de

---

### RESUMEN

*Palabras Claves*  
Trabajo de Campo  
Monitoreo Energético  
Potenciales de Optimización

La construcción de edificios en los últimos 15 años en Europa persigue el objetivo común de dar respuesta al problema de la Eficiencia Energética y el Confort en espacios de trabajo. Las propuestas de cambio se inclinan por el desarrollo de una arquitectura “transparente”, con extensas superficies de vidrio expuestas. Dicha práctica se hace llamar ecológica y sustentable. Con el tiempo, el uso y la experiencia ponen en alerta a científicos del área. El objetivo del trabajo es detectar los aspectos más relevantes que afectan la Eficiencia Energética (EE) y el Confort de espacios reales de trabajo para la elaboración apropiada de herramientas de diseño y cálculo. Para ello, se lleva a cabo un trabajo de campo en base a mediciones y encuestas en 19 edificios de oficina, en Alemania. Del monitoreo energético y del análisis del Confort se detectan potenciales de optimización. Se observa que la EE no se logra al conectar el edificio a la red energética una vez finalizada la obra arquitectónica. Por el contrario, la planificación integral, el monitoreo y el seguimiento en la vida útil del edificio permiten corregir y lograr mejores niveles de EE y Confort.

### ABSTRACT

*Key Words*  
Fieldwork  
Energy monitoring  
Optimization potentials

The building construction in Europe during the last 15 years has brought along a common solving target, to tackle the problem of Energy Efficiency and Comfort in work spaces. The proposals for change and betterment are oriented towards the development of a "transparent" architecture using large enveloping surfaces of glass panels. This approach is endowed with the concepts of being altogether ecology friendly and sustainable. Nevertheless, the usage

and the experience through time have triggered an alarm to the field scientists. The objective of the work is to detect the most relevant aspects affecting both the Energy Efficiency (EE) and the users' Comfort of work spaces in order to elaborate a set of proper calculus and design tools. A field research work has been undertaken here on the basis of on-site measurements and questionnaire responses to study 19 office buildings in Germany. From the energy monitoring, and the analysis of comfort levels, certain optimization potentials have been discerned. It is observed that the EE cannot be achieved by just connecting the building to the energy networks after the construction is finish, but -quite on the contrary- by integrative planning and monitoring throughout the building's useful life, allows for proper correction measures that result in better EE and Comfort levels.

## 1. Introducción

Los edificios de oficinas de la década del '70, en Europa, han sido motivo de intensos debates dentro de la comunidad en general y en el ámbito científico. Se discuten aspectos relacionados con la higiene del espacio de trabajo, la productividad de los usuarios, el Confort en general, la Eficiencia Energética (EE) del edificio, el modo de uso del espacio a partir del desarrollo tecnológico y el incremento de movilidad de personas e información.

En los últimos 15 años, la tendencia arquitectónica del nuevo siglo en torno al paradigma de "transparencia" en el trabajo, alcanza su mayor expresión. El desarrollo de fachadas acristaladas llega a constituirse en sello distintivo de la nueva tendencia, fundamentando además, que a partir de ello es posible alcanzar valores óptimos entre EE del edificio y Confort del usuario.

La prensa internacional dedicada a edificios vanguardistas destaca la torre de RWE en Essen, Alemania, diseñado por Ingenhoven Overdiek Kahlen & Partner en 1997 y el edificio del Banco Nord-LB en Hannover diseñado por Günther Behnisch en 2002 (Fig.1). La producción de este tipo de edificios se elogia con títulos como "ökologisches Hochhaus", que significa: rascacielos ecológicos (Werner, 2002) y comentarios como "Maximum dessen, was derzeit im Büro- und Verwaltungsbau realisiert werden kann" es decir: lo máximo que se puede alcanzar en la actualidad en edificios de oficina (Dassler, 2002) o titulares tales como "Wohltemperierte Architektur", o bien: arquitectura bien lograda (Oswalt, 1994).

Paralelamente a estas expresiones nace una

contracorriente que se argumenta en la idea de que estos edificios llamados "ecológicos", "solares" e incluso "sustentables" no llegan a ser ni más eficientes energéticamente ni más confortables que edificios con menores porcentajes de vidrio en fachada.

Gertis (1999) elabora una síntesis focalizada sobre los edificios con "doble fachada de vidrio" y afirma que más allá de lo descriptivo de la nueva vanguardia, el problema reside en la falta de información y en la necesidad de llevar a cabo mediciones y estudios bajo condiciones reales para llegar a hacer un análisis exhaustivo. En (Müller et al., 2002) se expone la importancia energética de la doble fachadas.

En 2004 bajo el título "Leben im Schwitzkasten", es decir: vivir en cajas para sudar (Schulz, 2004), se abre un nuevo debate de discusión que pone de manifiesto el experimento fallido de los edificios vidriados. El artículo incluye la crítica arquitectónica sobre los edificios más recientes, de los cuales y de forma anecdótica, se citan algunas experiencias y opiniones muy generales, otra vez, sin basarse en fundamentos sólidos y amplios. Esta crítica sorprende aún más dentro del contexto internacional, porque Alemania juega un papel fundamental en temas referidos a la EE de edificios. Entre otros, (Schulz, 2004) admite que hay quienes se encuentran en una constante búsqueda dentro de un ámbito muy desconocido, poco explorado aún y lamenta la falta de datos significativos sobre el funcionamiento de estos edificios.

Se observa la necesidad de llevar a cabo un análisis profundo de los edificios concebidos en la práctica como así también, el profundizar en conocimientos para el desarrollo de innovaciones tecnológicas en la construcción de nuevos

*RWE en Essen**Nord-LB en Hannover**Energieforum, en Berlin*

**Figura 1:** Algunos de los edificios monitoreados en este trabajo de campo. Source: IGS, 2012

**Figure 1:** Some of the buildings monitored in this field study. Fuente: IGS, 2012

edificios.

Esta barrera impide el desarrollo de potenciales de optimización. Es fundamental reducir la brecha de información que existe entre la práctica desarrollada y el conocimiento sobre dicha práctica. Para ello, entre 2004 y 2007, se lleva a cabo un extenso trabajo de campo en el marco del proyecto de investigación EVA “Evaluierung von Energiekonzepten” (evaluación de conceptos energéticos), como parte del programa “EnOB, Energieoptimiertes Bauen” (optimización energética de la construcción), que impulsa y subsidia el Ministerio de Economía de Alemania. Mediante este trabajo es posible poner en foco la EE, el Confort y el funcionamiento general de 19 edificios de oficina y evaluar conceptos energéticos del funcionamiento del edificio “eficiente” desarrollado en los últimos años.

Del análisis se detectan grandes potenciales y se desarrollan herramientas de evaluación para futuras aplicaciones. En este trabajo se muestra una de ellas que se basa en la habilidad de las personas para adaptarse a diferentes situaciones climáticas. La herramienta puede utilizarse en pos de alcanzar mejores niveles de EE. La inmensa cantidad de resultados relevantes que se obtienen de este trabajo de campo se exponen en futuras publicaciones.

## 2. Desarrollo

Para detectar los aspectos más relevantes que afectan la Eficiencia Energética (EE) y el Confort del usuario en espacios reales de trabajo en edificios de oficina, se lleva a cabo un extenso trabajo de campo mediante un estudio longitudinal, para evaluar el comportamiento

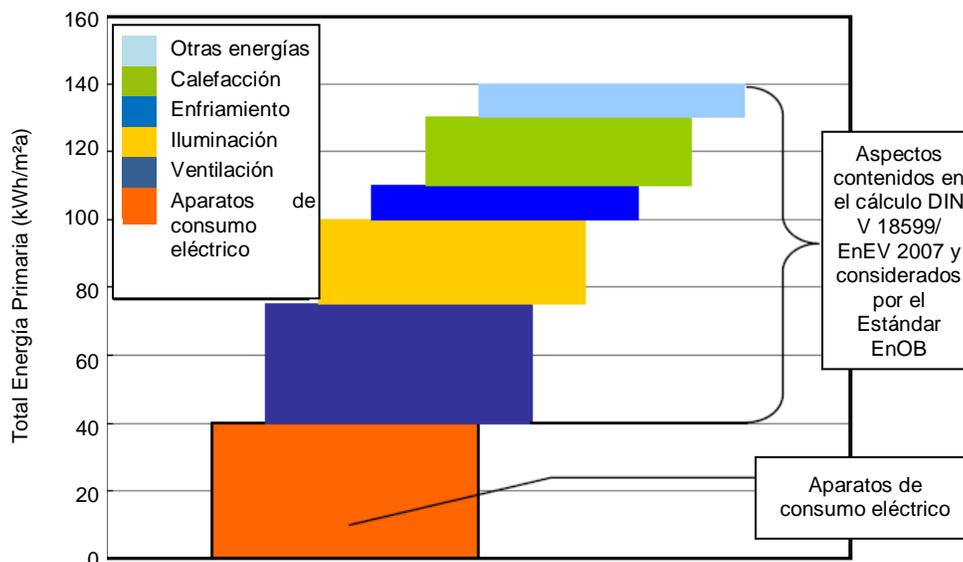
anual del edificio y un monitoreo puntual (Spot-Monitoring) de tipo transversal, con mediciones y encuestas simultáneas, para evaluar puntualmente el comportamiento del usuario respecto de las variables climáticas interiores y exteriores mediante análisis matemático de regresión.

### 2.1. Punto de partida: El edificio eficiente

Luego de la fase de diseño en la elaboración de productos como: autos, máquinas, electrodomésticos, etc., es usual construirlos y luego testarlos bajo condiciones reales de uso, antes de lanzarlos al mercado de consumo. Este procedimiento permite garantizar la calidad del funcionamiento. Lamentablemente, esto no es posible en la “producción” de edificios ya que el costo de elaboración de prototipos a escala sería muy elevado y las pruebas referidas al funcionamiento y uso no serían representativas.

No someter al edificio a una fase de testeo impide garantizar su calidad, lo cual se acentúa aún más cuando cada parte “arquetipo” del mismo es concebida como unidad separada, siendo que en la realidad estará ubicado en un único lugar y desarrollado por un equipo de trabajo, a veces, interdisciplinario y con objetivos comunes.

En la mayoría de los casos, la documentación que ofrece el constructor o el equipo interdisciplinario es limitada. El problema se debe a que los estudios sobre el edificio en cuestión concluyen al finalizar la etapa de construcción y no es posible obtener datos acerca de su rendimiento en la etapa de funcionamiento y menos aún en lo que ha transcurrido de su vida útil.



**Figura 2:** Valores objetivo para una demanda energética de  $\approx 100$  kWhPrim./m<sup>2</sup>a propuesto por el estándar EnOB "Energieoptimiertes Bauen" + Valor promedio de consumo de aparatos eléctricos. Fuente: IGS, 2012

**Figure 2:** Standard values proposed by the EnOB "Energieoptimiertes Bauen" for an energy demand  $\approx 100$  kWhPrim/m<sup>2</sup>.year + Average value of power consumption devices. Source:IGS, 2012

El punto de partida para considerar el edificio como un logro del desarrollo científico y tecnológico, o si por el contrario, es sólo un experimento fallido, se basa en obtener la información de relevamientos, mediciones, encuestas y reuniones con los diferentes actores involucrados en la planificación, construcción y uso del edificio.

El desarrollo de este trabajo de campo permite disponer del conocimiento y documentar el grado en que los edificios desarrollados en los últimos 15 años alcanzan ciertos niveles de EE. Como meta se consideran las exigencias impuestas por el programa EnOB sobre edificios demostrativos, con un valor de demanda de energía primaria (PE)<sup>1</sup> entre: iluminación, calefacción/enfriamiento y ventilación de 100 kWhPrim./m<sup>2</sup>a.

La Figura 2 muestra los valores objetivo para una demanda energética  $\approx 100$  kWhPrim./m<sup>2</sup>a propuesto por el estándar EnOB. El ítem "Otras energías", como su nombre lo indica, se refiere al suministro de energía de origen diferente al convencional para suplementar las exigencias de alguno de los demás ítems (Ej. las necesidades de calefacción, con suministro de "Fernwärmeversorgung", es decir: suministro de

calefacción a distancia, producto del enfriamiento de centrales termoeléctricas). La Figura 2 destaca el ítem "Aparatos de consumo eléctrico" (Ej. equipamiento de espacios de trabajo, cocinas y otras dependencias), que no es considerado en el valor de la demanda energética EnOB y que representa un valor importante respecto de los demás ítems.

## 2.2. Interrogantes e hipótesis

La muestra a analizar se constituye de 19 edificios de oficina, distribuidos en distintas ciudades de Alemania. Del estudio se pretende dar respuesta a interrogantes tales como:

- ¿Cuan energéticamente eficientes son estos edificios en la actualidad?
- ¿Puede en ellos asegurarse un buen nivel de Confort térmico?
- ¿Existen potenciales de optimización en Eficiencia Energética y Confort durante la etapa post-ocupación?
- ¿Como puede identificarse un potencial?
- ¿Que experiencias pueden ser útiles para el desarrollo de nuevas construcciones?

De las preguntas formuladas surge la hipótesis de que el edificio de oficinas en general no funciona óptimamente, pero que el potencial de optimización reside en monitorear su

<sup>1</sup> PE = Primary Energy (Energía primaria), que se encuentra en estado natural antes de transformarse o convertirse, almacenarse o transportarse (energía secundaria) o consumirse (energía final).

funcionamiento para identificar las fallas. Las mediciones y las encuestas llevadas a cabo en los edificios y los resultados del estudio contribuyen para un análisis objetivo y competente sobre la actualidad de los edificios de oficina y permiten elaborar herramientas de evaluación y pautas de diseño aplicables a futuras construcciones.

### 3. Evaluación

#### 3.1. Caminos para la Eficiencia Energética

Los resultados que se obtienen de 19 edificios de oficina muestran notables mejoras en la Eficiencia Energética (EE) respecto de aquellos que se construyen a fines del siglo pasado y antes de introducir las ordenanzas de ahorro (WSVO 95 y EnEV, 2002) y normas sobre EE (DIN V 18599, 2007). En relación a edificios demostrativos pertenecientes al programa EnOB, dentro del cual se sitúa por ejemplo: el edificio Energieforum Berlin, diseñado por Teherani&Jentsch y construido en 2002 (ver Fig.1), los edificios analizados en este trabajo llegan a consumir, en promedio, más de un 50% de PE que aquellos.

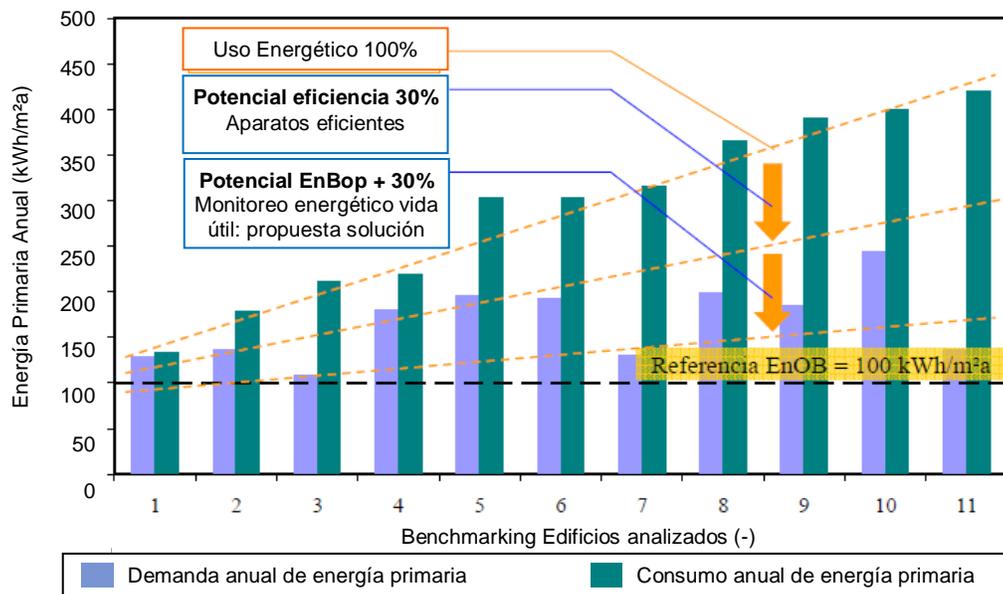
Llama la atención cuando se compara la demanda energética anual calculada en la etapa de diseño según la norma (DIN V 18599), con el valor real de consumo anual en la etapa post-ocupación de los edificios estudiados. La Figura 3 muestra un "benchmarking" de los

casos analizados más representativos (n = 11) respecto del valor de referencia EnOB y se destaca que el valor de consumo supera al valor planeado/simulado de demanda de energía.

El valor de consumo energético anual que se muestra en Figura 3 incluye el equipamiento de espacios de trabajo (aparatos eléctricos) y dependencias de servicios (instalaciones de cocina y otras). El uso irregular de aparatos de consumo eléctrico no se contempla en los cálculos de la demanda/simulación del consumo energético por la norma (DIN V 18599) y como se observa, conduce a obtener valores muy diferentes. La deficiencia energética se le atribuye a errores del Building-manager en el control del edificio o desconocimiento en el manejo y uso de los espacios por los usuarios.

En el Punto 3.1, la Figura 2 muestra el valor promedio de consumo de aparatos eléctricos de  $\approx 40$  kWh/m<sup>2</sup>a. De este estudio, se prevé que el reemplazo de aparatos eléctricos por otros más eficientes conduciría a elevar el potencial de EE en un 30% (Fig.3). Adicionalmente, el potencial EnBop (Energie Betriebsoptimierung), que se traduce como: la optimización energética en la etapa de funcionamiento, es detectable una vez que el edificio se encuentra en uso, se lo puede monitorear y elaborar una propuesta de solución integral, con lo cual se prevé un ahorro adicional del 30% (Fig.3).

Entre los potenciales EnBop se detectan:



**Figura 3:** Demanda y consumo de PE (energía primaria). Variación: Factor 2, entre valor de demanda y consumo en la vida útil. Se oculta el nombre de edificios por protección de la información. Fuente IGS, 2012

**Figure 3:** Demand and consumption of PE (Primary Energy). Variation: Factor 2 between demand and consumption value in operation. Building names have been hidden based on information protection. Source IGS, 2012

sistemas de ventilación desactualizados, déficit en el control de ventiladores del sistema de ventilación, calefacción y enfriamiento simultáneo, ampliaciones erróneas en el sistema de ventilación, fallas hidráulicas, sensores no calibrados, exceso de niveles de iluminación, estrategias de control no verificadas del set-point de temperatura y deficiente supervisión en la ejecución de soluciones.

A continuación se enuncian otros aspectos adicionales detectados en la etapa de funcionamiento de los edificios que conducen a elevar la EE:

- En el sistema de climatización se puede constatar un uso extensivo de sistemas de absorción directa y enfriamiento continuo de espacios de poco uso (Ej. sala de reunión). Estos sistemas presentan problemas en el control de funcionamiento, programación de un set-point de temperatura y de tipo hidráulico.

- Para los sistemas de ventilación, el consumo eléctrico puede reducirse algo más de un 50% disminuyendo el tiempo de funcionamiento al considerar solo el horario de trabajo (8 horas/día).

- Los sistemas de iluminación son eficientes por estar diseñados y construidos a partir del estándar (DIN EN 12464). Adicionalmente pueden preverse algunas mejoras, a partir de la instalación de controladores de presencia y reglas de uso en función de niveles de iluminación diurna.

A partir de este estudio se observa que cada edificio posee un enorme potencial de maximización de los niveles de EE y que existen diferentes caminos para alcanzarlos. Una propuesta de solución integral para corrección de fallas identificadas en el funcionamiento garantiza la durabilidad y eficiencia de los sistemas. Se puede afirmar que optimizar el uso de la energía en la etapa de funcionamiento suele ser de baja inversión y conduce a ahorros inmediatos.

### 3.2. Situación del Confort Térmico

Un extenso trabajo de campo mediante mediciones a través de un estudio longitudinal permite evaluar el comportamiento anual del edificio. En relación a estándares locales (DIN 4108); (DIN EN ISO 7730) e internacionales (ASHRAE 55) las exigencias para el Confort de los usuarios que se alcanzan en los edificios analizados son buenas. No se detectan

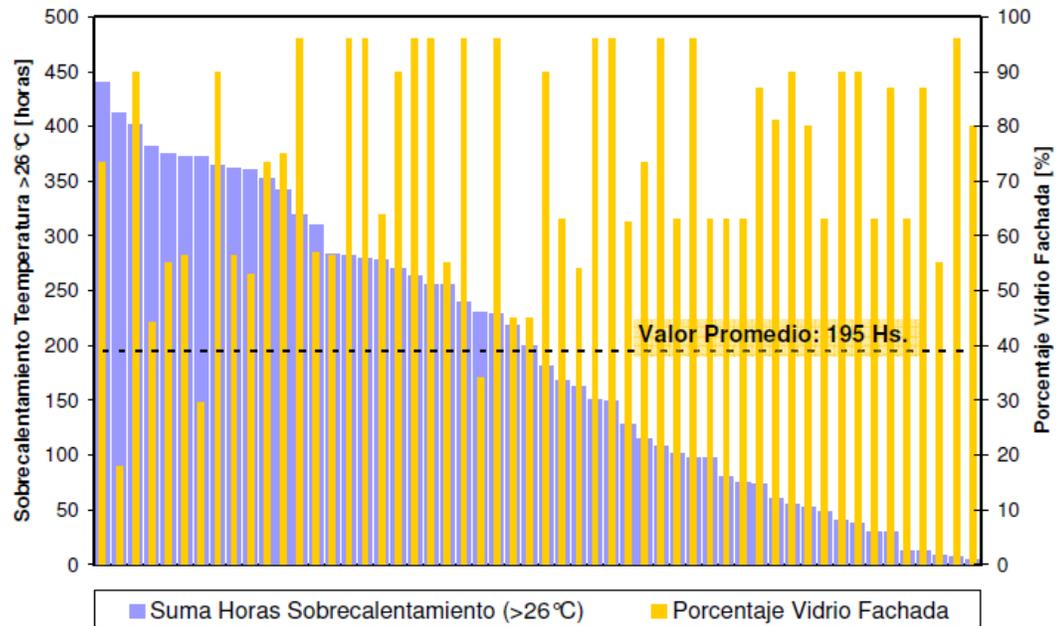
problemas de Confort tales como asimetría de radiación, riesgo de enfriamiento convectivo, pisos frío/calientes o gradiente vertical de temperatura.

Encuestas y mediciones realizadas en verano en espacios de trabajo indican problemas de sobrecalentamiento con temperaturas superiores a 26°C (límite definido por el estándar local DIN 4108). La jornada laboral de lunes a viernes, es de 8 horas, posible dentro del horario de 8:00 a 18:00 hs., sumando un total de 2600 horas al año (h/a). La Figura 4, muestra en barras "anchas" las horas de sobrecalentamiento, que en promedio alcanzan 195 h/a. Según la norma DIN 4108, los usuarios tendrían una sensación de calor durante algo menos del 8% de permanencia en sus espacios de trabajo (Fig. 4).

Luego de referenciar el problema que exponen otros autores (ver (Gertis, 1999); (Müller et al., 2002); (Schulz, 2004), cabe destacar que el sobrecalentamiento no depende de variables estructurales tales como el porcentaje de vidrio expuesto en fachadas o la orientación de los espacios, lo cual es sorprendente (Fig. 4).

Los estudios sugieren que el comportamiento del usuario es causante de este problema y con ello, de la disminución del grado de Confort térmico, según indica la norma de referencia DIN 4108. La encuesta a los usuarios mediante el seguimiento puntual del tipo Spot-Monitoring, muestra que los usuarios no proceden correctamente en la apertura de ventanas y el control de los elementos de protección solar, con lo cual es difícil asegurar un buen nivel de Confort térmico en espacios interiores.

Del relevamiento se detecta que la incorporación de conceptos energéticos para refrigeración de baja potencia (bajo consumo), tales como losas/pisos radiantes, se ven afectados por una percepción errónea de que el movimiento del aire provoca una disminución del valor de temperatura del aire y con ello una mejora en la sensación térmica. El imaginario colectivo conduce la apertura de ventanas y parasoles en forma indiscriminada, para dejar "correr el aire". No se piensa que en espacios interiores en verano, con ventanas cerradas y en sombra, la temperatura radiante media (controlada por losas/pisos radiantes) puede afectar positivamente la condición de Confort. Por ello es que en edificios concebidos con estos sistemas se miden entre 0 y 400 h/a de sobrecalentamiento durante el horario de trabajo



**Figura 4:** No existe dependencia significativa entre Horas de Sobrecalentamiento y Porcentaje de Vidrio en Fachada. Fuente: IGS, 2012

**Figure 4:** No significant dependence between overheating hours and glass building facade percentage. Source: IGS, 2012



**Figura 5:** Unidad de medición móvil desarrollada para llevar a cabo el método Spot-Monitoring. Fuente: IGS, 2012

**Figure 5:** Mobile unit measurement developed to carry out the Spot-Monitoring method. Source: IGS, 2012

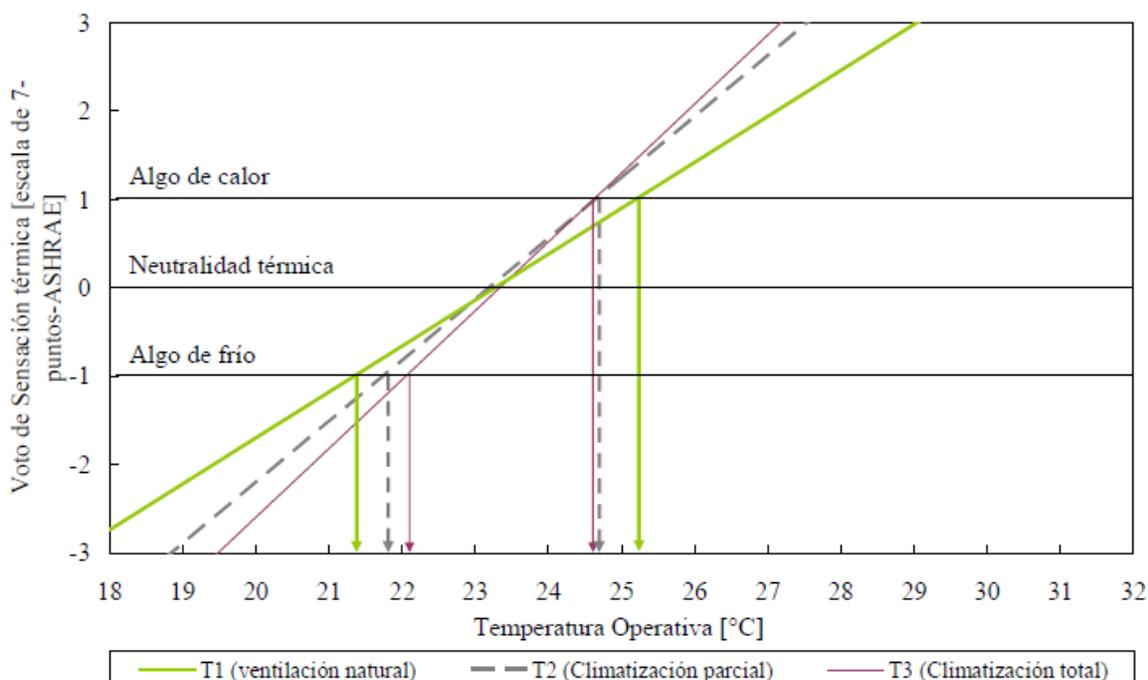
(Fig.4). El correcto funcionamiento de este tipo de sistemas de acondicionamiento pasivo dependen fundamentalmente del comportamiento del usuario, quien no los ve, a veces desconoce su existencia y no puede manipularlos, como es el caso concreto de una ventana, una puerta, un parasol, un termostato, etc.

Otro aspecto importante que se releva es el nivel de concentración de CO<sub>2</sub>, que solo en invierno en promedio se ubica un 30% por encima del valor límite de 1000 ppm (partes por millón), propuesto por la norma (DIN EN 13779). La pequeña diferencia de concentración de CO<sub>2</sub> que se encuentra entre espacios con ventilación natural (27% > 1000 ppm) y espacios con

ventilación mecánica (32% > 1000 ppm), conduce a pensar que los usuarios en invierno ventilan en exceso, que en espacios con ventilación mecánica no se renueva adecuadamente el volumen de aire o que existen conceptos de ventilación erróneos.

### 3.3. La habilidad de adaptación. Potencial de Eficiencia Energética

En el marco del proyecto EVA, se llevan a cabo mediciones (n = 1300), entre otoño de 2004 y otoño de 2006, en 280 espacios de trabajo distribuidos en 30 edificios de oficina, en Alemania, mediante un seguimiento de tipo transversal, denominado "Spot-Monitoring". El



**Figura 6:** Modelos de regresión lineal entre la temperatura operativa y el voto medio de sensación térmica en función de las variantes de ventilación y climatización. Fuente: IGS, 2012

**Figure 6:** Linear regression models between the operative temperature and the thermal sensation vote depending on the ventilation and air conditioning variants. Source: IGS, 2012

trabajo de campo apunta a relevar las condiciones climáticas exteriores e interiores y su vínculo con el Confort térmico de espacios de trabajo. La población analizada en esta publicación incluye 19 edificios sobre los que se evalúa la EE.

El concepto metodológico desarrollado para evaluar el Confort térmico en edificios de oficina (Spot-Monitoring), se basa en un análisis puntual de las condiciones climáticas interiores en espacios reales de trabajo a través de mediciones y encuestas cortas simultáneas, para encontrar valores de temperatura óptima/deseada por los usuarios de espacios de trabajo. La correlación entre datos objetivos y subjetivos junto a la información de cada espacio de trabajo permite identificar el comportamiento del usuario bajo ciertas condiciones climáticas interiores. Para evaluar la influencia de las condiciones climáticas exteriores es necesario llevar a cabo mediciones en cada una de las estaciones del año. Una unidad móvil equipada con sensores, un datalogger y un procesador Notebook permite relevar las diferencias entre espacios de trabajo en funcionamiento (Fig. 5).

El análisis de regresión lineal es el que mejor se adapta para evaluar las tendencias de la relación entre el voto de Confort de la encuesta

(CV) y los valores de medición de temperatura operativa ( $t_{op}$ ). El voto CV se emite sobre la escala de 7 puntos y dos polos de disconformidad, conocida como escala de ASHRAE. Las rectas de regresión promedio se ajustan en función de las variantes de climatización y ventilación encontradas.

Las rectas encontradas del análisis del par ( $t_{op}$ , CV), muestran notables diferencias entre espacios con diferentes estrategias de ventilación y climatización (Fig. 6). La pendiente de la recta puede interpretarse como una medida de la habilidad de adaptación de los usuarios. Es probable que el rango estrecho de valores de temperatura operativa que se obtiene en espacios con climatización parcial (T2) y con climatización total (T3) limite la predicción de diferencias entre estos dos tipos de espacios. Para los espacios con ventilación natural (T1), la diferencia es notable ya que se dispone de un rango de aceptación térmica más amplio (Fig. 6).

Las rectas encontradas y que se representan en la Figura 6 se describen como sigue:

$$\text{Para T1} \quad CV = 0,52 \cdot t_{op} - 12,1$$

$$\text{Para T2} \quad CV = 0,69 \cdot t_{op} - 16,0$$

Para T3  $CV = 0,78 \cdot t_{op} - 18,2$

Donde,

$CV = \text{Voto de confort}$

$t_{op} = \text{Temperatura operativa}$

Estos conceptos pueden traducirse como un potencial de optimización en EE y del Confort que solo es posible detectar durante la etapa de post-ocupación, es decir en condiciones reales al verificar la habilidad de adaptación del usuario al entorno térmico. Estas afirmaciones constituyen un punto de partida para desarrollar una herramienta de cálculo que considere aspectos locales para cada edificio permitiendo optimizar energéticamente cada caso de estudio.

### Conclusiones

De este estudio se llega a la conclusión de que aún en edificios tecnológicos desarrollados en los últimos 15 años en Alemania siguen existiendo potenciales de Eficiencia Energética (EE) y de mejoramiento del Confort en general. Explorar potenciales de EE del edificio en su etapa post-ocupación y estimar potenciales de ahorro a partir de valores de consumo real, permite desarrollar un nuevo foco de análisis y promover valores de referencia en EE a alcanzar en construcciones nuevas o existentes. El estándar EnOB constituye una de estas referencias, exigiendo desarrollar niveles de calidad en el diseño, construcción y uso del edificio. El potencial EnBop a partir del monitoreo del funcionamiento y el control de calidad en la ejecución de mejoras durante su vida útil, constituye una herramienta de baja inversión y que conduce a ahorros inmediatos.

Asegurar el buen nivel de Confort es una tarea difícil ya que aún estableciendo reglas de control y empleando tecnologías desarrolladas, el comportamiento de los actores involucrados en el funcionamiento del edificio pueden afectar el grado de EE. Aunque se destaca el sobrecalentamiento en espacios de trabajo, existen otros aspectos vinculados a la calidad del aire, los niveles de iluminación y ruido que dependen del comportamiento del usuario y que afectan el funcionamiento esperado del edificio. La educación de estos actores puede contemplarse en las políticas de EE mediante la elaboración de, por ejemplo, un "manual de uso" del espacio de trabajo.

Es importante destacar que el usuario de espacios de trabajo constituye un actor

fundamental en el relevamiento de la información, a partir del cual se puede identificar un potencial de optimización. La correlación entre datos objetivos y subjetivos permite pronosticar tendencias sobre la preferencia térmica y elaborar reglas de control sobre el set-point de temperatura de equipos de climatización (ver Ecuaciones 1, 2 y 3). El usuario de espacios con ventilación natural (variante T1), se manifiesta más tolerante respecto de aquellos con climatización parcial y total (T2 y T3), y por ello representa un potencial de optimización del funcionamiento.

Guiados por la tendencia arquitectónica de construir edificios con elevado desarrollo tecnológico en equipamiento y fachadas innovadoras, propietario, usuarios y encargados del funcionamiento creen poseer/habitar edificios ecológicos, energéticamente eficientes y sustentables. La experiencia aquí expuesta indica lo contrario ya que la EE no se logra conectando el edificio a la red de energía una vez finalizada la obra arquitectónica.

El desarrollo de nuevas construcciones exige que, a una planificación interdisciplinaria entre arquitectos, ingenieros y expertos en diseño de conceptos energéticos, física de la construcción, equipamiento técnico y sistemas, se le sume el seguimiento focalizado luego de la puesta en marcha (uso energético al 100%), para descubrir fallas con potenciales de optimización, en pos de alcanzar niveles de EE y Confort deseados.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a los organismos de financiamiento BWUA (Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit), DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) y DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst).

### Referencias Bibliográficas

- ASHRAE. (1992). ASHRAE 55: *Thermal environmental conditions for human occupancy* (Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 55:1992). Atlanta, USA: ASHRAE Inc.
- Dassler, F. (2002). Vertikale Stadtlandschaft, *Intelligente Architektur*, 35, 26-33.
- DIN 4108. (1969). *Wärmeschutz im Hochbau*. Berlin: Beuth, 1969-08.
- DIN EN 12464-2. (2007). *Licht und Beleuchtung. Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Arbeitsplätze im Freien*; Deutsche Fassung EN 12464-2:2007.
- DIN EN 13779. (2007) Lüftung von Nichtwohngebäuden. Allgemeine Grundlagen und

Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage. Deutsche Fassung EN 13779:2007; Substitute for DIN 1946-2:1994-01, 2007.

DIN EN ISO 7730. (2005). Ergonomie des Umgebungsklimas. Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD- Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO/DIS 7730:2003). Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005.

DIN V 18599. (2007). Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Berlin: Beuth, 2007-02.

ENEV 2002. (2002). Verordnung über den energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik in Gebäuden

GERTIS, K. (1999). Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil

2: Glas-Doppelfassaden (GDF), *Bauphysik*, 21, N° 2, 54-66.

MÜLLER, H.F.O; NOLTE, C.; PASQUAY, T. (Hrsg.), (2001) Klimagerechte Fassadentechnologie: II. Monitoring von Gebäuden mit Doppelfassaden, *VDI-Fortschrittsberichte*, Reihe 4 Nr. 170.

OSWALT, P; REXROTH, S. (1994). *Wohltemperierte Architektur*. Heidelberg, Alemania: , C. F. Mueller Verlag.

SCHULZ, M.(2004, noviembre). Leben im Schwitzkasten (Life in the Headlock), *Der Spiegel*, 47/2004, 186-188.

WERNER, J. (2002). Out of Rosenheim, *Deutsche Bauzeitung*, 11/2002

WSVO 95 (1995) Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden.

Recibido: 16|08|2012  
Aceptado: 11|11|2012

Automation or control: the user's  
perception of inmotion building  
offices

## Automatización o control: la percepción de los usuarios de edificios de oficinas inmóticos



Silvia Hernández [arqpatriciahernandezq@gmail.com](mailto:arqpatriciahernandezq@gmail.com)  
Facultad de Urbanismo, Arquitectura y Diseño – Universidad Nacional  
de Córdoba



# Automatización o control: la percepción de los usuarios de edificios de oficinas inmóticos

Automation or control: the user's perception of inmotoc building offices

Silvia Hernández (a)

(a) *Facultad de Urbanismo, Arquitectura y Diseño – Universidad Nacional de Córdoba – Argentina – email: arqpatriciahernandezq@gmail.com*

---

## RESUMEN

*Palabras Claves*  
Sistemas Inmóticos  
Acción del Usuario  
Ambiente Inteligente  
Encuestas post-ocupación

La crisis energética mundial sumada a indicadores internacionales de confort para edificios de oficinas requiere de diseñadores de edificios domóticos que logren espacios de trabajo de alto rendimiento, con confort efectivo y con eficiencia energética, incluyendo pautas de diseño sustentable. En este artículo se presenta un estudio de casos de edificios inmóticos de oficinas de clima templado, en la zona central de Córdoba, Argentina. Se realizaron encuestas post-ocupación -EPO-, haciendo énfasis en el área de los sistemas inmóticos; ambiental, seguridad e iluminación. Del mismo modo, se requirió la opinión del usuario respecto de su relación con la inmótica, y la posibilidad de accionar o intervenir en los sistemas para alcanzar las mejores situaciones de confort. Se consideraron distintos sistemas y sus prestaciones con el objetivo de determinar los modos de relación entre sujeto activo y pasivo. Se concluye que para lograr el confort en las oficinas inmóticas se debería contemplar desde el diseño la actitud crítica de los usuarios y su voluntad manifiesta de cambiar las condiciones de confort que le han sido determinadas, considerando la inclusión de más interfaces gráficas.

## ABSTRACT

*Key Words*  
Inmotics Systems  
User's Action  
Intelligent Ambient  
Post-occupancy surveys

The global energy crisis and international comfort indicators for office buildings require that domotic building designers achieve high performance work spaces, with effective comfort and energy efficiency, including sustainable design guidelines. In this study, cases of INMOTIC building offices in warm weather, in the central area of Córdoba, Argentina are presented. Post-occupation surveys -POE- were performed, emphasizing on the area of INMOTIC, environmental comfort, security and illumination systems. The users' opinion of the relation with INMOTIC systems and the possibility to activate or intervene with the systems to achieve the best comfort conditions was required. Different systems features were considered to establish ways to relate with the active and passive user. It was concluded that in

order to achieve comfort in INMOTIC offices the designers must take into account from the design stage, the users' critical attitude and their will to change the comfort conditions that have been set up, as well as the inclusion of more graphic interfaces.

## 1. Introducción al concepto de Domótica / Inmótica

Tanto en EE.UU. como en Europa, cuando comenzaron con los ensayos de electrodomésticos de última generación y dispositivos automáticos para el hogar -como aire acondicionado y alarmas- se encontraron con una nueva disciplina arquitectónica encargada de los automatismos. Se la llamó domótica, término que deriva de domus: casa; y tica: de Domotique (del francés), robótica, (Enciclopedia Larousse, 1988).

Definimos como edificio domótico aquel que tiene automatismos integrados entre si y relacionados con el usuario, y es capaz de gestionar sus acciones para poder cumplir sus objetivos, que son lograr el máximo confort y conseguir la mayor economía, considerando también la reducción de impactos ambientales como un objetivo más.

La Asociación Española de Domótica (CEDOM), que reúne a todos los agentes del sector, define a la domótica como un sistema de control y automatización de funciones, basado en equipos que intercambian información e interactúan, y que ofrece al usuario prestaciones relacionadas con diferentes aspectos de la actividad cotidiana que se desarrolla en la vivienda, dirigidas a mejorar la calidad de vida de las personas que la habitan. De esta manera, la domótica racionaliza los consumos en general, incrementa la seguridad y aumenta la comodidad. Cuando la domótica está incorporada al equipamiento de edificios de uso terciario o industrial (oficinas, edificios corporativos, hoteleros, empresariales y similares), la llamamos inmótica, dejando el término domótica para el sector residencial.

Siempre teniendo en cuenta que los objetivos domóticos son la seguridad, la economía y el confort, se profundizará en los avances dados en Sud América, enfatizando en este último objetivo. El avance tecnológico aplicado a los espacios de trabajo, específicamente desarrollados y diseñados para cada función, ha demostrado ser el responsable de generar un alto rendimiento laboral.

Si bien la situación de la energía es crítica en el mundo, la Unión Europea prescribe que no se disminuya la calidad del medioambiente interior, considerando que esto afectaría la salud, la productividad y el confort de los ocupantes. Por lo que se detecta como una acción habitual el desarrollo de diseños con tecnologías, donde se incluyen los sistemas necesarios para lograr el confort de los trabajadores.

## 2. Confort y las implicancias personales

Si bien se define al confort como un estado de completo bienestar físico, mental y social, se reconoce la intervención de una multitud de factores personales (respuesta a las sensaciones, expectativas para el momento y lugar considerados) y parámetros físicos (visuales, auditivos, térmicos, olfativos) (Gonzalo, 1998).

Hay agentes exteriores, como la temperatura exterior, y parámetros ambientales del interior (temperatura del aire, temperatura radiante media, humedad relativa del aire y velocidad del aire) sumados a los fisiológicos: metabolismo y vestimenta (ASHRAE 55), que son considerados por los sistemas inteligentes para alcanzar el confort. Si bien estos sistemas también consideran el accionamiento de los parasoles y persianas, la iluminación, y la cantidad de personas, etc., se ha comprobado que el usuario no es receptor pasivo de estas situaciones alcanzadas. Varios autores afirman que factores personales, como la constitución corporal, el género, la ingesta de alimentos (Mayer, 1998), y parámetros del entorno inmediato, como el clima exterior (Auliciems, 1969), afectan la percepción térmica de las personas.

Kuchen determinó (Kuchen et al., 2009 y Kuchen, 2008) que los usuarios manifiestan que aún en espacios con condiciones térmicas constantes son capaces de experimentar procesos de adaptación, como por ejemplo: modificar los niveles de ropa, la posición de un termostato, controlar la apertura de puertas y ventanas, ajustar un parasol, etc., pudiendo aceptar condiciones térmicas que les son impuestas. Entonces el mismo Kuchen concluye su trabajo coincidiendo con otros autores (Hellwig

y Bischof, 2006; Boestra, 2006; Raue et al., 2004; Raue et al., 2006; Nicol y Humphreys, 2005; de Dear, 2004 y Gonzalo et al., 2007), en que los usuarios no son receptores pasivos del ambiente térmico sino que, por el contrario, mantienen una actitud crítica que se traduce en la habilidad de adaptación (Kuchen, et al., 2010).

### 3. Usuarios y sistemas, la interacción

Diversos estudios consultados sugieren que proveer a los usuarios de la posibilidad de tener control sobre su ambiente interior aumenta el confort térmico y el visual, incluyendo la satisfacción de la calidad del aire.

Existe una tendencia aplicable a estos edificios inmóticos, que afirma que si van a delegar el control hay ciertas condiciones que consideran los usuarios. Algunos autores como Vastenburg, et al. (2007), determinaron que los participantes están dispuestos a delegar el control para facilitar el uso de los sistemas, pero no quieren hacerlo en manos de complejos e impredecibles sistemas. O sea, quieren poder interactuar con el sistema de control.

El estudio del estado del arte permite suponer que para lograr el confort en las oficinas inmóticas se debería contemplar la actitud crítica de los usuarios y su voluntad de cambiar las condiciones de confort que le han sido determinadas. Esto se traduce en la habilidad de adaptación sumada a la interacción con los sistemas.

### 4. Sistemas inmóticos

En la mayoría de los edificios inmóticos encontramos los siguientes subsistemas:

- Subsistema de Control y Seguridad Técnica: Vigilancia de personas y bienes, control de acceso al edificio; aviso a mantenimiento de fugas y fallos, detección y apagado de incendios.

- Subsistema Ambiental: iluminación, música funcional y temperatura de confort del puesto de trabajo, creación de escenario. Regulación de la iluminación en función de la luz natural, gestión de zonas comunes, control de luces encendidas, aire acondicionado, etc. (CEDOM, 2008).

- Subsistema Automatización de la actividad: control de gestión, transmisión de datos, comunicación e intercomunicación entre dispositivos y con el usuario final, o sea ofimática. Dentro de este subsistema interactúan otros sistemas como soportes y redes para

teleconferencias y transmisión simultánea, y comunicación vía satélite.

También se consideran los sistemas de archivos para guardados de carpetas como datos.

### 5. Estudio de casos

Con el objetivo de evaluar el confort y las preferencias de interacción con los sistemas de los usuarios de edificios inmóticos, se realizó el estudio de casos tomando cuatro edificios en la ciudad de Córdoba (Fig. 1 y 2), en los cuales se realizaron, entre otras tareas, encuestas post-ocupación.

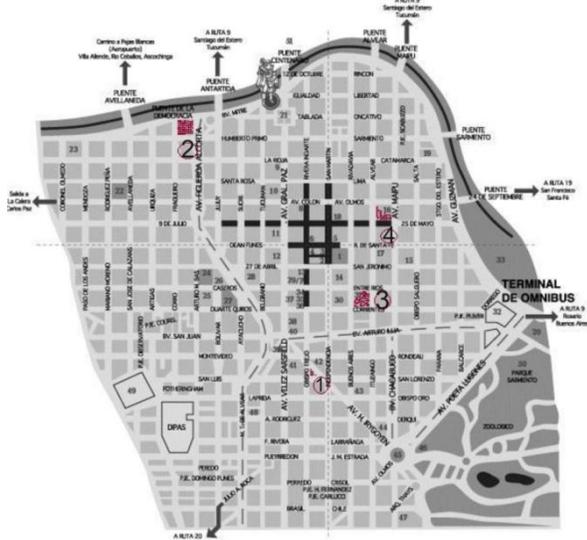
La cantidad de permisos de edificación para esta ciudad capital para edificios comerciales en el año 2008 fue 411.594 m<sup>2</sup>, de los cuales se declaran como inmóticos 14 edificios, Si consideramos que cada edificio de estos tiene aproximadamente una superficie de entre 18.000 y 22.000 m<sup>2</sup>, estamos valorando 280.000 m<sup>2</sup>. (Gobierno de la Intendencia de Córdoba, 2010).

El criterio de selección de casos fue tomar edificios de oficinas inmóticos. Todos los edificios están en el área central y no son corporativos, sino que pertenecen a distintas empresas.



**Figura 1:** Argentina, ciudad de Córdoba. Fuente: [www.cordobaciudad.com](http://www.cordobaciudad.com), 2012

**Figure 1:** Argentine, Córdoba City. Source: [www.cordobaciudad.com](http://www.cordobaciudad.com), 2012



**Figura 2:** Mapa de Córdoba, área central, fuente Municipalidad de Córdoba, 2012  
**Figure 2:** Córdoba's plan, Central area. Source: Cordoba Municipality, 2012

**Caso 1. Edificio Córdoba Business Tower**

El Córdoba Business Tower (Fig. 3) está ubicado en el barrio Nueva Córdoba, fue construido en el año 2000 como el primer edificio inteligente del interior del país. Destinado en su totalidad como edificio de oficinas, cuenta con una superficie cubierta de 14.000m<sup>2</sup>.



**Figura 3:** Edificio Cordoba Business Tower. Fuente: Cba Business Tower, 2012  
**Figure 3:** Building Cordoba Business Tower. Source: Cba Business Tower, 2012

**Caso 2. Edificio Capitalinas**

El Complejo Capitalinas (Fig. 4) es un complejo de modernos edificios en la ciudad cuya construcción comenzó en diciembre de 2007. El complejo está conformado por dos torres de 37 pisos cada una, ubicadas sobre la Avenida

Costanera, un centro de convenciones, y dos bloques de oficinas sobre Avenida Humberto Primero y calle Fraguero. El estudio se realizó en los bloques, de 6 y 8 pisos, que corresponden a oficinas plantas libres de hasta 1700 m<sup>2</sup>.



**Figura 4:** Complejo Capitalinas. Fuente GNI, 2012  
**Figure 4:** Capitalinas Complex. Source: GNI, 2012

**Caso 3. Edificio Torre Garden Office**

El Centro Comercial Garden Factory (ex Garden Shopping) y la Torre de Oficinas de 17 pisos fueron inaugurados en 1994. El edificio se encuentra entre las calles Ituzaingó y Corrientes, en el centro de la ciudad. El tipo de urbanización corresponde a una torre de oficinas con shopping.

El estudio comprendió el basamento de la torre, en área de oficinas.



**Figura 5:** Garden Office. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 5:** Garden Office. Source: Own Elaboration

**Caso 4. Edificios Maipú Office**

Este edificio de oficinas situado en Avda. Maipú 51 con doble ingreso sobre calle 25 de

Mayo (paseo peatonal), se localiza en la zona llamada City Bancaria del centro de Córdoba.

El tipo de urbanización corresponde a edificio de oficinas, y consta de 12 pisos de oficinas para alquiler y venta, con 40 oficinas de 100 a 250 m<sup>2</sup> y cocheras.



**Figura 6:** Oficinas Maipu. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 6:** Maipu office. Source: Own Elaboration

## 6. EPO: Evaluación post ocupación de edificios

La evaluación post-ocupación es una evaluación sistemática de los edificios en uso desde el punto de vista de los usuarios. Valora si los edificios responden a sus necesidades e identifica maneras de mejorar el diseño y el funcionamiento del edificio.

Para el desarrollo de este trabajo sobre control inmótico se utilizó como referencia el cuestionario BUS occupant survey method desarrollado por Leaman (2008). En base a los mismos conceptos se trabajó en un cuestionario específico sobre las instalaciones domóticas en los edificios. Este cuestionario fue diseñado con el objetivo de detectar si existía en los usuarios conformidad con las condiciones que los sistemas le proponían, o por el contrario, había voluntad de cambio de los mismos. Kcomt Ché (2010) determina que todavía hay que aprender qué acciones son factibles de ser automatizadas, y manifiesta que se están desarrollando sistemas predictivos y en consecuencia propositivos de las acciones de los usuarios en los espacios.

Se buscó en este trabajo, determinar el grado en que los usuarios prefieren dejar sus acciones en manos de los automatismos. Por esta razón en el cuestionario, luego de que respondan si reconocen el sistema inmótico, siempre se preguntó si podían cambiar sus variables y si la

respuesta resultaba negativa, si querían poder hacerlo.

Con el objetivo de determinar si existen y cuáles son los modos de relación en situaciones de usuario activo y pasivo, se trabajó considerando y valorando la actuación del usuario en la modificación del confort para alcanzar las mejores condiciones requeridas.

## 7. Encuesta sobre sistemas inmóticos

Con el fin de lograr la comprensión rápida de las preguntas por todo tipo de usuarios, es que no fue respetada la organización por subsistemas propuesta por el cuestionario BUS. Las preguntas fueron simplificadas considerando el modo de uso y el modo de reconocimiento por parte de los usuarios.

Se reconoce una clasificación de las aplicaciones domóticas, agrupadas en tres subsistemas para poder realizar la encuesta:

- *Subsistema Ambiental:* aire acondicionado y música ambiental (Fig. 7).
- *Subsistema Seguridad:* control de ingresos y detección y apagado de incendios.
- *Subsistema Lumínico:* luz artificial, luz natural, parasoles, persianas.

El sistema lumínico sería parte del subsistema ambiental pero debido a la importancia en el uso del edificio y de la opinión del usuario, fue considerado aparte.

Cuando se preguntó sobre los subsistemas, lo primero que se preguntó es si el usuario lo reconoce como inteligente, es decir, centralizado/automático.

- *Encuestados:* el número de encuestados por caso es el siguiente: Caso 1 - 24, Caso 2 - 70, Caso 3 - 35, y Caso 4 - 16. Se trabajaron en este artículo los cuatro casos conjuntamente.

### 7.1 Subsistema Ambiental

- *Sistema de aire acondicionado.*

Los sistemas CVC (climatización, ventilación y calefacción) están presentes en casi todas las instalaciones y son la primera contribución al bienestar. Hay sistemas autónomos y centralizados.

Los 4 edificios que fueron tomados como estudio de caso tienen aire acondicionado centralizado y muchos de ellos

Evaluación sobre sistemas domóticos o automatizaciones del edificio

**Subsistema Ambiental**

Existe un sistema de aire acondicionado centralizado? Sí  1  2 No

Puede acceder a modificar las variables desde su piso? Sí  1  2 No

Si la respuesta es No, desearía poder regularlo? Sí  1  2 No

Puede abrir las ventanas de su oficina? Sí  1  2 No

Si la respuesta es No, desearía poder abrir las ventanas? Sí  1  2 No

Existe música ambiental? Sí  1  2 No

Es común a todo el edificio? Sí  1  2 No

Puede seleccionar un canal? Sí  1  2 No

¿Como valorarías en general, el subsistema ambiental del edificio?

Insatisfactorio  1  2  3  4  5  6  7 Satisfactorio

Por favor escriba aquí su opinión

**Figura 7: Encuesta** utilizada sobre subsistema ambiental. Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 7:** Survey model of environment system. Source: Own Elaboration

refuerzan el sistema con la colocación de Split, o terminales individuales.

De los encuestados, el 92 % reconoce un sistema acondicionado centralizado, y el 66 % de los encuestados respondió que desearía poder regularlo.

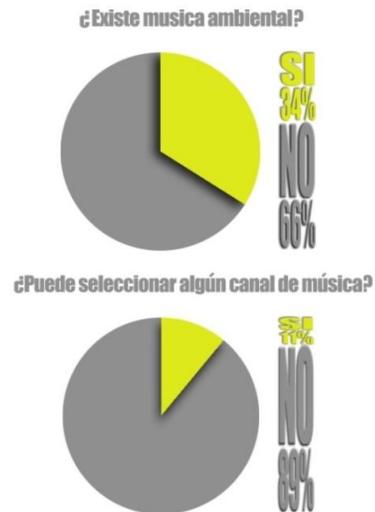
Sin embargo en la valoración general del ambiente, que incluye sus percepciones de ventilación natural, de aire acondicionado y de música funcional, en la escala de 1 a 7, las 141 respuestas dan un promedio de 4,84. O sea, la valoración es ubicada por encima de la media. Resulta significativo, ya que con esta valoración general del ambiente, se puede interpretar que la mayoría se siente bien en los espacios inmóticos con las condiciones en las que están, pero que desearían estar mejor.

- *Música ambiental*

El subsistema ambiental contempla también el sistema de sonorización, intercomunicación y megafonía para instalaciones de oficinas. El sistema de música funcional es muy útil para colaborar con el acondicionamiento acústico. La música sirve como una ayuda ambiental debido a que el poder fisiológico y psicológico de la música pueda ser utilizado para producir y mejorar el patrón de comportamiento del trabajador. Ha sido propuesto el uso de la música funcional como mecanismo para barrera acústica de ruidos o impacto, y de compañía virtual.

Resulta en la encuesta que de los sistemas centralizados que presenta mayor dificultad para

ser modificado es el de la música funcional ya que sólo se puede seleccionar la música para todo el piso (Fig. 8). Del Caso 1, el 90% reconoce que no puede modificarlo. El Caso 2 no tiene música funcional salvo el 10%, y de ese 10% sólo la mitad lo puede modificar. Del Caso 3 todos los que tienen música, que son el 40% del edificio, aseguran poder modificarlo. Del Caso 4, el 95% dice no tener. Del total de respuestas abiertas se puede considerar que hay un 50% que dice que la música pasó a ser un problema, y otro 50% que les gustaría tenerla, manifestando en opinión abierta que sería bueno tener.



**Figura 8:** resultados de la consulta si existe música ambiental y si se puede seleccionar canal de música. Fuente: Elaboración Propia.

**Figure 8:** results of the survey about ambient music and if users are able to select some music chanel. Source: Own Elaboration.

Se cree que se puede afirmar que el audio no es un sistema muy desarrollado en estos edificios y que se están dejando de lado las ventajas tecnológicas que existen en el mercado.

- Ventilación natural

Si bien se ha determinado que los equipos de aire acondicionado tienen la función de la renovación del aire, también se sabe que al ser centralizados no siempre dejan conformes a todos los usuarios.

En los edificios inmóticos, muchos de ellos corporativos, hay una tendencia en el diseño de fachadas con courtain wall, piel de vidrio o vidrio estructural. Este sistema es un conjunto muy vidriado, con delgadas columnas de aluminio, que tienen pocos planos de aberturas.

En las entrevistas personales fue detectada la necesidad de los usuarios de poder abrir ventanas, y manifestaron su disconformidad en aquellos casos en que estaban imposibilitados por no tener una ventana practicable en su espacio o porque el diseño, al tenerla muy pegada al escritorio, no se lo permitía. Por eso se preguntó: ¿Puede abrir las ventanas de su oficina?, y si la respuesta es no, preguntamos si desearía poder abrirlas.

El 67 % de los encuestados de todos los edificios manifestó poder abrir sus ventanas, y del 33 % que no puede abrir las ventanas, el 78% manifiestan querer abrirlas (Fig. 9).

7.2 Subsistema seguridad

La seguridad es parte del Confort. Trabajar con un sistema que se encargue de los intrusos y del control de fugas o riesgos de incendio, o que detecte el mal funcionamiento de algún sistema, da tranquilidad a los ocupantes del edificio, y

¿Desearía poder abrir las ventanas?

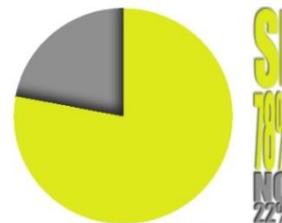


Figura 9: Resultados de la pregunta: ¿Desearía poder abrir ventanas? Fuente: Elaboración Propia

Figure 9: Results of the question: Would you like to open the windows? Source: Own Elaboration

produce confort.

Con fines de simplificación de las preguntas en la encuestas se hizo énfasis en el control de ingresos de personas y en el control de incendios.

El subsistema Control de ingresos consta de los siguientes servicios:

- Control de ingresos por tarjeta magnética o de proximidad (Fig. 11 y 12).
- CCTV, con cámaras, software de detección, grabadora, control por monitor con multiplexor, aviso por celular, altavoz e intranet y extranet.

En el estudio de casos tenemos aplicación de CCTV, y tarjeta magnética.

En todos los casos, más del 93% reconoce el sistema de control de ingresos automatizado, y cerca del 90% en todos los casos reconoce el control por cámaras, siendo en el Caso 3 el 100%.

- Control de Incendios

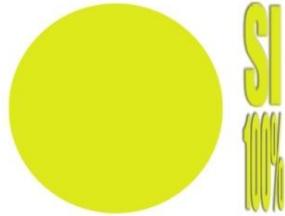
Cuando se preguntó sobre el reconocimiento del

Subsistema Seguridad	
Existe en su edificio control de ingresos automatizados?	Sí <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 No
Hay control de ingresos por cámaras?	Sí <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 No
Si la respuesta es Sí, Puede visualizar las cámaras desde su lugar de trabajo?	Sí <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 No
Existe sistema de control de incendios?	Sí <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 No
De detección?	Sí <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 No
De apagado?	Sí <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 No
¿Como calificarías en general, el Subsistema Seguridad del edificio?	
Insatisfactorio	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 Satisfactorio
Por favor escriba aquí su opinión	

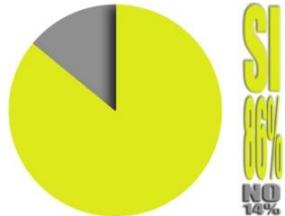
Figura 10: Encuesta utilizada sobre subsistema seguridad. Fuente: Elaboración Propia

Figura 10: Survey model for the security system. Source: Own Elaboration

¿Hay control de ingreso en Maipu Office?



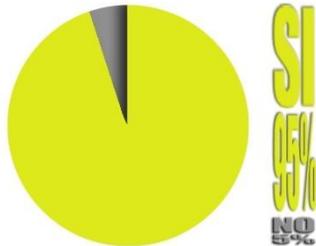
¿Hay control de ingreso en Garden Office?



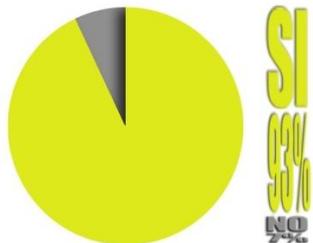
**Figura 11:** Resultado de la pregunta: ¿Existe control de ingreso en edificios Maipu y Garden? Fuente: Elaboración Propia.

**Figure 11:** Results of the question: Is there an entry control at the Maipu and Garden Building? Source: Own Elaboration

¿Hay control de ingreso en Cha Bussines Tower?



¿Hay control de ingreso en Capitalinas?

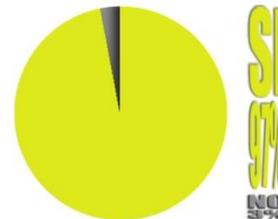


**Figura 12:** Resultado de la pregunta: ¿Existe control de ingreso en edificios Capitalinas y Córdoba? Fuente: Elaboración Propia.

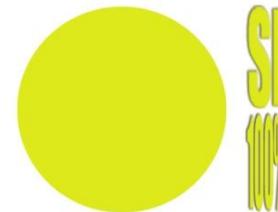
**Figure 12:** Results of the question: Is there an entry control the Capitalinas and Cordoba buildings? Source: Own Elaboration

control de incendios, el 100% contesta que sí en todos los casos (Fig. 13), por lo que podríamos asegurar que este sistema resulta más fácilmente percibido. Sin embargo, cuando se discrimina entre detección y apagado, salvo en el Caso 4 que da el 100% positivo, los otros casos dan hasta un 25% de no reconocimiento del sistema de apagado de incendios, por lo cual nos marca una inseguridad manifiesta en los ocupantes. El valor sube significativamente en el Caso 1, llegando a un 40% de no reconocimiento del sistema de apagado de incendios. En esta sede sucedió un incendio cuando estaba localizada otra empresa, y el daño fue casi total.

Incendios Graden



Incendio Capitalinas, Cha Bussines Tower y Maipu Office



**Figura 13:** Resultado de la pregunta: ¿Existe control de incendio en edificios Capitalinas, Córdoba, Maipu y Garden? Fuente: Elaboración Propia.

**Figure 13:** Results of the question: Is there a system of fire control in the Capitalinas, Córdoba, Maipu y Garden buildings? Source: Own Elaboration

### 7.3 Subsistema Lumínico

#### - Luz Artificial

El Control de la iluminación debería trabajar con sensores de luz, exteriores y su correspondiente regulación de luz en el interior, de manera que en función de la luminosidad exterior se regule la intensidad de luz en el interior para mantener el nivel de luminosidad constante.

**Subsistema Lumínico**

Existe controles de luces centralizado? Por favor marca  
 Sí  1  2 No

Si el sistema existe, puede acceder a modificarlo desde su puesto de trabajo? Por favor marca  
 Sí  1  2 No

Hay encendido / apagado automático de luces desde su oficina con sensor? Por favor marca  
 Sí  1  2 No

Hay sistema de control de ingreso de luz natural, con accionamiento automático de parasoles? Por favor marca  
 Sí  1  2 No

Hay sistema de accionamiento automático de persianas? Por favor marca  
 Sí  1  2 No

Le gustaría poder accionar persianas / parasoles manualmente? Por favor marca  
 Sí  1  2 No

¿Crees que el Subsistema Lumínico del edificio es ...?  
 Insatisfactorio  1  2  3  4  5  6  7 Satisfactorio

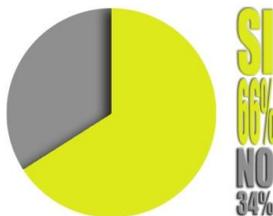
Por favor escriba aquí su opinión

**Figura 14:** Encuesta utilizada sobre subsistema lumínico. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 14:** Survey model for the lighting system. Source: Own Elaboration

Cuando se preguntó (Fig.14) si el usuario reconocía un sistema de luces centralizado, sólo el 65% de todos los encuestados afirmó reconocer este sistema como tal, pero ante la pregunta de si tienen la posibilidad de poder modificarlo, sólo el 18% puede hacerlo (Fig. 15 y 16). Por lo cual, se infiere, debe haber más centralizaciones que las que respondieron en la encuesta.

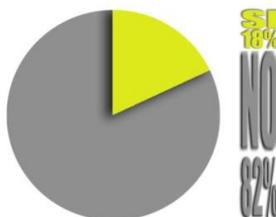
respetando las normas del consorcio, no se puede agregar ningún parasol o alero en fachada, sólo algunos permiten algún tipo de cortinas en el interior. Esto trae algunos problemas con la luz natural, como encandilamiento. Por lo cual no es sorprendente que el 66% de los encuestados manifieste que les gustaría poder accionar sus persianas (Fig. 17 y 18).

**¿Hay control Centralizado de Luminarias?**



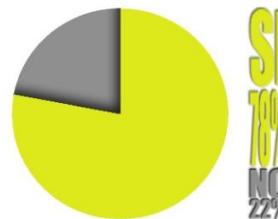
**Figura 15:** Resultados de la pregunta: ¿Existe control de luminarias? Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 15:** Results of the question: Is there a control system for the lighting? Source: Own Elaboration

**¿Puede Modificar la Iluminación Artificial?**



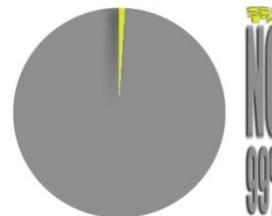
**Figura 16:** Resultados de la pregunta: ¿Existe acceso a modificar las luminarias? Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 16:** Results of the question: Is there any access to modify the lighting system? Source: Own Elaboration

**¿Desearía poder abrir las ventanas?**



**Figura 17:** Resultados de la pregunta: ¿Desearía poder abrir las ventanas? Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 17:** Results of the question: Would you like to open the windows? Source: Own Elaboration

**¿Hay control automático de ingreso de luz natural?**



**Figura 18:** Resultados de la pregunta: ¿Hay control automático de ingreso de luz natural? Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 18:** Results of the question: Is there an automatic control for the entry of daylight? Source: Own Elaboration

**7.4 Valoraciones Generales (incluye los tres subsistemas)**

- Luz natural

Casi todos los edificios inmóticos tiene por imagen un cerramiento al exterior que es vidriado, curtain wall o muro cortina. Por contrato,

La opinión de los usuarios en la valoración general, merece que se la trate para los tres subsistemas juntos, a pesar de que fue

consultada dentro de cada subsistema, o sea del ambiental, seguridad y lumínico.

Ya que como cierre de las preguntas puntuales se le da la oportunidad de clasificar en general a todos los subsistemas y hemos encontrados valores llamativos.

Con respecto al sistema ambiental, con una valoración que va de 1 a 7, siendo 1 el menor valor, el 54 % de los usuarios valoró el subsistema ambiental entre 5 y 6 puntos. Y si le sumamos el 15% de valoración 7, hacemos un 64% de usuarios muy conformes, con valoraciones superiores a la media (Tabla 1 y Fig. 19). Esto es altamente significativo, ya que en las preguntas puntuales se determinó una mayoría (66%) con voluntad de poder cambiar la temperatura del aire. Es decir, que no estaban conformes con lo que el sistema les ofrecía automáticamente.

**Tabla 1:** Valoraciones generales del sistema ambiental para los cuatro edificios. Fuente: Elaboración Propia.

**Table 1:** General assessment about the environmental system of the four buildings. Source: Own Elaboration

Variable	Subsistema Ambiental			
	FA	FR	FAA	FRA
Valoración				
1	4	0.03	4	0.03
2	7	0.05	11	0.08
3	13	0.09	24	0.17
4	27	0.19	51	0.36
5	37	0.26	88	0.62
6	38	0.27	126	0.89
7	15	0.11	141	1

FA: frecuencia absoluta.

FR: frecuencia relativa.

FAA: frecuencia absoluta acumulada.

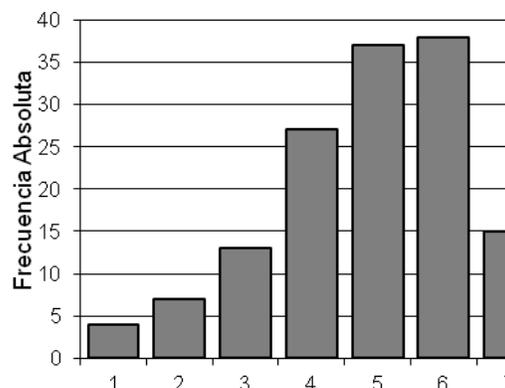
FRA: frecuencia relativa acumulada.

Cuando se valora el subsistema de seguridad, se encuentra que las mayores valoraciones, 6 y 7 puntos, suman el 61 % de encuestados. Si a esto se le agrega la puntuación 5, llegamos al 82% con puntuación final de 5 puntos o más. Si consideramos 4, 5, 6 y 7, obtenemos un 96% de usuarios con valoraciones superiores a la media (Tabla 2 y Fig. 20).

En este subsistema coincide la valoración general con las respuestas puntuales, ya que tenemos que el 90% reconoce el sistema de control, y en las preguntas abiertas se manifiestan conformes.

En el subsistema lumínico, el 53% de las valoraciones fueron de 5 y 6 (Tabla 3 y Fig.21). O sea, la mitad de los usuarios se manifiesta muy conforme. Pero si se suman las puntuaciones 4,

5, 6 y 7, da como resultado que el 85% está valorando este subsistema con más de 4 puntos, o sea con más de la media de los valores asignados.



**Figura 19:** Gráfico que muestra resultados obtenidos de la encuesta sobre Subsistema Ambiental. Fuente; Elaboración Propia

**Figure 19:** Graph showing the results of the environmental subsystem survey. Source: Own Elaboration

**Tabla 2:** Valoraciones generales del subsistema de seguridad para los cuatro edificios. Fuente: Elaboración Propia.

**Table 2:** General assessment about the security subsystem of the four buildings. Source: Own Elaboration

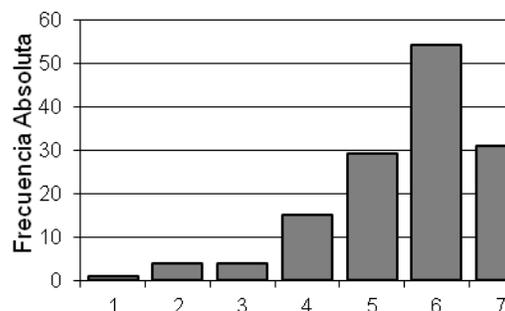
Variable	Subsistema de Seguridad			
	FA	FR	FAA	FRA
Valoración				
1	1	0.01	1	0.01
2	4	0.03	5	0.04
3	4	0.03	9	0.07
4	15	0.11	24	0.17
5	29	0.21	53	0.38
6	54	0.39	107	0.78
7	31	0.22	138	1

FA: frecuencia absoluta.

FR: frecuencia relativa.

FAA: frecuencia absoluta acumulada.

FRA: frecuencia relativa acumulada.



**Figura 20:** Gráfico que muestra resultados obtenidos de la encuesta sobre Subsistema de Seguridad. Fuente; Elaboración Propia

**Figure 20:** Graph showing the results of the security subsystem survey. Source: Own Elaboration

**Tabla 3:** Valoraciones generales del subsistema luminico para los cuatro edificios. Fuente: Elaboración Propia.

**Table 3:** General assessment about the lighting subsystem of the four buildings. Source: Own Elaboration

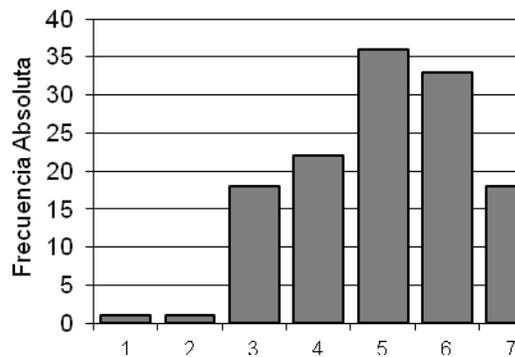
Variable	Subsistema Luminico			
	FA	FR	FAA	FRA
Valoración 1	1	0.01	1	0.01
2	1	0.01	2	0.02
3	18	0.14	20	0.16
4	22	0.17	42	0.33
5	36	0.28	78	0.6
6	33	0.26	111	0.86
7	18	0.14	129	1

FA: frecuencia absoluta.

FR: frecuencia relativa.

FAA: frecuencia absoluta acumulada.

FRA: frecuencia relativa acumulada.



**Figura 21:** Gráfico que muestra resultados obtenidos de la encuesta sobre Subsistema Luminico. Fuente; Elaboración Propia

**Figure 21:** Graph showing the results of the lighting subsystem survey. Source: Own Elaboration

## Conclusiones

El estudio de caso pretende explorar, describir, explicar y evaluar la hipótesis sobre el control de los sistemas. De las encuestas post-ocupación se ha podido concluir que, considerando lo valioso del aporte del usuario, resultan muy positivas si podemos salvar las dificultades de realizarlas. Se detectó en estas encuestas algunas contradicciones. Cuando se realizaron las preguntas centrales, el usuario se detuvo y resultó más evaluativo respondiendo a requerimientos propios y claros. Sin embargo, en las valoraciones generales fue más benévolo y entregó respuestas más positivas, aparentemente decidido a aceptar como buenas las condiciones que los sistemas le están ofreciendo. Este punto fue discutido y considerado con Leaman (2008), como una situación posible y normal.

La inmótica con su aplicación de software y diseño arquitectónico específico resulta para

todos estos usuarios de oficinas una eficiente tecnología en los edificios. Los usuarios la ven como algo promisorio, que necesita de más investigación y mejoras en la aplicación.

Hay voluntades de los usuarios que no se respetan o deberían mejorarse y hay diseños de sistemas aplicados que deben tener evolución.

Uno de los objetivos que tenía el cuestionario era determinar el grado en que los usuarios prefieren dejar sus acciones en manos de los automatismos. Cuando se trabajó con el subsistema ambiental, obtuvimos los resultados claros de que al menos el 66% manifestaron la necesidad o el deseo de poder cambiar las variables del sistema. Y cuando vamos a la valoración de la renovación del aire, el porcentaje sube y el 78% de los que no pueden abrir sus ventanas manifestaron que quieren tener la posibilidad de abrirlas. Confirmando la postura que presentamos en este artículo de Kuchen (2008 y 2009), sobre procesos de adaptación, se determina que los usuarios tienen actitud crítica, y voluntad de cambiar las condiciones de confort que le han sido determinadas. Esto se traduce en estos edificios inmóticos en la habilidad de adaptación propia de los usuarios sumada a la interacción con los sistemas.

Será tarea de los profesionales proveer las posibilidades de implementar estas adecuaciones mediante el diseño de sistemas inmóticos, con interfaces, y la integración del diseño de sistemas con el diseño arquitectónico.

Para poder adaptar este software a espacios de múltiples usuarios y de múltiples actividades quizás se requiera de sistemas de adaptación de confort individual. Algo más que poner a disposición unos dispositivos de interacción. Se propone una solución que combine la programación automática considerando variables de espacios más pequeños, o variables de datos ingresados por los usuarios de ese sector.

Una situación particular en estos edificios se da en los sistemas de control de ingresos. Los resultados en las encuestas sobre este sistema nos llevan a pensar que seguramente requiere de profundizaciones en estudios socio-técnicos que no es el objetivo de este artículo. Pero resulta significativa la importancia que los usuarios le dan a este sistema. De ninguna manera se sienten intimidados por los sistemas de control, que es algo que la literatura reciente trata en los ambientes inteligentes.

En todos los casos, más del 93% reconoce el sistema de control de ingresos automatizado, y cerca del 90% en todos los casos reconoce el control por cámaras, siendo el Caso 3 muy sorprendente, ya que el 100 % reconoce el sistema de seguridad.

Sin duda la seguridad es una preocupación de nuestros tiempos.

Es posible en esta etapa de la investigación especular si la valoración que le da el usuario a este sistema depende de su adaptación a la propuesta tal como está dada en su edificio, tal como está diseñada; o porque quizás los requerimientos individuales están satisfechos con las propuestas de diseño.

No obstante, el avance de los sistemas inmóticos está aún incompleto: se han detectado algunos desencuentros entre la tecnología y el usuario. Necesitamos de tecnología que permitan la interacción y la modificación de las condiciones dadas por los sistemas, algo que los usuarios mismos están reclamando. Es necesario en el diseño considerar la inclusión de más interfaces gráficas, la comprensión del usuario, y en consecuencia definir la interacción con estas consideraciones, trabajando en un área de tecnología sumada a la sociología y al diseño.

Para esto, el diseño centrado en el usuario debería dejar de ser una utopía y pasar a ser un tipo de proceso de diseño. La integración de la tecnología desde el inicio del proceso de diseño, también debería considerarse como necesaria, dejando de lado el diseño sólo estimado por profesionales. Las EPO son un instrumento que se debe usar para tomar en cuenta las necesidades, los deseos y las limitaciones del usuario final del sistema y aplicarlas en cada nivel del proceso de diseño.

El diseño de los edificios inmóticos pasaría, entonces, a ser holístico y a considerar esa masividad de usuarios, con una resolución de problemas en múltiples niveles. Estamos convencidos que contemplar y diseñar incluyendo la singularidad es difícil pero marca los nuevos objetivos. Sin duda lo encontraremos en el avance que se espera de los sistemas, el diseño y el desarrollo de los ambientes inteligentes.

### Agradecimientos

Al Dr. Arq. Guillermo Gonzalo por haberme incluido en su equipo de investigación, y haberme

formado como investigadora cuando me iniciaba en el tema de la Domótica.

A los administradores y gerenciadore de los edificios que son los casos de estudio, en la ciudad de Córdoba, en especial a los ingenieros Luis Ruiz y Federico Vega del Córdoba Business Tower, por su contribución a las solicitudes de investigación.

### Referencias Bibliográficas

Auliciems, A. (1969) *Effects of Weather on Indoor Thermal Comfort*. Biometeorology Journal v.13, n. 2, p. 147-162, UK, England, Ed. Biometeorology Journal.

ASHRAE 55. (2004). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (Supersedes) ANSI/ASHRAE Standard 1992. Atlanta, Georgia, Estados Unidos, ASHRAE

Boestra A. C. (2006). *The adaptive thermal comfort criterion in the new EPBD IEQ Standard*. Council of the Netherlands.

CEDOM, Asociación Domótica de España (2008). *Cuaderno de divulgación. Domótica2*. Madrid, España: AENOR (Asociación Española de Normalización y certificación).

De Dear, R.; Brager, G. S. (2001), *The Adaptive Model of Thermal Comfort and Energy Conservation in the Built Environment*, Biometeorology Journal, v. 45, n. 2, p. 100-108, UK, England, Ed. Biometeorology Journal

Larouse, Nueva Enciclopedia Larousse, (1.998), Barcelona, España, Ed. Planeta

Leaman, A. (2008). *An Intelligent Domotics System to Automate User Actions*. Recuperado en abril del 2009 de: <http://www.usablebuildings.co.uk>

Mayer, E. (1998). *Ist die bisherige Zuordnung von PMV und PPD noch richtig*. Luft- und Kältetechnik., 12, 575-577.

Kcomt Ché, N., et al. (2000). *An intelligent domotics system to automate user actions*. Recuperado enero 2012, de: [http://davy.preuveneers.be . Publications/isami10b.pdf](http://davy.preuveneers.be/Publications/isami10b.pdf)

Kuchen,E; Kühl, LarsM.; Fisch, Norbert. (2008) *Ergebnisse einer Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude und Schlussfolgerungen für die Energieeffizienz und das Raumklima*. Tese (Doutorado em Engenharia)

Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Alemania

Kuchen E., Fisch M. N.; Gonzalo G. E. & Nozica G. N. (2009). *Predicción del índice de disconformidad térmica en espacios de oficina considerando el diagnóstico de usuarios*. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13, 15-22.

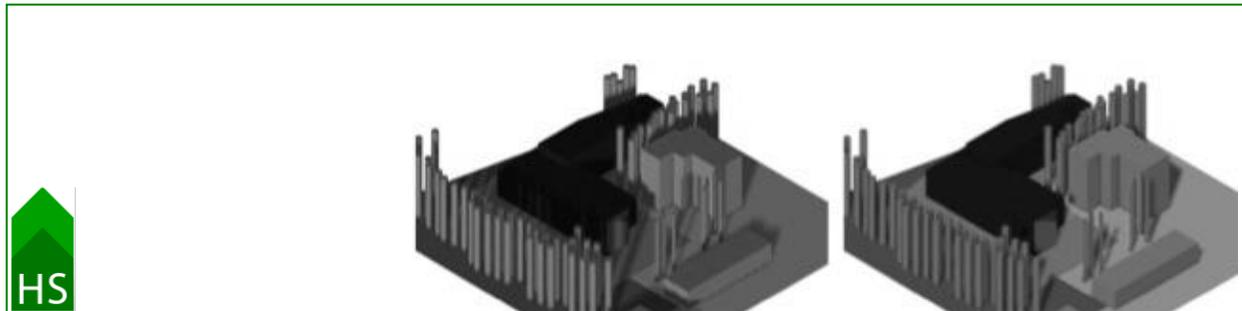
Kuchen, E., Gonzalo, G. E. & Corallo F.. (2010). *Evaluación empírica de rangos de aceptación térmica en espacios de trabajo en clima cálido seco*. Recuperado en diciembre 2012 de <http://www.irpha.unsj.edu.ar/informeannual2011.pdf>

Raue, A. K. et al (2004), *Buildings versus HVAC Buildings: a new dutch thermal comfort guideline*. In: AIVC CONFERENCE, 25., Prague, CzechRepublic, 2004. Prague, CzechRepublic.

Vastenborg M. H., Keyson D.V, et al. (2011) *Reducing complexity of home atmosphere control via a user experience based approach*, Universal Access in the Information Society. X. Disponible en [http://rd.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-73107-8\\_110](http://rd.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-73107-8_110).

Recibido: 13|09|2012  
Aceptado: 20|11|2012

Building integration of **Integración de sistemas de energía solar**  
photovoltaic solar systems in the **fotovoltaica en el edificio de oficinas del**  
ZAE office building in Germany **ZAE en Alemania**



**Julia Mundo Hernández** [julia.mundo@udlap.mx](mailto:julia.mundo@udlap.mx)  
Departamento de Arquitectura – Universidad de Las Américas Puebla

**Benito de Celis Alonso** [benileon@yahoo.com](mailto:benileon@yahoo.com)  
Departamento de Física – Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

**M. Cristina Valerdi Nochebuena** [crvalerd@gmail.com](mailto:crvalerd@gmail.com)  
Departamento de Arquitectura – Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

**Jorge Sosa Oliver** [chepus46@hotmail.com](mailto:chepus46@hotmail.com)  
Departamento de Arquitectura – Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



# Integración de sistemas de energía solar fotovoltaica en el edificio de oficinas del ZAE en Alemania

## Building integration of photovoltaic solar systems in the ZAE office building in Germany

Julia Mundo Hernández <sup>(a)</sup>, Benito de Celis Alonso <sup>(b)</sup>, M. Cristina Valerdi Nochebuena <sup>(c)</sup>, Jorge Sosa Oliver <sup>(d)</sup>

<sup>(a)</sup> Departamento de Arquitectura – Universidad de Las Américas Puebla – Méjico – email: julia.mundo@udlap.mx

<sup>(b)</sup> Facultad de Medicina – Benemérita Universidad Autónoma de Puebla – Méjico – email: benileon@yahoo.com

<sup>(c)</sup> Facultad de Arquitectura – Benemérita Universidad Autónoma de Puebla – Méjico – email: crvalerd@gmail.com

<sup>(d)</sup> Facultad de Arquitectura – Benemérita Universidad Autónoma de Puebla – Méjico – email: chepus46@hotmail.com

---

### RESUMEN

*Palabras Claves*  
Energía Fotovoltaica  
Polysun Software  
Energías renovables

El acceso a energía de manera segura y constante es actualmente una de las grandes preocupaciones mundiales. La continuación de la vida humana en el planeta y de los estilos de vida actuales están sujetos a la disponibilidad energética. Desde hace varias décadas numerosas investigaciones se han concentrado en buscar fuentes de energía limpias, seguras y renovables. Una de esas fuentes es la solar fotovoltaica, a través de la cual se puede obtener electricidad a partir de la radiación solar. Aquí se presenta un caso de estudio de integración, dimensionamiento y ubicación de módulos fotovoltaicos en un edificio de oficinas y laboratorios ubicado en Erlangen, Alemania. El trabajo se realizó a través de un levantamiento arquitectónico del sitio, un modelo en 3D del edificio, un estudio de sombras y simulaciones de sistemas fotovoltaicos utilizando el programa Polysun Simulation Software v.5.3 (Vela Solaris, 2012). Los resultados obtenidos demuestran las múltiples posibilidades que existen para integrar módulos fotovoltaicos en edificios, así como las ventajas y desventajas de cada opción en términos de producción de energía, orientación, dimensiones de los paneles, estética y de ahorro de CO<sub>2</sub>. Además se demuestran las ventajas que ofrece la utilización de un software especializado para tomar decisiones de diseño con mayor certeza.

### ABSTRACT

*Key Words*  
Photovoltaic Energy

Currently, one of the major concerns worldwide is the access to safe, clean and sustainable energy. People's current life-style and our life on this planet are subject to energy availability. Therefore, latest research projects have focused on developing ways of obtaining clean, safe and

Polysun Software  
Renewable energy

renewable energy. Solar photovoltaic energy (PV) is one of those energy sources, where electricity is directly obtained from solar radiation. This paper examines a case study showing the integration of PV modules into an office and lab building located in Erlangen, Germany. Polysun Simulation Software v.5.3 was used for simulating different types, size and location of PV modules in the building selected as case study (Vela Solaris, 2012). Results demonstrate the multiple possibilities for PV integration into buildings, and the advantages and disadvantages of every option regarding electricity production, orientation, modules dimension, aesthetics and CO<sub>2</sub> savings. Moreover, the benefits offered to designers and clients when using specialised software during design decision stages are discussed.

## 1. Introducción

La utilización de fuentes no renovables para producir energía como el gas, uranio, carbón y petróleo ya no es una alternativa viable para mantener los actuales estilos de vida y sobre todo para disminuir la contaminación que esas fuentes de energía producen. Una de las fuentes de energía renovable con más potencial es sin duda la energía del sol. Este astro emite cada segundo 15000 veces más energía de la que necesitan actualmente los 6,7 billones de personas que habitan el planeta Tierra (Alt, 2009). Pero todavía dependemos en gran medida de combustibles fósiles y de la energía nuclear<sup>1</sup>. Más del 90% de la energía solar que llega a la Tierra es absorbida por los océanos, y sólo una pequeña parte es utilizada por las plantas para la fotosíntesis (Behling, et al., 2002). El aprovechamiento humano de la energía solar ha sido poco relevante hasta el momento, sin embargo, parece que esa situación está cambiando.

Algunos países como Alemania, Francia, España, Estados Unidos y Japón, han dedicado grandes esfuerzos para el desarrollo y popularización de la industria fotovoltaica. Se han logrado grandes avances en la generación de energía a partir de campos solares conectados a la red pública, así como, de instalaciones fotovoltaicas integradas a edificios públicos y residenciales. Esos países han establecido diferentes estrategias para incentivar la difusión y utilización de esta fuente de energía renovable entre los ciudadanos comunes. Algunas de esas

estrategias incluyen: acceso a préstamos bancarios, compra de la electricidad producida a precios Premium y reducción de impuestos.

Los países Latinoamericanos nos encontramos con un retraso importante en cuanto al desarrollo de tecnología solar fotovoltaica y también en cuanto a su utilización para generar energía. Actualmente, la mayor parte de los países de América Latina producen su electricidad principalmente a partir de fuentes de energía no renovables como el petróleo y el gas natural, produciendo cantidades importantes de gases de efecto invernadero, contribuyendo así al cambio climático. En algunos países en vías de desarrollo se están utilizando sistemas fotovoltaicos para electrificar zonas rurales donde llevar líneas eléctricas de la red pública sería más caro. Sin embargo, el impacto a nivel nacional y mundial no es significativo. En comparación, la Agencia Alemana de Energía ha indicado que Alemania planea producir para el año 2050 el 50% del consumo de energía primaria a partir de fuentes renovables (DENA, 2010).

Este artículo pretende mostrar los aspectos más importantes a considerar para la integración de sistemas fotovoltaicos en edificaciones, a través del análisis de un estudio de caso de un edificio ubicado en Alemania. Diseñadores, arquitectos, ingenieros, clientes y usuarios deben tener presentes las opciones de tecnología fotovoltaica disponible en el mercado, sus características y ventajas ambientales para tomar decisiones apropiadas de diseño, instalación y uso de los equipos.

## 2. Desarrollo

### 2.1. La tecnología solar fotovoltaica

La tecnología fotovoltaica es el método más

<sup>1</sup> Alemania anunció el cierre total de sus 17 plantas nucleares para el año 2022, después de los problemas sufridos en Fukushima, Japón a causa del terremoto y tsunami del mes de marzo de 2011. Para lograrlo, el gobierno alemán aprobará una nueva ley de energías renovables cuya meta será producir el 35% de la demanda energética de ese país antes de 2020 (El país, 31 mayo de 2011).

directo de producir electricidad a partir de la radiación solar, sin producir ruido o emisiones de gases. La eficiencia de una célula solar se define por la proporción de radiación solar que llega a la superficie de la célula y es convertida en energía eléctrica (Boyle, 1996).

Desde 1958 a la fecha, la energía solar fotovoltaica se ha utilizado en la industria espacial de forma generalizada, entre otras muchas aplicaciones. Esta tecnología continúa mejorando constantemente. Actualmente se utiliza en edificios residenciales, oficinas, educativos, etc, y también se han construido campos solares conectados a la red pública eléctrica en países como Alemania, Suiza, Japón y España.

La mayoría de las células fotovoltaicas que hay en el mercado están hechas con silicio y pueden ser principalmente monocristalinas o policristalinas. Las primeras son células hechas con láminas muy finas cortadas de un solo cristal de silicio. Las policristalinas son células hechas a partir de un bloque de cristales de silicio. La eficiencia de ambos tipos de células se mantiene entre un 12% y 17% (EPIA, 2010). Existe otro tipo de células llamadas amorfas o thin film, están hechas por capas muy delgadas de materiales fotosensibles como el silicio amorfo, el cadmio o el cobre; éstos son colocados sobre materiales como vidrio, plástico y acero. La mayor ventaja de las últimas es que funcionan con luz difusa y no sólo con radiación solar directa, son flexibles y ligeras, lo cual permite colocar estas células o módulos en techos o fachadas de edificios (Alwitra, 2010).

Un módulo fotovoltaico es un conjunto formado por un determinado número de células fotovoltaicas eléctricamente interconectadas, formando una estructura compacta y resistente capaz de suministrar una corriente eléctrica a un circuito externo. Dependiendo de la producción de electricidad necesaria para un edificio, según su función, ubicación geográfica, operación y ocupación, se puede determinar cuántos módulos es necesario interconectar. A ese conjunto de módulos fotovoltaicos montados sobre una estructura común (por ejemplo de aluminio) e interconectadas eléctricamente en serie, paralelo o de forma mixta se le conoce como Panel fotovoltaico (ASIF, 2002).

Actualmente, en instalaciones fotovoltaicas en edificios es más común encontrar células de silicio tanto monocristalinos como policristalinos, ya que son más baratas y tienen una mayor eficiencia y duración que las células amorfas.

Aunque el mercado de estas últimas ha crecido considerablemente debido a su flexibilidad y ligereza (ya que no necesitan una estructura de aluminio, acero o fibra de vidrio para su montaje), instalación fácil y eficiencia bajo condiciones no sólo de luz solar directa sino también difusa, lo cual las hace ideales para sitios que tienen cielos nublados y parcialmente nublados durante la mayor parte del año. Los materiales utilizados para fabricar células fotovoltaicas industrialmente deben ser fáciles de conseguir, no contaminantes y cómodamente manipulables (Alcor, 2008). La proporción en la utilización de los diferentes materiales con que son construidas las células fotovoltaicas corresponde en un 91% a las células de silicio cristalinas, un 5% a las de silicio amorfo, y el 4% restante a células fabricadas con arseniuro de galio, telurio de cadmio, cobre-selenio-indio, etc. (Alcor, 2008).

En laboratorios de tecnología fotovoltaica y centros de investigación como el caso de estudio aquí presentado, se están realizando proyectos enfocados a disminuir el costo de las células y módulos fotovoltaicos, entre otras cosas reciclando células de módulos que ya se han utilizado durante treinta años aproximadamente, y utilizando materiales naturales para la fabricación de células nuevas. Además, se intenta continuamente mejorar la eficiencia de las células en la producción de electricidad, así como mejorar su apariencia o estética. Es así que se han desarrollado las BIPV o Building Integrated Photovoltaics. Estos son módulos que pueden ser integrados de forma estética en techos y fachadas de edificios. Se producen en varios colores. En Francia, por ejemplo, consideran como BIPV los módulos que reemplazan un material de construcción como una ventana, un muro o el recubrimiento del techo. Los llaman Fully-integrated Systems, y el gobierno paga la electricidad producida con estos módulos con las tarifas más altas del mercado (Sun & Wind Energy Journal, 2010). La elección de un tipo de célula y módulos se realiza con base en su disponibilidad en el mercado, costos, eficiencia al producir electricidad (tomando en cuenta la radiación solar y el clima del sitio), estética de los módulos (en caso de ser relevante), y tipo y cantidad de superficie disponible para la colocación de los sistemas fotovoltaicos.

### **3. Metodología y descripción del caso de estudio**

El edificio utilizado como caso de estudio fue terminado a finales de 2011. Es el edificio nuevo

proyectado para albergar los laboratorios y oficinas del Centro Bávaro de Investigación en Energía, división 3: Energía Fotovoltaica (Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung, ZAE Bayern). Este centro estaba ubicado en una zona industrial entre las ciudades de Nuremberg y Erlangen en el sur de Alemania. El edificio nuevo se construyó en el campus de la Universidad de Erlangen (Friedrich-Alexander University of Erlangen-Nürnberg). Es importante mencionar que al momento de realizar este proyecto de integración de sistemas fotovoltaicos, el edificio nuevo se encontraba en construcción.

Al ser el ZAE un centro de investigación en energía solar fotovoltaica, resultaba necesario incorporar módulos fotovoltaicos en el edificio para cumplir con dos objetivos principales: producir electricidad y utilizar el edificio como un “muestrario” de sistemas fotovoltaicos<sup>2</sup>. Uno de los obstáculos principales para lograr los objetivos es que el terreno no se pudo escoger ya que fue donado por la universidad, y además los diseñadores del proyecto arquitectónico no tomaron en cuenta la integración de sistemas fotovoltaicos durante el proceso de diseño. La metodología empleada para realizar este proyecto incluyó:

- Características geográficas de Erlangen y análisis del sitio. Aquí deben considerarse los siguientes puntos: latitud del sitio, radiación solar anual, y tipo(s) predominante de cielo durante el año: cielo claro, parcialmente nublado o nublado. En lugares con fuertes vientos será necesario tomar en cuenta la velocidad del viento para el diseño de las estructuras de soporte para los paneles fotovoltaicos; también puede ser necesario considerar elementos como la nieve, lluvias y heladas, o la cercanía a la costa, ya que podrían afectar a los materiales empleados para la construcción de las estructuras.

- Revisión de todos los planos arquitectónicos del proyecto. Esta revisión permite determinar la superficie en techos y fachadas disponible para la colocación de paneles fotovoltaicos. Estas superficies deben estar libres de sombras provocadas por edificios colindantes, vegetación, elementos naturales como montañas o cerros, y equipos para instalaciones eléctricas, hidráulicas, de ventilación o de calefacción. En este punto es muy importante considerar la orientación del edificio para identificar las

superficies que reciben mayor radiación solar a lo largo del año. Si estamos en el hemisferio norte, la orientación ideal será siempre la Sur para aprovechar la radiación solar emitida a lo largo de todo el día.

- En el diseño del proyecto arquitectónico o en la revisión de los planos debe considerarse un espacio especial para resguardar las baterías, reguladores de carga e inversores necesarios para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico. Este espacio debe ser un lugar seco, con ventilación, con una temperatura promedio de 25°C, con el tamaño necesario para que pueda entrar un técnico a realizar trabajos de mantenimiento; idealmente debe encontrarse lo más cerca posible de los paneles fotovoltaicos para eliminar pérdidas de electricidad en el cableado.

- Levantamiento fotográfico del sitio. Esto nos permitirá tener un registro de las condiciones del terreno y sus colindancias, presencia de árboles, postes o letreros que pudieran ser un obstáculo para los paneles fotovoltaicos.

- Modelo 3D de la propuesta arquitectónica para el ZAE. Al realizar el modelo en 3D del edificio es importante simular con precisión la geometría del edificio propuesto (o existente a intervenir), volúmenes en la azotea producto de escaleras o instalaciones de ventilación, hidráulicas o de calefacción, y la orientación del edificio. Además es necesario modelar el contexto con la ubicación y alturas precisas de elementos como: edificios colindantes, árboles, estructuras urbanas como letreros o postes de alumbrado público o telefonía, y la topografía del sitio, es decir, hay que modelar el terreno con sus niveles topográficos y la presencia de cerros o montañas que pudieran provocar sombras sobre el edificio.

- Análisis de sombras durante los solsticios y equinoccios del año en diferentes horas del día (se utilizó el software Vector Works 12.5) de acuerdo al sitio, al proyecto y a las características geográficas de Erlangen. Se recomienda realizar el análisis de sombras considerando la posición del sol al amanecer, al medio día y durante la puesta.

- Realización de propuestas para integrar módulos fotovoltaicos en el edificio. Las diferentes propuestas que se realizaron para este caso de estudio tomaron en cuenta la posición óptima de los paneles para recibir la mayor radiación solar posible, diferentes tipos de células fotovoltaicas y su disponibilidad en el mercado alemán,

<sup>2</sup> De acuerdo a la entrevista realizada al director del Centro: Dr. Richard Auer (Erlangen, Junio, 2010).

restricciones de espacio en la azotea y en las fachadas (ventanas, volúmenes). También se consideró el objetivo del ZAE de hacer visibles los paneles fotovoltaicos a sus visitantes. Finalmente, es decisión del cliente y del diseñador elegir una propuesta que ofrezca la mejor relación de producción de electricidad-costos-ahorro energético-ahorro de CO<sub>2</sub>. Cabe aclarar que el costo no se consideró para la realización del proyecto presentado aquí.

- Cálculo de la producción eléctrica de acuerdo al tipo de células fotovoltaicas, su orientación y a la superficie disponible<sup>3</sup> en azotea y en fachadas.

- Recomendaciones de ubicación y dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos de acuerdo a las simulaciones realizadas.

Erlangen se ubica en la latitud 49°N, longitud 11°E, a una altitud de 293 msnm, y tiene una radiación solar promedio anual de 1,051 kWh/m<sup>2</sup>. Para las simulaciones de módulos fotovoltaicos se consideró un Azimut de 45° hacia el Sureste.

La revisión de los planos arquitectónicos del proyecto permitió determinar las superficies en techos y fachadas con mayor incidencia solar durante las diferentes épocas del año. Es así que se pudieron descartar algunas zonas de los techos que tienen sombras ocasionadas por un volumen del mismo edificio y otra sección de un techo con sombras ocasionadas por el edificio de cinco pisos colindante (Fig. 2). En fachadas se consideraron las orientadas hacia el Este, Sureste, Sur, Suroeste y Oeste. También existieron restricciones al respecto.

Existen algunas restricciones del sitio que se tomaron en cuenta para este proyecto. En primer lugar se realizó un análisis de las sombras que generan sobre el edificio propuesto los siguientes elementos: la existencia de árboles de aproximadamente 20 metros de altura dentro del terreno y también la presencia de un bosque que es considerado reserva natural y se encuentra protegido, por lo tanto no se podía quitar ningún árbol. El bosque se encuentra en el lado Suroeste del terreno. Además, hay un edificio de 5 pisos ubicado muy cerca de los límites del terreno dispuesto para el edificio de ZAE (figs. 1, 2 y 3). Se realizó un levantamiento arquitectónico para

encontrar la ubicación exacta de los árboles y hacer la simulación de sombras más precisa.



**Figura 1:** Vista Suroeste del sitio. Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 1:** Southwest view of the site. Source: Own Elaboration



**Figura 2:** Vista Norte del sitio. Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 2:** North view of the site. Source: Own Elaboration.



**Figura 3:** Vista Sureste del sitio. Fuente: Elaboración Propia.  
**Figure 3:** Southeast view of the site. Source: Own Elaboration.

#### 4. Descripción del edificio

El caso de estudio analizado está formado por dos edificios de dos pisos y un nivel subterráneo dispuestos en forma de "L" con dos

<sup>3</sup> La superficie disponible para sistemas fotovoltaicos se refiere a la superficie del edificio libre de instalaciones (agua, calefacción, etc.), libre de sombras provocadas por elementos del mismo edificio o del contexto natural o construido, de ventanas y puertas

techos inclinados hacia el Sureste (Fig. 4). Los edificios cercanos se muestran en color naranja, y los árboles son en número, ubicación y altura, los existentes en los alrededores del terreno. Es importante mencionar que los diseñadores trataron de utilizar de manera eficiente el terreno considerando su forma irregular y el programa arquitectónico solicitado por el ZAE. Sin embargo, no consideraron diseñar el edificio tomando en cuenta la mejor orientación para la integración de módulos fotovoltaicos, la cual en este caso es la orientación Sur. El programa arquitectónico del proyecto incluye: estacionamiento subterráneo, oficinas, laboratorios, sala de juntas, cocineta y bodega.

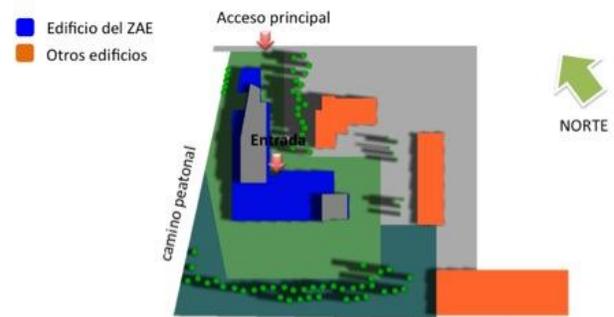
## 5. Resultados

El análisis del sitio realizado en el caso de estudio permitió determinar las obstrucciones más importantes que podrían influir en la eficiencia de los módulos fotovoltaicos al producir sombras sobre ellos. Esas obstrucciones son principalmente los árboles más cercanos al edificio del ZAE y los dos edificios de la universidad (uno de cinco niveles y el otro de 2). El estudio de sombras permitió conocer el grado de influencia de cada obstrucción de acuerdo a su orientación, además de considerar que también el mismo edificio puede provocar sombras sobre sí mismo (Fig. 5).

El modelo en 3D del proyecto del edificio y su contexto sirvió para hacer las simulaciones de las sombras generadas sobre el edificio del ZAE, durante los solsticios y equinoccios del año. Abajo se muestran los resultados obtenidos a las 13 horas. Se hace evidente que las sombras más grandes proyectadas sobre el edificio corresponden al solsticio de invierno y al equinoccio de primavera, es decir, durante el invierno en Alemania. En esa época del año los días son más cortos y la trayectoria de la radiación es más horizontal que en verano; es por ello que se producen grandes sombras sobre las fachadas SE y SO del edificio en cuestión (Fig. 6). Ocurre lo contrario durante el verano, cuando el sol se encuentra en su posición más alta respecto a la superficie de la Tierra, causando pocas sombras sobre el edificio (Fig. 7). Por lo tanto, la inclinación de los paneles fotovoltaicos suele ser grande para aprovechar al máximo la escasa radiación invernal, logrando que los rayos incidan sobre los paneles. Se espera que durante el

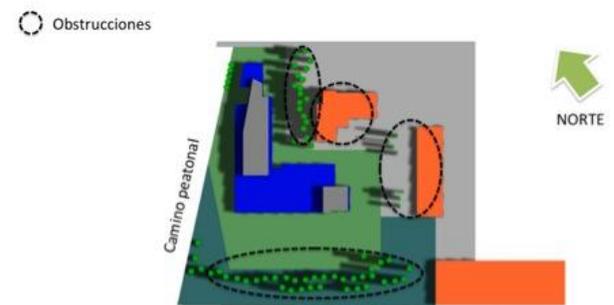
invierno el consumo eléctrico se eleve por el mayor uso de la iluminación artificial debido a que los días son cortos. Sin embargo, hay que considerar que los módulos fotovoltaicos posiblemente no produzcan el máximo de la electricidad posible ya que dependen directamente de la disponibilidad de radiación solar y en invierno los días son frecuentemente nublados.

Para explicar el efecto que tienen las obstrucciones en la producción de sombras se ha realizado una comparación para obtener el porcentaje de superficies con sombras cuando hay obstrucciones y el porcentaje de superficies con sombras cuando no hay obstrucciones. Este ejercicio se ha simulado para el 21 de Diciembre a las 13 horas, cuando los rayos solares se encuentran en su posición más horizontal ocasionando sombras sobre el edificio (Tabla 1).



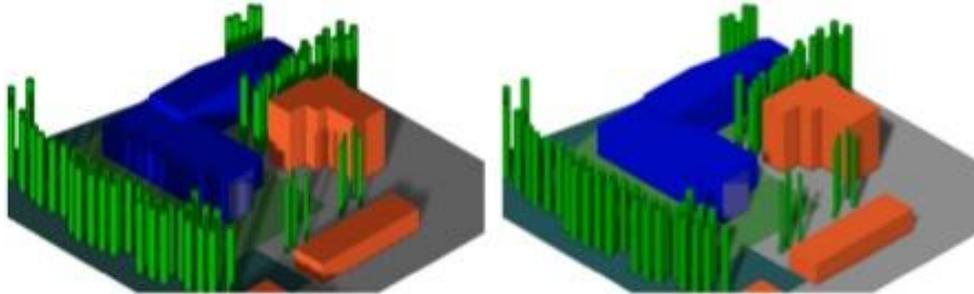
**Figura 4:** Planta de conjunto del proyecto propuesto para el ZAE. Fuente: Elaboración Propia

**Figure 4:** Site plan of the project designed for ZAE. Source: Own Elaboration

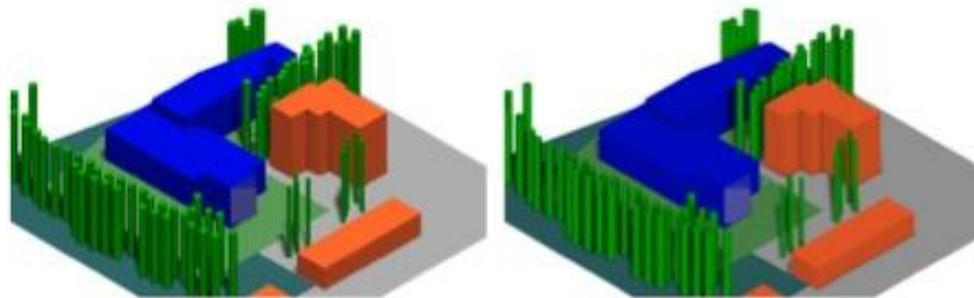


**Figura 5:** Principales obstrucciones solares para los módulos fotovoltaicos. Fuente: Elaboración Propia

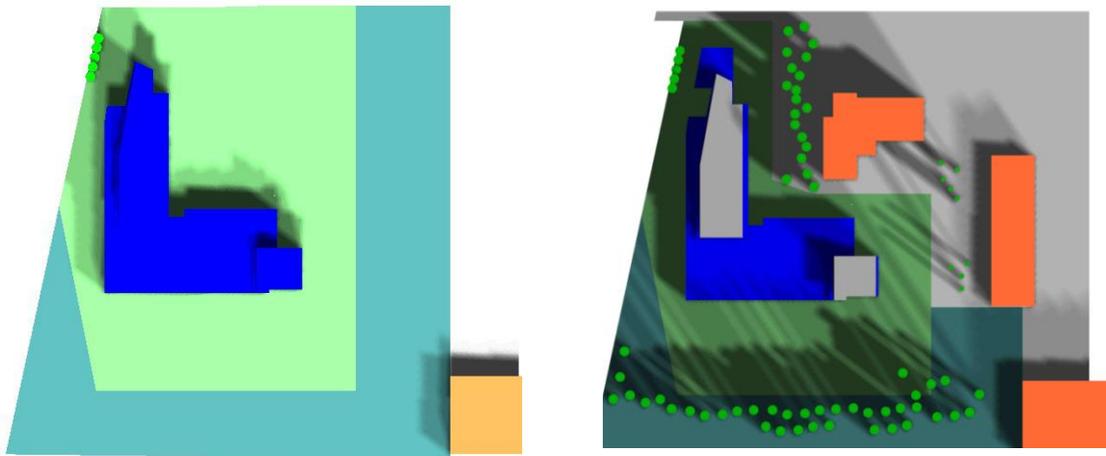
**Figure 5:** Main solar obstructions for PV modules. Source: Own Elaboration



**Figura 6:** Proyección de sombras el 21 de Diciembre (izq.) y 21 de Marzo (derecha) a las 13 hrs. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 6:** Shadow projection on the 21st of December (left) and 21st of March (right) at 13 hrs. Source: Own Elaboration



**Figura 7:** Proyección de sombras el 21 de Junio (izq.) y 21 de Septiembre (derecha) a las 13 hrs. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 7:** Shadow projection on the 21st of June (left) and 21st of September (right) at 13 hrs. Source: Own Elaboration



**Figura 8:** Proyección de sombras sin obstáculos (izq.) y con obstáculos (derecha), 21 de Diciembre a las 13 hrs. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 8:** Shadow projection without obstacles (left) and with obstacles (right), 21st of December at 13 hrs. Source: Own Elaboration

Es evidente que el efecto que tiene el entorno en la producción de sombras y por lo tanto, en la incidencia solar sobre los módulos fotovoltaicos es muy importante. En el peor escenario simulado para este caso de estudio, durante el invierno alemán, las superficies de las fachadas llegan a sombreadarse hasta en un

90%, y las cubiertas hasta en un 40%. Hay que considerar que en las simulaciones realizadas sin obstáculos, el mismo edificio también proyecta sombras sobre algunas zonas de las fachadas y de las cubiertas (Fig. 8). Debido a que es casi imposible disponer de un sitio sin obstrucciones es trascendental realizar un análisis de sombras

**Tabla 1.** Porcentaje de superficies sombreadas con y sin obstáculos, 21 de diciembre 13 hrs. Fuente: Own Elaboration  
**Table 1:** Percentage of shaded surfaces with and without obstacles, December 21, 13 hrs. Source: Own Elaboration

Tipo de Superficie	% superficie sombreada con obstrucciones	% superficie sombreada sin obstrucciones
Fachada SO	90%	0%
Fachada SE	80%	19%
Cubiertas Planas	42%	6%

para evitar la colocación de paneles fotovoltaicos en las superficies donde hay menor incidencia solar. Al entender esa relación con el entorno se podrán tomar decisiones durante la etapa de diseño en el caso de un edificio nuevo, y para especificar la ubicación de los módulos fotovoltaicos, tanto en un edificio nuevo como en uno existente.

De acuerdo a la proyección de sombras y a los objetivos planteados inicialmente, se realizaron las siguientes recomendaciones de diseño:

- *Incluir módulos fotovoltaicos integrados en las fachadas SE y SO.*

Hay que considerar que los módulos colocados en fachadas tienen una menor producción de energía que los módulos colocados en techos, ya que los rayos solares tienen un ángulo de incidencia más restringido. Sin embargo, la ventaja de su colocación en fachadas es que se lograría el objetivo de tener a la vista esta tecnología, además de que existen paneles fotovoltaicos traslúcidos que pueden servir para el control de la iluminación dentro del edificio.

- *Incluir módulos fotovoltaicos integrados en los techos inclinados orientados hacia el SE.*

En este caso se aprovecharía la inclinación existente de los techos para integrar los módulos. Esos techos tienen una buena orientación y por la altura a la que se encuentran no reciben sombras provocadas por el entorno en ninguna época del año. Los módulos podrían ser vistos desde el exterior del edificio, contribuyendo a cumplir uno de los objetivos de este proyecto: ser un "muestreo" de tecnología solar fotovoltaica. Si se está diseñando un edificio con techos inclinados sería conveniente desde la etapa de diseño orientarlos hacia el Sur o Sureste (para el hemisferio norte) y darles la inclinación óptima según la latitud del sitio para lograr una integración de módulos fotovoltaicos y evitar la

colocación de estructuras de soporte que nos ayuden a lograr esa orientación e inclinación óptimas. Así se ahorraría material y se lograría un efecto estético mucho más placentero. En el caso de estudio aquí presentado el proyecto arquitectónico ya estaba terminado y autorizado cuando se decidió integrarle los módulos fotovoltaicos, así que no se le podían hacer cambios. Afortunadamente el proyecto tenía dos techos orientados hacia el SE e inclinados 30° (esta inclinación de módulos fotovoltaicos es la recomendada para Erlangen como se explica más adelante).

- *Colocar módulos fotovoltaicos sobre los techos planos.*

Aquí hay que considerar algunas restricciones como: superficies sombreadas y el espacio que hay que dejar entre una fila de módulos y otra para que no se hagan sombra entre sí (ver fig. 13), esto reduce el número de módulos que pueden colocarse. Si se utilizaran módulos realizados con silicio amorfo se eliminaría la posibilidad de tener sombras generadas por los módulos y por las estructuras de soporte, como sería en el caso de emplear módulos de silicio mono y policristalino. En este caso la instalación fotovoltaica no sería fácilmente visible desde el exterior del edificio.

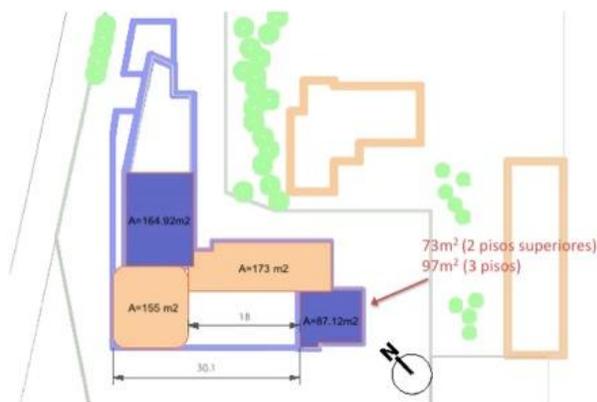
En total se lograría tener una superficie con módulos fotovoltaicos de 653 m<sup>2</sup> (Fig. 9). Según la Agencia Internacional de Energía (IEA) para la latitud de Erlangen el ángulo de inclinación de células fotovoltaicas recomendado para una pérdida de producción solar del 10% es de 30°. Para fachadas la mejor producción que podría obtenerse es de un 65% con un azimut de 0°, es decir, con una orientación Sur (IEA, 2002).

De acuerdo con las recomendaciones anteriores y el análisis de las sombras se plantean cuatro opciones de diseño.

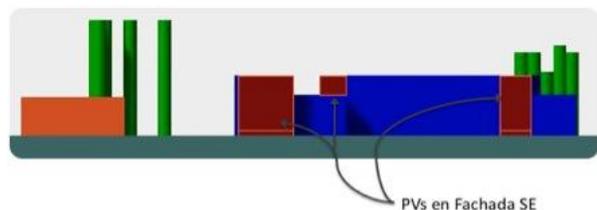
### Opción 1

Inclinar los techos más altos 30° hacia el SE. Colocar módulos fotovoltaicos flexibles (de silicio amorfo) en el techo, lo cual daría 250m<sup>2</sup> de fotovoltaicas. Esto considerando sólo el 50% del techo más grande ya que la otra mitad tiene obstrucciones solares considerables ocasionadas por los árboles y por el edificio de 5 pisos, por lo tanto se recomienda no colocar sistemas fotovoltaicos en él. También se pueden colocar células fotovoltaicas en la parte superior de la fachada SE en la zona de oficinas, con un área de

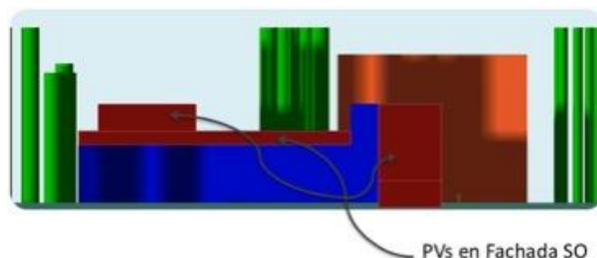
53m<sup>2</sup>; además 158 m<sup>2</sup> de fotovoltaicas en la fachada SO, y 73m<sup>2</sup> en la fachada SE donde se encuentra el elevador (figs. 10 y 11). En total se obtendrían 534m<sup>2</sup> de área con módulos fotovoltaicos (PV por sus siglas en inglés).



**Figura 9:** Superficie máxima donde se podrían ubicar los módulos fotovoltaicos. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 9:** Maximum area available for PV modules. Source: Own Elaboration



**Figura 10:** Colocación de PV en fachadas SE con menos obstrucción solar. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 10:** PV modules on SE facades with less solar obstruction. Source: Own Elaboration

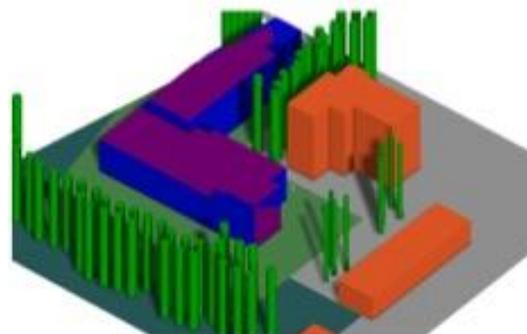


**Figura 11:** Colocación de PV en las fachadas SO donde hay menos obstrucción solar. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 11:** PV modules on SW facades with less solar obstruction. Source: Own Elaboration

### Opción 2

Utilizar módulos de silicio amorfo en los techos más altos y también en los techos planos para captar luz difusa. Total de PV área: 894m<sup>2</sup>,

es decir, 413 módulos con una producción de 59 kWp (superficie de color morado en la fig. 12).



**Figura 12:** Modelo de PV amorfo en techos y fachada del edificio. Fuente: Elaboración Propia  
**Figure 12:** Amorphous PV on roofs and facade. Source: Own Elaboration

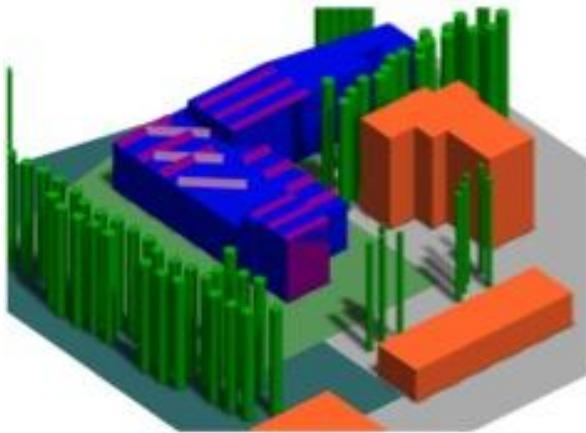
### Opción 3

Combinación de la integración de PV en techos inclinados (156 módulos) y PV en techo plano (50 módulos de 1.60x1.0m de células policristalinas). Todos orientados al SE, o algunos hacia el S (color rosa claro).

### Opción 4

Todos son PV monocristalinos colocados sobre techos inclinados y planos. 126 módulos de 1.213 x 0.547 m, con una separación entre filas de 2.8m para evitar sombras entre módulos. El ángulo de inclinación es de 30°. También pueden colocarse 50 módulos de 1.602 x 1.050 m con una separación entre filas de 3.7m y un ángulo de inclinación de 30°. El tamaño de los módulos depende del fabricante (Fig. 13).

Las cuatro opciones propuestas representan soluciones con ciertas ventajas y desventajas. Al utilizar módulos flexibles de silicio amorfo se tiene la ventaja de aprovechar tanto la luz solar directa como la indirecta, presente en un día nublado por ejemplo. Estas células se forman en láminas muy delgadas y flexibles que pueden adherirse a un soporte de plástico; son fáciles de colocar y de menor coste que los otros tipos de módulos fotovoltaicos. Los módulos de capa fina o silicio amorfo cuestan un 45% menos que las de silicio policristalino, y los monocristalinos cuestan un 15% menos que los policristalinos (Technosun, 2012). Sin embargo, la eficiencia de las células de silicio amorfo al producir electricidad es menor que la de células mono y policristalinas como se explicó en la sección de Antecedentes de la



**Figura 13:** Modelo con PV de tipo monocristalino sobre los techos con menor obstrucción solar. Fuente: Elaboración Propia

**Figure 13:** Monocrystalline PV modules on roofs with less solar obstruction. Source: Own Elaboration

tecnología solar fotovoltaica, y su vida útil también es menor. Otra desventaja es que los módulos flexibles colocados horizontalmente sobre los techos planos no se verían desde el exterior del edificio, lo cual no cumpliría con uno de los objetivos de diseño de este proyecto.

Los módulos fabricados con células monocristalinos nos ofrecen un mayor rendimiento (15-18%) (Perales, 2009) y menor precio que las otras opciones de módulos. Son los más utilizados en general. Son módulos más pesados que los de silicio amorfo ya que van montados sobre una estructura de aluminio o acero, por lo tanto hay que asegurarse que la estructura del techo sea diseñada para soportar ese peso extra. Otras ventajas de estos módulos es que podrían verse desde el exterior del edificio, y que pueden colocarse con la mejor orientación e inclinación posibles de acuerdo a la latitud del sitio y al entorno. Estas ventajas también aplican para los módulos de células policristalinas. Para tener la posibilidad de escoger el tipo de módulo fotovoltaico a instalar lo más recomendable es

solicitar distintas cotizaciones a empresas proveedoras de sistemas fotovoltaicos en el lugar donde se van a instalar, ya que la oferta de tipos de módulos y precios puede variar de un país a otro, o de una ciudad a otra.

Con el programa Polysun Photovoltaic Simulation v.5.3 (Vela Solaris, 2012) fue posible calcular la producción de energía de 10 módulos fotovoltaicos de distintos tipos (monocristalino, policristalino y amorfo), distintos fabricantes, orientaciones y ángulo de inclinación, para la latitud de Erlangen. Además se calculó el ahorro anual de emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzado al utilizar energía solar fotovoltaica (Tablas 2-4). Este último es un tema importante ya que podría justificar la inversión a realizar para la instalación de un sistema fotovoltaico en un edificio. El cambio climático ocasionado principalmente por la presencia de gases de efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub>, podría ser mitigado entre otras soluciones, a través de la generación de energía con fuentes renovables como el sol, el viento, el agua, etc. El impacto positivo del uso de la energía renovable sería mayor si se generara energía con renovables no sólo en las grandes plantas generadoras de energía, o en los edificios públicos, sino también en los edificios residenciales como viviendas unifamiliares y multifamiliares, y en edificios de gran consumo energético como gimnasios, escuelas y centros comerciales.

Es por ello que al diseñar un sistema de energía solar fotovoltaica se debe calcular la producción de energía que se generará para un sitio en específico, bajo las restricciones del entorno, arquitectónicas y económicas; así como calcular el ahorro de CO<sub>2</sub> que esa generación de energía con fuentes renovables evitará emitir al planeta.

Las Tablas 2, 3 y 4 muestran los resultados obtenidos en las simulaciones. Se puede observar que se produce una mayor cantidad de energía al

**Tabla 2:** Módulos de PV colocados en techos. Fuente: Elaboración Propia  
**Table 2:** PV modules placed on roofs. Source: Own Elaboration

Tipo de Módulo	Orientación y Ángulos de Inclinación	m <sup>2</sup> (10 módulos)	Producción Anual de Energía AC (kWh)	Ahorro de CO <sub>2</sub> por año (kg)	Energía Nominal Total (ZAE)
a-Si (Evalon Solar 6.0)	0° 3°	22	1,160	622	413 módulos = 53 kW
Monocristalino (S330-PM-2)	45° (SE) 30°	27	2,860	1,535	176 módulos = 58 kW
Policristalino (S-340-K)	45° (SE) 30°	27	2,960	1,590	200 módulos = 68 kW

colocar fotovoltaicas en techos en lugar de utilizar las fachadas. Se obtuvo una mayor cantidad anual de energía al utilizar módulos de células policristalinas orientados hacia el SE (45°) y con un ángulo de inclinación de 30° (Tabla 2). El tamaño de módulos Policristalino S-340-K nos permitiría integrar en el edificio de ZAE unos 200

módulos generando aproximadamente 59,200 kWh de energía al año. Al generar esa cantidad de energía se ahorrarían 31,790 Kg de CO<sub>2</sub> al año, o el equivalente a la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por 21 coches al recorrer cada uno 10,000 Km (el uso aproximado de un año) (SunEarthTools, 2012).

**Tabla 3:** Módulos de PV colocados en fachadas (90° de inclinación). Fuente: Elaboración Propia  
**Table 3:** PV modules placed on facades (90 ° inclination). Source: Own Elaboration

Tipo de módulo	Orientación & ángulo de inclinación	m <sup>2</sup> (10 módulos)	Producción Anual de energía AC (kWh)	Ahorro de CO2 por año (Kg)	Energía nominal total (ZAE)
a-Si (Unisol PV10S single)	-45° (SW) 90°	8	222	119	405 módulos = 12.1 kW
	45° (SE) 90°		211	113	
Monocristalino (SR-90)	-45° (SW) 90°	9	592	317	360 módulos = 32.4 kW
	45° (SE) 90°		562	301	
Monocristalino (S330-PM2)	-45° (SW) 90°	27	2,154	1,155	120 módulos = 39.6 kW
	45° (SE) 90°		2,044	1,096	

**Tabla 4:** Módulos de PV policristalino colocados en fachadas (90° de inclinación). Fuente: Elaboración Propia  
**Table 4:** Polycrystalline PV modules placed on facades (90 ° inclination). Source: Own Elaboration

Tipo de módulo	Orientación & ángulo de inclinación	M <sup>2</sup> (10 módulos)	Producción Anual de energía AC (kWh)	Ahorro de CO2 por año (Kg)	Energía nominal total (ZAE)
Policristalino (S 340-K, total nominal power = 3.4kW)	-45° (SW) 90°	27	2,212	1,186	120 módulos = 40.8 kW
	45° (SE) 90°		2,099	1,126	
Policristalino (total nominal power = 1.8kW)	-45° (SW) 90°	14	1,150	617	231 módulos = 21.6 kW
	45° (SE) 90°		1,097	588	

### Conclusiones

Es posible integrar tecnología solar fotovoltaica en un proyecto arquitectónico con un grado alto de certeza sobre la eficiencia de los módulos. Para realizar un cálculo preciso es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El sitio: latitud, radiación solar anual, tipo de cielo predominante.
- El terreno y su entorno: orientación del

terreno, obstrucciones solares como edificios colindantes, cerros o montañas, árboles, carteles publicitarios urbanos, postes e infraestructura urbana.

- El proyecto arquitectónico: si es un edificio existente hay que tomar en cuenta las posibles sombras provocadas por los volúmenes del mismo edificio, así como determinar la superficie disponible, ya sea en techos o fachadas libres de obstrucciones, para colocar módulos fotovoltaicos. Si es un proyecto en desarrollo entonces se debe diseñar tomando en cuenta los requerimientos para la integración de

fotovoltaicos: superficies libres de obstrucciones, una orientación óptima, inclinación óptima de los techos o fachadas para la integración de módulos, la utilización de un sistema constructivo capaz de soportar el peso de la instalación fotovoltaica. Normalmente este tipo de edificios cuya prioridad es integrar sistemas de energía renovable y sistemas de acondicionamiento pasivo, tienen una morfología distinta a un edificio común. Esta característica se puede utilizar positivamente al diseñar y construir un edificio distinto, “verde” o de bajo impacto ambiental.

- El presupuesto disponible para instalar sistemas de energía renovable: hay que tomar en cuenta que el costo de los sistemas solares fotovoltaicos han disminuido en un 50% durante los últimos cinco años (BSW-Solar, 2011). Se recomienda obtener cotizaciones con empresas locales y analizar los incentivos económicos o fiscales, y programas de financiación que cada país ha dispuesto para así calcular el tiempo de amortización de la inversión inicial.

- Tecnología fotovoltaica disponible: costos, expresión formal o estética de los módulos fotovoltaicos, vida útil, eficiencia energética y por consiguiente el ahorro en la emisión de CO<sub>2</sub>.

- La función del edificio, objetivos de diseño, tipo de ocupación y consumo energético del edificio. Idealmente es recomendable hacer una predicción del consumo energético del edificio para definir el porcentaje de energía que se generará con sistemas fotovoltaicos, o para considerar la posibilidad de instalar un sistema híbrido para generación de energía con distintos sistemas y fuentes de energía. Así se podría establecer el ahorro económico que significaría a mediano y largo plazo la instalación de PV, el tiempo de recuperación de la inversión y el coste ambiental.

- La posibilidad o necesidad de que el edificio funcione de manera independiente de las redes públicas eléctricas: depende principalmente de la ubicación del edificio, si el edificio está en una zona rural sin conexión a la red pública de electricidad sería necesario satisfacer el 100% del requerimiento energético del edificio. Esta opción es común en zonas rurales de países en desarrollo, ya que es más barato realizar una instalación fotovoltaica que llevar una extensión de la línea de la red pública. Es especialmente útil para satisfacer las necesidades eléctricas de viviendas con un bajo consumo de electricidad, para bombas de agua, para alumbrado público, teléfonos públicos o para algunos servicios de

salud rurales. Sin embargo, cuando el edificio se encuentra en una zona urbana y es de alto consumo energético se tienen dos opciones: satisfacer un porcentaje del consumo eléctrico total con un sistema fotovoltaico reduciendo el costo de la energía que consumimos, o generar electricidad con módulos fotovoltaicos y venderla a la red pública. Esta última opción sólo está disponible en algunos países desarrollados.

- En este ejercicio a pesar de las restricciones del proyecto si fue posible recomendar la integración de módulos fotovoltaicos al mismo. Sin embargo, hay que considerar que los árboles y edificios cercanos provocarán sombras sobre los módulos en invierno y especialmente durante la tarde. Los módulos de células de capa fina (*thin film*) colocados sobre el techo con una inclinación de 0° no serán visibles desde el exterior del edificio. Los módulos fotovoltaicos colocados sobre los techos, planos o inclinados, flexibles y en las fachadas, pueden ser instalados para lograr que el edificio sea un “muestrario” de módulos y células fotovoltaicas.

- Los PV integrados en las fachadas (90° de inclinación) producen sólo el 60% de la producción de los módulos colocados en techos. En general, los sistemas de PV trabajan mejor cuando están orientados hacia el SO que al SE (sin considerar las sombras provocadas por otros edificios y árboles). Los módulos de a-Si (Silicio amorfo) con color pueden ser utilizados para mejorar la estética del edificio. La generación de energía depende en gran medida del tamaño y eficiencia del módulo fotovoltaico y tipo de fabricación. Actualmente hay muchas empresas que fabrican y distribuyen PV con precios muy variados. De acuerdo a la simulación presentada en este artículo, los módulos Policristalinos tienden a producir más electricidad que los monocristalinos y que los de Silicio amorfo. Es importante mencionar que en este proyecto no fue posible obtener los datos de la predicción del consumo energético del edificio para definir qué porcentaje de electricidad se generaría con los sistemas fotovoltaicos.

- Finalmente, la utilización del software especializado para sistemas fotovoltaicos Polysun permite realizar una predicción de tipo cuantitativa sobre el comportamiento de diferentes sistemas con módulos existentes en el mercado internacional, tomando en cuenta la latitud y la radiación solar del sitio, y las distintas opciones de orientación e inclinación de los módulos que el proyecto en cuestión permita. Además, el

programa de cómputo ofrece un cálculo de la cantidad de CO<sub>2</sub> que se puede ahorrar al instalar el sistema fotovoltaico modelado. Esto último además de un pronóstico certero de la cantidad de energía generada con los módulos fotovoltaicos, facilitaría el convencimiento de diseñadores, clientes e inversionistas para que consideren realizar una inversión al integrar sistemas de energía solar fotovoltaica en edificios.

### Agradecimientos

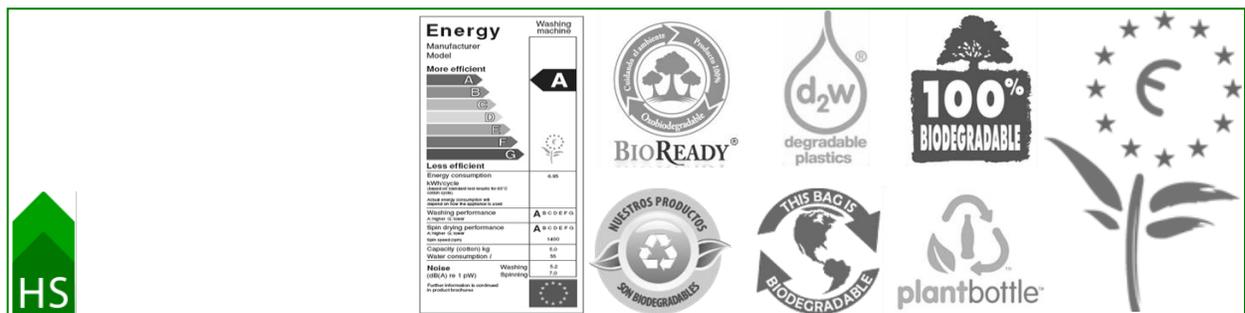
Este trabajo de investigación fue financiado por el PROMEP-SEP (Ministerio de Educación) de Méjico. Se agradece la colaboración del Centro bávaro de Investigación en Energía Solar (ZAE Bayern) de Erlangen para la realización del mismo.

### Referencia Bibliográficas

- Alcor, E. (2008). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Sevilla, España: Progenisa.
- Alt, F. (2009) *El mensaje del siglo. El sol no emitirá ninguna factura*. DETAIL Green. España: Reed Business Information, N° 7, 772-773.
- ALWITRA (2010). *Evalon Solar product*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2010 de <http://www.alwitra.de/index.php?id=Evalon-Solar&L=1>.
- ASIF Asociación de la industria fotovoltaica (2002). *Sistemas de energía fotovoltaica, manual del instalador*. Sevilla, España: Progenisa.
- Behling, S. y Behling, S. (2002). *Sol Power, la evolución de la arquitectura sostenible*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- BIPV: A la Française. *Sun & Wind energy journal*, SE2/2010, 34-36.
- Boyle, G. (Ed) (1996). *Renewable Energy, power for a sustainable future*. Glasgow, Reino Unido: The Open University.
- BSW-SOLAR German Solar Industry Association. (Junio 2011) *Statistic data on the German Solar Power (Photovoltaic) Industry*. Recuperado el 20 de junio de 2012 de [http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/factsheet\\_pv\\_engl.pdf](http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/factsheet_pv_engl.pdf)
- DENA (German Energy Agency), (2010). *Renewables-Made in Germany*. Niestetal, Alemania: Autor.
- EPIA European photovoltaic industry association. (2010). *Photovoltaic Energy, electricity from the sun*. Recuperado el 20 de julio de 2011 de <http://www.epia.org/publications/photovoltaic-publications-global-mrket-outlook.html>
- Gómez, J., (2011, 31 de mayo). Merkel da marcha atrás a su plan nuclear. *El país*. Recuperado el 4 de octubre de 2012 de [http://elpais.com/diario/2011/05/31/internacional/1306792801\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2011/05/31/internacional/1306792801_850215.html)
- IEA International energy agency. (2002). *PVPS Potential for Building Integrated Photovoltaics*. Recuperado el 20 de marzo de 2012, de [http://www.iea-pvps.org/index.php?id=9&no\\_cache=1&tx\\_damfrontend\\_pi1\[pointer\]=2](http://www.iea-pvps.org/index.php?id=9&no_cache=1&tx_damfrontend_pi1[pointer]=2)
- Perales, T. (2009) *Guía del instalador de Energías Renovables*. (4ª Ed.). Madrid, España: Creaciones Copyright, S. L.
- Sun earth tools. (2012). Las emisiones de CO<sub>2</sub>. Recuperado el 19 de junio de 2012, de <http://www.sunearthtools.com/dp/tools/CO2-emissions-calculator.php?lang=es#top>
- Technosun. (2012). Lista de precios, productos para instalaciones solares. N° 106. Recuperado el 18 de junio de 2012, de <http://www.technosun.com/es/descargas/lista-precios-solar-fotovoltaica.php>
- VELA SOLARIS. *Polysun Simulation Software v.5.3*. Recuperado el 10 de abril de 2012, de <http://www.velasolaris.com/vs2/index.php>

Recibido: 05|08|2012  
Aceptado: 27|08|2012

Indicators      Review      for      **Revisión      de      Indicadores      de**  
 Environmental      Aspects      **Comunicación de Aspectos Ambientales**  
 Communication on Sustainable      **para el Consumo de Productos**  
 Products Consumption      **Sustentables**



**Gabriel Cereceda** [gabrielcereceda@gmail.com](mailto:gabrielcereceda@gmail.com)

Departamento Arte y Tecnología del Diseño - Universidad del Bío-Bío

**Rossana Bastías** [rossana.bastias@uv.cl](mailto:rossana.bastias@uv.cl)

Escuela de Diseño - Universidad del Valparaíso

**Ana María Barra** [abarra@ubiobio.cl](mailto:abarra@ubiobio.cl)

Departamento de Administración y Auditoría, Universidad del Bío-Bío



# Revisión de Indicadores de Comunicación de Aspectos Ambientales para el Consumo de Productos Sustentables

## Indicators Review for Environmental Aspects Communication on Sustainable Products Consumption

Gabriel Cereceda <sup>(a)</sup>, Rossana Bastías <sup>(b)</sup>, Ana María Barra <sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup> Departamento Arte y Tecnología del Diseño, Universidad del Bío-Bío – Chile – email: gabrielcereceda@gmail.com

<sup>(b)</sup> Escuela de Diseño, Universidad del Valparaíso – Chile – email: rossana.bastias@uv.cl

<sup>(c)</sup> Departamento de Administración y Auditoría, Universidad del Bío-Bío – Chile – email: abarra@ubiobio.cl

---

### RESUMEN

#### Palabras Claves

Desarrollo Sustentable  
Consumo Sustentable  
Ecoetiquetado  
Indicadores de Aspectos Ambientales

Si consideramos que la viabilidad de todo Desarrollo pasa por su factibilidad económica y que la base de toda economía es el consumo de bienes, podríamos decir que la viabilidad económica de un Desarrollo Sustentable pasa por el consumo de productos Sustentables. Esto nos lleva a que como sociedad debemos cambiar comportamientos y hábitos de consumo, pero no la manera de consumir, pues desestabilizaríamos el sistema económico actual. En tal sentido, el consumo de estos bienes, pasa por la capacidad de éstos para diferenciarse de los productos tradicionales y de comunicar sus aspectos ambientales. Históricamente, el instrumento utilizado para este fin ha sido la Ecoetiqueta, pero ésta no ha logrado influenciar las decisiones de compra y ha causado confusión en los consumidores principalmente por el tipo de indicadores que utiliza para comunicar los aspectos ambientales de un producto y la manera de hacerlo. De este modo, la definición de indicadores mixtos que permitan generar estándares de comparación entre productos similares; el uso de información clara que disminuya la asimetría de información en el mercado; y una información creíble, certificada por una tercera parte, parecen ser la solución al problema de comunicación para el consumo de productos sustentables.

### ABSTRACT

#### Key Words

Sustainable Development  
Sustainable consumption,  
Ecolabelling  
Environmental indicators

If we consider that the viability of any development goes through its economic feasibility and the whole economy is based on the consumption of goods, we could say that the economic viability of Sustainable Development goes through the consumption of sustainable products. Thus, as a society, we must change our behaviors and habits, but not the way we consume, because we could destabilize the

current economic system. In this sense, the consumption of these goods depends on the ability to differentiate them from the traditional products and on how to communicate its environmental aspects. Historically, the instrument used for this purpose has been the Ecolabel, but this has not influenced the purchasing decisions and has caused confusion among consumers due to the type of indicators and how these are being used to communicate the environmental aspects of this kind of products. As a conclusion, the definition of mixed indicators; the generation of benchmarks from similar products; and the decrease of asymmetry of market information by the use of clear and credible information certified by a third party, seem to be the solution to the problem of communication for sustainable products consumption.

## 1. Introducción

El Desarrollo Sustentable (DS) ha estado guiado por estrategias político económicas definidas por científicos y economistas (Clark, 1995), pero la monetización del capital natural a través del tiempo fue tomando la forma de un análisis tanto de costo-beneficio como de la "voluntad de pago", llevando a determinar que si los gastos exceden a los beneficios, el recurso fuera prescindible.

Al crecer la economía mundial comenzó a aumentar la preocupación por el medio ambiente (Gallagher, 2009), y esta visión un tanto sesgada y escéptica de los economistas comenzó a cambiar (Nelson, 1995), incorporando otras visiones más sociales, planteando que este tipo de Desarrollo pasa por el bienestar de las personas y la capacidad de consumo que éstas tengan para satisfacer sus necesidades, generándose de esta forma, el concepto de "Producción y Consumo Sustentable" (Nelson, 1995).

Si consideramos que la base de todo Desarrollo es su factibilidad económica y que toda economía se sustenta en el consumo de bienes, podríamos concluir que alcanzar un Desarrollo Sustentable pasa por lograr un consumo de bienes responsables con el medioambiente que no desestabilice al sistema económico imperante, siendo necesario cambiar los productos que estamos consumiendo, no la manera de consumir (McDonough y Braungart 2002).

Para que este cambio pueda ocurrir, deben existir ciertas condiciones para la producción, comercialización y consumo de este tipo de bienes, así como también, incentivos que generen una mayor demanda y fomenten un incremento en la oferta, lo que necesariamente pasa porque este tipo de productos puedan ser identificados y

logren influenciar las decisiones de compra de los consumidores, cambiando patrones de conducta y hábitos de consumo (Peattie, 2010).

## 2. Ecoetiquetado

Históricamente, la manera de diferenciar estos bienes ante los consumidores ha sido a través de los Ecoetiquetados, los que conceptualmente nacen como un instrumento para la gestión y comunicación de aspectos ambientales de un producto, donde se busca dar identidad y destacar a los bienes que son producidos respetando y cuidando al medioambiente. Pero esta comunicación no sólo se compone de la Ecoetiqueta en si, además, ésta debe estar acompañada de la definición de indicadores y estrategias de comunicación que incentiven las decisiones de compra de los consumidores, en la búsqueda por cambiar patrones de comportamiento y hábitos de consumo.

Según el libro "Instrumentos para la gestión ambiental en la empresa" (Conesa 1997), los objetivos de un eco etiquetado se pueden dividir en tres grandes grupos:

### a. Consumidores

- *Fomentar la credibilidad en este tipo de productos*

Proporcionar información exacta y verídica, garantizando a los consumidores que los mensajes que acompañan a los productos certificados sean verdaderos, fruto de un control riguroso.

- *Concientización ambiental de los consumidores*

Generar conciencia ambiental paulatina que en el largo plazo haga que los productos con esta certificación sean preferidos.

- *Capacitar a los consumidores en la elección*

Entregar información que les permita hacer elecciones fundamentadas y concientes respecto de los productos que adquiere.

**b. Productor – Fabricante**

- *Mejorar la imagen y demanda de este tipo de productos*

Los aspectos de cuidado del medio ambiente pueden ser adoptados como una estrategia de marketing con el fin de mejorar la imagen de un producto, que puede incentivar la compra de éste, fomentando en definitiva, la producción de los mismos.

- *Estimular a los Fabricantes para que tomen en cuenta el impacto ambiental de sus productos y la responsabilidad que por su actividad asumen frente al deterioro ambiental.*

Asumir cambios en matrices productivas que los lleven al cumplimiento de las normativas y políticas ambientales establecidas para cada sector productivo.

**c. Medio Ambiente**

- *Protección del Medio Ambiente*

Reducir el impacto ambiental que ejerce la actividad empresarial en sus procesos productivos.

etiquetado propuesta por la International Standardisation Organisation (ISO) en 1996, pero los orígenes del Ecoetiquetado datan de 1978, en Alemania con el “Ángel Azul”, la primera Ecoetiqueta, seguida 10 años después por el “Environmental Choice” de Canadá en 1988, y un año mas tarde, el Cisne Blanco de la agrupación de países Nórdicos en 1989.

Posteriormente, se fueron sumando una serie de otros países con Ecoetiquetas nacionales, hasta que en 1996, la International Standardisation Organisation (ISO), lanzó su paquete de Ecoetiquetas ISO 14.021, 14.024 y 14.025 con la intención de normar los distintos tipos de Ecoetiquetas y fomentar el consumo y producción de bienes responsables con el medio ambiente (Fig. 1).

Inicialmente, se utilizaron indicadores cualitativos para poder identificar, qué producto era “mejor” que otro, en términos de cuidado del medio ambiente y en alguna parte de su ciclo de vida (desde la extracción de materia prima, hasta la recuperación de esta al termino de su vida útil), pasando por los procesos de producción, distribución para la comercialización y consumo durante su uso.

En 1978, cuando se lanzó el Ángel Azul Alemán, el uso de los indicadores cualitativos descritos era suficiente debido al desarrollo tecnológico y nivel de conocimiento de los consumidores respecto a este tipo de temas, pero la escasez de recursos fue aumentando, el problema se fue complicando, la oferta de productos “verdes” fue creciendo exponencialmente, los consumidores se fueron



Figura 1: Cronograma de Eco etiquetas desde 1978 hasta las ISO en 1996. Fuente: Elaboración propia.  
 Figure 1: Ecolabels time line from 1978 to the ISO in 1996. Source: Own elaboration.

informando y la conciencia ambiental fue creciendo a nivel de países desarrollados.

## 2.1 Modelos de Ecoetiquetado

Si analizamos la primera Ecoetiqueta del mundo, el Ángel Azul, ésta comenzó como una Ecoetiqueta “genérica”, donde la intención era destacar “cualitativamente” a aquellos productos que comparativamente, dentro de una misma categoría, eran “mejores” que otros en términos de cuidado medio ambiental, pero no se detallaba en qué parte del proceso, ni tampoco establecía rangos de comparación entre unos y otros, así como tampoco detallaba el tipo de indicador que se estaba utilizando para medir.

La manera de operar de esta etiqueta está bajo la cautela del Ministerio Federal del Medio Ambiente, organismo gubernamental que le da seriedad y confiabilidad, pero depende de la Agencia Federal del Medio Ambiente (Umweltbundesamt UBA), de la cual a su vez depende la oficina del Jurado de la Etiqueta Ambiental (Jury Umweltzeichen), misma que desarrolla los criterios técnicos básicos para obtener el Ángel Azul (Fig.2). Este último, es un organismo autónomo compuesto por 15 personas considerando a todos los grupos sociales relevantes, como los representantes de las asociaciones ecologistas y de consumidores, el comercio, la industria, etc. y una persona delegada por el Ministerio de Medio Ambiente.

Una vez definidos y actualizados los criterios para la obtención de esta etiqueta, la agencia RAL (Deutsches Institut Fur Gutesicherung und Kenzeichnung e.V.) se encarga de recibir las solicitudes individuales de los miembros representativos de la industria y comprobar el cumplimiento de los requisitos, así como la integridad todas las verificaciones de cumplimiento para entregar la certificación.

Actualmente, esta etiqueta está subdividida en distintos sectores y categorías productivas e indica el tipo de aspecto ambiental que el producto cuida (medio ambiente y salud, recursos, clima y agua) y cuenta con un sitio web en el que el consumidor puede ver los distintos productos que están acogidos a esta certificación y el indicador sobre el cual se esta midiendo y comparando el impacto, así como también los niveles y la norma.

Otro hito importante de analizar es el correspondiente al paquete normativo de la serie ISO 14.000 que tiene su origen en la Cumbre de

la Tierra en Rio en 1992. Por aquella época, varios países ya habían implementado sus propios sistemas de eco etiquetado bajo sistemas de normas ambientales propios, y se estaba haciendo necesario contar con indicadores universales tanto para evaluar los sistemas productivos de las empresas como para generar normas de control y protecciones ambientales confiables y adecuadas a su realidad.

Dichas normas son un conjunto de documentos de gestión ambiental orientados a mejorar el comportamiento medioambiental de las empresas y generar oportunidades de nuevos mercados por medio de una sistematización de los procesos en términos de desempeño ambiental y la utilización de estándares voluntarios, sin obligación legal, pudiendo incluir metas cuantitativas en cuanto a niveles de emisiones o métodos específicos de medir esas emisiones.

Esta norma está compuesta de 6 elementos, asociados a un número de identificación detallados de la siguiente manera<sup>1</sup>:

### - *Sistemas de Gestión Ambiental*

14.001 Especificaciones y directivas para su uso  
14.004 Directivas generales sobre principios, sistemas y técnica de apoyo.

### - *Auditorías Ambientales*

14.010 Principios generales  
14.011 Procedimientos de auditorías, Auditorías de Sistemas de Gestión Ambiental  
14.012 Criterios para certificación de auditores.

### - *Evaluación del Desempeño Ambiental*

14.031 Lineamientos  
14.032 Ejemplos de Evaluación de Desempeño Ambiental

### - *Análisis del Ciclo de Vida*

14.040 Principios y marco general  
14.041 Definición del objetivo y ámbito y análisis del inventario  
14.042 Evaluación del impacto del Ciclo de Vida  
14.043 Interpretación del Ciclo de Vida

<sup>1</sup> Información obtenida de la “Joint European Association for the Co-ordination of Consumer Representation in Standardisation (ANEC) / European Environmental Citizens’ Organisation for Standardisation (ECOS) comments on the ISO 14000 series review, 2007.



**Figura 2:** Distintos tipos de Angel Azul, en orden de izquierda a derecha: Ambientales y Salud, Recursos y Clima  
Fuente: [http://www.blauer-engel.de/en/products\\_brands/vergabegrundlage.php?id=128](http://www.blauer-engel.de/en/products_brands/vergabegrundlage.php?id=128), 2012

**Figure 2:** Different types of Blue Angel, in order from left to right: Environment and Health, Resources and Climate  
Source: [http://www.blauer-enoel.de/en/roducts\\_brands/vergabegrundlaae.php?id=128](http://www.blauer-enoel.de/en/roducts_brands/vergabegrundlaae.php?id=128). 2012



**Figura 3:** Ejemplos de Etiquetas ecológicas de tipo I, acorde a la ISO 14.024. En orden de izquierda a derecha: Ángel Azul Alemán, Cisne Blanco de la agrupación de países nórdicos, Sello verde de USA. Fuente: Elaboración propia.

**Figure 3:** Examples of Ecolabels type I, according to ISO 14.024. In order from Leith to right: the German Blue Angel, the White Swan of the nordic countries. the US Green Seal. Source: Own elaboration.

14.047 Ejemplos de la aplicación de ISO 14042  
14.048 Formato de documentación de datos del análisis

- *Etiquetas Ambientales*

14.020 Principios generales  
14.021 Tipo II  
14.024 Tipo I  
14.025 Tipo III

- *Términos y Definiciones*

14050 Vocabulario

Si consideramos que para consumir productos responsables con el medio ambiente deben existir ciertas condiciones para su comercialización, este paquete de normas sienta las bases de dichas condiciones en<sup>2</sup>:

- *Credibilidad Técnica*

Al representar la suma de conocimiento de un amplio grupo de expertos internacionales y las

partes interesadas (Stakeholders).

- *Satisface las Necesidades de todas las Partes Interesadas*

El paquete de normas ISO son el resultado de proceso de elaboración basado en información internacional y un consenso.

- *Facilita el Desarrollo de Requisitos Uniformes*

Ya que estas normas son elaboradas con la participación de los miembros de las ISO de los distintos institutos de todas las regiones del mundo.

- *Promueve la Eficiencia*

Al definir los estándares transversales a mercados, sectores y jurisdicciones.

- *Apoya el Cumplimiento de la Norma*

Debido a que los estándares son confeccionados en base a las necesidades de mercado y fiscalización.

- *Mejorar la Confianza de los Inversores*

<sup>2</sup> Información obtenida del Environmental management "The ISO 14.000 family of International Standards, ISO Central Secretariat, 1, chemin de la Voie-Creuse Case postale 56 CH - 1211 Genève 20 Switzerland.

Debido a que los estándares pueden ser utilizados para evaluación de desempeño, tales como las auditorías, inspecciones o certificación.

Si analizamos su propuesta de Etiquetado, nos encontramos con que éstas se dividen en tres tipos principales:

- Etiqueta de Tipo I (Fig.3): Corresponden a aquellas entregadas por un organismo independiente que no interviene en el mercado y que se basa en un análisis de diversos aspectos del ciclo de vida de un producto, para entregar una certificación a productos medio ambientalmente “preferibles”, frente a otros de una misma categoría.

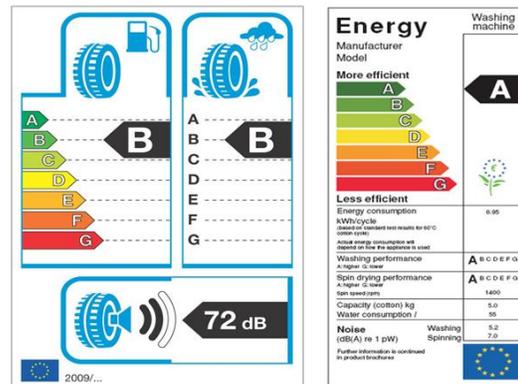
- Etiqueta de Tipo II (Fig.4): Corresponden a auto declaraciones ambientales (emitidas por la propia empresa) y son sellos o símbolos relacionados con el medio ambiente que la empresa coloca en el producto a modo de declaraciones informativas de aspectos ambientales de productos para considerarlos como productos “verdes” o responsables con el medio ambiente.

- Etiquetas de Tipo III (Fig.5): Son declaraciones ambientales del producto con información ambiental cuantitativa muy detallada, basada en certificaciones de entidades independientes, usando indicadores e índices predefinidos.

Cronológicamente, otro hito importante de analizar, es la primera Ecoetiqueta acordada entre varios países a nivel internacional definida por la Comunidad Europea, denominada como la Flor Europea.



**Figura 4:** Ejemplos de Etiquetas ecológicas de tipo II, acorde a la ISO 14.021. Correspondientes a iconos ambientales creados por las empresas para dar cuenta de que su producto cuida del medio ambiente. Fuente: Elaboración propia.  
**Figure 4:** Examples of type II Environmental labels, according to ISO 14021. Environmental icons created by companies to inform that their product takes care of the environment. Source: Own elaboration.



**Figura 5:** Ejemplos de Etiquetas ecológicas de tipo III, acorde a la ISO 14.025. Contienen información cuantitativa de impacto ambiental, con indicadores que varían según los proveedores, incluso en una misma categoría. Fuente: Elaboración propia.

**Figure 5:** Examples of Type III Environmental labels, according to ISO 14025. Contain quantitative information on environmental impact, with variable indicators among providers, even in the same category. Source: Own elaboration.



**Figura 6:** Logo de eco etiqueta europea. Fuente: EU ECOLABEL NEWS ALERT Issue n° 71, January 2012.

**Figure 6:** European eco label logo. Source: EU ECOLABEL NEWS ALERT Issue n° 71, January 2012.

Pese a ser establecida en 1992, esta Ecoetiqueta no entra en vigencia sino hasta 1995. En el Reglamento (CEE) n° 880/92 del Consejo de la Comunidad Europea, relativo a un sistema comunitario de concesión de etiqueta ecológica, la cual establece que a más tardar cinco años después de su entrada en vigor, la Comisión debe examinar el sistema y proponer las modificaciones necesarias (Bausela et al, 2008).

Para introducir con la máxima eficacia esas modificaciones, se deroga ese reglamento y se define el objetivo del sistema comunitario de atribución de etiqueta ecológica como un instrumento para:

- Fomentar los productos con un impacto reducido en el medio ambiente por sobre los demás productos de la misma categoría.

- Proporcionar a los consumidores orientación e información exacta y con base científica sobre los productos.

Dentro de los productos a los que se excluyen de esta etiqueta se estipulan:

- Los productos alimenticios
- Las bebidas
- Los productos farmacéuticos
- Los dispositivos médicos definidos en la Directiva 93/42/CEE [Diario Oficial L169 de 12.7.1993]
- Las sustancias o preparados clasificadas como peligrosas según lo dispuesto en las Directivas 67/548/CEE [Diario Oficial L 196 de 16.8.1967] y 1999/45/CEE [Diario Oficial L 200 de 30.7.1999]
- Los productos fabricados mediante métodos que puedan perjudicar de modo significativo al hombre o al medio ambiente.

La etiqueta ecológica puede concederse a productos existentes en la Comunidad que cumplan determinados requisitos medioambientales y los criterios para la misma, definidos como:

- Las perspectivas de penetración de los productos en el mercado.
- La viabilidad de las adaptaciones técnicas y económicas necesarias.
- El potencial de mejora del medio ambiente.

Su establecimiento y revisión corresponde al Comité de etiqueta ecológica de la Unión Europea (CEEUE), quien también estará a cargo de los requisitos de valoración y verificación vinculados a esos criterios, al igual que la definición de las condiciones que las diferentes categorías de productos deben cumplir para obtener esta eco etiqueta (Fig. 7):

- Representar un volumen significativo de ventas y comercio en el mercado interior.
- Tener un impacto ambiental importante.
- Presentar un potencial significativo para mejorar el medio ambiente a través de la opción de los consumidores.
- Destinar una parte significativa de su volumen de ventas al consumo final.

A pesar de toda esta planificación estratégica, después de 15 años (Fig.8), esta etiqueta no ha podido posicionar por sobre las otras eco etiquetas de países comunitarios, como por ejemplo el Ángel Azul Alemán, esto, principalmente y tal como se puede desprender del comunicado del Parlamento Europeo del 2010<sup>3</sup>, debido a restricciones en términos de:

- Volumen de venta.
- Exclusión de bebidas y comida.
- Exceso de burocracia y mucho tiempo para obtener la certificación.

Otro modelo interesante de comparar, es el de la Eco etiqueta Tailandesa (Fig.9), que tiene su origen el año 1993 cuando el Thailand Business Council for Sustainable Development (TBCSD), toma la decisión de crear una eco etiqueta, pero no es lanzada sino hasta agosto del año 1994 por el Thailand Environment Institute (TEI) en conjunto con el Ministerio de Industria.

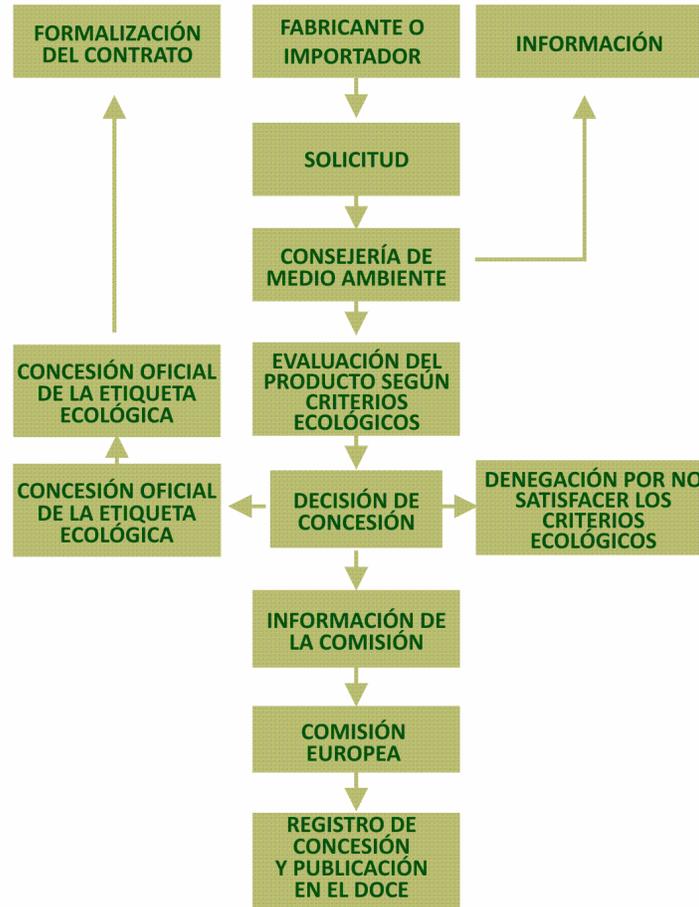
Esta etiqueta es una certificación ambiental voluntaria definida para ciertos productos que tienen menor impacto ambiental en comparación a otros de una misma función, pero excluye a productos de las categorías de alimentos, bebidas y farmacéuticos.

Los objetivos de esta etiqueta son en términos de promover el concepto de conservación de los recursos, la reducción de la contaminación y gestión de residuos por medio de:

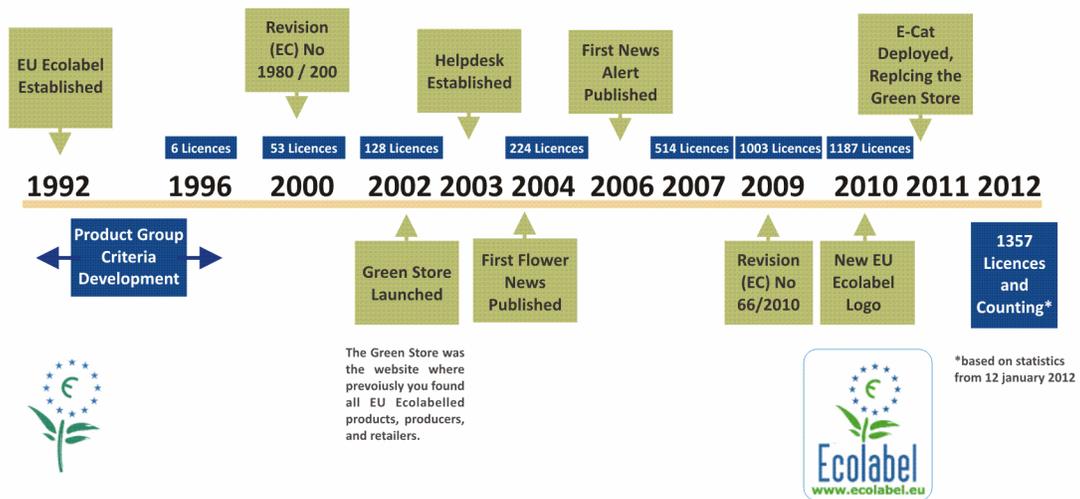
- Proporcionar información confiable que guíe a los clientes en su elección de productos.
- Crear una oportunidad para que los consumidores puedan tomar una decisión de compra consciente con medio ambiente, generando así los incentivos de mercado para los fabricantes desarrollen y suministren más productos ecológicos.
- Reducir los impactos ambientales que puedan ocurrir durante la fabricación, utilización, consumo y eliminación de productos.

---

3 Regulation (EC) No 66/2010 of the European Parliament and the Council, November 25, 2009 related to the EU Eco Label



**Figura 7:** Esquema con el modelo de obtención y los pasos a seguir para obtener un certificación ecológica de la Comunidad Europea. Fuente: Clarimón, (2009).  
**Figure 7:** Scheme with the model of production and steps to obtain ecological certification for the European Community. Source: Clarimón, (2009).



**Figura 8:** Línea de tiempo con los hitos más importantes en la historia de la eco etiqueta comunitaria. Fuente: EU ECOLABEL NEWS ALERT Issue n° 71, January 2012.  
**Figure 8:** Timeline with the most important events in the history of the EU ecolabel. Source: EU ECOLABEL NEWS ALERT Issue n° 71, January 2012



**Figura 9:** Green Label, Eco etiquetado ecológico de Tailandés. Fuente: <http://www.tei.or.th/greenlabel/about.html>  
**Figure 9:** Green Label, the Thai Ecolabel. Source: <http://www.tei.or.th/greenlabel/about.html>



**Figura 10:** Esquema administrativo del Green Label, Eco etiqueta Tailandesa. Fuente: <http://www.tei.or.th/greenlabel/about.html>

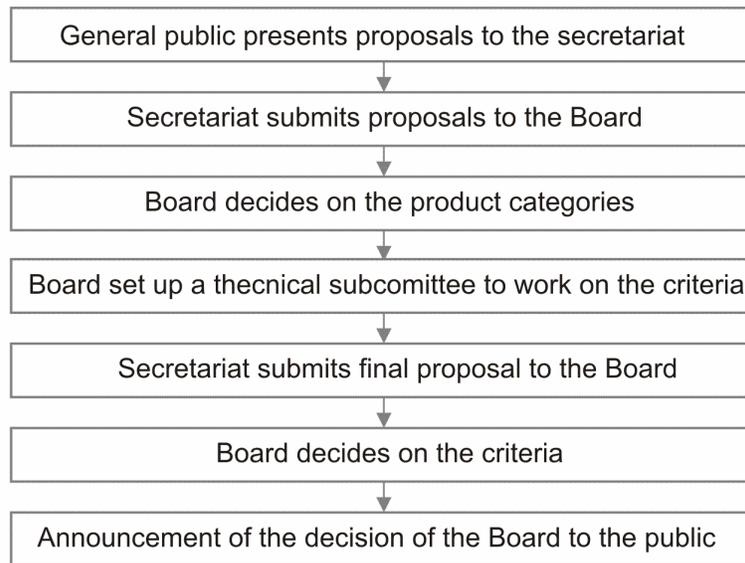
**Figure 10:** Green Label administrative Scheme, the Thai Eco label. Source: <http://www.tei.or.th/greenlabel/about.html>

Lo más destacable de esta Eco Etiqueta es que ha efectuado una serie de Acuerdos Bilaterales de Reconocimiento Mutuo (ARM) con seis programas de Eco etiquetado de seis países, entre ellos la Fundación del Medio Ambiente para el Desarrollo (FED) de Taiwán en 2003, la Asociación para el Medio Ambiente de Japón (JEA) en el mismo año, el Instituto Coreano del Medio Ambiente, Industria y Tecnología (KEITI) también en el 2003, The New Zealand Eco label Trust (Nzet) en el 2004, con el Good Environmental Choice de Australia (GECA) en el 2005 y el Centro de Certificación Unido Chino del Medio Ambiente Co. Ltd (CCA) en 2007.

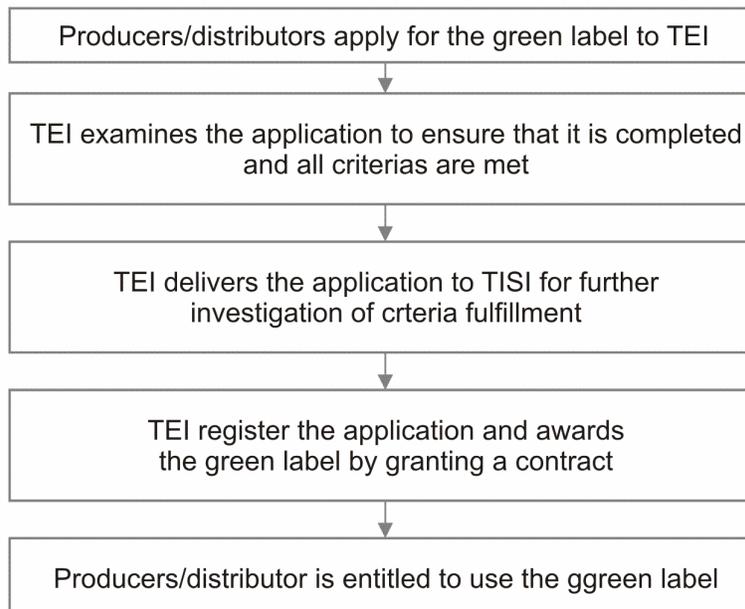
Las bases sobre las que se firmaron estos acuerdos son:

- El reconocimiento de las pruebas de laboratorio,
- La certificación del sistema de operación del producto, incluyendo el reconocimiento de auditoría en el lugar,
- Los requisitos específicos de cada criterio.

El esquema de colaboración también incluyó la elaboración de criterios comunes de desarrollo básico para pinturas y cartuchos de tóner en el 2002 y televisión, reproductor de DVD / VCD y el dispositivo multifunción en el 2003 entre Tailandia, Taiwán, Corea y Japón.



**Figura 11:** Esquema de procedimiento para la elaboración de criterios para la obtención del Green Label Tailandés. Fuente: <http://www.tei.or.th/greenlabel/procedure.html>  
**Figure 11:** Thai Green Label scheme procedure  
 Source: <http://www.tei.or.th/greenlabel/procedure.html>



**Figura 12:** Esquema de procedimiento para la elaboración de criterios para la obtención del Green Label Tailandés. Fuente: <http://www.tei.or.th/greenlabel/procedure.html>  
**Figure 12:** Thai Green Label scheme procedure Source: <http://www.tei.or.th/greenlabel/procedure.html>

Con un objetivo similar al de la ISO y la Green Label, en el año 1994 nace la Global Environmental Network (GEN)<sup>4</sup>, definida como

<sup>4</sup> [http://www.globalecolabelling.net/about/what\\_is\\_gen/mission/index.htm](http://www.globalecolabelling.net/about/what_is_gen/mission/index.htm).

una asociación mundial entre las organizaciones de etiquetado de desempeño ambiental para mejorar, promover y desarrollar el "eco etiquetado" de productos y servicios, sin ánimo de lucro de terceros (Fig.13).



Figura 13: Logo Global Ecolabelling Network. Fuente: [www.globalecolabelling.net](http://www.globalecolabelling.net)

Figure 13: Global Ecolabelling Network Logo. Source: [www.globalecolabelling.net](http://www.globalecolabelling.net)

### Map of members:



Figura 14: Esquema con detalle de miembros de la GEN y su distribución global. Fuente: [http://www.globalecolabelling.net/members\\_associates/map/index.htm](http://www.globalecolabelling.net/members_associates/map/index.htm)

Figure 14: Map of members of the GEN and its global distribution. Source: [http://www.globalecolabelling.net/members\\_associates/map/index.htm](http://www.globalecolabelling.net/members_associates/map/index.htm)

La misión que se propone GEN es servir a sus miembros, a otros programas de etiquetado ecológico, a otras partes interesadas (stakeholders) y al público en general, mediante la mejora, promoción y desarrollo del Eco-etiquetado de los productos, dando credibilidad a los programas de etiquetado ecológico en todo el mundo.

Como objetivo, plantea fomentar la cooperación, el intercambio de información y la armonización entre los miembros, asociados y otros programas de etiquetado ecológico, así como la participación en organizaciones internacionales, a fin de promover el etiquetado ecológico en general y fomentar la demanda y la oferta de bienes y servicios ambientalmente responsables.

Para que esta misión y objetivos se puedan

cumplir, los miembros de GEN debieron establecer criterios y certificar los productos y servicios con menores impactos y cargas ambientales que otros productos o servicios similares, proporcionando la información, asesoramiento y asistencia técnica a las organizaciones que contemplan el desarrollo de programas, así como también difundir la información al público y representar los intereses del etiquetado ecológico en reuniones y eventos internacionales.

El nacimiento de GEN se da en el marco de una creciente necesidad de aunar criterios globales en términos de cuidado ambiental debido a que el uso del etiquetado ecológico (como un instrumento de mercado para promover la prevención y contaminación) se ha ido traduciendo en una ventaja competitiva para determinados productos y servicios, trayendo

como consecuencia, un aumento en el uso de declaraciones ambiguas y no demostrables, tal como sucede con conceptos como, “natural”, “reciclable”, “ecológico”, “de bajo consumo”, “contenido de material reciclado”, etc., que si bien es cierto han atraído a consumidores que buscan minimizar su impacto ambiental optando por comprar productos responsables con el medio ambiente, también han dado lugar a cierta confusión y escepticismo por parte de los consumidores, causando un efecto de “Green Wash”.

No obstante y en consideración de esto, plantean que el uso de las eco etiquetas está siendo cada vez más aceptado a nivel de consumidor, por lo que se hace prioritario generar las condiciones “globales” para el uso de este tipo de etiquetas.

Actualmente la GEN cuenta con 27 miembros (Fig.14).

### 3. Indicadores de comunicación

Hemos visto que las Eco etiquetas nacen como un instrumento de gestión ambiental para comunicar los aspectos ambientales de los productos medioambientalmente responsables, en un intento por apoyar tanto a consumidores, productores y cuidado del medio ambiente (Conesa, 1997), con la finalidad de fomentar el consumo de bienes responsables con el medio ambiente, incentivando las decisiones de compra en un intento por cambiar los comportamientos y hábitos de consumo.

También hemos visto que este tipo de etiquetas tiene larga data y que su exponente más difundido son las normas ISO 14.000, en una iniciativa internacional para normar el dispar uso de indicadores y aunar esfuerzos con miras a una economía global que permita comunicar transversalmente los aspectos ambientales de los productos, pero que pese a esta iniciativa, este objetivo no sólo no ha tenido el resultado esperado, sino que según GEN, además ha generando un efecto de “Green Wash” que ha confundido a los consumidores.

Las principales causas por las que no se ha podido alcanzar este logro son: la manera de comunicar el aspecto ambiental; un aumento explosivo de eco etiquetas poco claras, ambiguas y con exceso de información difusa y redundante (Golden, 2010); el tipo de indicadores que se está utilizando (Lim & Moon, 2009); y una asimetría en el tipo de información que no permite

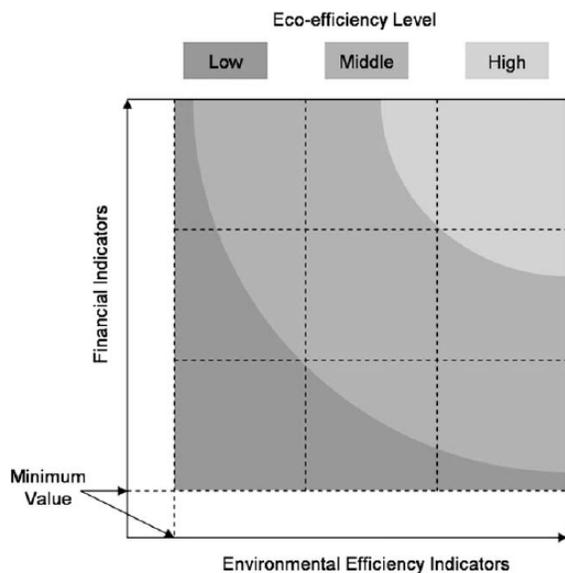
diferenciar claramente entre aquellos productos medioambientalmente responsables y los que dicen serlo (Schumacher, 2010).

Profundizando en el tema, encontramos que en relación al tipo de indicadores y la manera de definirlos, podríamos decir que dado su origen metodológico para comprender y cuantificar los potenciales impactos ambientales, así como también identificar sistemáticamente los puntos críticos de mayor impacto, la metodología de Análisis de Ciclo de Vida ACV (Life Cycle Assessment-LCA), ha sido la más utilizada para definir los criterios sobre los cuales se puede declarar públicamente el impacto ambiental de los productos (Lim & Moon, 2009).

En tal sentido y pese a que el ACV ha sido la metodología más utilizada, ésta presenta el inconveniente de comunicar aspectos ambientales unitarios que no permiten hacer escalas de comparación ni diferenciar los desempeños ambientales de los productos tanto de un mismo nivel como sector productivo.

A modo de ejemplo, en productos homólogos de una categoría podemos encontrar el uso de aspectos ambientales como “material reciclable”, “hecho con material reciclado” o “menor consumo de energía”, pero al ser tan distintos el consumidor no tiene cómo compararlos. Por otra parte, esta situación que no ocurre con las etiquetas de indicadores con aspectos múltiples, ya que estas no sólo incluyen evaluaciones de aspectos ambientales durante las distintas etapas del ciclo de vida de un producto, sino que al agregar la variable económica o de desempeño, permiten hacer comparaciones tales como “tanto consumo menos de energía”, “tal porcentaje de ahorro” o “tantas horas de uso”, naciendo de esta forma, una nueva serie de indicadores como el Retorno de la Inversión Medio Ambiental (Environmental Return On Investment - EROI), el Valor Medio Ambiental Neto (Environmental Net Present Value - ENVP), el Periodo de Retribución Medio Ambiental (Environmental Payback Period - EPP) y el Rango de Retorno Medio Ambiental (Environmental Internal Rate Of Return - EIRR), (Lim & Moon, 2009) (Fig. 15).

De este modo, nos encontramos con que para que un modelo de comunicación de aspectos ambientales sea eficiente, éste debe considerar tres aspectos fundamentales (Schumacher, 2010):



**Figura 15:** Modelo para seleccionar la efectividad de un indicador para etiquetado. Fuente: Lim & Moon (2009).

**Figure 15:** Model to select the effectiveness of a labeling indicator. Source: Lim & Moon (2009).

### Aspecto 1

#### *Diferenciación de un Producto*

Debido a que generalmente en este tipo de productos la percepción del beneficio de adquirirlos no es directa ni vivencial para el consumidor, el mensaje debe ser en base a información sólida con criterios objetivos que permitan informar de las características ecológicas del producto.

### Aspecto 2

#### *Credibilidad de la Etiqueta*

El uso de datos cuantificables que involucren mediciones en todo el ciclo de vida del producto, o que en otras palabras, incluyan mediciones en el mayor porcentaje de las etapas de un producto, ayuda a dar credibilidad a la etiqueta y diferenciar al producto de aquellos que “aparentan” ser verdes.

### Aspecto 3

#### *La Reducción de las Asimetrías de Información*

Utilizar criterios e indicadores que estén presentes a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto reduce las posibilidades de engaño y da confianza al consumidor de que lo que está comprando es un producto que cuida del medio

ambiente y no uno que “dice” que cuida del medio ambiente.

Por ejemplo, un lavaloza líquido que “dice” ser amigable con el medio ambiente ya que requiere utilizar menor cantidad que otros, al final de su vida útil es más contaminante que otros (en los que se debe utilizar mayor cantidad) debido a que su concentración es mayor.

### Conclusiones

Para que un Desarrollo Sustentable pueda ser factible, es necesario que éste sea viable económicamente, y si consideramos que la base de toda economía es el consumo de bienes, un desarrollo de este tipo supedita un cambio en el tipo de productos que estamos consumiendo. En tal sentido, la comercialización de bienes responsables con el medioambiente requiere de ciertas condiciones sociales, políticas y de mercado que permitan tanto un Consumo como una Producción Sustentable.

De la revisión efectuada, podemos concluir que existe una directa relación entre el Consumo y la Producción Sustentable, ya que si no hay demanda por este tipo de productos, no hay interés por generar la oferta.

Por otra parte, en términos de producción, lo que se ha efectuado es el desarrollo de una serie de indicadores en base a la metodología científica de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para regular, medir y fiscalizar una producción responsable con el medioambiente.

En términos políticos, podemos concluir que se han definido e implementado estrategias político económicas para incentivar la producción de estos bienes y que éstas han estado orientadas hacia el cumplimiento de metas en estándares de producción limpia, pero que al ir creciendo la economía y aumentando el problema de escases de recursos, estas políticas han ido considerando aspectos relacionados con el consumo.

En relación al aspecto social y la manera de incentivar el consumo de estos bienes, se desprende que ésta ha estado dominada por el uso de Ecoetiquetas que han tenido como finalidad diferenciar a los Productos Sustentables, con el objetivo de aumentar su demanda, pero que en la práctica, ésto no ha ocurrido de la manera esperada. Esto, principalmente, debido al uso de indicadores poco claros o difíciles de entender y a un aumento en declaraciones de

aspectos ambientales ambiguos y sin certificación creíble, causado un efecto de "Green Wash".

Para lograr una comunicación eficiente, podemos concluir que es necesaria la definición de estándares ambientales por categorías de productos y la creación de una nueva serie mixta con indicadores ambientales y económicos, que permitan comunicar de manera clara tanto el impacto y los aspectos ambientales de un producto, así como establecer comparaciones de desempeño ambiental que den credibilidad a la información utilizada.

En términos de administración del instrumento de comunicación de aspectos ambientales, se desprende que para que éste sea eficiente y creíble, debería estar certificado por una tercera parte ajena a la empresa, y administrado por una entidad gubernamental que se encargue de definir los indicadores y los procedimientos de adjudicación en consenso con sectores científicos, sociales, económicos (productivos) y ambientalistas.

Por último y respecto a las restricciones para la obtención de esta certificación, podemos concluir que lo más coherente sería el planteamiento de restricciones progresivas que permitan ir avanzando acorde al cumplimiento de las regulaciones, de tal manera que se pueda llegar paulatinamente del uso de indicadores cualitativos a indicadores mixtos, esto debido a que los indicadores cualitativos no dan credibilidad al usar información ambigua y no permiten hacer comparaciones que incentiven preferencias de compra en los consumidores.

### Referencias Bibliográficas

Clarimón, L.; Cortés, A.; Aragonés, E. (2009). *ECODISEÑO, estado de la cuestión, prospectiva del eco diseño para su impulso en Aragón*. Aragón:

Observatorio de Medio Ambiente de Aragón OMA, Departamento de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón

Clark, J.G., (1990). ECONOMIC DEVELOPMENT VS. SUSTAINABLE SOCIETIES: Reflections on the Players in a Crucial Contest. *Annual Reviews*, 26, 225-248.

Conesa V, (1997). *Instrumentos para la gestión ambiental en la empresa*. Madrid: Mundi-Prensa.

Gallagher, K., (2009). Economic Globalization and the Environment. *Annual Reviews*, 34, 279-304.

Golden, J., (2010). An Overview of Ecolabels and Sustainability Certifications in the Global Marketplace; Corporate Sustainability Initiative. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University, interim report document.

Lim S. & Moon J., (2009). Environmental indicators for communication of life cycle impact assessment results and their applications. *Journal of Environmental Management*, 90, 3305-3312.

McDonough, W. & Braungart, M. (2002). *De la Cuna a la Cuna, rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. Madrid: McGraw Hill /Interamericana de España S.A.U.

Nelson, R., (1995). SUSTAINABILITY, EFFICIENCY, AND GOD: *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26, 135-154.

Peattie, K., (2010). Green Consumption: Behavior and Norms. *Annual Review of Environment and Resources*, 35, 195-228.

Schumacher, I., (2010). Ecolabeling, consumers' preferences and taxation. *Ecological Economics*, 69, 2202-2212.

Bausela, T. Rivas, O.; Alconero, E.; Marco, L.; Villuendas, A.; Magro, J. & Canigaonandia, (2008); GRUPO DE TRABAJO GT-CERT, Nuevos referenciales en certificación ambiental, Noveno Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) Cumbre del desarrollo sostenible, Madrid.

Recibido: 04|10|2012

Aceptado: 18|12|2012