



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO Y APLICABILIDAD SOBRE EL CONSUMO Y
DEMANDA DE ENERGÍA PARA EDIFICIOS DE DISTINTAS
CERTIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE EN CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL

LUCA ALESSIO MOSCIATTI JOFRÉ

PROFESOR GUIA:

CHRISTIAN FUENTES MANRÍQUEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

MARÍA JOSÉ VALDEBENITO JILIBERTO

ROBERTO ROJAS GUZMÁN

SANTIAGO DE CHILE

2016

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

POR: LUCA ALESSIO MOSCIATTI JOFRÉ

FECHA: 14/11/2016

PORFESOR GUÍA: CHRISTIAN FUENTES M.

**ANALISIS COMPARATIVO Y APLICABILIDAD SOBRE EL CONSUMO Y
DEMANDA DE ENERGÍA PARA EDIFICIOS DE DISTINTAS
CERTIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE EN CHILE**

Este trabajo de título consiste en un análisis comparativo de la certificación chilena CES y las certificaciones LEED, BREEAM, DGNB y HQE de los países EEUU, Reino Unido, Alemania y Francia respectivamente. El desarrollo de este informe presenta los requisitos de demanda y consumo energético de las distintas certificaciones y uso de energías renovables. Luego, un análisis de los modelos de referencia utilizado por cada certificación, las zonas climáticas de los distintos países y regiones con climas parecidos entre los países de las certificaciones, la situación energética y políticas energéticas de cada país y los precios de las principales fuentes de energía de cada país. Finalmente se analizan y comparan la información presentada anteriormente, de donde se observa que la certificación CES es la que otorga un mayor porcentaje del puntaje total a los temas estudiados, a pesar de presentar las exigencias más bajas de las cinco certificaciones, Por el otro lado la certificación HQE es la que presenta una disminución del consumo energético más alto y también otorgando un porcentaje importante del puntaje total de la certificación. Se propone profundizar el estudio de los modelos de referencia y los costos que implicaría disminuir el consumo y demanda de energía de un edificio.

Tabla de contenido

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 <i>Objetivos</i>	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
Capítulo 2. Certificación de Edificio Sustentable (CES) ^[1]	3
2.1 Resumen del Certificado	3
2.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas de la Certificación	7
2.2.1 Demanda de Energía	7
2.2.2 Consumo de energía	9
2.2.3 Energía renovable no convencional	11
2.3 Análisis de la Certificación	12
2.3.1 Requisitos.....	12
2.3.2 Puntaje	13
Capítulo 3. Leadership in Energy & Environmental Design (LEED)	14
3.1 Resumen del Certificado	14
3.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas.....	15
3.2.1 Prerrequisito 2: Rendimiento Energético Mínimo	17
3.2.2 Crédito 1: Optimizar el Rendimiento Energético.....	18
3.2.3 Crédito 2: Energía Renovable in-situ.....	20
3.2.4 Crédito 6: Energía Verde.....	21
3.3 Análisis de la Certificación	23
3.3.1 Requisitos.....	23

3.3.2 Puntaje	24
Capítulo 4. Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM)	25
^[3]	25
4.1 Resumen del Certificado	25
4.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas.....	27
4.2.1 Requerimientos Obligatorios o Mínimos.....	28
4.2.1.1 Ene 01: Reducción de uso de energía y emisión de carbono	28
4.3 Análisis de la Certificación.....	30
4.3.1 Requisitos.....	30
4.3.2 Puntaje	31
Capítulo 5. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltige Bauen (DGNB)	33
5.1 Resumen del Certificado	33
5.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas.....	35
5.2.1 Life Cycle Assessment – Primary Energy.....	36
5.3 Análisis de la Certificación.....	39
5.3.1 Requisitos.....	39
5.3.2 Puntaje	40
Capítulo 6. Haute Qualité Environnementale (HQE) ^[5].....	42
6.1 Resumen del Certificado	42
6.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas.....	43
6.2.1 Requerimientos Obligatorios o Mínimos.....	45
6.2.1.1 Reducción de la Demanda Energética a través del diseño Arquitectónico	45

6.2.1.2 Reducción del consumo de energía primaria	46
6.3 Análisis de la Certificación	49
6.3.1 Requisitos.....	49
6.3.2 Puntaje	50
Capítulo 7. Modelos de Referencia.....	51
7.1 CES	51
7.2 LEED	55
7.3 BREEAM	57
7.4 DGNB	59
7.5 HQE.....	61
7.6 Análisis Comparativo	62
Capítulo 8. Zonas Climáticas	65
7.1 Zonas Climáticas en Chile	66
8.2 Zonas Climáticas en Estados Unidos	71
8.3 Zonas climáticas en Europa	72
8.4 Análisis final de las zonas climáticas	74
Capítulo 9. Análisis Energético de los países	75
9.1 Chile ^[10]	75
9.1.1 Política Energética.....	76
9.1.2 Situación energética del país	78
9.1.3 Precios e impuestos de la energía	82
9.2 Estados Unidos ^[11]	83
9.2.1 Política Energética.....	84

9.2.2 Situación energética del país	86
9.2.3 Precios e impuestos de la energía	90
9.3 Reino Unido ^[12]	92
9.3.1 Política Energética.....	93
9.3.2 Situación energética del país	95
9.3.3 Precios e impuestos de la energía	98
9.4 Alemania ^[13]	99
9.4.1 Política Energética.....	100
9.4.2 Situación energética del país	102
9.4.3 Precios e impuestos de la energía	105
9.5 Francia ^[14]	106
9.5.1 Política Energética.....	107
9.5.2 Situación energética del país	109
9.4.3 Precios e impuestos de la energía	112
9.6 Análisis comparativo del capítulo.....	113
9.6.1 Política Energética.....	113
9.6.2 Matrices de Energía y Electricidad	114
9.6.3 Precios de las distintas energías	118
Capítulo 10. Análisis Comparativo Final.....	121
10.1 Situación general	122
10.2 Demanda de Energía.....	123
10.3 Consumo de Energía	125
10.4 Energías Renovables	127

10.5 Ahorro Económico	129
Capítulo 11. Conclusiones y Comentarios	133
Bibliografía	137

Índice de Tablas, Gráficos y Figuras

Tablas:

Tabla 2.1. Requisitos de energía de la certificación CES.....	6
Tabla 2.2.1. Disminución de la demanda de energía [%].....	8
Tabla 2.2.2. Disminución del consumo de energía [%].....	9
Tabla 2.2.3. Demanda cubierta mediante ERNC [%].....	11
Tabla 3.2.2.a. Distribución de puntaje con respecto al aumento del rendimiento energético con el modelo de referencia.....	19
Tabla 3.2.3.a. Distribución de puntaje con respecto al porcentaje de energía renovable utilizada.....	21
Tabla 4.1.1. Distribución de puntaje para la clasificación BREEAM.....	26
Tabla 4.1.2. Ponderaciones sección medioambiental.....	27
Tabla 4.2.1.a. Distribución de puntaje con respecto a EPR_{NC}	29
Tabla 4.2.1.b. Distribución de puntaje para los créditos de innovación.....	30
Tabla 5.2.2.a. Asignación de sub-puntos para el indicador de Requerimiento de Energía Primaria no Renovable (PE_{nren}).....	36
Tabla 5.2.2.b. Asignación de sub-puntos para el indicador de Requerimiento de Energía Total (PE_{tot}).....	36
Tabla 5.2.2.c. Asignación de sub-puntos para el indicador de Energía primaria renovable.....	37
Tabla 5.2.2.d. Conversión de <i>checklist points</i> a <i>evaluation points</i>	38
Tabla 6.1.1. Calificaciones HQE.....	42
Tabla 6.2.a. Evaluación categoría de Energía.....	43

Tabla 6.2.b. Distribución de otorgación de estrellas para la categoría de Energía.....	43
Tabla 6.2.1.a. Valores máximo admitidos de permeabilidad del aire.....	45
Tabla 6.2.1.b. Distribución de puntaje con respecto a la demanda de energía.....	46
Tabla 6.2.1.c. Otorgación de puntaje correspondiente al control de consumo de distintos sistemas de iluminación.....	47
Tabla 6.2.1.d. Distribución de puntaje correspondiente al consumo satisfecho a través de energías renovables.....	47
Tabla 9.1.a. Datos específicos de Chile.....	74
Tabla 9.1.2.a. Datos y distribuciones de la situación energética de Chile.....	78
Tabla 9.1.2.b. Datos y distribuciones de la situación eléctrica de Chile.....	79
Tabla 9.1.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en Chile.....	81
Tabla 9.2.a. Datos específicos de EEUU.....	82
Tabla 9.2.2.a. Datos y distribuciones de la situación energética de EEUU.....	85
Tabla 9.2.2.b. Datos y distribuciones de la situación eléctrica de EEUU.....	87
Tabla 9.2.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en EEUU.....	89
Tabla 9.3.a. Datos específicos de Reino Unido.....	90
Tabla 9.3.2.a. Datos y distribuciones de la situación energética de Reino Unido.....	93
Tabla 9.3.2.b. Datos y distribuciones de la situación eléctrica de Reino Unido.....	94

Tabla 9.3.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en Reino Unido.....	96
Tabla 9.4.a. Datos específicos de Alemania.....	97
Tabla 9.4.1.a. Plan energético hasta el año 2050 de Alemania.....	98
Tabla 9.4.2.a. Datos y distribuciones de la situación energética de Alemania.....	99
Tabla 9.4.2.b. Datos y distribuciones de la situación eléctrica de Alemania.....	101
Tabla 9.4.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en Alemania.....	102
Tabla 9.5.a. Datos específicos de Francia.....	103
Tabla 9.5.2.a. Datos y distribuciones de la situación energética de Francia.....	106
Tabla 9.5.2.b. Datos y distribuciones de la situación eléctrica de Francia.....	107
Tabla 9.5.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en Francia.....	108
Tabla 9.6.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en los cinco países estudiados.....	114
Tabla 9.6.3.b. Precio del kilowatt-hora en un edificio de uso público en los distintos países estudiados.....	115
Tabla 10.1.a. Datos específicos de los cinco países.....	118
Tabla 10.2.a. Disminución de la demanda exigida por las distintas certificaciones.....	120
Tabla 10.3.a. Disminución del consumo exigido por las distintas Certificaciones.....	122

Tabla 10.4.a. Porcentaje de uso de energías renovables exigidas por las distintas certificaciones.....	123
Tabla 10.4.b. Distribución de los suministros de energía primaria de los distintos países.....	125
Tabla 10.4.c. Distribución de la generación eléctrica de los distintos países.....	125
Tabla 10.5.a. Ahorro de USD por kWh de cada país correspondiente a su certificación.....	126
Tabla 10.5.b. Ahorro de USD por kWh en Chile considerando las distintas certificaciones.....	127

Figuras:

Figura 5.1. Apartados de calidad y sus ponderaciones.....	33
Figura 8.a. Clasificación climática de Köppen.....	65
Figura 8.1.a. Clasificación climática de Köppen de Chile.....	66
Figura 8.1.b. División en zonas de Chile de acuerdo a la certificación CES.....	67
Figura 8.1.c. Reducción mínima de la demanda energética de acuerdo a la certificación CES.....	69
Figura 8.2.a. Clasificación climática de Köppen de EEUU.....	70
Figura 8.3.a. Clasificación climática de Köppen de Europa.....	72

Gráficos:

Gráfico 2.3.2. Comparación de puntaje asociado a las categorías y necesario Obtener la certificación CES.....	12
Gráfico 3.3.2. Comparación de puntaje asociado a las categorías y necesario Obtener la certificación LEED.....	12
Gráfico 4.3.2. Comparación de puntaje asociado a la categoría y necesario Obtener la certificación BREEAM.....	12
Gráfico 5.3.2. Comparación de puntaje asociado a la categoría y necesario Obtener la certificación DGNB.....	12
Gráfico 9.6.2.a. Matrices del Suministro Total de Energía Primaria en los países estudiados.....	112
Gráfico 9.6.2.b. Matrices de Generación Eléctrica en los países Estudiados.....	113

Capítulo 1. Introducción

En las últimas décadas, la construcción sustentable ha ido tomando fuerza. En la actualidad, la satisfacción de las necesidades económicas y sociales ya no es lo único que importa y se debe pensar en que el proceso de satisfacción a estas necesidades no perjudique las posibilidades de satisfacer las mismas necesidades de las generaciones futuras. Esto tiene como consecuencia distintos tipos de beneficios: disminución de emisiones nocivas al medioambiente, un mejor manejo de los residuos generados y, sobre todo, ahorros considerables de gastos de energía.

Desde mayo del 2014 que existe en Chile la “Certificación Edificio Sustentable” (CES) ^[1], sistema nacional que permite evaluar, calificar y certificar el comportamiento ambiental de edificios públicos. Se espera que para el 2017 todos los edificios públicos que se construyan cumplan con esta certificación.

Por lo tanto es fundamental, si se quiere progresar sobre este tema, hacer un estudio de las certificaciones de construcción sustentable de países como EEUU ^[2], Francia ^[5], Alemania ^[4] e Inglaterra ^[3], quienes están a la vanguardia con el tema de sustentabilidad, y ver las similitudes y diferencias entre éstos y la CES.

Es por esto, que el presente trabajo consiste en un estudio analítico y comparativo en cuanto al enfoque del consumo y demanda de energía de distintas certificaciones de construcción sustentable y su aplicabilidad en Chile.

Por lo tanto, se trabajará analizando las exigencias de: demanda energética, energía estimada que será requerida para generar niveles adecuados de calidad del ambiente interior (confort térmico y lumínico) influenciadas por las características arquitectónicas de la estructura; consumo energético; energía

estimada que será consumida considerando todos los usos finales de energía (factor usuario) por el edificio; y uso de energías renovables de las distintas certificaciones.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Analizar y comparar distintas certificaciones sobre el consumo y demanda de energía para una construcción sustentable, para evaluar el potencial de optimización de la CES.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudio y análisis de la Certificación Edificio Sustentable (CES, Chile)
- Estudio y análisis de la Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM, Inglaterra)
- Estudio y análisis de la Haute Qualité Environnementale (HQE, Francia)
- Estudio y análisis de la Leadership in Energy & Environmental Design (LEED, EEUU)
- Estudio y análisis de la Deutsche Gesellschaft für Nachhaltige Bauen (DGNB, Alemania)
- Estudio y análisis de la situación energética de Chile, EEUU, Reino Unido, Alemania y Francia
- Estudio de las zonas climáticas de los países estudiados
- Comparación de las certificaciones nombradas anteriormente
- Analizar beneficios de replicar exigencias de las otras certificaciones
- Analizar aplicabilidad a la CES de lo obtenido en los objetivos anteriores

Capítulo 2. Certificación de Edificio Sustentable (CES) ^[1]

La Certificación de Edificio Sustentable es el primer sistema nacional de Chile para evaluar, calificar y certificar el comportamiento ambiental de edificios de uso público. Desarrollado y administrado por el Instituto de la Construcción más la participación de otras 13 instituciones públicas y privadas.

A mediados del año 2014 se presentó este método de certificación de estándar mundial, diseñado bajo el mandato en conjunto del Ministerio de Obras Públicas, la Cámara Chilena de la Construcción y el Colegio de Arquitectos, con el aporte económico de Innova Corfo y la colaboración técnica del IDIEM.

2.1 Resumen del Certificado

El Manual: Evaluación y Calificación, como dice su nombre, permite evaluar y calificar el nivel de sustentabilidad de edificios en Chile.

El manual permite otorgar un Pre-certificado de diseño de proyecto, el Certificado final de proyecto construido y un Sello “Plus Operación”.

Para la evaluación y obtención de la certificación, el manual se basa en el cumplimiento y obtención de un total de 100 puntos (43 corresponden a los requisitos de energía) repartidos en 23 variables separadas en 5 aspectos temáticos con respecto al comportamiento del edificio:

- Calidad del Ambiente Interior
- Energía
- Agua
- Residuos
- Gestión

Y donde estas temáticas se agrupan en cuatro categorías:

- Diseño Arquitectónico Pasivo (Arquitectura)
- Diseño de Sistemas Activos (Instalaciones)
- Construcción
- Operación

Además, la CES hace una diferenciación de distribución de puntaje que corresponden a las zonas climáticas habitacionales de Chile, donde se ubicaría el edificio a evaluar.

- Norte Litoral (NL)
- Norte Desértica (ND)
- Norte Valle Transversales (NVT)
- Central Litoral (CL)
- Central Interior (CI)
- Sur Litoral (SL)
- Sur Interior (SI)
- Sur Extremo (SE)
- Andina (An)

La distribución de puntaje también varía con respecto al tipo de edificio, Oficinas y Servicios o Educación y Salud.

Para cumplir con la certificación, el proyecto debe cumplir con los requerimientos obligatorios y también, obtener un mínimo de 30 puntos en los requerimientos voluntarios. Luego, dependiendo del puntaje obtenido, se proponen tres rangos de certificación, en base al indicador global del edificio, en una escala de 100 puntos porcentuales.

- 30 a 54,5 puntos: “Edificio Certificado”
- 55 a 69,5 puntos: “Certificación Destacada”
- 70 a 100 puntos: “Certificación Sobresaliente”

Con respecto a lo que es la temática de Energía, ésta está compuesta de 3 requisitos obligatorios y 9 requerimientos voluntarios que corresponden a 43 puntos totales de los 100 que está compuesta la evaluación.

Tabla 2.1. Requisitos de energía de la certificación CES

Variable	Requisitos Obligatorios 	Requerimientos Voluntarios con puntaje 	Puntaje (máx. 100)					
			NL-NVT-ND-CI-CL		SL-SI-SE-An			
			Oficinas y servicios	Educación y salud	Oficinas y servicios	Educación y salud		
ARQ. Energía	5R	Transmitancia térmica de la envolvente y Factor Solar Modificado	5.	<i>Opción 1.</i> Evaluación prestacional: disminución de la demanda de energía para calefacción, enfriamiento e iluminación.	18	18	18	18
				<i>Opción 2.</i> Evaluación prescriptiva – Transmitancia térmica y factor solar modificado (FSM) ²	10	10	10	10
	6R	Sellos exteriores para carpintería y paso de instalaciones	6.	Infiltraciones por la envolvente y permeabilidad al aire de carpinterías de ventana.	3,0	3,0	3,0	3,0
7	-	N/A	7.	Porcentaje de los materiales estructurales del edificio en que se declara la información de energía incorporada.	4,0	4,0	4,0	4,0
INST. Energía	-	N/A	15.1	Potencia instalada, en w/m ²	3,0**	3,0**	3,0**	3,0**
			15.2	Sistemas de control	2,0**	2,0**	2,0**	2,0**
	16R	Aislación térmica en distribución de calor y frío Ver también 14R	16.1	Relación de la potencia requerida e instalada	2,0**	2,0**	2,0**	2,0**
			16.2	Rendimiento nominal de equipos de climatización y ACS	8,0**	8,0**	8,0**	8,0**
17	-	N/A	17	Reducción de la potencia de equipos y artefactos	1,0 **	1,0**	1,0**	1,0**
18	-	N/A	18	Cobertura del consumo de energía mediante ERNC o procesos de cogeneración de alta eficiencia.	2,0 **	2,0**	2,0**	2,0**

Fuente: Certificación Edificio Sustentable: Manual Evaluación y Calificación, versión 1. Mayo 2014

2.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas de la Certificación

A continuación se estudiarán los requerimientos voluntarios de la “Certificación Edificios Sustentable” correspondientes a la temática de Energía relacionados directamente con la demanda y consumo de energía y de energía renovables que permiten otorgar un máximo de 36 puntos de los 100 totales.

- ARQUITECTURA – Energía
 - Demanda de Energía (18 puntos)
- INSTALACIONES – Energía
 - Consumo de energía (16 puntos)
 - Energía renovable no convencional (2 puntos)

2.2.1 Demanda de Energía

El siguiente requerimiento entrega un puntaje máximo de 18 puntos al cumplir una reducción de la demanda de energía con respecto a la demanda de energía de referencia.

Esta demanda de energía corresponde a la energía estimada para generar niveles adecuados de la calidad de ambiente interior. Es decir la demanda de energía para calefacción, enfriamiento e iluminación del edificio a analizar, considerando características como, envolvente térmica, control solar y hermeticidad.

Tabla 2.2.1. Disminución de la demanda de energía [%]

Nivel	Reducción respecto a la Demanda de referencia				Puntaje
	NL - NVT	ND - CL - CI - SL	SL - SI	SE - An	
Muy bueno	≥35%	≥20%	≥35%	≥45%	18
Bueno	≥30%	≥15%	≥30%	≥35%	12,5
Aceptable	≥20%	≥10%	≥20%	≥25%	9
Suficiente	≥10%	≥5%	≥10%	≥15%	4,5

Fuente: Certificación Edificio Sustentable: Manual Evaluación y Calificación, versión 1. Mayo 2014

La certificación permite, para el cálculo de la demanda de energía a través de la evaluación prestacional, dos métodos de cálculo:

- Cálculo por planilla: utilizando la planilla de cálculo dispuesta por la CES. Corresponde a un modelo estático, que al trabajar con valores determinados de manera prescriptiva tiende a resultar en un proyecto más caro para cumplir las exigencias expuestas por la certificación.
- Cálculo dinámico: utilizando un programa de simulación especializado, que permite analizar la demanda y consumo de energía, pero que cumpla con los requisitos de modelamiento definidos para el método de evaluación prestacional.

A pesar de permitir estos dos tipos de cálculo, hay casos específicos en que se exige que el análisis sea a través del cálculo dinámico. Se analizara a través del cálculo dinámico si el proyecto presenta alguna de las siguientes características:

- Funciona bajo un régimen de operación 24/7.
- Posee elementos arquitectónicos que requieran de un análisis que considere convección de aire (ejemplo: atrios de doble altura).
- Posee sistema de control de iluminación de presencia y/o de luz día.

- Posee un porcentaje de acristalamiento de la cubierta del edificio mayor a 5%, excluyendo aleros.

2.2.2 Consumo de energía

El siguiente requerimiento entrega un puntaje máximo de 16 puntos al cumplir una reducción del consumo anual de energía de todo el edificio con respecto al consumo de energía del modelo de referencia.

Este consumo de energía corresponde a la estimación de la energía consumida considerando todos los usos finales de energía y el aporte de ERNC (Energías Renovables No Convencionales) y cogeneración.

Al considerar la evaluación prestacional, en la tabla siguiente se presentan la distribución de puntaje, con un máximos de 16 de los 18 puntos y los restantes dos corresponden a los puntos otorgados por el uso de “Energías Renovable No Convencionales”.

Tabla 2.2.2. Disminución del consumo de energía [%]

Nivel	Reducción respecto al Consumo de referencia				Puntaje
	NL, NVT	ND, CL - CI - SL*	SL**, SI	SE, An	
Muy bueno	≥40%	≥40%	≥40%	≥40%	16
Bueno	≥30%	≥30%	≥30%	≥30%	12
Aceptable	≥20%	≥20%	≥20%	≥20%	8
Suficiente	≥10%	≥10%	≥10%	≥10%	4

* zona SL de las regiones del Biobío, Los Ríos y Araucanía

** zona SL de las regiones de Los Lagos

Al igual que para el caso anterior, la certificación permite para la estimación del consumo de energía a través de la evaluación prestacional, dos metodologías:

- Evaluación por planilla: utilizando la planilla de cálculo dispuesta por la CES. Corresponde a un modelo estático, que al trabajar con valores determinados de manera prescriptiva tiende a resultar en un proyecto más caro para cumplir las exigencias expuestas por la certificación.
- Evaluación dinámica: utilizando un programa de simulación especializado, que permite simular el comportamiento energético global del edificio cumpliendo con los requisitos de modelamiento definidos para el método de evaluación prestacional.

Pero, a pesar de permitir estos dos tipos de cálculo, hay casos en que la evaluación deberá ser a través de la evaluación dinámica, si el proyecto presenta alguna de las siguientes características:

- Ventilación natural con apoyo mecánico o precalentamiento “pasivo”.
- Uso de un recuperador de calor
- Uso de estagues de acumulación
- Sistema de refrigeración radiante
- Sistemas tipo VRV
- Sistemas de cogeneración y trigeneración
- Edificio con sistemas de control “dinámicos” (ejemplo: controles de presencia y balance automático luz día)

2.2.3 Energía renovable no convencional

Por último, este capítulo busca incentivar el uso de energías renovables no convencionales (ERNC) y los procesos de cogeneración de alta eficiencia para así disminuir el consumo de combustibles y electricidad en el edificio.

Como para la mayoría de los requerimientos anteriores, a través del estudio prestacional y la comparación con un modelo de referencia, la certificación busca premiar la utilización de ERNC y/o procesos de cogeneración para suplir la demanda de energía primaria del proyecto.

Por último, se premia la reducción en la demanda de energía primaria en base a ERNC y/o procesos de cogeneración.

Tabla 2.2.3: Demanda cubierta mediante ERNC [%]

Cobertura demanda de energía primaria mediante ERNC y/o proceso de cogeneración		
Nivel	Rango	Puntaje
Muy bueno	Sobre 10 %	2
Bueno	5 – 10 %	1
Aceptable	2 - 5%	0,5

2.3 Análisis de la Certificación

2.3.1 Requisitos

Se destaca de la “Certificación Edificio Sustentable” que exige una mejoría del edificio tanto para la demanda como para el consumo de energía.

La certificación hace diferenciación de la demanda dependiendo de la zona climática que ocuparía el proyecto. La CES es menos exigente para las zonas Norte Desértica, Central Litoral, Central Interior y Sur Litoral (regiones VIII, IX y XV). Para estos casos, se otorga el mínimo puntaje (4,5 puntos) para una reducción de la demanda en un 5% y el puntaje máximo se obtiene mostrando una mejoría del 20%.

Por el otro lado, las zonas de Sur Extremo y Andina presentan las exigencias más altas. Para conseguir el puntaje mínimo (4,5 puntos) se exige un 15% de reducción de la demanda y para el puntaje máximo (18 puntos) se exige un 45% de reducción.

Con respecto al consumo de energía, la certificación no hace una diferenciación por zonas geográficas. Exigiendo un mínimo de reducción de consumo de un 10% para obtener 4 puntos y sobre el 40% otorga el puntaje máximo de 16 puntos.

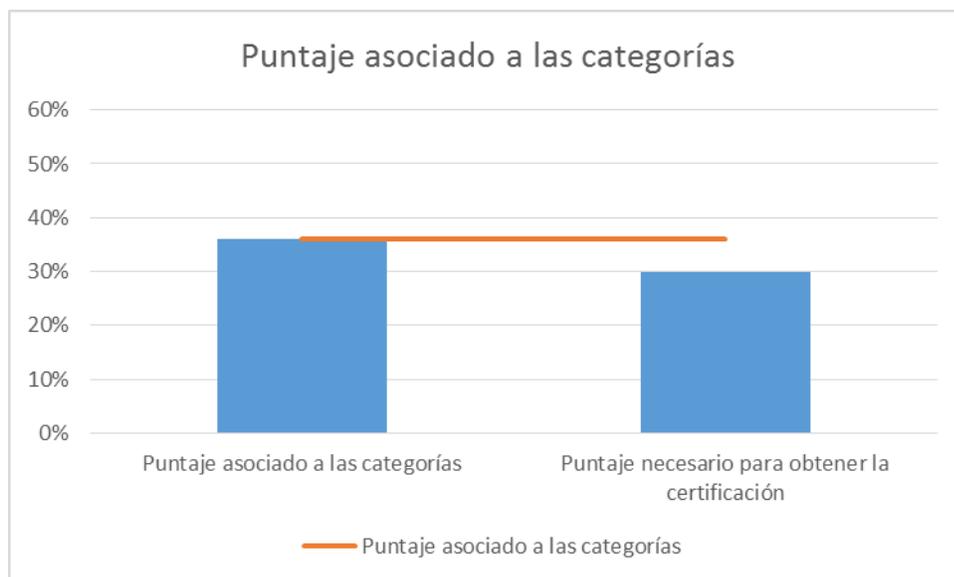
Finalmente para la demanda de energía cubierta por Energías Renovables no Convencionales (ERNC), la CES considera un nivel muy bueno cuando la demanda es satisfecha por un 10% de este tipo de energías, otorgando un puntaje máximo de 2 puntos.

2.3.2 Puntaje

En lo que respecta al puntaje de la certificación. Lo que se pide en reducción de demanda energética corresponde a un 18% del puntaje total. La reducción del consumo un 16% y un abastecimiento sobre un 10% de la demanda de energía por energías renovable no convencional corresponden al 2% del puntaje total.

Por lo tanto, cumpliendo con todos los prerrequisitos y obteniendo una valoración de “Muy Bueno” en estos prerrequisitos al proyecto se le otorgaría un rango de “Edificio Certificado”.

Gráfico 2.3.2. Comparación de puntaje asociado a las categorías y necesario para obtener la certificación CES.



Capítulo 3. Leadership in Energy & Environmental Design (LEED)

La primera versión de LEED (en español: Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) fue desarrollado y publicado por el U.S. Green Building Council (USGBC) en 1998 y se ha ido actualizando en varias versiones a lo largo de los años, convirtiéndose en el certificado de verificación para edificios sustentables más usado en el mundo.

3.1 Resumen del Certificado

La certificación LEED permite determinar y medir los “edificios verdes”. Diseñado para inspirar proyectos que busquen innovar en soluciones que sean mejor para el medioambiente y la comunidad.

A través del cumplimiento de distintos tópicos se busca llegar a beneficios ambientales, económicos y sociales, como reduciendo o eliminando impactos negativos al medio ambiente, reduciendo costos de operación o aumentando productividad laboral. Todo esto a través de exigencias que permitan desarrollar un mejor plan de diseño, construcción y operación del edificio.

LEED está conformado por “créditos”, que otorgan el puntaje y de “prerrequisitos”, que cumplen la función de guiar a los clientes, proteger la integridad del programa LEED y reducir los desafíos que se producen durante el proceso de certificación. Estos criterios se encuentran distribuidos en los siguientes 7 tópicos:

- Sitios Sustentables
- Uso Eficiente del Agua
- Energía y Atmósfera
- Materiales y Recursos
- Calidad Ambiental Interior
- Innovación de Diseño
- Prioridad Regional

Por lo tanto, es necesario cumplir con los prerrequisitos del programa y alcanzar un puntaje para adjudicarse alguna de las siguientes certificaciones:

- Certificado 40 – 49 puntos
- Plata 50 – 59 puntos
- Oro 60 - 79 puntos
- Platino sobre 80 puntos

3.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas

Para el estudio de los requerimientos de demanda y consumo energético que exige la certificación LEED se estudió el tópico de “Energía y Atmósfera”.

Los objetivos de la certificación con respecto a energía son de disminuir la cantidad de energía requerida por el edificio y utilizar formas de energía más favorables.

Así, al mejorar el desempeño energético del proyecto y/o utilizando otros medios de energía, no generados por combustibles fósiles, se disminuyen los gases emitidos provocados para la producción de esta. Además, otro factor

favorable al mejorar el rendimiento energético del edificio se disminuyen los costos de operación del edificio.

El desempeño energético depende principalmente en el diseño de éste. Los sistemas HVAC y de luminosidad, la envolvente del edificio, orientación del edificio, etc. determinan que tan eficientemente se utiliza la energía. Por lo tanto, LEED considera que la mejor forma de optimizar la energía es tomando un enfoque integrado de un todo del edificio.

Esta temática de la certificación promueve tres tipos de actividades:

- Seguimiento del Rendimiento Energético del Edificio
- Uso de Energías Renovables
- Gestión de Refrigerantes para Eliminar CFC (clorofluorocarbonos)

De las actividades anteriores, se analizarán las primeras dos que están directamente relacionadas con el tema de energía que se busca estudiar en este trabajo. Estas dos actividades se encuentran compuesta por los siguientes prerrequisitos y créditos:

- Prerrequisito 2: Rendimiento Energético Mínimo
- Crédito 1: Optimizar el Rendimiento Energético
- Crédito 2: Energía Renovable *in-situ*
- Crédito 6: Energía Verde

3.2.1 Prerrequisito 2: Rendimiento Energético Mínimo

El objetivo de este prerrequisito es de establecer un nivel mínimo de eficiencia energética y reducir así los impactos ambientales y económicos debido al uso excesivo de energía.

Para esto, la certificación LEED propone varias opciones de evaluación, y por el mismo motivo que para el caso de la certificación CES se estudió sobre la opción de evaluación prestacional.

Para esta evaluación, LEED exige una mejora con respecto al edificio modelo de un 10% y 5% para edificios nuevos o edificios en renovación respectivamente. Guiándose con la ASHRAE 90.1-2007 ^[6] y el apéndice G ^[7] de esta se calcula el edificio de referencia y el edificio a evaluar para hacer la comparación. Esta norma analiza considerando todos los costos de energía asociados al edificio, implementando:

- Requisitos de la Envolvente del Edificio
- Requisitos de HVAC
- Requisitos de Servicios de Calentamiento de Agua
- Requisitos de Energía
- Requisitos de iluminación
- Requisitos de Otros Equipos
- Guía en Sistemas de Calor y Energía
- Crédito por Estrategias de Ventilación Natural

3.2.2 Crédito 1: Optimizar el Rendimiento Energético

Cumplido con el prerrequisito de “Rendimiento Energético Mínimo”, este crédito tiene como objetivo de mejorar los niveles de rendimiento energético establecidos en el prerrequisito.

Este requisito otorga un máximo de 19 puntos para construcciones nueva y como para la evaluación del prerrequisito de “Rendimiento Energético Mínimo” el método de evaluación es el mismo, utilizando el apéndice G del ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 ^[7] para el cálculo del rendimiento, permitiendo así un estudio en conjunto del edificio.

La certificación LEED recomienda seguir las siguientes estrategias para incrementar el rendimiento energético:

1. Reducir la demanda optimizando la forma y orientación del edificio, reducir consumo a través de mejoras de la envolvente y núcleo, y trasladar los momentos de consumo a periodos de poco consumo.
2. Aprovechar “energía gratis” utilizando los recursos del sitio, luz natural, calor solar, energía eólica, etc.
3. Mejorar la eficiencia con sistemas de luz y HVAC más eficientes, al igual que una mejor envolvente.
4. Recuperar energía gastada a través de sistemas de recuperación de calor de aguas grises.

El cálculo de los modelos del proyecto y el modelo de base se basan completamente en el ASHRAE 90.1-2007 Apéndice G, “*performance rating method*” (método de clasificación de rendimiento).

Ambos modelos deben comprender todos los componentes de energía, incluido equipos misceláneos y de oficina, ascensores, computadores, etc. Y las cargas procesadas deben ser las mismas.

Finalmente para calcular el porcentaje de mejoría o ahorro de energía, se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Percentage Improvement} = 100 * \frac{1 - \text{Proposed Building Performance}}{\text{Baseline Building Performance}}$$

Por último, en la tabla a continuación se presenta la distribución de puntaje dependiendo del porcentaje de mejoría del proyecto.

Tabla 3.2.2.a. Distribución de puntaje con respecto al aumento del rendimiento energético con el modelo de referencia

New Buildings	Existing Building Renovations	Points
12%	8%	1
14%	10%	2
16%	12%	3
18%	14%	4
20%	16%	5
22%	18%	6
24%	20%	7
26%	22%	8
28%	24%	9
30%	26%	10
32%	28%	11
34%	30%	12
36%	32%	13
38%	34%	14
40%	36%	15
42%	38%	16
44%	40%	17
46%	42%	18
48%	44%	19

3.2.3 Crédito 2: *Energía Renovable in-situ*

La certificación LEED espera que se entienda la importancia de implementar energías renovables, que ayudan a reducir impactos negativos al medioambiente producto del uso de energía por los edificios además del ahorro en gastos, a pesar de los costos iniciales de implementar medios de energía renovables.

Este requisito tiene como objetivo implementar energías renovable autoabastecidas in-situ para reducir los impactos ambientales y economicos asociados a los efectos de las energías producidas por combustibles fósiles.

El crédito evalúa y otorga puntaje (hasta 7 puntos) calculando la energía producida de manera renovable como un porcentaje de los costos energéticos anual del edificio (consumo). La certificación acepta que los sistemas de energía renovable produzcan energía eléctrica o termal y recomiendan que entreguen energía a la red en caso de exceder la demanda.

Para estimar el porcentaje de energía renovable utilizada, es decir el porcentaje de energía renovable utilizada con respecto a la energía utilizada total calculada en el “crédito” anterior. La certificación LEED acepta los siguientes sistemas in-situ de energía renovables:

- Sistemas fotovoltaicos
- Sistemas de energía eólica
- Sistemas de energía solar térmica
- Sistemas eléctricos basados en biocombustibles
- Sistemas de calefacción geotérmica
- Sistemas eléctricos de energía geotérmica
- Sistemas de energía hidroeléctrica de bajo impacto

- Sistemas de energía en base a oleaje y marea

Del listado anterior de las energías renovables in-situ que permite la LEED, se puede apreciar que corresponden también a las fuentes de ERNC propuesta por la certificación CES.

Por último, la distribución de puntaje otorgada por este capítulo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3.2.3.a. Distribución de puntaje con respecto al porcentaje de energía renovable utilizada.

Percentage Renewable Energy	Points
1%	1
3%	2
5%	3
7%	4
9%	5
11%	6
13%	7

3.2.4 Crédito 6: Energía Verde

La certificación intenta en este requisito fomentar el desarrollo y uso de una red eléctrica y energías renovables con una base de cero contaminación.

Los beneficios de implementar un uso de Energía Verde influyen directamente en reducir la contaminación ambiental, producto de la producción de energía con combustibles fósiles y disminuir también el uso de energía nuclear e hidroeléctrica de gran escala que también tienen sus inconvenientes. Además, las energías verdes tienen un impacto positivo en la economía de las comunidades rurales.

Económicamente, la Energía Verde puede ser más cara que la convencional, pero como el mercado de Energía Verde va en aumento, se espera que finalmente termine siendo más económica que la energía convencional.

Para lograr esto, y obtener así los 2 puntos del “crédito”, LEED insiste en crear un acuerdo donde, en por lo menos 2 años, el 35% de la energía eléctrica requerida por el edificio provenga de recursos renovables. Es decir, que toda esta energía comprada debe considerarse con respecto a la cantidad de energía consumida y no el costo de esta.

Finalmente, la certificación LEED permite tres formas de cumplir con el requisito:

1. Si hay un mercado abierto de electricidad, es posible seleccionar un proveedor, con una Green-e-certified, y contratarlo por un plazo de 2 años y un mínimo del 35% de la energía eléctrica requerida.
2. Para el caso de un mercado cerrado de electricidad, es probable que la compañía tenga un programa Green-e-accredited. Y nuevamente, inscribirse para un 35% de la energía eléctrica por al menos 2 años, o su equivalente (ej. 70% en 1 año).
3. Por último, no es posible comprar energía Green-e-certified a través de un servicio local, se pueden comprar 35% de la energía estimada por dos años de Green-e-accredited de certificados de energía renovable (REC).

Para obtener de la cantidad de energía verde que se debe comprar se calcula con los valores obtenidos del “Credito 1”, quedando la siguiente ecuación:

$$\text{Energía Requerida} \left[\frac{KWh}{\text{año}} \right] * 35\% * 2 [\text{año}] = \text{Energía Verde Requerida} [KWh]$$

3.3 Análisis de la Certificación

3.3.1 Requisitos

A diferencia de la certificación CES vista anteriormente, LEED considera solo reducir el consumo de energía del edificio.

Otra diferencia con la certificación CES corresponde que la certificación chilena hace una diferenciación por zona en cuanto a la reducción de demanda exigida, en cambio, LEED considera los efectos climáticos de la zona en los modelos.

En cuanto a puntaje y porcentajes, la certificación LEED otorga el mínimo puntaje (1 punto) para una reducción de un 12% de la demanda y para el puntaje máximo de 19 puntos exige una reducción del 48% en la demanda de energía.

Para la energía renovable in-situ, la certificación otorga el puntaje máximo de 7 puntos cuando se satisface una demanda del 13% de la energía del edificio.

Por último, con respecto al uso de un 35% de Energía Verde para suplir la demanda de energía del edificio por dos años la certificación otorga un máximo de 2 puntos.

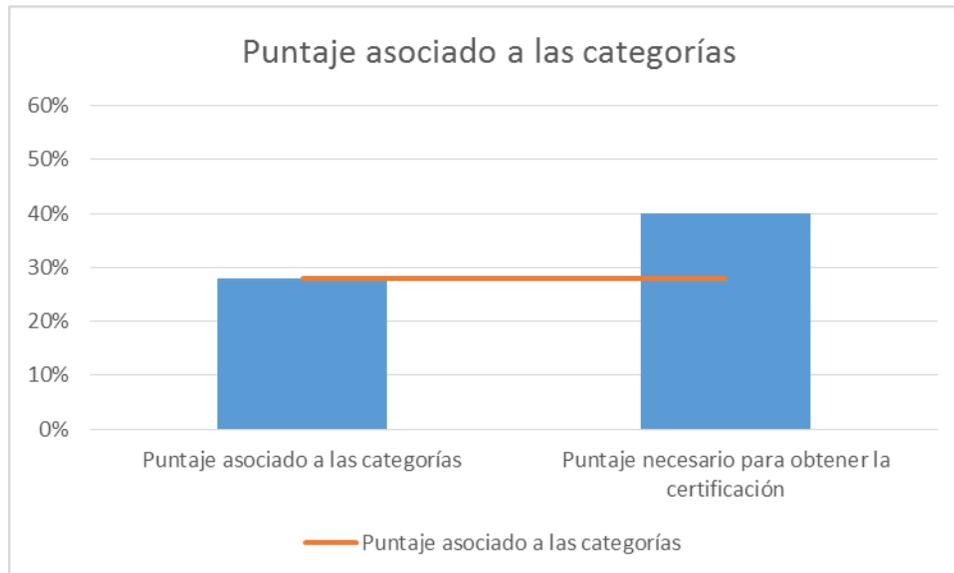
3.3.2 Puntaje

En lo que respecta al puntaje de la certificación, se observa que:

- La reducción de la demanda corresponde a un 19% del puntaje total.
- El uso de energía renovable in-situ corresponde a un 7% del puntaje total.
- La contratación por 2 años de Energía Verde corresponde a un 2% del puntaje total.

Por lo tanto, la suma del puntaje correspondiente a este tema de estudio, consumo y demanda de energía corresponde a unos 28 puntos. Equivalente a un 28% del puntaje total de la certificación. Puntaje que no es suficiente para lograr la certificación (puntaje mínimo requerido: 40 puntos).

Gráfico 3.3.2. Comparación de puntaje asociado a las categorías y necesario para obtener la certificación LEED.



Capítulo 4. Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM) ^[3]

4.1 Resumen del Certificado

La certificación BREEAM, desarrollada por el Building Research Establishment (BRE) en Watford, Reino Unido. Fue publicada por primera vez en el año 1990, convirtiéndose en la primera certificación de construcción sustentable del mundo.

Con el principal objetivo de la certificación de mitigar los efectos ambientales del ciclo de vida de un edificio de manera sólida y rentable. Otorgando también una etiqueta de sustentabilidad creíble, que permite que el edificio sea reconocido por sus beneficios ambientales y así aumentar la demanda y valor de los edificios sustentables.

BREEAM se destaca también por ser aplicada en más de 50 países. Donde se adapta por el Operador Nacional del Esquema (National Scheme Operators) manteniendo los Estándares Internacionales para así asegurar la calidad y consistencia de la certificación adaptaba a la situación geo-política de la región.

Para cumplir con estos objetivos, la certificación se encuentra distribuida en 9 secciones ambientales más una sección de puntaje adicional correspondiente a lo que sería innovación del proyecto.

- Administración
- Salud y Bienestar
- Energía

- Transporte
- Agua
- Materiales
- Residuos
- Uso del Suelo y Ecología
- Contaminación
- Innovación

Como las otras certificaciones, BREEAM también tiene distintos niveles de calificación que dependen del puntaje obtenido. Pero, a diferencia de las otras certificaciones estudiadas, BREEAM permite al cliente de elegir y enfocarse en secciones o temas específicos para llegar a la calificación deseada.

Tabla 4.1.1: Distribución de puntaje para la clasificación BREEAM

Clasificación BREEAM	% puntuación
Sobresaliente	≥85
Excelente	≥70
Muy bien	≥55
Bien	≥45
Aprobado	≥30
No clasifica	<30

Dependiendo del nivel que uno aspira a obtener, la certificación exige el cumplimiento de estándares mínimos. Por ejemplo, para aprobar, la certificación no exige ningún puntaje mínimo en algún requerimiento específico y solo tener una puntuación mayor al 30%. En cambio, para obtener una clasificación de excelente, se exige un puntaje mínimo de 5 créditos para el capítulo de Energía “Ene 01: Reducción del uso de energía y emisiones de carbono” entre otras exigencias.

Además, el puntaje final, corresponde al puntaje obtenido en cada sección ponderado por un valor relacionado a la importancia ambiental de la sección.

Tabla 4.1.2. Ponderaciones sección medioambiental

Sección	Ponderación
Administración	12%
Salud y Bienestar	15%
Energía	15%
Transporte	9%
Agua	7%
Materiales	13.5%
Residuos	8.5%
Uso del Suelo y Ecología	10%
Contaminación	10%
Total	100%
Innovación	10%

4.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas

La sección de Energía de la certificación está compuesta por 9 criterios de evaluación:

- Ene 01: Reducción de uso de energía y emisión de carbono
- Ene 02: Monitoreo de energía
- Ene 03: Iluminación externa
- Ene 04: Diseño bajo en carbono
- Ene 05: Energía eficiente en almacenamiento en frío
- Ene 06: Energía eficiente en sistemas de transporte
- Ene 07: Energía eficiente en sistemas de laboratorios
- Ene 08: Energía eficiente en equipos
- Ene 09: Espacio de secado

Dependiendo del tipo de edificio a evaluar, la sección de Energía entrega entre 29 y 35 puntos, donde 5 puntos corresponden a edificios que tienen más de un 10% del espacio destinado a laboratorios.

De los 9 criterios, se estudiara el correspondiente al tema de estudio, considerando el edificio como un edificio de oficinas o habitacional:

- Ene 01: Reducción de uso de energía y emisión de carbono (12 puntos)

4.2.1 Requerimientos Obligatorios o Mínimos

4.2.1.1 Ene 01: Reducción de uso de energía y emisión de carbono

Este requerimiento se enfoca en minimizar la demanda operacional de energía, minimizar el consumo de energía primaria y disminuir las emisiones de CO₂.

Es el requerimiento que más énfasis le da la sección, otorgándole un puntaje máximo de 12. La obtención del puntaje se calcula con respecto a la Relación de Eficiencia Energética para Nuevas Construcciones (EPR_{NC}). El valor de la EPR_{NC} se obtiene del rendimiento de las siguientes tres métricas:

- Demanda de energía para calentamiento y enfriamiento
- Consumo de energía primaria
- Emisiones totales de CO₂.

Estas tres métricas son comparadas una a una con respecto a los estándares de la “regulación nacional de edificación” para obtener un porcentaje de mejoría por métrica. Luego estos porcentajes son comparados con los que se

obtienen del modelo de referencia para obtener una relación de rendimiento para luego ponderarlos por cada métrica y sumarlos para obtener la EPR_{NC} .

A continuación se presenta la distribución de puntaje y los puntajes mínimos en esta categoría para optar a una certificación excelente o sobresaliente.

Tabla 4.2.1.a. Distribución de puntaje c/r a EPR_{NC} .

EPR_{NC}	Puntaje	Estándares Mínimos
0.075	1	Requiere una mejora en el rendimiento progresivamente mejor a las de las regulaciones de construcción nacional relevantes
0.15	2	
0.225	3	
0.30	4	
0.375	5	Excelente
0.45	6	
0.525	7	
0.60	8	Sobresaliente
0.675	9	
0.75	10	
0.825	11	
0.90	12	Cero emisiones netas reguladas de CO ₂

Además este requisito otorga hasta 5 créditos de innovación. Los primeros cuatro puntos se obtendrían al lograr:

- un EPR_{NC} mayor a 0,90 y cero emisiones netas reguladas de carbono. Para lograr estas cero emisiones, se pueden considerar la energía renovable y baja en carbono generada *in-situ* o en instalaciones cercanas.
- El consumo de energía operacional es generado por fuentes de carbono neutral *in-situ* o cercanas al proyecto y utilizadas para cumplir con las demandas no reguladas de sistemas o procesos del edificio. Dependiendo el porcentaje del consumo que se logra de esta forma, se otorgan distintos nivel de puntaje por innovación (tabla 5.2.1.b).

Por último, para logra el quinto punto, es necesario que el edificio sea “*carbon negative building*”, es decir, que genere energía renovable y neutral en carbono y su excedente de demanda generada, se exporte a la matriz nacional para cubrir otras demandas energéticas fuera del proyecto.

Tabla 4.2.1.b. Distribución de puntaje para los créditos de innovación.

Créditos de Innovación	% consumo de energía generado por fuentes de carbono neutral
1	10%
2	20%
3	50%
4	80%
5	100%

4.3 Análisis de la Certificación

4.3.1 Requisitos

Al igual que la certificación chilena, BREEAM considera importante minimizar la demanda y el consumo del edificio. Pero, también, le da una fuerte importancia a las emisiones de CO₂ que genera el edificio.

La exigencia mínima que otorga la certificación para entregar el primer punto corresponde a una reducción del uso de energía y emisión de carbono de un 7,5%. Esto no corresponde a un valor muy alto, convirtiéndose en uno de los mínimos más bajo de las certificaciones estudiadas con respecto a su modelo de referencia.

Por el otro lado, para optar al puntaje máximo de 12 puntos, BREEAM exige una eficiencia energética del 90%. Una reducción muy exigente comparada con las reducciones máximas que exigen las otras certificaciones hasta el momento estudiadas que no piden más de un 50% de reducción. Aunque hay que considerar que cada certificación exige una reducción con respecto a un modelo de referencia determinado por cada certificación.

Los puntajes de innovación también representan una exigencia importante. Para lograr puntos se deben lograr los requisitos mínimos, que uno de estos corresponde a lograr una eficiencia energética del 90% del consumo, demanda de energía y emisiones de carbono.

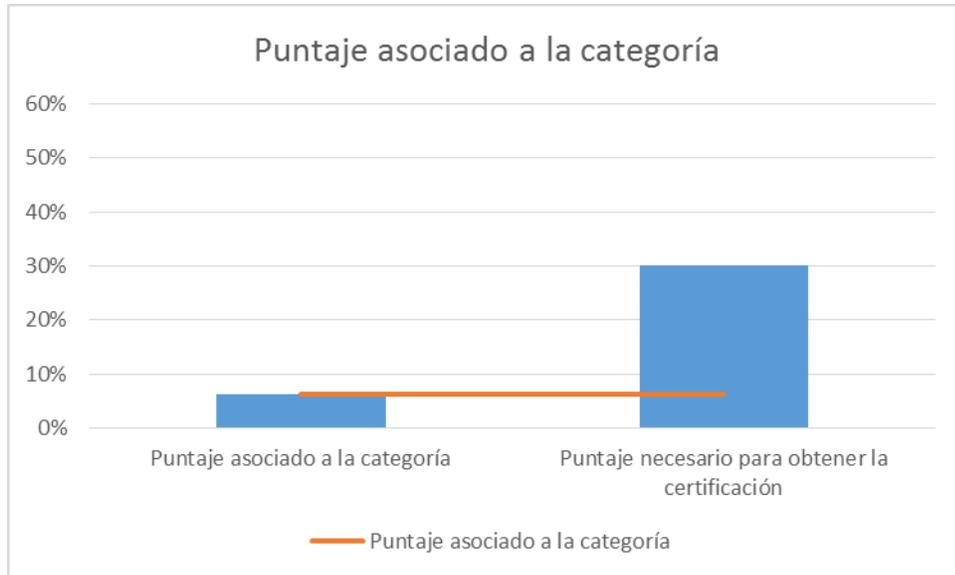
4.3.2 Puntaje

En lo que corresponde al puntaje de la certificación, la relación de rendimiento energético (EPR_{NC}) corresponde a un 41% del puntaje del criterio de Energía.

Y como se mencionó anteriormente, el criterio de energía corresponde al 15% del puntaje de la certificación. Por lo tanto, los 12 puntos que se pueden obtener al reducir el uso de energía y emisiones de carbono corresponden a un 6,15% de la certificación.

Además, los puntos de innovación podrían corresponder a un 0,5% del puntaje de la certificación.

Gráfico 4.3.2. Comparación de puntaje asociado a la categoría y necesario para obtener la certificación BREEAM.



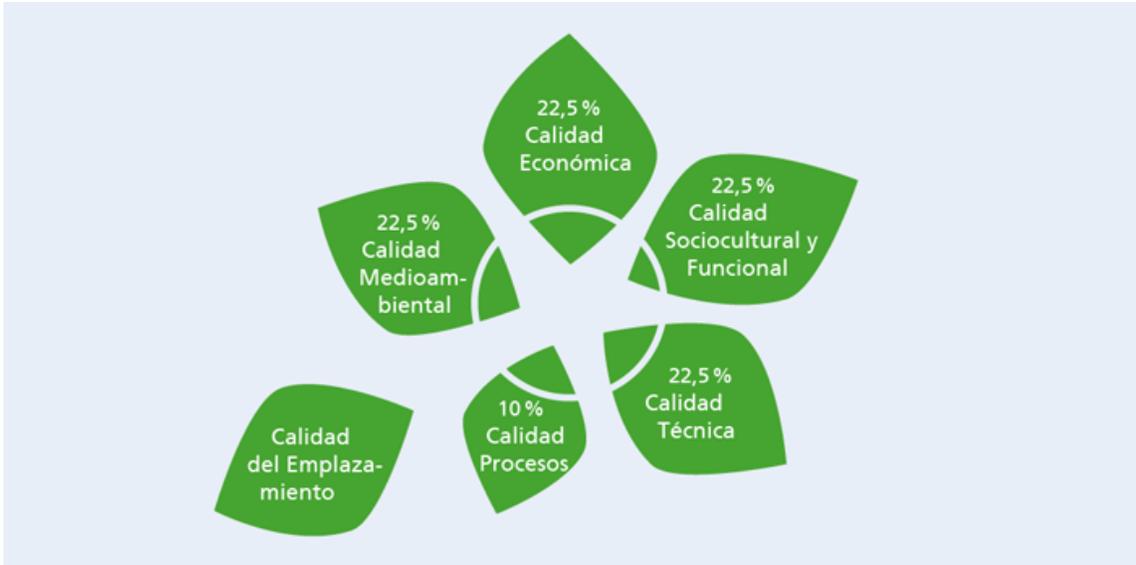
Capítulo 5. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltige Bauen (DGNB)

La DGNB (en español: Sociedad Alemana para la Construcción Sostenible) fue fundada el 2007, por diversos expertos en el área de la construcción e industria inmobiliaria y con la colaboración de distintos organismos del país como el Ministerio de Obras Públicas y Asuntos Urbanos. El programa tiene como objetivo promover activamente la construcción sustentable ofreciendo a los usuarios un óptimo confort y alta calidad de vida.

5.1 Resumen del Certificado

El Sistema de DGNB se destaca por abarcar más allá de los tres pilares del modelo de la sustentabilidad (medioambiental, económico y social). Enfocándose en una evaluación de rendimiento global del proyecto y no de medidas individuales, la certificación cubre todos los aspectos claves de la construcción sustentable, denominados desde ahora como los “apartados de calidad” que corresponden a: aspectos ambientales; económicos; socioculturales y funcionales; tecnología; procesos y lugar de emplazamiento.

Figura 5.1. Apartados de calidad y sus ponderaciones.



Para la evaluación del edificio, la DGNB permite aplicarse tanto a nivel nacional como internacional. Gracias a su flexibilidad puede ser fácilmente adaptado a los distintos contextos geo-políticos de distintos países. Otra facilidad que se destaca en la certificación es el uso de distintos esquemas (requisitos que se deben tener en cuenta para un tipo de edificio específico) para los proyectos que puede hacer variar los factores de puntuación.

Con respecto a la obtención y distribución de puntaje, la DGNB otorga un máximo de 10 puntos de evaluación por cada criterio (correspondiente a los capítulos del criterio de evaluación ^[4]) de si se llega a cumplir con el objetivo. Dependiendo del esquema, la ponderación de puntaje puede variar.

Luego, para obtener la puntuación de los apartados de calidad, se calcula a partir de la puntuación de evaluación obtenida por cada criterio correspondiente y con la ponderación correspondiente. Y por último, la puntuación final del proyecto se calcula a partir de las cinco secciones de calidad (apartados de calidad) en función a su ponderación (Figura 5.1).

Dependiendo de la puntuación, la certificación otorga tres grado de certificados (bronce, plata y oro). Los grados dependen directamente del puntaje total obtenido, pero además se debe conseguir un mínimo para cada una de los apartados de calidad, esto con el objetivo de promover un estándar de calidad uniforme para los edificios.

Grados de Certificado DGNB:

- **Bronce:** puntaje > 50% y puntaje para cada apartado de calidad > 35%
- **Plata:** puntaje > 65% y puntaje para cada apartado de calidad > 50%
- **Oro:** puntaje > 80% y puntaje para cada apartado de calidad > 65%

5.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas

A pesar de que la DGNB no se distribuye en las temáticas más recurrentes de las otras certificaciones estudiadas, como Energía, Salud, etc. Para determinar las exigencias de la certificación con respecto a lo que sería el consumo y demanda de energía del proyecto, se seleccionó el criterio directamente relacionado con el tema:

- Life Cycle Assessment – Primary Energy

5.2.1 Life Cycle Assessment – Primary Energy

Este criterio tiene como objetivo disminuir la demanda general de energía y crear una maximización del uso de energías renovables. Para lograr estos objetivos se debe evaluar todo el requerimiento primario de energía del edificio. Esto incluye las etapas de construcción, operación y cierre o desmantelamiento de la estructura.

La distribución de puntaje viene dada por los resultados obtenidos de los siguientes indicadores comparados con los valores de estos del modelo de referencia:

1. PE_{nren} : Requerimiento de Energía primaria no renovable
2. PE_{tot} : Requerimiento total de Energía primaria
3. Proporción de energía primaria renovable

Los métodos de cálculo de estos indicadores se presentan en la “*General description of the method*” del capítulo estudiado^[4]. Finalmente, estos resultados se comparan con los de los del modelo de referencia obteniendo subpuntos de acuerdo a las siguientes tablas (tablas 6.2.2.a, b y c).

Tabla 5.2.2.a. Asignación de sub-puntos para el indicador de Requerimiento de Energía primaria no renovable (PE_{nren})

SUB-POINTS (SP)	DESCRIPTION
10	$PE_{nren} = 1.4 * PE_{nren,ref}$
20	$PE_{nren} = 1.3 * PE_{nren,ref}$
30	$PE_{nren} = 1.2 * PE_{nren,ref}$
40	$PE_{nren} = 1.1 * PE_{nren,ref}$
50	$PE_{nren} = 1.0 * PE_{nren,ref}$
60	$PE_{nren} = 0.94 * PE_{nren,ref}$
70	$PE_{nren} = 0.88 * PE_{nren,ref}$
75	$PE_{nren} = 0.85 * PE_{nren,ref}$
80	$PE_{nren} = 0.82 * PE_{nren,ref}$
90	$PE_{nren} = 0.76 * PE_{nren,ref}$
100	$PE_{nren} = 0.7 * PE_{nren,ref}$

Tabla 5.2.2.b. Asignación de sub-puntos para el indicador de Requerimiento de Energía total (PE_{tot})

SUB-POINTS (SP)	DESCRIPTION
10	$PE_{tot} = 1.3 * PE_{tot,ref}$
20	$PE_{tot} = 1.1 * PE_{tot,ref}$
30	$PE_{tot} = 0.94 * PE_{tot,ref}$
40	$PE_{tot} = 0.82 * PE_{tot,ref}$
50	$PE_{tot} = 0.7 * PE_{tot,ref}$
60	$PE_{tot} = 0.64 * PE_{tot,ref}$
70	$PE_{tot} = 0.58 * PE_{tot,ref}$
80	$PE_{tot} = 0.52 * PE_{tot,ref}$
90	$PE_{tot} = 0.46 * PE_{tot,ref}$
100	$PE_{tot} = 0.4 * PE_{tot,ref}$

Tabla 5.2.2.c. Asignación de sub-puntos para el indicador de Energía primaria renovable

SUB-POINTS (SP)	DESCRIPTION
5	$PE_{ren} / PE_{tot} = 2\%$
10	$PE_{ren} / PE_{tot} = 4\%$
15	$PE_{ren} / PE_{tot} = 6\%$
20	$PE_{ren} / PE_{tot} = 8\%$
25	$PE_{ren} / PE_{tot} = 10\%$
30	$PE_{ren} / PE_{tot} = 12\%$
35	$PE_{ren} / PE_{tot} = 14\%$
40	$PE_{ren} / PE_{tot} = 16\%$
45	$PE_{ren} / PE_{tot} = 18\%$
50	$PE_{ren} / PE_{tot} = 20\%$

Luego, los checklistpoints (CLP) se calculan con la siguiente formula,

$$CLP = SP_{PE_{ren}} * G_{PE_{ren}} + SP_{PE_{tot}} * G_{PE_{tot}} + SP_{PE_{ren}/PE_{tot}} * G_{PE_{ren}/PE_{tot}}$$

Donde, $G_{PE_{ren}} = 60\%$

$G_{PE_{tot}} = 40\%$

$G_{PE_{ren}/PE_{tot}} = 20\%$

Por último la conversión de los “checklistpoints” a “evaluation points” viene dada de la siguiente forma:

Tabla 5.2.2.d. Conversión de *checklist points* a *evaluation points*

	CHECKLISTPOINTS (CLP)	EVALUATION POINTS
LIMIT VALUE L	10	1
REFERENCE VALUE R	50	5
TARGET VALUE T	100	10

De la tabla anterior se puede apreciar que hay tres niveles de puntuación, Limit Value (L), Reference Value (R) y Target Value (T). Estos nombres no infieren en la puntuación o evaluación de la certificación, pero significan:

- **Limit Value (L):** puntaje mínimo que se obtiene en el criterio.
- **Reference Value (R):** puntaje que se obtiene al cumplir un rendimiento igual al del modelo de referencia.
- **Target Value (T):** puntaje ideal o máximo del criterio.

5.3 Análisis de la Certificación

5.3.1 Requisitos

La DGNB, como se hizo notar anteriormente, es de las certificaciones estudiadas con un sistema de puntaje y distribución de categorías que más difiere con respecto a las otras certificaciones estudiadas.

La certificación entrega puntaje por una mejoría con respecto al modelo de referencia en tres temas.

Primero, con respecto a la demanda de energía primaria no renovable, la certificación entrega el puntaje mínimo 10 sub puntos, si el proyecto utiliza un 40% más que el modelo de referencia. Y otorga el máximo puntaje, 100 sub puntos, si la demanda disminuye un 30% con respecto al modelo de referencia.

Luego, para la demanda de energía total del proyecto, el mínimo de puntos que se pueden obtener son 5 sub puntos que se lograrían a tener una demanda de un 40% mayor que la del modelo de referencia. Se obtendrían los máximos 100 sub puntos si se obtiene una disminución de la demanda en un 60% con respecto al modelo de referencia.

Por último, se exige cubrir la demanda con un 2% de energías renovables para obtener los primeros 5 sub puntos. Mientras que es necesario por lo menos satisfacer un 20% de la demanda con energías renovables para obtener los 50 sub puntos máximos que otorga la DGNB.

5.3.2 Puntaje

El criterio estudiado, que se enfoca en mejorar el rendimiento del edificio con respecto a la demanda de energía de este y el uso de energías renovables, representa un 5,6% del puntaje total de la certificación.

Las distintas exigencias, dentro del capítulo corresponden a:

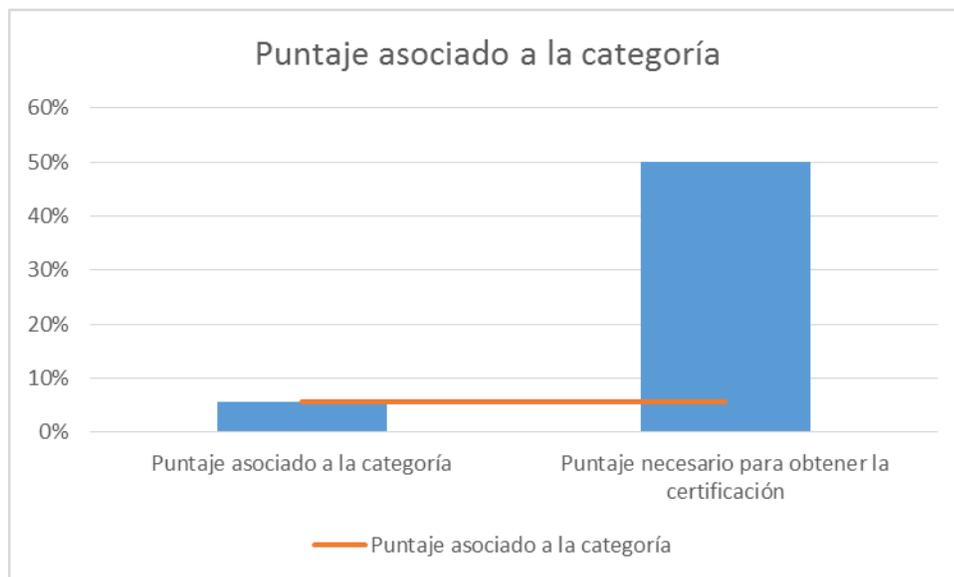
- Reducción de la demanda de energía primaria no renovable corresponde a un 55% del puntaje del capítulo
- Reducción total de la demanda de energía primaria corresponde a un 36% del puntaje total del capítulo

- Proporción de energía renovable utilizada corresponde a un 9% del puntaje del capítulo.

Por lo tanto, del puntaje total de la certificación cada punto indicador vale un 3,08%, 2,02% y 0,5% respectivamente del puntaje total de la certificación.

Aunque se cumpliera con los mínimos exigidos en cada categoría y obteniendo el puntaje máximo en esta categoría no sería suficiente para aprobar la certificación.

Gráfico 4.3.2. Comparación de puntaje asociado a la categoría y necesario para obtener la certificación DGNB.



Capítulo 6. Haute Qualité Environnementale (HQE) ^[5]

6.1 Resumen del Certificado

La certificación HQE está compuesto de 4 categorías que se evalúa a través de un sistema de obtención de estrellas, donde cada categoría otorga hasta 4 estrellas. Las categorías corresponden a:

- Energía
- Ambiental
- Salud
- Confort

Además, para determinar las estrellas, cada categoría está compuesta de prerrequisitos que se deben cumplir y otros requisitos que otorgan puntaje.

HQE otorga 5 calificaciones, dependiendo de la cantidad de estrellas obtenidas.

Tabla 6.1.1. Calificaciones HQE

Calificación	Descripción
Pasa	0 estrellas + todos los prerrequisitos
Bueno	1 a 4 estrellas + todos los prerrequisitos
Muy Bueno	5 a 8 estrellas + todos los prerrequisitos
Excelente	9 a 11 estrellas + todos los prerrequisitos
Excepcional	12 o más estrellas donde por lo menos 3 estrellas en la categoría de energía + todos los prerrequisitos

6.2 Requerimientos y Exigencias Energéticas

La categoría de Energía se encuentra estructurada en 3 casos. Para el caso de edificios no residenciales y no almacenes frigoríficos se pueden optar hasta un total de 45 puntos entre todas las categorías.

Las categorías del capítulo corresponden a:

- Reducción de la demanda energética a través del diseño arquitectónico (4 puntos)
- Reducción del consumo de energía primaria (33 puntos)
- Reducción de emisiones contaminantes a la atmosfera (8 puntos)

La certificación HQE también exige una evaluación por categoría que permiten evaluar el rendimiento del proyecto con respecto al tema específico de la categoría. Para esta categoría, la evaluación y el resultado obtenido son los siguientes.

Tabla 6.2.a. Evaluación categoría de Energía

Objetivo	Evaluación
PR	Cumple con los prerequisites
Eficiente	Cumple con los prerequisites + $\geq 30\%$ de los puntos (14) con 5pts correspondiente a la exigencia 4.2.1
Muy Eficiente	Cumple con los prerequisites + $\geq 50\%$ de los puntos (14) con 6pts correspondiente a la exigencia 4.2.1

**Exigencia 4.2.1 corresponde a la categoría de "Reducción del consumo de energía primaria" que busca disminuir el consumo de energía ligado al confort de los usuarios [5]*

Por último, la obtención de las estrellas para esta categoría viene determinada de la siguiente forma:

Tabla 6.2.b. Distribución de otorgación de estrellas para la categoría de Energía

Estrellas	Descripción
1	≥ 14 puntos
2	≥ 14 puntos con un mínimo de 6 puntos en la exigencia 4.2.1
3	≥ 23 puntos con un mínimo de 6 puntos en la exigencia 4.2.1
4	≥ 23 puntos con un mínimo de 20 puntos en la exigencia 4.2.1

**Exigencia 4.2.1 corresponde a la sección de "Reducción del consumo de energía primaria" que busca disminuir el consumo de energía ligado al confort de los usuarios*

Finalmente, con respecto a este trabajo, se considerara él estudió de las primeras dos categorías, puesto que no se está trabajando en las exigencias con respecto a la contaminación ambiental.

6.2.1 Requerimientos Obligatorios o Mínimos

6.2.1.1 Reducción de la Demanda Energética a través del diseño Arquitectónico

Para edificios no habitacionales y a la vez que no cumplan la función de almacenes frigoríficos, esta categoría está compuesto de un prerrequisito y otro requisito que otorga hasta 4 puntos.

En el prerrequisito, la HQE apela a mejorar las aptitudes del edificio para reducir la demanda energética. Para cumplir con lo exigido se pide justificar la concepción bioclimática del edificio.

Para poder justificar lo exigido se pide disminuir las necesidades energéticas (calentamiento, enfriamiento, iluminación, etc.) a través de cálculos con ayuda de algún software de Simulación Térmica Dinámica. Además, se pide presentar un informe con una explicación del diseño del proyecto (orientación, volumetría, etc.) en función del contexto y actividad de las habitaciones.

Los puntos que otorga este criterio con respecto al diseño arquitectónico corresponden a un mejoramiento de la permeabilidad al aire de la envolvente.

Los primeros 2 puntos se obtienen justificando y satisfaciendo las medidas tomadas para limitar las infiltraciones en la envolvente.

Los últimos 2 puntos vienen dados por: primer punto corresponde a una expresión del valor índice objetivo de permeabilidad de aire medida conforme a

la norma ISO 9972. El segundo punto se obtiene si se tiene un valor de permeabilidad menor o igual a los valores de la siguiente tabla.

Tabla 6.2.1.a. Valores máximo admitidos de permeabilidad del aire

Sector	Permeabilidad del aire [m ³ /(h.m ²)]
Oficinas, hoteles, servicio de comidas, educación, establecimientos santarios, comercios pequeños	1.7
Otros usos	3.0

6.2.1.2 Reducción del consumo de energía primaria

Correspondiente a la categoría que más puntaje otorga del capítulo de energía. El prerrequisito de esta sección exige:

Justificar los principios constructivos y los equipos implementados y también lograr un ahorro de la demanda de energía en un 10% con respecto a un consumo de referencia.

Para el cálculo de ahorro de energía se utilizara un Modelo Dinámico de Simulación considerando los siguientes factores de consumo de energía.

- Calentamiento
- Enfriamiento
- Servicio de calentamiento de agua
- Ventilación
- Luz artificial

Luego, para un rendimiento de la demanda de la energía mayor al 10% de los prerequisites se entrega la siguiente distribución de puntaje:

Tabla 6.2.1.b: Distribución puntaje con respecto a la demanda de energía

Rendimiento ganado	Puntaje
20%	5
30%	6
40%	7
50%	8
60%	9
70%	10
80%	15
Edificio de energía positiva	20

Edificio de energía positiva (*Bâtiment à énergie positive*) corresponde a un edificio que produce más energía de la que consume para su funcionamiento. Esta diferencia de consumo y generación positiva se considera, por lo menos, en un periodo de un año.

Otro punto que le toma importancia la certificación es con respecto al ahorro que se puede generar en la iluminación no relacionada con el confort visual de los usuarios.

Para esto, la HQE otorga puntaje para medidas justificadas y satisfactorias que limiten el consumo de energía, sea tanto como disminución de la potencia o una mejor gestión de la iluminación artificial.

Tabla 6.2.1.c, Otorgación de puntaje correspondiente al control de consumo de distintos sistemas de iluminación

Iluminación	Puntaje
de seguridad	1
relacionados a procesos de equipos	1
en énfasis a objetos y bienes	2
de estacionamientos	2
exterior	2

Con respecto a la utilización de energías renovables, la HQE exige un estudio de la factibilidad en los usos de energías renovables para el proyecto. También, dependiendo de las necesidades energéticas totales, calentamiento, enfriamiento, iluminación y calentamiento del agua que son satisfechas por este tipo de energía, la certificación otorga la siguiente distribución de puntaje:

Tabla 6.2.1.d. Distribución de puntaje correspondiente al consumo satisfecho a través de energías renovables

Consumo satisfecho por Energías Renovables	Puntaje
10%	1
20%	2
30%	3
40%	4

6.3 Análisis de la Certificación

6.3.1 Requisitos

La HQE otorga puntaje tanto para una mejoría del rendimiento de la demanda como del consumo del edificio.

La certificación se enfoca en la concepción arquitectónica para reducir la demanda energética. Correspondiente a un mejoramiento de la demanda, la certificación otorga hasta 4 puntos. Estos puntos son otorgados al mejorar la permeabilidad del a envolvente, pero a diferencia de las otras certificaciones no exige una reducción de la demanda con respecto a un modelo de referencia.

Con respecto al consumo de energía, la certificación francesa exige una ganancia mínima del rendimiento del consumo de la energía en un 10% y recién con una mejora del rendimiento en un 20% otorga el puntaje mínimo de 5 puntos. La máxima puntuación que se puede aspirar es de 20 puntos, que se logra al obtener un edificio a energía positiva.

Finalmente, la HQE otorga puntaje si algún porcentaje de las necesidades del edificio son cubiertas por energías renovables. Es necesario cubrir un 10% con energías renovables para obtener el primer punto y por lo menos un 40% para obtener la totalidad de los 4 puntos.

6.3.2 Puntaje

Suponiendo que los prerrequisitos se logran, el proyecto ya pasaría la evaluación.

Logrando el puntaje máximo en reducción de energía y uso de recursos de energía renovables, se obtendrían 24 puntos. Esto corresponde a un 53% de la categoría “Energía” y suficiente puntaje para obtener las 4 estrellas de la categoría. Y con estas 4 estrellas se pasaría la certificación con una calificación de bueno.

Capítulo 7. Modelos de Referencia

7.1 CES

La Certificación de Edificio Sustentable utiliza un sistema de evaluación prestacional a través de un edificio de referencia, generado en base a distintos factores, tales como ubicación, uso y forma del mismo edificio en evaluación, utilizando un conjunto de condiciones de referencia para transmitancia, factor solar modificado, sistemas de control, etc.

El apéndice 9 de la certificación CES ^[1] presenta con detalle las distintas exigencias explicadas a continuación para cumplir con los modelos.

Este método difiere al de utilizar un Comportamiento Energético de Referencia o CE_R, que según la norma europea EN 15217 corresponde al comportamiento energético alcanzado por el 50% de la edificación existente.

Este método prestacional, permite así prescindir de una base de datos del comportamiento energético de edificios existentes o el caso cuando la comparación con otros edificios existentes no es posibles por aspectos particulares.

Ahora, esta evaluación busca cuantificar la reducción (o aumento) de los siguientes aspectos:

- La demanda energética para calefacción, enfriamiento e iluminación, debido a las características arquitectónicas y constructivas del edificio.
- El consumo final de energía del edificio, debido a las características de los equipos.

La certificación permite utilizar una planilla de cálculo desarrollada con el programa Microsoft Excel 2010 y dispuesta por el sistema de certificación, o el uso de algún programa de simulación donde se pueda modelar como mínimo, lo siguiente:

- Todas las horas del año.
- Variaciones horarias en ocupación; iluminación; seteo de termostatos; equipos misceláneos; operación del sistema de climatización y agua caliente sanitaria, definidos separadamente para cada día de la semana.
- Efecto de la inercia térmica.
- Al menos diez zonas térmicas.
- Curvas de comportamiento a carga parcial para equipos mecánicos.
- Curvas de corrección de la eficiencia y capacidad para equipo mecánicos de climatización.

La certificación hace una separación de la evaluación de la demanda de energía y de la evaluación de consumo de energía, esto con el objetivo de incentivar las “estrategias pasivas” del diseño arquitectónico con las “estrategias activas” de las instalaciones.

El objetivo de la evaluación de la demanda es verificar la reducción de la demanda de energía para calefacción, enfriamiento e iluminación de los recintos interiores a través del diseño arquitectónico.

Mientras que la evaluación del consumo de energía considera la evaluación de los consumos de energía en iluminación artificial, calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente sanitaria y en general todos los consumos finales del edificio. Para la comparación del consumo de energía del edificio “objeto” con el de referencia, ambos modelos presentan las mismas

características arquitectónicas, por lo tanto, ambos modelos presentan la misma demanda de energía.

Para la evaluación de la demanda, el modelo de referencia debe presentar los siguientes requerimientos:

- **Clasificación de espacios:** se obtienen del Apéndice 1 de la certificación
- **Zonas o Bloques térmicos:** se diferencian las zonas cuando operan con un sistema de climatización distinta, un sistema de uso distinto, poseen orientaciones distintas o se trata de la planta de contacto, la de cubierta o la tipo.
- **Horarios, cargas internas, termostatos, tasas de ocupación y tasas de ventilación e infiltración:** iguales a las del edificio objeto. Con una tasa de infiltración de 0,5 RAH (Renovaciones de Aire Hora) en condición normal.
- **Diseño del edificio:** misma características al edificio objeto, pero se ponderaran los resultados al simular el edificio orientado como el proyecto y luego rotándolo 90°, 180° y 270°.
- **Envolvente Térmica:** debe poseer las mismas dimensiones a las del edificio objeto. La transmitancia térmica, factor de sombra y transmitancia de luz visible depende de la zona climática. Además de otros detalles como el acristalamiento, lucernarios, etc, que se encuentran detallados en el Apéndice 9.

Para la estimación de los consumos de energía se utilizaran las características de transmitancia térmica, factor solar modificado, orientación y tamaño de ventanas, y en general cualquier característica arquitectónica del proyecto en el modelo de referencia. Para luego estimar el consumo del modelo de referencia, cumpliendo con los siguientes requerimientos:

- **Calefacción y Refrigeración:** No se considera elementos de control. Para calefacción, dependiendo de la zona climática el rendimiento varía (100%, 85% o 55%). Para la refrigeración se utilizara un sistema por cada bloque térmico en base a una Unidad Manejadoras de Aire con un coeficiente de rendimiento de 2,8 nominal.
- **Agua Caliente Sanitaria:** No se considera elementos de control. Se considera en base a caldera con un rendimiento nominal de 85%.
- **Ventilación mecánica:** No se considera elementos de control. Se calcula el caudal de aire fresco de acuerdo al Apéndice 5 de la certificación.
- **Iluminación:** No se considera sistemas de control. La potencia instalada se define según el método de espacio (Apéndice 14 de la CES) y de acuerdo al horario de uso del espacio (Apéndice 1 de la CES).
- **Otros Consumos:** debe representar un 25% del consumo energético total del edificio.
- **Energías Renovables No Convencionales (ERNC):** No se considera uso de sistemas de ERNC.

7.2 LEED

Para obtener el rendimiento del edificio, la certificación LEED compara el rendimiento del modelo del proyecto con el rendimiento de un modelo base (*baseline building performance*).

El cálculo de los dos modelos se realiza de acuerdo al Apéndice G del ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 “Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings” [6], [7]. Esta norma tiene como objetivo establecer los requerimientos mínimos para la envolvente, HVAC (Sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado), sistema de distribución de energía. Iluminación y otros equipos.

El Apéndice G tiene como objetivo de valorar la eficiencia energética del proyecto que excede con los requerimientos de este estándar. Por lo tanto, uno de los requisitos que exige el apéndice es de cumplir con los requerimientos del Standard 90.1 (secciones 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4 y 10.4).

El rendimiento mejorado del proyecto se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de mejoría} = 100 * \frac{\text{Rendimiento edif base} - \text{Rendimiento proyecto}}{\text{Rendimiento edif base}}$$

Para el cálculo del rendimiento de los dos modelos, se debe utilizar el mismo programa de simulación, los mismos datos de tiempo y clima y los mismos valores de energía. Además, el programa de simulación debe estar basado en el análisis del consumo de energía en edificios y debe cumplir con los siguientes mínimos:

- 8760 horas por año.

- Variaciones horarias en ocupación, potencia de iluminación, potencia de equipos misceláneos, ajustes del termostato, sistema de operación de calefacción y refrigeración.
- Efectos de masa térmica.
- Diez o más zonas térmicas.
- Curvas de comportamiento a carga parcial de los equipos mecánicos.
- Curvas de correcciones de capacidad y eficiencia para calefacción mecánica y equipos de refrigeración.
- Economizadores de aire con control integrado.

Como se mencionó anteriormente, la certificación LEED mide el rendimiento del consumo energético del proyecto. Es por esto, muy parecido a la CES, el modelo del edificio base presenta un diseño a nivel arquitectónico con muy pocas variables con respecto al modelo del proyecto y las principales diferencia para medir el consumo se ven en las instalaciones.

Considerando los requerimientos mínimos que exige la Standard 90.1, los requerimientos del modelo base son las siguientes:

- **Diseño del edificio:** el modelo base debe presentar un diseño idéntico al modelo del proyecto.
- **Clasificación de uso del espacio:** igual al modelo del proyecto.
- **Horarios:** igual al modelo del proyecto.
- **Envolvente:** igual al modelo de proyecto. Pero, con algunas excepciones como, por ejemplo: simular el modelo base orientado al igual que el modelo del proyecto y luego rotarlo en 90°, 180° y 270° para luego promediar los resultados, o alguna características de transmitancia para el techo, ventanas, etc.

- **Iluminación:** la potencia de iluminación utilizada debe seleccionarse utilizando las mismas categorías (función del área) que el modelo del proyecto y con una potencia igual al máximo permitido en la Standard 90.1, sección 9.2. También, la iluminación debe presentar los controles automáticos y manuales establecidos en la sección 9.4.
- **Zonas o Bloques térmicos:** igual al modelo del proyecto.
- **Calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC):** el sistema HVAC debe ser igual al especificado, cumpliendo con los requerimientos de la sección G3.1 de la ASHRI Standard 90.1.
- **Servicio de sistema de aguas calientes:** Debe usar la misma fuente de energía que el modelo del proyecto y cumplir con las normas obligatorias especificadas en la sección 7.4 de la Standard 90.1. Además, el consumo del servicio de agua caliente debe ser calculado explícitamente basado en el volumen de agua caliente requerido y la temperatura de agua caliente de salida.
- **Otras cargas:** otras cargas, tales como equipos misceláneos deben ser modelados como en el caso del modelo del proyecto, incluyendo horarios de operación y control del equipo.
- **Condiciones Externas:** igual al modelo del proyecto.

7.3 BREEAM

Aunque el BREEAM exige el uso de un software, aprobado por la National Calculation Methodology (NCM), para modelar y calcular la eficiencia energética del edificio, la comparación se hace, como en el caso de las certificaciones anteriores, con un modelo de referencia.

De acuerdo a la metodología del capítulo *“Ene 01 Reduction of energy use and carbón emissions”* [3], la certificación pide comparar el rendimiento del proyecto con un modelo de referencia *“the relevant national building regulations compliant standard”*. Los datos o especificaciones del modelo se obtienen de las normas de construcción de los distintos países del Reino Unido, por ejemplo en Inglaterra se obtienen de la *“Statutory Instruments 2010 No.2214 –Building and Buildings”* y la *“Approved Document Part L2A 2010 Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings, 2013 edition”*.

Por lo tanto, el modelo de referencia presenta el mismo tamaño, forma, orientación y sombreado que el modelo del proyecto. Además de presentar las mismas actividades, zonas y afectado con el mismo clima, pero con propiedades pre determinadas para la fabricación, montaje y servicios, determinadas en la *“Statutory Instruments 2010 No.2214”*.

Además, de acuerdo al *“Approved Document Part L2A 2010 Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings, 2013 edition”* se obtiene la Tasa de Emisión Tope de CO₂ (TER). La TER es el rendimiento mínimo de energía requerida para un edificio nuevo de referencia calculado por una metodología o proceso aprobado por el Secretario de Estado, de acuerdo a la *“Regulación de Edificios, requerimiento 25”*. Este valor se expresa en masa de CO₂ emitidas por año por metro cuadrado del total de la superficie útil del edificio.

Entonces, del modelo de referencia se obtienen los siguientes valores:

- Demanda de energía referencial del edificio para calefacción y refrigeración.
- Consumo de energía primaria referencial.
- Tasa de Emisión Tope (TER).

Estos valores se comparan con los obtenidos del modelo del proyecto:

- Superficie del edificio
- Demanda de energía del edificio para calefacción refrigeración
- Consumo de energía primaria.
- Tasa de Emisión del Edificio (BER)*

* La Tasa de Emisión del Edificio, se calcula con el mismo método, aprobado por el Secretario de Estado, utilizado para calcular el TER, pero con las configuraciones del edificio del proyecto.

7.4 DGNB

Como se mencionó en el capítulo de la DGNB (capítulo 6), la certificación exige una mejoría en el requerimiento energético o demanda energética con respecto a un modelo de referencia. Es decir, una disminución de la demanda de energía primaria no renovable, la energía primaria total y además premia la utilización de demanda suministrada por energías renovables.

A diferencia de otras certificaciones, la DGNB mide la energía demandada por el proyecto durante su periodo de uso (operación) y la energía demandada para su construcción y desmantelamiento o cierre del edificio.

Para el modelo del edificio de referencia, la certificación presenta en el Apéndice 1 del capítulo “*ENV2.1 Lyfe Cycle Assessment – Primary Energy*”^[4] de los criterios de evaluación de la certificación DGNB, los valores de referencia a utilizar para el modelo. Los siguientes valores se pueden encontrar en el apéndice:

- **Requerimientos de operación y usuarios:**

Especifica las horas de uso dependiendo del tipo de espacio que va a cumplir la zona. Además de la cantidad de personas en el área, temperatura descargada por los usuarios y equipos; las horas de uso de sistemas HVAC, iluminación, aguas calientes y máximos y/o mínimas como iluminación, humedad, intercambio de aire fresco y temperaturas.

- **Característica de la envolvente del edificio:**

Entrega los distintos coeficientes de transmisión de calor, conductividad térmica, transmisión de luminosidad, etc. dependiendo del tipo de elemento de la envolvente (muro exterior, tejado de vidrio, puerta exterior, cúpula, ventanas, etc.)

- **Servicios Técnicos (HVAC e iluminación):**

Presenta las características y/o especificaciones técnicas que deben tener los sistemas de iluminación (por ejemplo uso de tubos fluorescentes), los generadores de calefacción, la potencia de los ventiladores para el aire acondicionado, el sistema central de agua caliente y el sistema de refrigeración de la habitación.

- **Demanda de zonificación térmica:**

Las zonas térmicas se diferencian al momento de presentar, en la envolvente, distintas: propiedades físicas, temperaturas o diferencia en el caudal de aire mecánico.

7.5 HQE

A pesar de que la HQE otorga puntaje al tratar de reducir la demanda y consumo de energía, solo exige una ganancia con respecto a un consumo de referencia.

Para la demanda solo pide una justificación del diseño y arquitectura del proyecto (orientación, volumetría de la estructura, etc) y lograr una permeabilidad máxima, como se mencionó en el capítulo 6, a través del cálculo de la norma internacional *ISO 9972 Thermal Performance of Buildings – Determination of air permeability of building – Fan pressurization method*.

En cambio, para la reducción del consumo se pide una reducción con respecto a un consumo de referencia con la ayuda de una “*Simulación Térmica Dinámica*”. Este consumo de referencia corresponde al consumo indicado en las reglamentaciones, si existen, como la “*RT 2005 – Reglementation Thermique 2005*”^[8] para el caso de Francia en edificios habitacionales o a través de un consumo promedio para el tipo de edificios (oficina, comercio, universidad, etc.).

En casos de que sea difícil tener u obtener estos datos de consumo promedio, la certificación permite proponer algún método para estimar este promedio de consumo.

Por lo tanto, a diferencia de las otras certificaciones, la HQE no exige el diseño de un modelo de referencia y solo pide modelar el edificio de proyecto y que cumpla con los requisitos de consumo de las reglamentaciones o el promedio de consumo del tipo de edificio.

7.6 Análisis Comparativo

Comparando los casos de las cinco certificaciones se puede apreciar que CES con LEED son las que presentan mayor similitud entre ellas. Un caso en que se aprecia esta similitud se aprecia al ver los mínimos con los que debe contar el programa de simulación, donde para ambos casos piden las mismas condiciones

La mayor diferencia consiste en que CES exige dos modelos de referencia, para lograr una referencia de demanda y otra de consumo energético. En cambio, LEED solo exige un modelo de referencia para poder determinar un rendimiento del consumo.

Ahora, si se considera solo los modelos para determinar el consumo energético. Ambos modelos presentan las mismas configuraciones con respecto a la arquitectura del modelo, teniendo un diseño, horarios y clasificación del espacio igual a la del modelo del proyecto. La única diferencia vendría siendo al momento de configurar la envolvente, donde LEED pide además que se realice un promedio de los resultados al generar el modelo orientado como el original y luego rotándolo en 90°, 180° y 270°.

Con las instalaciones, hay más diferencias que en la configuración arquitectónica. Para los dos casos se presentan características determinadas para la calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación y agua caliente. En el caso de LEED se presentan más detalles o propiedades pre determinadas para casos más específicos que CES.

Ahora, con respecto a la DGNB, a diferencia del LEED, trabaja midiendo la demanda energética del proyecto. Comparando el modelo de referencia de la DGNB con el modelo de referencia de la demanda energética de la CES se puede

apreciar que la principal diferencia que hay entre estos modelos reside en que para el caso de la certificación alemana, los horarios de uso, cargas internas y tasas de ocupación, ventilación y calefacción/refrigeración vienen determinadas del apéndice 1 del capítulo “ENV2.1 – Life Cycle Assessment – Primary Energy”^[4] y no necesariamente presentar la misma configuración que la del modelo del proyecto como en el caso de la certificación chilena.

Con respecto a la envolvente y el sistema HVAC y de iluminación, ambos presentan características o propiedades predeterminadas que debe tener el modelo de referencia, pero con la diferencia que la DGNB presenta más exigencias al considerar con más detalles o diferenciando superficies de la envolvente o en el caso del sistema de HVAC depende del tipo de sistema que se utilice para el proyecto, presentando datos o propiedades estandarizados para ese sistema.

Ahora, con respecto a la certificación BREEAM, la principal diferencia del modelo de referencia con los modelos de las tres certificaciones comentadas anteriormente consiste en que BREEAM mide la demanda energética para refrigeración y calefacción, el consumo de energía y las emisiones.

El modelo de referencia británico presenta las mismas características de dimensiones, orientación y sombreado que el proyecto tipo. Lo que varía de las características arquitectónicas con respecto al modelo del proyecto corresponde a las características de la envolvente, predeterminadas por las regulaciones de edificación nacional al igual que los sistemas de iluminación, HVAC y agua caliente.

Finalmente, la certificación HQE es la más distinta de las cinco certificaciones en cuanto a este capítulo. La HQE no utiliza un modelo de referencia para determinar un consumo de referencia. Un programa de

modelamiento se utiliza para determinar el consumo esperado del proyecto que luego se compara con alguna reglamentación, si existe para el tipo de edificio, o a través del consumo promedio de energía del tipo de edificio.

Capítulo 8. Zonas Climáticas

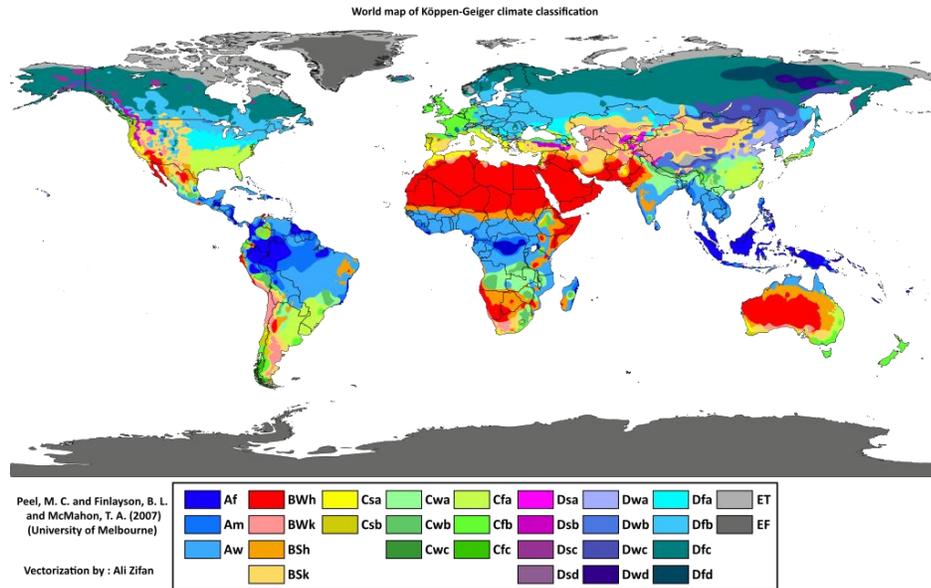
Un factor importante en el uso de energía corresponde a la influencia climática de la zona.

La zona en que se encuentre el proyecto va influir en el uso de la iluminación, calefacción, refrigeración, etc. Por lo tanto, es necesario hacer un análisis del tipo de clima que afecta los distintos países de las certificaciones a comparar y ver si hay zonas similares y así lograr una comparación más justa entre las certificaciones.

Para encontrar esta relación o similitudes climáticas entre los distintos países se utilizó la clasificación climática de Köppen ^[9].

La clasificación climática de Köppen consiste en una clasificación global que identifica el clima en todo el globo. El sistema se basa en concepto donde la vegetación nativa es la mejor expresión del clima, pero que además considera las medias de temperatura precipitaciones anuales, mensuales y estacionales de la zona.

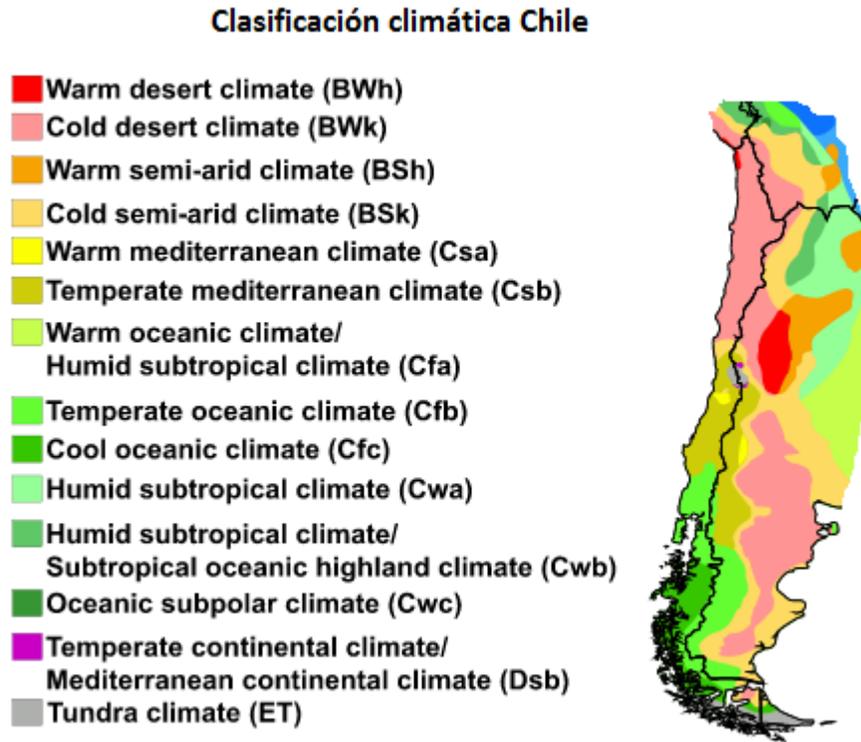
Figura 8.a. Clasificación climática de Köppen



7.1 Zonas Climáticas en Chile

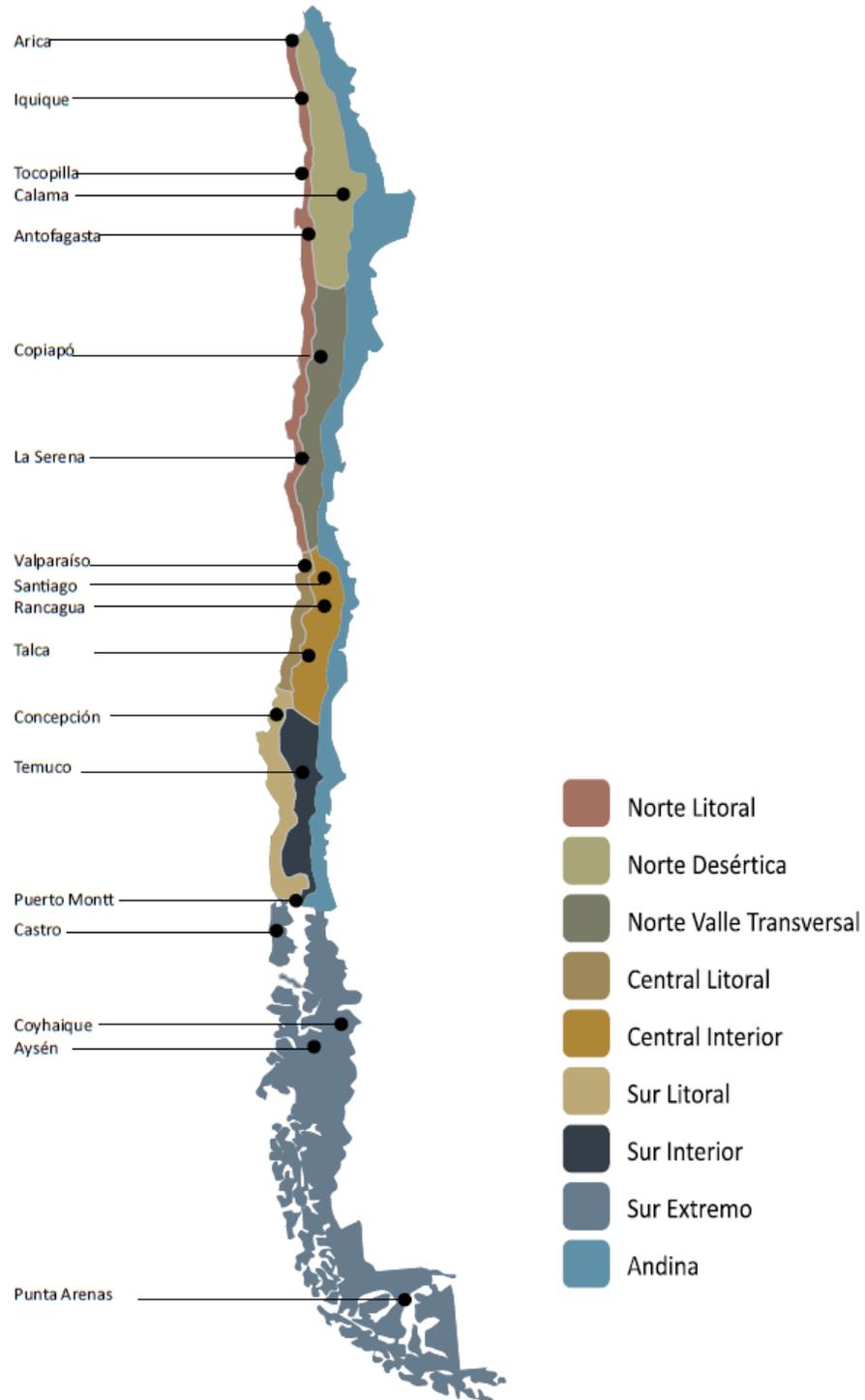
De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, Chile presenta tres tipos principales de zonas climáticas. El norte, hasta entre Copiapó y La Serena, presenta un clima desértico frío (BWh). La zona central, hasta Temuco, presenta un clima mediterráneo templado (Csb). Por último, el sur presenta un clima oceánico templado (Cfb), cambiando a oceánico fresco (Cfc) a la altura de Coyhaique.

Figura 8.1.a Clasificación climática de Köppen de Chile



También, hay que destacar que la CES, como se dijo anteriormente, dividió el país en 9 zonas climáticas. Esta zonificación se adaptó de la NCh 1079:Of.2008 “Arquitectura y construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico”.

Figura 8.1.b División en zonas de Chile de acuerdo a la certificación CES



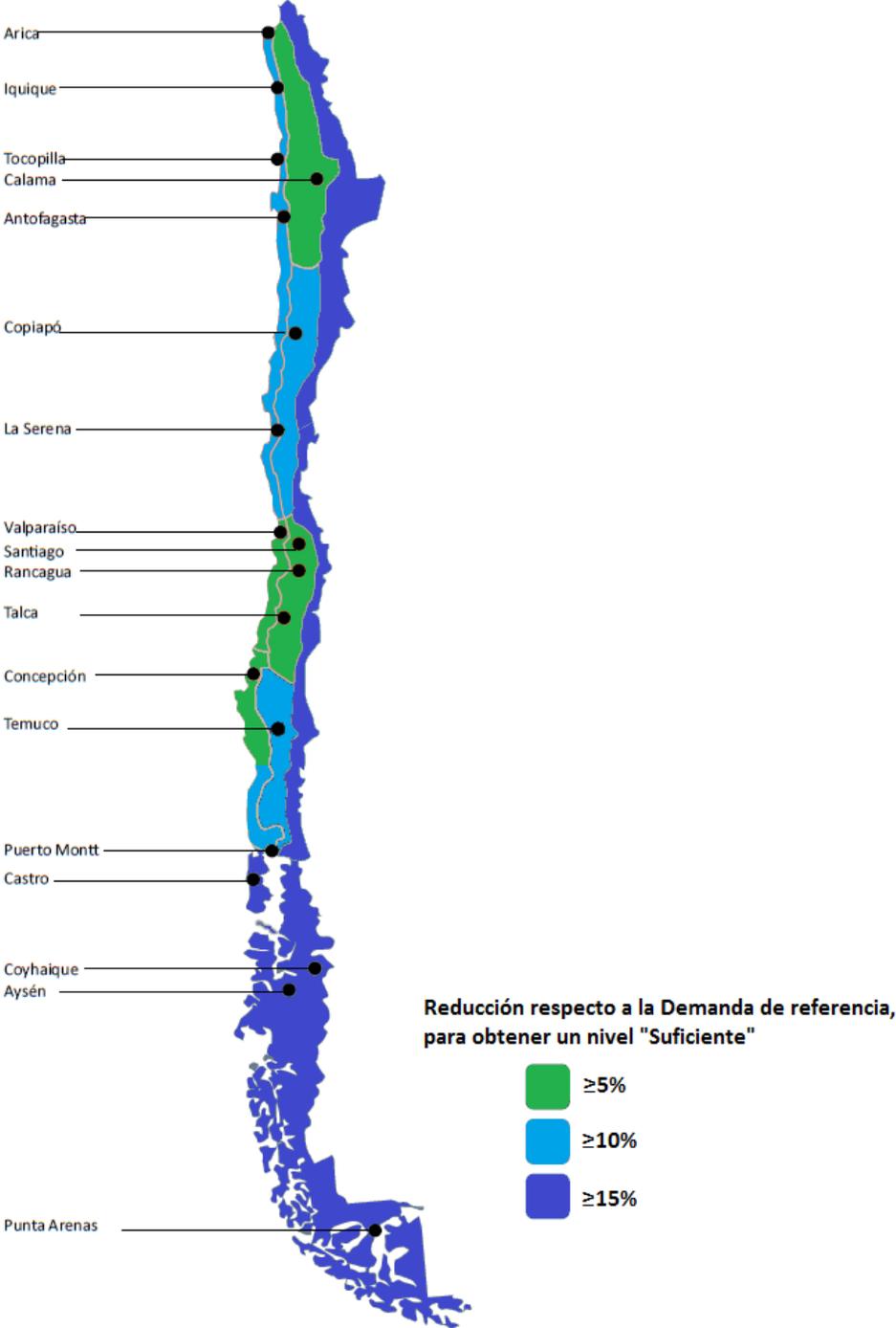
Como se mencionó en el capítulo de la certificación CES (capítulo 2), la disminución de consumo requerida por la certificación no varía con respecto a la zona donde se ubicaría el proyecto. Pero, en lo que consiste como demanda de energía, la CES hace una diferenciación de las exigencias dependiendo de la zona. A continuación se presenta el porcentaje de ahorro en la demanda que se exige para tener un nivel suficiente en demanda de energía.

Finalmente, considerando la zonificación climática de Köpper, con los requerimientos de reducción de la demanda de energía exigida por la certificación se puede concluir que:

Para el clima mediterráneo templado, se exige una reducción de un 5%. En esta zona se ubican ciudades como Santiago, Talca, Concepción, etc.

Para el clima oceánico templado, la certificación exige una reducción de un 10% de la demanda de energía. Y en esta zona se ubica por ejemplo la ciudad de Valdivia.

Figura 8.1.c Reducción mínima de la demanda energética de acuerdo a la certificación CES

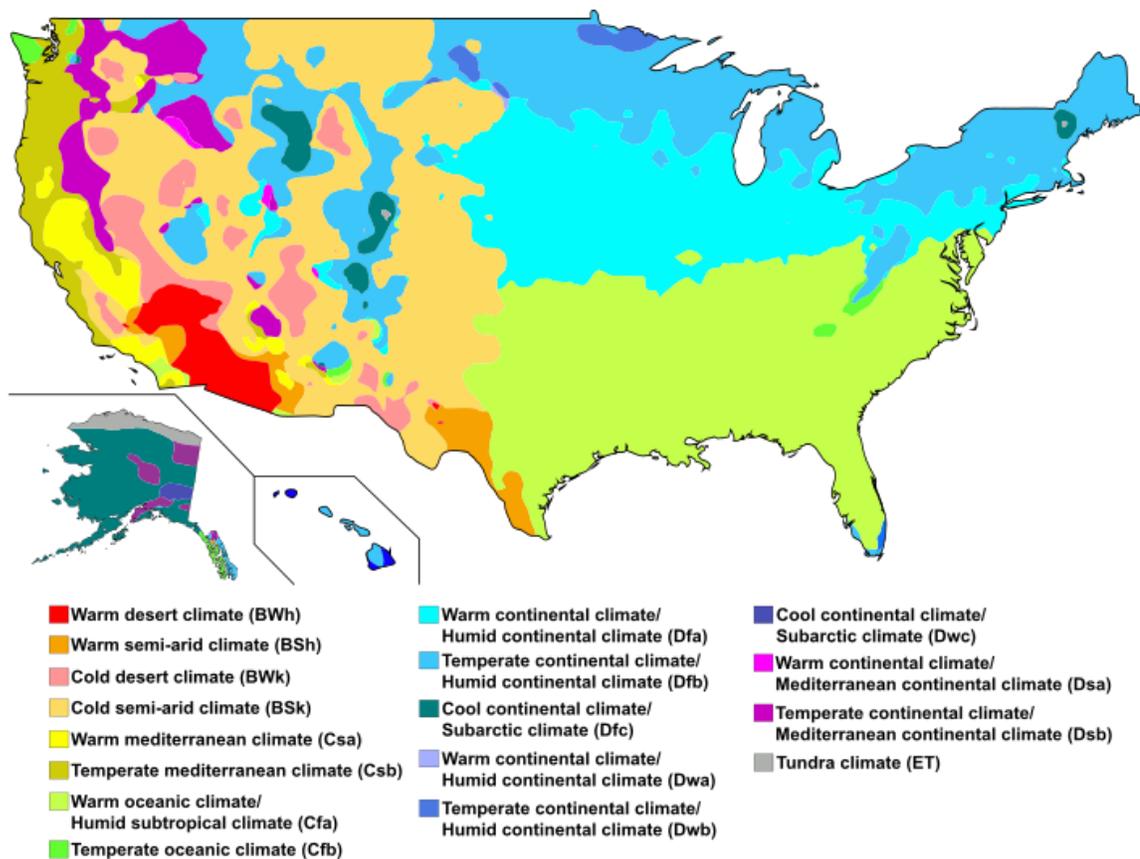


8.2 Zonas Climáticas en Estados Unidos

Estados Unidos, de las certificaciones estudiadas, corresponde al país con la mayor superficie y al mismo tiempo, el que presenta una mayor variedad de climas en su territorio.

Figura 8.2.a Clasificación climática de Köppen de EEUU

United States map of Köppen climate classification



Como se puede apreciar en la figura del mapa de EEUU y ya sabido el tipo de clima que hay a lo largo de Chile, se llegó a la conclusión que la zona de la costa pacifico, estados de California, Oregon y Washington, es la más similar a las zona centro y sur de Chile con climas mediterráneos templados y oceánicos templados.

8.3 Zonas climáticas en Europa

Las tres certificaciones restantes corresponden a los países de Alemania, Francia y Reino Unido, todos ubicados en el continente de Europa.

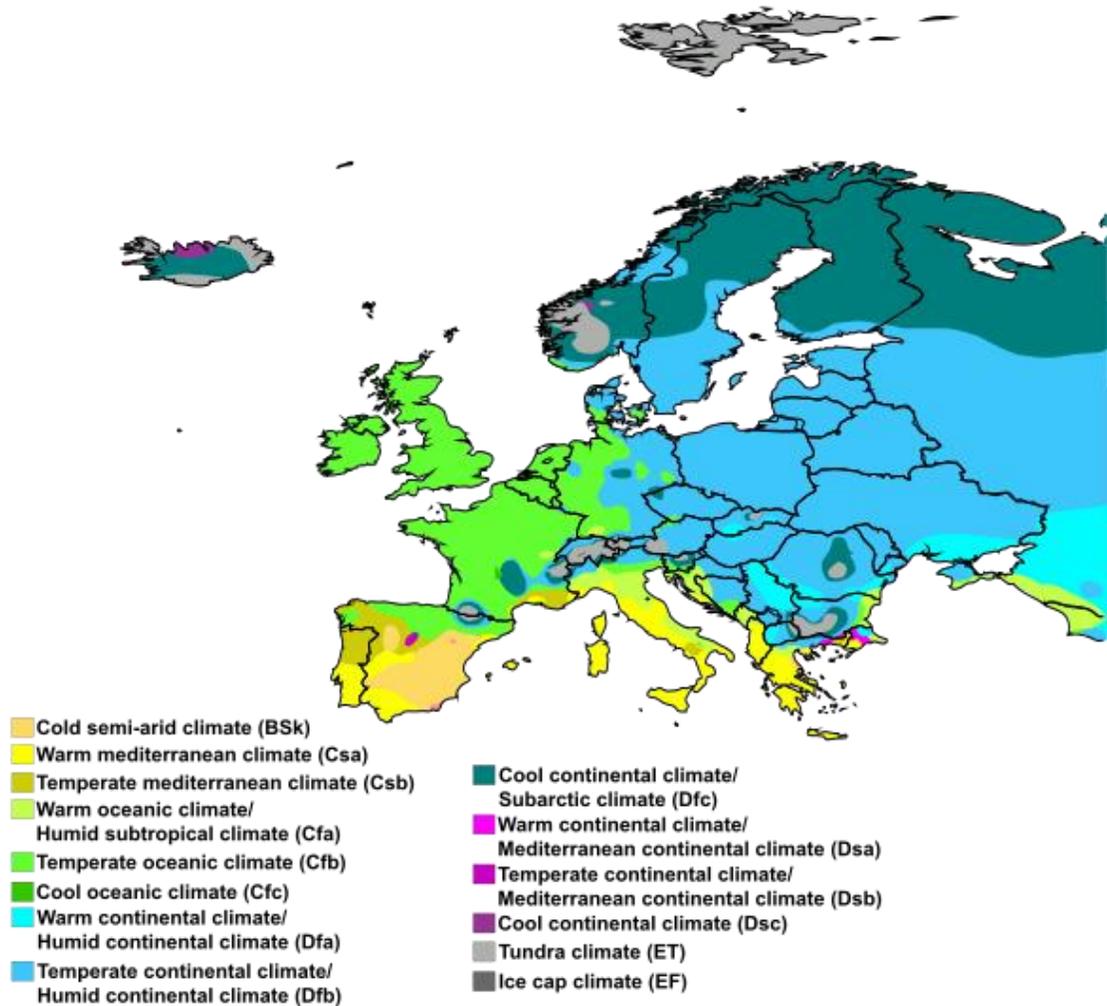
Hay que destacar de estos tres países que, comparados con EEUU y Chile, no abarcan una gran superficie y como se puede apreciar en la siguiente imagen, los tipos de climas varían muy poco entre estos países como los tipos de climas en los países.

Analizando la clasificación de Köppen que se presenta más abajo, se aprecia que los tres países presentan dentro de sus climas un clima oceánico templado (Cfb), presente en toda la superficie del Reino Unido, la mitad Oeste de Alemania y toda Francia con excepción de la zona Sud Este y las zonas montañosas del país.

Además, en el Sud Este de Francia hay un clima mediterráneo templado al igual que la zona centro de Chile.

Figura 8.3.a Clasificación climática de Köppen de Europa

Europe map of Köppen climate classification



8.4 Análisis final de las zonas climáticas

Por lo tanto se llega a la conclusión que todos los países presentan un clima oceánico o mediterráneo templado en alguna zona de sus territorios.

El clima mediterráneo templado (Csb) se caracteriza por tener temperaturas promedio de 20°C en los meses más cálidos y una temperatura entre -3 y 18°C para los meses más fríos. También presentan veranos secos (meses con menos de 40mm de lluvia) y la temperatura promedio en el mes más cálido menor a 20°C y con dos meses que promedien una temperatura mayor a 10°C. Este tipo de clima presenta la mayoría de sus precipitaciones en los meses más fríos, por lo general invierno.

Con respecto al clima oceánico templado, este presenta veranos e inviernos frescos. Los climas oceánicos presentan precipitaciones a lo largo de todo el año y alta nubosidad, sobre todo en invierno. Este tipo de clima presenta temperaturas promedio arriba de -3°C en el mes más frío y temperaturas de 22°C de promedio en el mes más cálido.

Entonces, los cinco países, al presentar climas parecidos permiten descartar una posible diferencia de las exigencias estudiadas debido a efectos climáticos. En otras palabras, el clima no debería ser factor en las distintas exigencias de consumo o demanda de energía de las certificaciones. Al igual que tampoco debería ser factor en las propiedades de los modelos de referencia de las distintas certificaciones que puedan verse afectada por el clima, siempre y cuando se modele en zonas que presenten los climas mencionados anteriormente.

Capítulo 9. Análisis Energético de los países

Una variable importante a considerar al momento de analizar y comparar estas certificaciones es considerar también la situación energética de los distintos países. Los costos de los distintos medios energéticos difieren entre países debidos a distintas políticas o matrices de energía que afectan también la disponibilidad de energías renovables y energías renovables no convencionales.

Por lo tanto, considerando esta diferencia de costos se puede llegar a entender las ventajas, posibilidades y/o importancia de exigir una disminución energética mayor por algunas certificaciones con respecto a otras.

A continuación se analizaran las matrices energética y eléctrica de los países correspondientes a las certificaciones y el precio de estas energías en distintos países.

9.1 Chile ^[10]

De los países a analizar en esta memoria, Chile es el único país no miembro de la IEA (Agencia Internacional de Energía). Chile se caracteriza por ser un país fuertemente centralizado, donde el 85% de la población vive en zonas urbanas y el 40% de la población se encuentra en la región Metropolitana.

Chile tiene una economía basada en exportaciones, principalmente el cobre, seguidos por exportaciones forestales, salmón, frutas y verduras, carnes y vinos, lo que tiene como consecuencia que la economía sea muy dependiente de los precios de productos básicos, en especial el cobre.

Tabla 9.1.a. Datos específicos de Chile

Poblacion	17.64 [millones]
PIB	172.01 [billones 2005 USD]
PIB PPP (Producto Interno Bruto, Paridad de Poder Adquisitivo)	288.55 [billones 2005 USD]
TPES (Suministro Total de Energía Primaria)	38.69 [Mtoe]
Consumo de electricidad	68.18 [TWh]
Emisiones de CO2**	82.01 [Mt of CO2]
CO2/TPES	2.12 [t CO2/toe]
CO2 per capita	4.65 [t CO2/capita]
CO2/PIB PPP	0.28 [kg CO2/USD 2005]
<i>** solamente emsiones de quemaa de combustible</i>	

Fuente: International Energy Agency Statistics, Chile Indicators for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=CHILE&product=Indicators>

Chile presenta una economía energética de importación. En el año 2013 generó un Suministro Total de Energía Primaria (TPES) de 38,69 [Mtoe], esa cifra corresponde a un aumento del 20% con respecto al suministro del año 2007 y se espera que esta tendencia continúe así en los próximos años.

9.1.1 Política Energética

Desde los 70's, la política energética chilena se ha estructurado siguiendo los conceptos de eficiencia energética y un rol subsidiario del estado. Esto se refleja en la estructuración de la energía chilena, donde se cree que la mejor forma de satisfacer la demanda de precios que los consumidores puedan costearse confiando en la competencia entre privados, mientras el estado regular potenciales fallas del mercado. Con este modelo, el acceso a la energía eléctrica a todo lo largo del país pasó de un 62% a un 98,5% de los años 80's al 2008.

Desde la crisis del gas con Argentina en los años 2007-2008, el gobierno Chileno empezó a desarrollar una nueva política energética a largo plazo, donde se enfatizaron seis prioridades energéticas.

- Fortalecer las instituciones (ejemplo: Ministerio de Energía)
- Promover energía eficiente
- Optimizar diversificación energética
- Asegurar desarrollo sustentable
- Apoyar acceso igualitario a las energías
- Tener un plan de contingencia

Los criterios estudiados de la CES presentan una relación con algunas de las políticas energéticas de Chile mencionadas anteriormente.

Las exigencias de demanda y consumo de energía de la certificación se encuentran directamente relacionadas con una de las seis prioridades de la nueva política energética, promover eficiencia energética.

Por último, el otro criterio analizado, “Energía Renovable No Convencional”, estimula las prioridades energéticas del país: asegurar un desarrollo sustentable y optimizar la diversificación energética.

9.1.2 Situación energética del país

Como se mencionó anteriormente, Chile tenía un Suministro Total de Energía Primaria de 38,69 Mtoe el 2013. Un aumento del 20% con respecto a hace cinco años.

El suministro chileno se encuentra fuertemente predominado por combustibles fósiles (84,9% del suministro), y se espera que a futuro este porcentaje baje, pero se siga manteniendo como opción principal de suministros. La evolución de estos tipos de energía difiere entre ellos, entre los años 2007 y 2013, el petróleo ha presenciado una baja de participación de un 15%, mientras que por el otro lado, el carbón ha aumentado en un 6% y el gas natural se mantiene con un 11% aproximado del suministro total.

Por el otro lado, las energías renovables subieron un 9% el 2013 con respecto al 2007. Sobre todo las energías renovables no convencionales, donde los biocombustibles y residuos aumentaron su participación un 10% y la energía solar, eólica y geotérmica aumentaron un 0,2%.

La energía nuclear es un área no muy explotada en el continente Sudamericano, siendo Argentina y Brasil los único dos países con energía nuclear, a diferencia de Chile donde la participación de la energía nuclear como suministro o producción es nula.

Con respecto a la producción de energía. Chile produjo un 14,98 Mtoe el 2013, esto corresponde a un aumento del 43,5% con respecto al 2007 y también se espera que la producción continúe creciendo en los años siguientes.

A diferencia del TPES, la producción energética chilena predomina considerablemente la producción de energía a través de biocombustibles y

residuos (68,5%), bien lejos seguido por energía hidráulica (11,3%) y carbón (10,6%).

La producción de combustibles fósiles en Chile es bajísima, debido esencialmente a que en el territorio chileno no se presentan muchas fuentes para obtener este tipo de energía y la mayoría de estos combustibles se encuentra en las regiones del sur (principalmente región de Magallanes).

Además, producto de la crisis del gas con Argentina, la producción de estos combustibles ha variado un poco, que se ve en una baja de la producción de gas y petróleo de un 7,4% y 3% respectivamente, mientras que el carbón aumento en un 9,4%. Esto se debe a que varias plantas que funcionaban a gas para la producción de electricidad a través del gas natural argentino, se adaptaron para producir electricidad con petróleo (diésel o gas propano) y la creación de nuevas plantas termoeléctricas a carbón.

Por lo tanto, y como se verá más adelante, Chile es de los países analizados en este trabajo con la producción de energías renovables más importante (80,2%), que también un 68,9% de la producción total corresponde a Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

Sin embargo, a pesar de que este gran porcentaje de la producción corresponde a energías renovables, el suministro energético chileno depende fuertemente en la importación de combustibles fósiles, correspondiente a alrededor de un 80% del TPES chileno.

Tabla 9.1.2.a. Datos y distribución de la situación energética de Chile

Energía Producida	14.98 [Mtoe]	68.5% biocombustibles y residuos
		11.3% hidro
		10.6% carbón
		5.4% gas natural
		3.6% petróleo
		0.4% geotérmica, solar y eólica
		0.0% nuclear
Suministro Total de Energía Primaria	38.69 [Mtoe]	41% petróleo
		26.7% biocombustibles y residuos
		17.2% carbón
		10.5% gas natural
		4.4% hidro
		0.2% geotérmica, solar y eólica
		0.0% nuclear
Suministro Total de Energía Primaria per capita	2.19 [toe]	
Suministro Total de Energía Primaria por PIB PPP	0.13 [toe/1000 USD (2005)]	

Fuente: International Energy Agency Statistics, Chile Balances for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=CHILE&product=Balances>

La situación energética eléctrica chilena ha cambiado en el corto plazo. El 2013 generó 73,07 TWh de electricidad, un aumento del 18% con respecto al año 2008.

Con respecto a estos dos años, las fuentes de generación eléctrica han variado bastante. Debido a varios periodos de sequías, las plantas hidroeléctricas presentan deficiencia y posibles apagones, lo que produjo que el gobierno buscara una diversificación de la matriz energética. Es así, que la energía hídrica, que era la más importante el 2008 (40,5%), descendió un 13,5% el 2013, convirtiéndose en la segunda fuente más importante con un 27%.

Como método de diversificación, el gobierno chileno empezó a incorporar plantas de energía a carbón o gas, aumentando su participación en un 17,8% y 11,6% respectivamente, y convirtiéndose así el carbón en la fuente más importante de generación eléctrica del país con un 41,4%.

Debido a las varias crisis y la volatilidad de su precio, el petróleo también ha reducido su participación un 19,4% el 2013 con respecto al 2008, pero todavía presenta una participación importante (7,5%) comparada con el resto de los países analizados.

Por el otro lado, con las políticas energéticas de asegurar un desarrollo sustentable, las energías renovables no convencionales han aumentado su participación en un 3,6%.

El consumo de electricidad en Chile correspondió a un 68,18 TWh el 2013. Esto equivaldría a un 93,3% de la electricidad generada.

Tabla 9.1.2.b. Datos y distribución de la situación eléctrica de Chile

Electricidad Generada	73.07 [TWh]	41.38% carbón
		27.01% hidro
		15.27% gas natural
		7.88% biocombustibles y residuos
		7.46% petróleo
		0.76% eólica
		0.22% otras fuentes
		0.01% solar
Consumo de Electricidad	68.18 [TWh]	
Consumo de Electricidad per capita	3.86 [MWh/capita]	

Fuente: International Energy Agency Statistics, Chile Electricity and Heat for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=CHILE&product=electricityandheat&year=2013>

9.1.3 Precios e impuestos de la energía

Los precios e impuestos de las energías en Chile se caracterizan por encontrarse regulados por el gobierno para casos especiales de alzas o bajas muy grandes de los precios. Estas regulaciones se presentan con el objetivo de mantener un precio que no perjudiquen a los consumidores y a los productores.

Para el caso de los combustibles fósiles en Chile, no hay subsidio o nivelación de precios para estos combustibles. El precio del petróleo se fija libremente por refinerías y las cadenas distribuidoras, incluyendo los retail en las estaciones de servicio. Sin embargo, la política de gobierno presenta, a través de dos fondos de estabilización de precios (FEPP y FEPC), el poder para reducir la volatilidad del precio para los consumidores finales.

Además del precio, el combustible tiene tres impuestos: impuesto a la importación de los productos importados (alrededor de un 6%), impuesto específico a los combustibles (6 UTM/cm³ en la bencina) y un impuesto al valor agregado (IVA: 19%).

En cuanto a las tarifas de la electricidad, la legislación eléctrica establece que la tarifa debe reflejar los costos de generación, transmisión y distribución de la electricidad. Esta política apunta a mandar una señal para tanto las compañías privadas y consumidores, para optimizar la economía eficiente del sistema.

Eso sí, el precio está sujeto (por ley) a una regulación de precio en caso de costos excesivos y la energía eléctrica sea accesible para todos. También, para residentes de bajos ingresos, tanto urbanos como rurales, el precio es subsidiado en algunas circunstancias.

A continuación se presenta en la siguiente tabla los precios de distintas fuentes de energía en Chile.

Tabla 9.1.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en Chile

Precios en Chile		
Electricidad	0,173	USD/kWh
Gas Natural	0,155	USD/kWh
Bencina	1,078	USD/L
Diesel	0,673	USD/L

Fuente Bencina y Diesel: Comisión Nacional de Energía – Sistema de información en línea de precios de combustibles en estaciones de servicio

www.bencinaenlinea.cl/web2/buscador.php?region=7

Fuente Electricidad y Gas Natrual: Facturas Chilectra y Metrogas respectivamente

9.2 Estados Unidos ^[11]

De los países a comparar Estados Unidos, gobierno federal compuesto por 50 estados, corresponde al país con mayor población y superficie de los cinco y la economía más importante del mundo con un PIB de USD 16.800 trillones (año 2013) y después de China es el segundo país que más energía produce a nivel global.

Tabla 9.2.a. Datos específicos de EEUU

Poblacion	316.47 [millones]
PIB	14451.51 [billones 2005 USD]
PIB PPA (Producto Interno Bruto, Paridad de Poder Adquisitivo)	14451.51 [billones 2005 USD]
TPES (Suministro Total de Energía Primaria)	2188.36 [Mtoe]
Consumo de electricidad	4109.84 [TWh]
Emisiones de CO2**	5119.70 [Mt of CO2]
CO2/TPES	2.34 [t CO2/toe]
CO2 per capita	16.18 [t CO2/capita]
CO2/PIB PPA	0.35 [kg CO2/USD 2005]

*** solamente emisiones de quema de combustible*

Fuente: International Energy Agency Statistics, United States Indicators for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=USA&product=indicators&year=2013>

Estados Unidos generó un Suministro Total de Energía Primaria (TPES) de 2188.36 Mtoe el año 2013 (últimos datos publicado por la Agencia Internacional de Energía) correspondiente a una disminución del 3.3% con respecto al año 2003. Esta disminución se debe a distintos factores, como la política energética país y descubrimientos de nuevas fuentes de energía.

La producción energética del país también ha presentado variaciones a lo largo de los años debido a distintas políticas y descubrimientos de fuentes de energía. EEUU produjo 1881,03 Mtoe el año 2013, un crecimiento del 13.8% desde el 2003.

9.2.1 Política Energética

La política energética y ambiental estadounidense presenta una fuerte preferencia basada en las regulaciones de mercado. Desde la elección de

Obama, el país empezó a desarrollar una agenda energética a largo plazo con una fuerte visión de una economía energética limpia en el futuro y así, también, lograr no depender tan significativamente del precio volátil del petróleo (75% de las importaciones de EEUU).

Para lograr esto, el gobierno federal ha generado grandes inversiones y algunas leyes con los objetivos de:

- A través de capital, innovación y distintas tecnologías desarrollar y asegurar suministros de energía local y pasar a un primer plano en la economía energética global.
- Proveer a consumidores distintas opciones para reducir costos y ahorrar energía a través de distintos medios, como por ejemplo, hogares y lugares de trabajos eficientes sean asequibles.
- Innovar hacia un futuro de energía limpia, financiando investigaciones para producir la nueva generación de tecnologías y lograr convertir EEUU en un líder mundial en energía limpia.

Como política ambiental, especialmente relacionado con el cambio climático, EEUU y Obama buscan, para el año 2020, reducir las emisiones de GHG (gases de invernadero) del país en un 17% de acuerdo a las emisiones del 2005, solo si las principales economías del país se comprometen a lo mismo.

Y a pesar de las otras principales economías, EEUU tiene un plan de acción dividido en tres secciones:

- Reducir las emisiones domésticas,
 - Regulando las emisiones de las nuevas y existentes plantas de energía.
 - Incrementando el uso de energía limpia, desarrollando y apoyando innovaciones de energías renovables.

- Gastar menos energía, fortaleciendo políticas de energía eficientes incluidas en edificios, vehículos, etc.
- Enfocarse en reducir GHG altamente potentes: hidrofluorocarbonos y emisiones de metano.
- Preparar los impactos del cambio climático.
- Liderar esfuerzos internacionales para combatir el cambio climático.

Encontramos cierta coherencia entre la política energética de EEUU con la certificación LEED.

De los criterios de la certificación estudiados en este trabajo podemos ver como se cubren los distintos objetivos energéticos de EEUU. Del primer criterio, “optimizar el rendimiento energético”, exigiendo una disminución del consumo proporciona a los consumidores reducir costos y ahorrar energía y, además, permite fortalecer la política de energía eficiente que busca el país.

El segundo criterio analizado, “Energía Renovable in-situ”, permite desarrollar y asegurar suministros de energía doméstica. También, junto con el criterio de “Energía Verde”, estos dos criterios, permiten desarrollar la visión de EEUU de una economía limpia. Además, los tres criterios mencionados, ayudan con el objetivo de reducir las emisiones.

9.2.2 Situación energética del país

Además de la política energética de EEUU, que tiene un fuerte énfasis en crear un mercado de energía limpia, otro factor que ha marcado fuertemente la matriz energética del país es el descubrimiento de nuevas fuentes de petróleo y gas natural en el país.

El TPES ha disminuido un 4% del 2008 al 2013 y de las fuentes disminuyó considerablemente: la energía suministrada en carbón (disminución de un 20%) y petróleo (disminución de un 7,5%). Mientras que el gas natural aumentó en un 12,3% y las fuentes renovables fueron al alza de manera sólida, como por ejemplo la energía eólica se triplicó y la solar aumentó en un 60,4%.

Además, hay que considerar que el 85% del TPES estadounidense está compuesto por su producción local. Las importaciones corresponden principalmente a petróleo (75%) y gas natural (11,5%).

En los últimos años, la producción de EEUU ha estado compuesta principalmente por la producción de combustibles fósiles (80% de la producción). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el descubrimiento de nuevas fuentes de gas natural y petróleo aumentaron la producción de estas energías y, a causa de esto, el carbón ha percibido una disminución.

Otra tendencia que percibió la producción estadounidense fue un *boom* de las energías renovables. En 10 años la energía eólica se triplicó, la solar casi se duplica y la energía producida con biocombustibles y residuos creció un 31,1%. Además, en los últimos 5 años, la energía hidráulica y geotérmica también crecieron un 5,7% y 9,9% respectivamente.

Debido a la política estadounidense, se espera que hasta 2040 la producción americana continúe expandiéndose, aumentando la producción de casi todos los tipos de energía, principalmente las renovables, salvo el petróleo que irá disminuyendo por agotamiento del recurso.

Tabla 9.2.2.a. Datos y distribución de la situación energética de EEUU

Energía Producida	1881,03 [Mtoe]	30.1% gas natural
		25.4% carbón
		25.2% petróleo
		11.5% nuclear
		5.2% biocombustible y residuos
		1.2% hidro
		0.8% eólica
		0.5% geotérmica
		0.1% solar
Suministro Total de Energía Primaria	2188,4 [Mtoe]	35.9% petróleo
		27.8% gas natural
		19.7% carbón
		9.8% nuclear
		4.4% biocombustible y residuos
		1.1% hidro
		0.7% eólica
		0.4% geotérmica
		0.1% solar
Suministro Total de Energía Primaria per capita	6.92 [toe/capita]	
Suministro Total de Energía Primaria por PIB PPP	0.15 [toe/1000 USD (2005)]	

Fuente: *International Energy Agency Statistics, United States Balances for 2013*

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=USA&product=Balances>

Específicamente en lo que corresponde a la situación eléctrica de EEUU, tuvo una generación de electricidad de 4306,16 TWh el año 2013. Esto corresponde a un aumento de un 5,4% con respecto al 2003. Esto se debe principalmente al incremento de disponibilidad y asequibilidad de gas natural, aumentando la generación a través de esta fuente.

La política energética también ha influenciado en el aumento de la generación eléctrica y una reestructuración de la matriz estadounidense. Con las regulaciones ambientales y los distintos programas de energías renovables y eficientes ha permitido un desarrollo en tecnologías y aumentado la generación eléctrica a través de energías renovables.

El carbón y gas natural correspondieron a un 67% de la producción eléctrica el 2013, donde el carbón representó un 39,8% y el gas natural un 26,9%. Estos valores han variado con respecto a diez años anterior, donde el carbón representaba un 51,4% y el gas solo un 16,5%.

El otro combustible fósil, petróleo, representa menos del 1% de la producción el 2013, un 2,5% más bajo que el 2003.

La tercera fuente de energía corresponde a la nuclear con un 19,1% de la generación del 2013 y descendió un 1,9% con respecto al 2008.

Las energías renovables aumentaron su producción el 2013 a un 12,9%, donde las energías solar y eólica presentaron un boom, subiendo sus niveles, antes inexistentes a un 4,4% combinado. La energía hidráulica es, al momento, la más importante con una participación de un 6,7%, pero ya con respecto a la década pasada tuvo una contracción del 2,6%.

Para el 2040, el gobierno federal estima que el carbón y petróleo continuaran reduciendo su participación a un 35,5% y 0,6% respectivamente. También la generación nuclear disminuiría a un 17,9%. Mientras que el gas natural aumentaría su participación a un 30,5%, al igual que las energías renovables llegarían a un 16% de la generación eléctrica, con una expansión de todas las fuentes con excepción de la hidráulica.

El consumo de electricidad el 2013 en EEUU correspondió a 4109,84 TWh, esto representa un 95,4% de la electricidad generada.

Tabla 9.2.2.b. Datos y distribución de la situación eléctrica de EEUU

Electricidad Generada	4306.16 TWh	39.8% carbón
		26.9% gas natural
		19.1% nuclear
		6.7% hidro
		3.9% eólica
		1.8% biocombustible y residuos
		0.9% petróleo
		0.4% geotérmica
		0.4% solar
		0.1% otras fuentes
Consumo de Electricidad	4109.84 [TWh]	
Consumo de Electricidad per capita	12.99 [MWh/capita]	

Fuente: *International Energy Agency Statistics, United States Electricity and Heat for 2013*

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=USA&product=ElectricityandHeat>

9.2.3 Precios e impuestos de la energía

Comparada con los otros países miembros de la IEA (Agencia Internacional de Energía) los impuestos a la energía tienen una tasa bastante baja en EEUU.

A diferencia de Chile, EEUU está organizado como un gobierno federal con un territorio dividido en 50 estados y, por lo tanto, el precio de la energía presenta dos impuestos acumulativos. El primer impuesto corresponde al impuesto del gobierno federal y el segundo es el impuesto estatal que varía dependiendo del estado.

En promedio, en EEUU, el impuesto a la gasolina corresponde a USD 0,4247 por galón (USD 0,1122 por litro), dejando a EEUU con la gasolina más barata de los países miembros de la IEA.

Este sistema de impuestos, permite al país subsidiar formas de investimento en energías limpias y/o eficientes. Permitiendo el uso de créditos fiscales y deducciones para efectuar este tipo de inversiones. Además, los estados y ciudades también ofrecen descuentos y créditos estatales para incentivar este tipo de prácticas.

Los precios de distintas fuentes de energía en EEUU corresponden a los presentados en la siguiente tabla.

Tabla 9.2.3.a. Precio de algunas fuentes de energía en EEUU

Precios en EEUU		
Electricidad	0,108	USD/kWh
Gas Natural	0,054	USD/kWh
Bencina	0,563	USD/L
Diesel	0,605	USD/L

Fuente Bencina y Diesel: Daily Prices, U.S. Energy Information Administration (eia)

<http://www.eia.gov/todayinenergy/prices.cfm>

Fuente Gas Natural: AAA Gas Prices

<http://gasprices.aaa.com/>

Fuente Electricidad: Factors Affecting Electricit Prices, U.S. Energy Information Administration

http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=electricity_factors_affecting_prices

9.3 Reino Unido ^[12]

El Reino Unido se caracteriza por ser una democracia parlamentaria con una monarquía institucional, compuesta por las naciones de Inglaterra, Gales, Escocia e Irlanda del Norte. Un par de puntos importantes a destacar del Reino Unido es que:

- su economía se encuentra dominada por los servicios, que corresponde al 78% del PIB, mientras que la agricultura es solo un 1% del PIB.
- A mediados del 2016 se votó un referéndum (BREXIT) donde el país eligió salirse de la Unión Europea. Van a pasar un par de años para que se efectuó, pero quizás esta situación podría terminar afectando la política energética del país.

Tabla 9.3.a. Datos específicos del Reino Unido

Poblacion	64.11 [millones]
PIB	2577.06 [billones 2005 USD]
PIB PPA (Producto Interno Bruto, Paridad de Poder Adquisitivo)	2227.97 [billones 2005 USD]
TPES (Suministro Total de Energía Primaria)	190.95 [Mtoe]
Consumo de electricidad	346.76 [TWh]
Emisiones de CO2**	448.71 [Mt of CO2]
CO2/TPES	2.35 [t CO2/toe]
CO2 per capita	7.00 [t CO2/capita]
CO2/PIB PPP	0.2 [kg CO2/USD 2005]
<i>** solamente emsiones de quema de combustible</i>	

Fuente: *International Energy Agency Statistics, United Kingdom Indicators for 2013*

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=UK&product=indicators&year=2013>

El Reino Unido generó un Suministro Total de Energía Primaria (TPES) de 190,95 Mtoe el año 2013, esto corresponde a una baja del 5,9% con respecto al 2010, una baja que se ha presenciado ya desde la década anterior y se espera

que continué reduciéndose hasta un 13% para el año 2020 (hasta un 176,62 Mtoe).

9.3.1 Política Energética

La política energética y ambiental británica se encuentra o encontraba muy influenciada bajo las leyes requeridas por la UE, principalmente el mercado de gas natural y electricidad, las emisiones de gases de invernadero (GHG) y aires contaminantes y el desarrollo de energía eficiente y renovable.

En el presente es difícil prever la postura que tomara el país luego del referendo del 26 de junio del 2016 con el resultado de la salida del país de la Unión Europea. De momento, siguiendo en la UE, el Reino Unido se enfoca en crear un sistema de energía más seguro y bajo en emisiones de carbono.

Para lograr con estos objetivos propuestos, el gobierno británico se enfoca en las siguientes cuatro áreas:

- Reducir el uso de energía y apoyar consumidores vulnerables.
- Asegurar una entrega de energía durante todo el periodo de transición hacia la energía baja en carbono. Se piensa cumplir este objetivo a través de un mercado compuesto por diversos sistemas de energías asequibles y seguros, fomentando inversiones en energía baja en carbono.
- Administrar de manera responsable y rentable el legado energético del país, enfrentando de manera eficiente la baja de producción energética nuclear, carbón y otras.
- Tomar medidas ambiciosas contra el cambio climático, tanto a nivel nacional como internacional, asegurando que se logren los objetivos de

emisiones del Reino Unido, reducción de gases de invernadero en un 34% para el 2020 y 80% para el 2050 con respecto a los niveles presentados en 1990.

Naturalmente, para lograr lo propuesto, RU debe lidiar con varios desafíos, siendo los principales:

- Solucionar el declive de producción de petróleo y gas natural, que en el 2013 representaban más del 68% de su producción.
- Para el 2020, reemplaza un quinto de su capacidad de generación de energía.
- Transición a una economía baja en carbono y el desarrollo de tecnologías bajas en carbono para alcanzar sus objetivos de emisiones.

Tenemos que el criterio estudiado de la certificación BREEAM presenta una relación con la política energética y ambiental de Reino Unido.

Con respecto al plan energético, el criterio de la certificación estimula el objetivo de reducir el uso de energía exigiendo una reducción de la demanda y consumo de energía del edificio. El criterio también incita la disminución de las emisiones de carbono, uno de los puntos con mayor énfasis en el plan energético y ambiental del Reino Unido.

9.3.2 Situación energética del país

Como se mencionó anteriormente, el TPES del Reino Unido ha continuado una tendencia de contracción desde comienzo del 2000. Hasta el 2010 presenta una reducción del 0,9% por año. Del 2010 al 2013 presentó una reducción del 5,9% llegando a un suministro de 190,95 Mtoe y se estima que continúe reduciéndose hasta un suministro aproximado de 176,6 Mtoe.

Comparado con el resto de los países miembros de la IEA, el Reino Unido presenta una gran dependencia energética en combustibles fósiles (casi 85%) y un suministro muy bajo con respecto a los demás países en energías renovables (8,4%), aunque esta participación ha ido aumentando con los años y se espera que este crecimiento continúe a gran velocidad. Se estima que la energía de biocombustibles y residuos aumente en un 14% al año y la eólica aumente un 22% al año, ambos hasta el 2020.

El Reino Unido produjo 110,09 Mtoe el 2013, una reducción del 26,1% con respecto a la producción del 2010 y se espera que la producción continúe disminuyendo. Esto se explica principalmente a que los combustibles fósiles, en todas sus categorías, llegaron a su *peak* de producción en la década pasada y se espera que continúen descendiendo gradualmente. Además, se espera que la producción continúe bajando, debido a que la mayoría de las plantas están llegando al final de su vida útil. Producto de esta situación, y a pesar del aumento de producción de energías renovables, el país importa un poco más del 80% de su energía.

Tabla 9.3.2.a. Datos y distribución de la situación energética del Reino Unido

Energía Producida	110.09 [Mtoe]	38.3% petróleo
		29.9% gas natural
		16.7% nuclear
		6.8% carbón
		5.4% biocombustibles y residuos
		2.6% geotérmica, solar y eólica
		0.4% hidro
Suministro Total de Energía Primaria	190.95 [Mtoe]	34.6% natural gas
		30.3% petróleo
		19.7% carbón
		9.7% nuclear
		4% biocombustibles y residuos
		1.5% geotérmica, solar y eólica
		0.2% hidro
Suministro Total de Energía Primaria per capita	2.98 [toe]	
Suministro Total de Energía Primaria por PIB PPP	0.09 [toe/1000 USD (2005)]	

Fuente: *International Energy Agency Statistics, United Kingdom for 2013*

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=UK&product=Balances>

La situación eléctrica británica presentó una generación de electricidad equivalente a 359,15 TWh el 2013, correspondiente a una contracción del 5% con respecto al 2010 y de un 9% al 2008 y el gobierno proyecta que la generación continúe disminuyendo ligeramente durante esta década.

El 2010 el gas natural representó la mayor fuente de generación de electricidad (46%), pero desde la crisis del 2008 las fuentes de producción de electricidad británica se han reestructurado, teniendo como consecuencia una disminución de casi un 20% de la generación eléctrica por gas el 2013. El carbón, que la década pasada venía disminuyendo gradualmente, ha aumentado en un 7,7% desde el inicio de esta década hasta el 2013, volviéndose la principal fuente de generación, con un 36,7%.

La electricidad generada por energía nuclear subió un 3,7% del 2010 al 2013, pero se estima que vaya disminuyendo hasta el 2020 con el final de la vida útil de varias plantas nucleares.

Por el otro lado, las energías renovables han aumentado en casi un 9% del 2010 al 2013 participando en un total del 16,4% de la generación de electricidad del país. Y se espera que las energías renovables multipliquen considerablemente su volumen de producción para cumplir los distintos objetivos que espera alcanzar el gobierno británico para el 2020 y asumir la participación que se presentaría con el cierre de alrededor un quinto de la capacidad de generación eléctrica que se generara hasta el 2020.

Además, el consumo eléctrico británico el 2013 fue de 345,76 TWh, esto representa un 96,6% de la electricidad generada.

Tabla 9.3.2.b. Datos y distribución de la situación eléctrica del Reino Unido

Electricidad Generada	359.15 [TWh]	36.7% carbón
		26.6% gas natural
		19.7% nuclear
		7.9% eólica
		5.8% biocombustibles y residuos
		2.1% hidro
		0.6% petróleo
		0.6% geotérmica
Consumo de Electricidad	346.76 [TWh]	
Consumo de Electricidad	5.41 [MWh/capita]	

Fuente: International Energy Agency Statistics, United Kingdom Electricity and Heat for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=UK&product=ElectricityandHeat>

9.3.3 Precios e impuestos de la energía

Los precios en Gran Bretaña se encuentran establecido por los agentes de mercado y la dinámica del mercado. No hay precios regulados y el gobierno británico solo influencia los precios exclusivamente a través de los impuestos.

En el Reino Unido el petróleo tiene un impuesto fijo, tanto para bencina como diésel, de 57,95 peniques por litro (100 peniques equivale a una libra) y un impuesto al valor agregado del 20%. Comparado con la mayoría de los países miembros de la IEA, el precio del diésel es uno de los más alto, mientras que la parafina presenta uno de los más bajo.

Con respecto a la electricidad, el precio de esta se ve fuertemente reflejada en relación al precio de los combustibles fósiles, en especial del gas natural (las plantas a gas son a menudo los generadores marginales).

Finalmente, el precio de la electricidad está compuesto por un 65% correspondiente al margen de ganancia de los proveedores. 17% corresponden a los costos de distribución y medición, 4% a los costos de transmisión, 5% corresponden al impuesto de valor agregado. El último 9% va destinado a un costo ambiental, principalmente para apoyar el desarrollo de energías renovables y energías eficientes.

En la siguiente tabla se presentan los precios en el Reino Unido de distintos tipos de energía.

Tabla 9.3.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en el Reino Unido

Precios en RU		
Electricidad	0,279	USD/kWh
Gas Natural	0,075	USD/kWh
Bencina	1,462	USD/L
Diesel	1,474	USD/L

Fuente Bencina y Diésel: Precios de la gasolina, litro

http://es.globalpetrolprices.com/UK/gasoline_prices/

Fuente Electricidad y Gas Natrula: Comisión Europea, Eurostat

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Natural_gas_price_statistics

9.4 Alemania ^[13]

Alemania corresponde a una de las potencias europeas y del mundo, con una economía estable, se encuentra dentro de las tres economías más importantes del continente. Se organiza como una república parlamentaria federal, dividida en 16 regiones o *Länder*.

Tabla 9.4.a. Datos específicos de Alemania

Poblacion	82.10 [millones]
PIB	3161.94 [billones 2005 USD]
PIB PPP (Producto Interno Bruto, Paridad de Poder Adquisitivo)	2933.04 [billones 2005 USD]
TPES (Suministro Total de Energía Primaria)	317.66 [Mtoe]
Consumo de electricidad	576.49 [TWh]
Emisiones de CO2**	759.60 [Mt of CO2]
CO2/TPES	2.39 [t CO2/toe]
CO2 per capita	9.25 [t CO2/capita]
CO2/PIB PPP	0.26 [kg CO2/USD 2005]
<i>** solamente emisiones de quema de combustible</i>	

Fuente: International Energy Agency Statistics, Germany Indicators for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=GERMANY&product=indicators&year=2013>

Alemania generó un Suministro Total de Energía Primaria (TPES) de 317,66 Mtoe en el 2013, correspondiente a un aumento del 1,8% con respecto al 2011. Pero se estima que para las siguientes dos décadas estos suministros disminuyan gradualmente.

9.4.1 Política Energética

Alemania tomó la decisión que, a largo plazo, la gran mayoría de su suministro de energía vendría de fuentes de energía renovable.

Para lograr este objetivo el país tedesco trabaja con un plan destinado hasta el año 2050 (tabla 9.4.1.b). El plan consiste, progresivamente en ir incrementado el uso de la energía de forma eficiente, disminuir el porcentaje de emisión de gases de invernadero (GHG) con respecto al año 1990, aumentar la

contribución de energías renovables y disminuir los consumos de energía primaria en electricidad y en el área de transporte.

Tabla 9.4.1.a. Plan energético hasta el año 2050 de Alemania

	2012	2020	2030	2040	2050
Reduccion emisiones GHG (año base 1990)	-27%	-40%	-55%	-70%	-80%
Participación de energías renovables en el consumo total de energía	10%	18%	30%	45%	60%
Participación de energías renovables en el consumo eléctrico	20%	35%	50%	65%	80%
Reducción del consumo de energía primaria (año base 2008)	-5%	-20%			-50%
Reducción del consumo de electricidad (año base 2008)	-1%	-10%			-25%
Reducción de la energía final consumida en el sector de transporte (año base 2008)		-10%			-40%

Fuente: *General energy policy, Key policies* ^[13].

Como plan de acción inmediata, Alemania está enfocada en expandir su energía eólica en alta mar, expandir y desarrollar su red de energía y, para el 2022, no producir más energía nuclear, lo que llevaría a reorganizar a un nivel fundamental su suministro de energía.

El criterio de la DGNB visto en este trabajo, “Life Cycle Assessment – Primacy Energy”, presenta una directa relación con la política energética de Alemania.

Las exigencias impuestas por la certificación para el control del “Requerimiento total de Energía primaria” y “Requerimiento de Energía primaria no renovable” apoyan los planes de disminución del consumo energético y aumentar el uso de energía eficiente.

La incentivación dada por la certificación de aumentar la proporción de energías renovables apoya los planes de Alemania, de lograr que la mayoría de sus suministros energéticos sean de energías renovables, aumentando la contribución de energías renovables.

Por último, los tres indicadores estimulan la disminución de emisiones, al disminuir el consumo de energía y fomentar el uso de energías renovables.

9.4.2 Situación energética del país

Como se mencionó anteriormente, Alemania tiene un TPES de 317,66 [Mtoe], el mayor TPES de los países europeos de la IEA. La fuente más importante de su TPES es el petróleo, correspondiente a un tercio del total. Pero, a pesar de seguir con la tendencia (descendió un 18,3% con respecto al 2000), se espera que continúe siendo la fuente más importante con un 28,2% para el 2030.

Los otros dos combustibles fósiles siguen rumbos distintos entre ellos, el carbón, en el 2013 con una participación de 26%, se espera que disminuya a un 12%. Mientras que el gas natural, con un 23,2% en el 2013, ascienda a un 25% en 2030.

Las energías renovables irán ganando terreno a lo largo de los años debido a la política energética que tiene el país. Por ejemplo, se espera que la participación de biocombustible y residuos suba de un 8,8% a un 33,2% del 2013 al 2030.

Por último, la energía nuclear, que correspondía el 2013 a un 8,1% dejara de aportar para el 2020, con el cierre progresivo de las plantas.

La producción alemana, corresponde solo al 37% de su TPES, y a disminuido considerablemente desde el 2000 (baja de un 82%). Siendo su mayor producción el carbón, con una participación del 37,5% y que se ha mantenido en los últimos años. La energía nuclear (tercera mayor producción 21%) va a la baja y esperan no producir más para el año 2020. La producción de gas natural también ha ido disminuyendo con los años.

Al contrario, las energías renovables van al alza, principalmente el biocombustible y residuos y la eólica, donde han aumentado de un 8% a un 31,3% del 2000 al 2013.

Tabla 9.4.2.a. Datos y distribución de la situación energética de Alemania

Energía Producida	120.38 [Mtoe]	37.4% carbón
		23.2% biocombustible y residuos
		21.1% nuclear
		7.4% gas natural
		6.5% geotérmica, solar y eólica
		2.8% petróleo
		1.6% hidro
Suministro Total de Energía Primaria	317.66 [Mtoe]	32.1% petróleo
		25.5% carbón
		22.8% gas natural
		8.6% biocombustibles y residuos
		7.9% nuclear
		2.4% eólica
		0.6% hidro
Suministro Total de Energía Primaria per capita	3.87 [toe]	
Suministro Total de Energía Primaria por PIB	0.11 [toe/1000 USD (2005)]	

Fuente: International Energy Agency Statistics, Germany Balances for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=GERMANY&product=Balances>

Alemania tiene el mercado eléctrico más grande de Europa y desde el 2011 se encuentra en un periodo de transición e incertidumbre con el cierre de 8 plantas nucleares y la paralización del resto para el 2022. Además, hay cierta incertidumbre con la velocidad de despliegue de las energías renovables para cumplir con los objetivos del país.

El 2013 Alemania tuvo una generación eléctrica de 633,16 TWh, un 4,9% más que el 2011. Su principal fuente de generación es el carbón con un 46,3%, correspondiente a un aumento del 1% con respecto al 2011. Este aumento del uso del carbón se debió esencialmente por su bajo precio en el mercado.

La segunda fuente más importante es la energía nuclear, con un 15,4% y con una tendencia a la baja que empezó desde la década pasada y se enfatizó en el 2011 con el cierre de plantas y el plan que tiene como objetivo tener un 0% de generación eléctrica nuclear.

El gas natural también bajó su participación en un 3% debido al aumento del uso de carbón y energías renovables.

Las energías renovables corresponden a un 26% de la generación de electricidad total del 2013. Con un aumento de todos sus sectores, principalmente solar e hídrica. El gobierno Alemán estima que las energías renovables serán la principal fuente de electricidad para el 2030 con una participación del 58% y donde la principal fuente será la eólica con un 30,6%.

Se espera que el gas natural igual aumente su participación a un total de 22,6%, disminuyendo el uso de carbón a menos de un 20% y con la desaparición completa de la energía nuclear. El petróleo mantendrá sus niveles bajo un 1%.

Tabla 9.4.2.b. Datos y distribución de la situación eléctrica de Alemania

Electricidad Generada	633.16 [TWh]	46.3% carbón
		15.4% nuclear
		10.9% gas natural
		8.4% biocombustibles y residuos
		8.2% eólica
		4.9% solar
		4.5% hidro
		1.1% petróleo
		0.3% otras fuentes
		0.0% geotérmica
Consumo de Electricidad	576.49 [TWh]	
Consumo de Electricidad per capita	7.02 [MWh/capita]	

Fuente: International Energy Agency Statistics, Germany Electricity and Heat for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=GERMANY&product=ElectricityandHeat>

9.4.3 Precios e impuestos de la energía

Alemania fue de los primeros países miembros de la IEA que implementó impuestos especiales como la *eco-tax* implementada en 1999 que gradualmente aplicó impuestos especiales a los combustibles fósiles e impuestos al consumo de electricidad.

Este *eco-tax* tiene como objetivos: disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y estimular la creación de trabajos e innovación.

Este impuesto contribuyó notablemente a la reducción del consumo de energía y de emisiones de gases de invernadero. Sobre todo en el sector de transporte, donde las emisiones disminuyeron considerablemente, a pesar de un incremento del flujo de carretera.

Hay que destacar si la diferencia de impuestos entre gasolina y diésel. Donde el impuesto al diésel es menor, a pesar de tener un contenido mayor en carbono y el uso de este combustible genera más partículas y óxidos de nitrógeno que la gasolina.

A continuación se presentan los precios en Alemania de distintas fuentes de energía.

Tabla 9.4.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en Alemania

Precios en Alemania		
Electricidad	0,334	USD/kWh
Gas Natural	0,076	USD/kWh
Bencina	1,449	USD/L
Diesel	1,191	USD/L

Fuente Bencina y Diésel: Precios de la gasolina, litro

http://es.globalpetrolprices.com/Germany/gasoline_prices/

Fuente Electricidad y Gas Natrula: Comisión Europea, Eurostat

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Natural_gas_price_statistics

9.5 Francia ^[14]

Francia es otra de las potencias europeas y del mundo. Con un gobierno republicano. A diferencia de la mayoría de los países de la OCDE, Francia presenta un poder político y económico centralizado.

Históricamente, se ha relacionado Francia como un país donde el gobierno ha tenido una fuerte participación en una política energética centralizada. Pero de a poco la política energética es cada vez más parecida a las directivas de la Unión Europea.

Tabla 9.5.a. Datos específicos de Francia

Poblacion	65.90 [millones]
PIB	2351.95 [billones 2005 USD]
PIB PPP (Producto Interno Bruto, Paridad de Poder Adquisitivo)	2048.28 [billones 2005 USD]
TPES (Suministro Total de Energía Primaria)	253.32 [Mtoe]
Consumo de electricidad	486.48[TWh]
Emisiones de CO2**	315.57 [Mt of CO2]
CO2/TPES	1.25 [t CO2/toe]
CO2 per capita	4.79 [t CO2/capita]
CO2/PIB PPP	0.15 [kg CO2/USD 2005]
<i>** solamente emisiones de quema de combustible</i>	

Fuente: International Energy Agency Statistics, France Indicators for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=FRANCE&product=indicators&year=2013>

Francia generó un Suministro Total de Energía Primaria (TPES) de 253,32 Mtoe el año 2013. En la década pasada presentaba un crecimiento continuo de 0,7% al año, pero ya desde el 2008 al 2013 bajo en un 5%, y se espera que esta tendencia continúe como en la mayoría de los países de la zona.

9.5.1 Política Energética

Desde la década de los 70's la política energética francesa se enfocó en un fuerte desarrollo de la energía nuclear, con el objetivo de tratar de convertirse en un país energéticamente independiente, y no tener que depender de las importaciones de petróleo, gas natural y carbón, productos muy escasos en la región.

Pero, desde el desastre de Fukushima en marzo del 2010, el gobierno francés tiene como objetivo reducir su producción nuclear un tercio en 20 años y para el 2025 reducir la participación del sector nuclear al 50% de la producción

de electricidad ^[15]. En este periodo de transición, se espera cubrir esta baja de producción con el desarrollo solo de energías renovables, pero varios expertos consideran que es una situación poco viable y teniendo también como consecuencia un aumento de la producción de energía con carbón y gas natural.

También, en la actualidad, Francia se encuentra tratando de cumplir las directivas de la UE de liberar el mercado energético eléctrico y de gas. De momento, ha logrado bajar su participación en distintas compañías, pero todavía su participación es bastante fuerte (por ejemplo posee el 84,8% de la sociedad Électricité de France)

Enfocada en reducir el consumo energético y mejorar la seguridad energética, la política energética francesa tiene cuatro principios claves:

- Seguridad de abastecimiento energético
- Abastecimiento energético competitivo
- Desarrollo de energía sustentable
- Servicio de energía a todo el territorio y todas los ciudadanos

Hay alguna relación entre la HQE y la política energética francesa. Las exigencias de reducción de la demanda y consumo de energía apoyan la política de reducción de consumo y ayudan también a asegurar el abastecimiento energético.

Además, la otra exigencia vista, consumo satisfecho a través de energías renovables, apoyan el plan de desarrollar energías renovables para reemplazar la energía nuclear.

9.5.2 Situación energética del país

Como se mencionó anteriormente, el TPES de Francia presentaba un crecimiento continuo de un 7%, pero del 2008 al 2013 bajo un 5% y se espera que esta tendencia de contracción continúe así en las siguientes dos décadas.

El principal suministro de energía viene de la energía nuclear, con una participación del 43% (mayor en la IEA), pero que se espera que disminuya en los próximos años, debido al plan de cierre de varias plantas.

Del 2008 al 2013, el petróleo percibió una contracción de un 3%, mientras que los otros dos combustibles fósiles se mantuvieron en alrededor un 15% el gas natural un 5% el carbón.

Finalmente, las energías renovables subieron un 2,4% del 2008 al 2013, siendo la energía a través biocombustibles y residuos la que más aumentó con un 1,5%.

Por el otro lado, la producción se ha mantenido más o menos constante, un pequeño aumento con respecto a los años 2013 y 2008. De la producción, 81% de la energía producida viene del sector nuclear, con una baja de un 4% que se empezó a contraer desde el 2010 y se espera que continúe bajando con el plan de cierres de planta que tiene el país.

El resto de la producción viene de las energías renovables, 18% de la producción total. Donde casi un 12% proviene de biocombustibles y residuos y un 4,4% de energía hídrica. Todas las energías renovables han percibido un aumento de la producción total.

Por el otro lado, Francia tiene una producción de combustibles fósiles bajísima, solo un 1% de la producción total. Su suministro de estos combustibles

se debe esencialmente a las importaciones, correspondiendo a un 99% de la demanda de gas natural y petróleo y casi un 100% de los suministros de carbón.

Tabla 9.5.2.a. Datos y distribución de la situación energética de Francia

Energía Producida	1 36.25 [Mtoe]	81% nuclear 11.9% biocombustibles y residuos 4.4% hidro 1.6% geotérmica, solar y eólica 0.7% petróleo 0.2% gas natural 0.1% carbón
Suministro Total de Energía Primaria	253.32 [Mtoe]	42.9% nuclear 27.6% petróleo 15.1% gas natural 6.4% biocombustibles y residuos 4.8% carbón 2.4% hidro 0.8% geotérmica + solar + eólica
Suministro Total de Energía Primaria per capita	3.84 [toe]	
Suministro Total de Energía Primaria por PIB PPP	0.12 [toe/1000 USD (2005)]	

Fuente: International Energy Agency Statistics, France Balances for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=FRANCE&product=Balances>

En electricidad, Francia es el segundo país europeo miembro de la OCDE que más electricidad consume después de Alemania. Se estima que la demanda eléctrica francesa va a aumentar esta década un 0,8% por año hasta el 2030.

La combinación de electricidad generada a través de fuentes nucleares o renovables está dentro de las más altas de los países de la IEA. El 2013 generó 572,52 TWh, casi lo mismo que el 2008. Pero, a pesar de que la generación de electricidad no ha variado en cinco años, la matriz ha tenido algunos ajustes, principalmente gracias a los esfuerzos del gobierno por disminuir la participación de energía nuclear y de cumplir con los requisitos de la Unión Europea sobre emisiones de gases.

La energía nuclear continua siendo la principal generadora de electricidad, con un 74% de la energía generada en el 2013, esto corresponde a una disminución del 3% con respecto al año 2008.

Los combustibles fósiles disminuyeron su participación en un 2,3% del 2008 al 2013 participando en solo un 7,7%.

Las energías renovables han aumentado considerablemente su participación el 2013 con respecto a los años anteriores. La energía hídrica aumentó en un 3,2%, volviéndose la segunda fuente más importante del país en la generación de electricidad. También la energía eólica ha aumentado considerablemente, casi 2%, debido a varios proyectos durante los últimos 5 años para aumentar la capacidad eléctrica del país y principalmente enfocados en energía eólica.

Finalmente, el consumo francés de electricidad el 2013 fue de 486,48 TWh, un 85% de la electricidad generada ese año.

Tabla 9.5.2.b. Datos y distribución de la situación eléctrica de Francia

Electricidad Generada	572.52 [TWh]	74% nuclear
		13.2% hidro
		4.3% carbón
		3.0% gas natural
		2.8% eólica
		1.2% biocombustibles y residuos
		0.8% solar
		0.4% petróleo
		0.2% otras fuentes
		Consumo de Electricidad
Consumo de Electricidad per capita	7.38 [MWh/capita]	

Fuente: International Energy Agency Statistics, France Electricity and Heat for 2013

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=FRANCE&product=ElectricityandHeat>

9.4.3 Precios e impuestos de la energía

En Francia, todos los productos energéticos y servicios de energía presentan un impuesto de valor agregado (IVA) de un 19,6%.

Además, hay un impuesto adicional para los combustibles, donde el carbón y gas tienen un impuesto de 1,19 €/MWh, mientras que la bencina tiene un impuesto de 0,606€/L y el diésel de 0,428€/L.

La electricidad también tiene un impuesto adicional. También, la tarifa también incluye un componente directo para todo lo que cubriría el servicio eléctrico público. Al final el impuesto final para la electricidad termina siendo de 4,5€/MWh.

A continuación se presentan los distintos precios en Francia de algunas fuentes de energía.

Tabla 9.5.3.a. precios de algunas fuentes de energía en Francia

Precios en Francia		
Electricidad	0,169	USD/kWh
Gas Natural	0,082	USD/kWh
Bencina	1,551	USD/L
Diesel	1,326	USD/L

Fuente Bencina y Diésel: Precios de la gasolina, litro

http://es.globalpetrolprices.com/France/gasoline_prices/

Fuente Electricidad y Gas Natrula: Comisión Europea, Eurostat

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Natural_gas_price_statistics

9.6 Análisis comparativo del capítulo

9.6.1 Política Energética

A continuación se analizará la situación entre los cinco países considerando sus matrices y situaciones energéticas, como sus políticas y el costo energético en cada país.

La política energética de los países tiene varios puntos de similitud entre estos países, con enfoques distintos debido a falencias o distintas exigencias internas o externas.

Los cinco países buscan: un desarrollo sustentable a través de un aumento e innovación de los aportes de energías renovables, disminuir el consumo de energía y promover el uso de energías renovables. Alemania es el país con mayor énfasis le da a estos puntos, con ambiciosos objetivos para su matriz energética.

Mientras tanto, EEUU sin despreocupar un desarrollo sustentable, su principal objetivo está basado en generar una energía limpia, que en parte se logra a través de un desarrollo de energías renovables, pero hay una gran prioridad en disminuir las emisiones de gases invernaderos.

Al diferencia de Francia y Chile que, por distintas situaciones, no tienen un plan de reducción de emisiones. Francia al tener una matriz donde predomina la energía nuclear y el aporte de combustibles fósiles es el menor de los cinco países no emite una gran cantidad de gases, cumpliendo con las exigencias europeas. En el caso de Chile, todavía no es tema importante comparado con las

prioridades de asegurar energía a través de la diversificación de esta y preparar algún plan de contingencia.

Reino Unido se encuentra en una política, al igual que Francia, de asegurar energía en el país durante un periodo de transición que vive el país en esta década, con la disminución de energía nuclear de su matriz. Pero, para los britanos igual se encuentran con las exigencias europeas de disminuir sus emisiones.

Por lo tanto, a pesar de que hay prioridades distintas para todos los países, al final muchos de estos planes se encuentran relacionados para cumplir con los distintos enfoques, donde el desarrollo de energías renovables termina por solucionar la mayoría de los objetivos (disminución de emisiones de gases, aumento de suministro de energía, etc).

9.6.2 Matrices de Energía y Electricidad

Las organizaciones energéticas de los países difieren entre ellos. Esto se debe a distintos factores como la política energética utilizada en las décadas pasadas, modelo económico, geografía, recursos disponibles en los distintos países, etc.

De los cinco países estudiados, Francia es el único que tiene un suministro de combustibles fósiles menor a la mitad de su total y donde su mayor fuente de energía no es un combustible fósil sino la energía nuclear.

Por el otro lado, Chile es el país con la participación más grande de energías renovables. Aunque, gracias a que más de un 25% del suministro viene de biocombustibles y residuos y casi un 5% corresponde a fuentes hidráulica, las

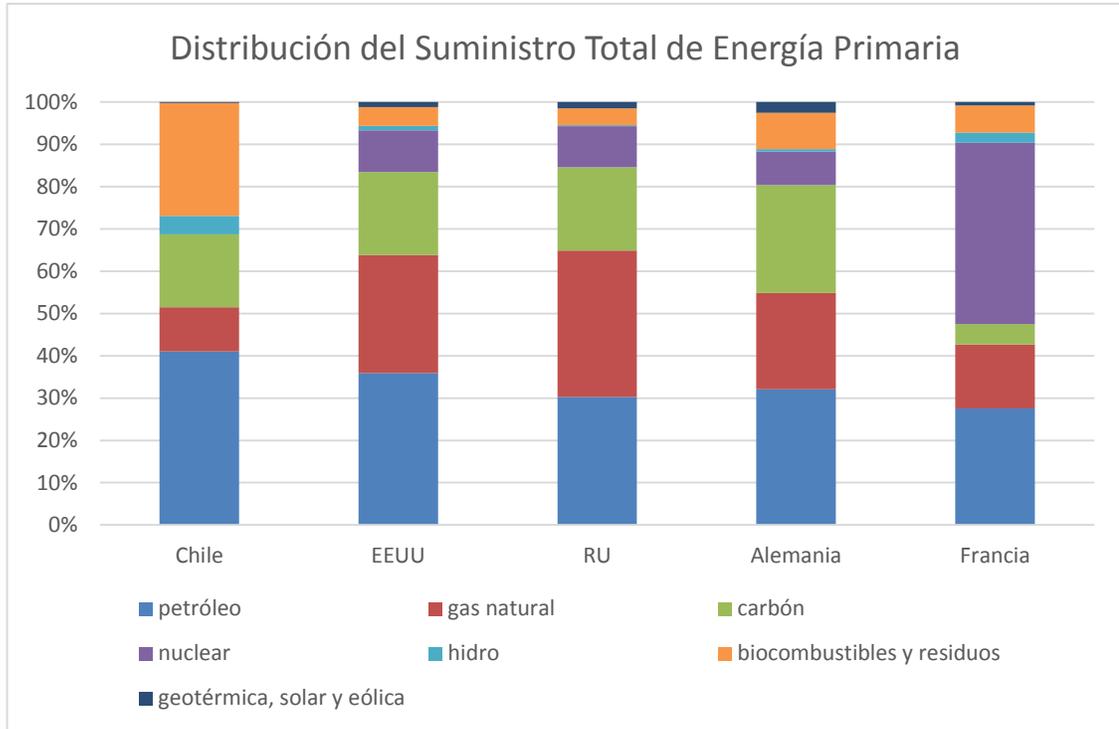
otras fuentes de energía renovables no se han desarrollado tanto como en los otros países.

EEUU y el Reino Unido son los dos países de los donde que los combustibles fósiles corresponden a más del 80% de sus suministros total de energía primaria.

Por último, Alemania se ve como el país con una mejor distribución de las fuentes de energía, sumando además el plan que tienen de no tener más energía nuclear, disminuir las plantas de energía a carbón para disminuir las emisiones de gases de invernadero y desarrollar las energías renovables, partiendo con la eólica.

En conclusión, las matrices energéticas del TPES de Alemania, EEUU y RU se parecen bastante. La de Francia termina siendo la más distinta de las cinco, debido a su política energética de los 70, enfocada en la energía nuclear, tratando de evitar una dependencia energética en combustibles fósiles. Finalmente, la matriz chilena, no exactamente igual al resto, tiene una fuerte semejanza a las tres primeras nombradas anteriormente, con una fuerte dependencia en los combustibles fósiles, sobre todo el petróleo (más de un 40%), volviéndola fuertemente dependiente del precio de esta.

Gráfico 9.6.2.a. Matrices del Suministro Total de Energía Primaria en los países estudiados

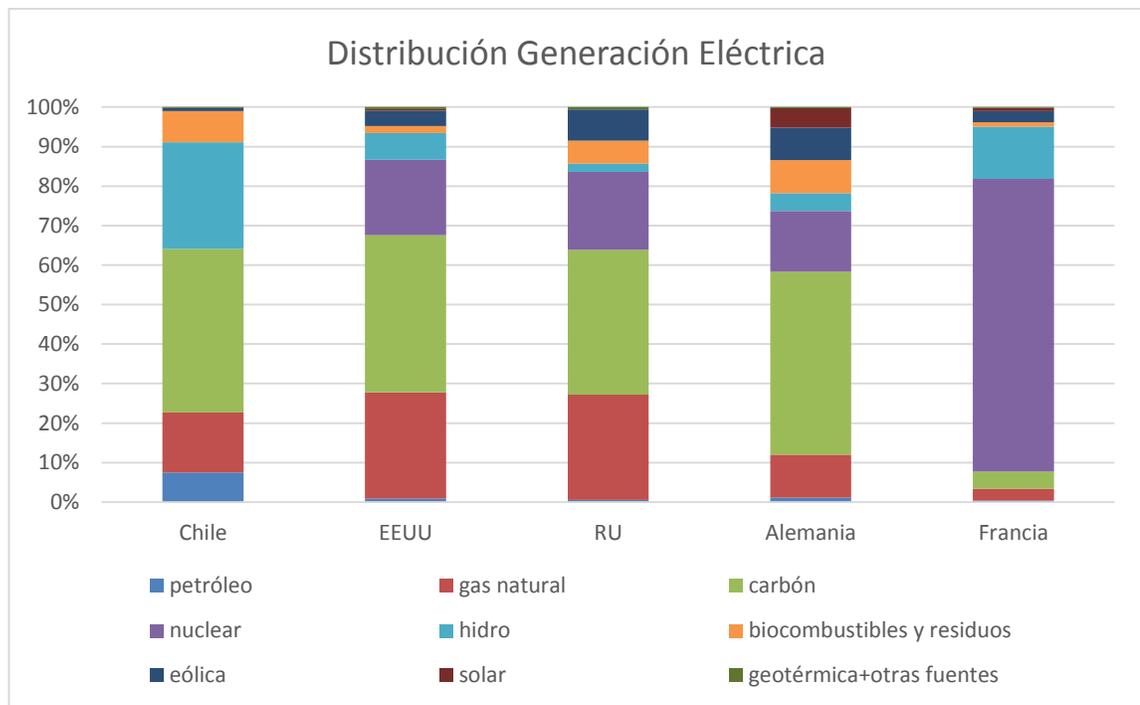


Para la generación eléctrica de cada país, nuevamente, Francia es el país que presenta una matriz de generación eléctrica más distinta al resto, con casi un 75% de su generación eléctrica procedente de a la energía nuclear, mientras que el carbón corresponde solo a un poco más de un 4% de la generación eléctrica. Mientras que los otros cuatro países, el carbón corresponde a la mayor fuente de generación con al menos un 36,7% de la generación total.

En Chile resalta la fuerte participación del petróleo utilizado para generar electricidad con respecto a los otros cuatro países. El petróleo corresponde a un 7,5% de la generación total, mientras que en los otros países el mayor consumidor de petróleo para la generación eléctrica es Alemania con un 1,1%.

En cuanto al uso de energías renovables, Chile genera la mayor electricidad, principalmente gracias al 27% que aporta la energía hidráulica. Ahora, si se consideran solo las energías renovables no convencionales (ERNC), Alemania es líder con un 21,8% y en Chile solo corresponde a un 8,8%, gracias al 7,8% que aportan los biocombustibles.

Tabla 9.6.2.b. Matrices de Generación Eléctrica en los países estudiados



9.6.3 Precios de las distintas energías

Debido a las distintas políticas y recursos naturales de los países estudiados los precios varían bastante en algunos casos. EEUU presenta los precios más bajos en las cuatro fuentes de energía estudiadas (electricidad, gas natural, bencina y diésel).

Los países europeos, Reino Unido, Francia y Alemania, presentan precios (combustibles fósiles) bastante parecidos con pequeñas diferencias. Al estar los tres en la Unión Europea, hay varios precios que se ven influenciados por las exigencias económicas y ambientales impuestas por la UE. La principal diferencia que existe de precios entre estas naciones correspondería al precio de la electricidad, donde en Francia es bastante más económica (0,169 USD/kWh) que en los otros dos países. Esto se justifica por la matriz eléctrica de Francia, fuertemente nuclear, y su política de tratar de ser independiente energéticamente y no basar su energía en los combustibles fósiles como se mencionó anteriormente.

En cuanto a Chile, presenta, por lo general, los segundos precios más bajos de energía después de los Estados Unidos. A excepción del gas natural, donde en Chile presenta el precio más alto de los cinco países estudiados.

Tabla 9.6.3.a. Precios de algunas fuentes de energía en los cinco países estudiados

	Chile	EEUU	Reino Unido	Alemania	Francia
Electricidad [USD/kWh]	0,173	0,108	0,279	0,334	0,169
Gas Natural [USD/kWh]	0,155	0,054	0,075	0,076	0,082
Bencina [USD/kWh]	1,078	0,563	1,462	1,449	1,551
Diésel [USD/kWh]	0,673	0,605	1,474	1,191	1,326

Como se mencionó en el capítulo de la certificación CES, la certificación se encuentra diseñada para la evaluación sustentable de los edificios de uso públicos. Es por esto que para comparar los consumos y costos energéticos de un edificio se consideraron las distribuciones de consumo energético de un edificio público obtenidos del “Manual de Gestor Energético: Sector Público” de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

De acuerdo al manual, un 44% del consumo de energía corresponde a gas natural. Diésel y energía eléctrica corresponden a un 28,1% y 27,9% respectivamente. Esto corresponde a un consumo de 7870 kWh, 5029 kWh y 5000 kWh de gas natural, diésel y electricidad respectivamente.

Tabla 9.6.3.b. Precio del kilowatt-hora en un edificio de uso público en los distintos países estudiados

	Chile	EEUU	Reino Unido	Alemania	Francia
28% Electricidad	0,048	0,030	0,078	0,093	0,047
44% Gas Natural	0,068	0,024	0,033	0,034	0,036
28% Diésel	0,189	0,170	0,414	0,335	0,373
Total [USD/kWh]	0,306	0,224	0,525	0,461	0,456

De la tabla se aprecia que EEUU presenta el costo de consumo para edificios de uso público más bajo con un 0,244 USD/kWh y Chile sigue con un 0,306 USD/kWh.

A pesar de que el gas natural en Chile es el más caro de los cinco países, los precios de la electricidad y sobre todo de diésel son tan bajos comparados con los países europeos estudiados.

Por lo tanto, el consumo de energía de los edificios para uso público en Chile son un 27% más caro que en el caso de los estadounidenses y alrededor de un 50% más baratos que en Francia y Alemania. Con respecto al Reino Unido, que presenta el consumo más caro de los países analizados, presenta un consumo de un 72% más caro que el chileno.

Capítulo 10. Análisis Comparativo Final

Ya analizadas las distintas certificaciones, zonas climáticas, situaciones energéticas y económicas, se intentará de analizar y comparar las cinco certificaciones con las distintas características, datos e informaciones mencionadas a lo largo de este trabajo.

A continuación, se compararán las exigencias de cada certificación con respecto a la reducción de la demanda y consumo de energía, al igual que las bonificaciones por la utilización de energías renovables. Se analizará el puntaje e importancia sobre este tema dentro de cada certificación y su relación con la situación energética del país. De las certificaciones, la BREEAM resultó ser la más compleja de analizar de las certificaciones estudiadas al exigir una reducción en conjunto de la demanda y consumo energético, además de las emisiones de CO₂.

Por último, se podrá comparar el nivel de ahorro económico estimado que se obtendría al aplicar estas exigencias para cada país con sus respectivos requisitos y el caso específico que sería aplicar estas mismas en Chile.

Como se mencionó en el capítulo de las zonas climáticas, todas presentan un clima oceánico, además de que Chile, Francia y EEUU presentan en alguna zona de sus respectivos territorios climas mediterráneos.

Ahora para esta comparación, los efectos, tales como temperaturas o iluminación del edificio, que podrían verse afectados por el clima en la demanda y consumo energético del mismo, vienen considerados en los modelos, normas y/o datos de consumo de los proyectos. Únicamente la certificación chilena CES considera también las diferencias climáticas del territorio en las exigencias de reducción de demanda del proyecto.

10.1 Situación general

Antes de pasar a analizar las exigencias de las certificaciones, de la siguiente tabla, se podrán comparar de manera más detalladas ciertas diferencias entre estos países.

Tabla 10.1.a. Datos específicos de los cinco países

	Chile	EEUU	Reino Unido	Alemania	Francia
PIB PPA [billones 2005 USD]	288,55	14451,51	2227,97	2933,04	2048,28
TPES per capita [toe]	2,19	6,92	2,98	3,87	3,84
TPES/PIB PPA [toe/1000 USD (2005)]	0,13	0,15	0,09	0,11	0,12
Consumo Eléctrico per capita [MWh]	3,86	12,99	5,41	7,02	7,38
CO2/TPES [t CO2/toe]	2,12	2,34	2,35	2,39	1,25
CO2 per capita [t CO2]	4,65	16,18	7	9,25	4,79
CO2/PIB PPA [kg CO2/USD 2005]	0,28	0,35	0,2	0,26	0,15

* En naranja los valores más altos de cada categoría y en azul los más bajos

Como se puede ver en la tabla, EEUU es el que presenta los índices más altos, por lo general por mucho, en casi todos los ámbitos comparados. Siendo el país con el suministro de energía más alto por PIB y población al igual de ser el país más contaminante. Se podría entender entonces la urgencia de incentivar la disminución del consumo energético y de incentivar energías renovables para disminuir estos datos y llegar a niveles más similares al resto de los países miembros de la IEA.

En el caso de Chile, destaca el bajo consumo eléctrico per cápita y podría explicar la incentivación de la certificación CES que implica disminuir la demanda y consumo energético, además de incentivar el uso de energías renovables de

un país con una matriz basada principalmente en combustibles fósiles, fuentes principalmente de importación y no muy presente en su territorio.

10.2 Demanda de Energía

De las cinco certificaciones estudiadas, cuatro, que corresponden a DGNB, CES, HQE y BREEAM, exigen algún requisito para optimizar la demanda de energía del edificio, pero solo dos de las certificaciones, CES y DGNB, especifican reducir algún porcentaje de la demanda energética del edificio.

Hay que considerar que estas cuatro certificaciones tienen requerimientos que piden mejorar el rendimiento del edificio, ya sea exigiendo límites para la permeabilidad de la envolvente, orientación de la estructura, volumetría, entre otros.

Además, la certificación BREEAM también mide la demanda energética del edificio, considerando solamente la calefacción y refrigeración del proyecto. Sin embargo, la mejora de eficiencia que exige, la pide en conjunto con un mejor rendimiento de consumo energético y emisiones de CO₂.

Una última consideración que se tuvo que tomar al comparar estas reducciones de demanda energética exigidas, fue el caso de la CES, única certificación que exige reducciones distintas dependiendo de la zona geográfica del país. Es por esto que se consideró los porcentajes exigidos a las zonas Sur Litoral (SL) y Sur Interior (SI), correspondiente a un clima oceánico, clima también presente en la mitad del territorio alemán.

Por lo tanto, comparando solo los porcentajes de reducción de demanda energética exigida por la CES y DGNB, se tiene:

Tabla 10.2.a. Disminución de la demanda exigida por las distintas certificaciones

		Disminucion de la demanda	puntos o sub-points	% de puntaje de la certificación
CES (clima oceánico)	Reduccion min.	10%	4,5	4,50%
	Reduccion max.	35%	18	18,00%
DGNB	Reduccion min.	-30%	10	0,20%
	Reduccion máx.	60%	100	2,02%

Hay que destacar que la tabla 10.2.a. presenta las exigencias para disminuir la demanda energética total, es decir, reducir la energía estimada para generar niveles adecuados de calidad del ambiente interior (confort térmico y lumínico). Sin embargo, la DGNB exige, aparte, una reducción específica de la demanda energética suministrada por energías no renovables, que representa un 3,08% del puntaje de la certificación.

De la tabla se puede destacar como los niveles de reducción máximos y mínimos que otorgan puntaje son bastante distintos entre ellos. Se tiene que la DGNB otorga los primeros *sub-points* incluso cuando el edificio tiene un rendimiento peor al modelo de referencia. Esto se explica por la diferencia de los modelos mencionados que utiliza cada certificación y que se puede comprobar al comparar el Anexo 9 de la certificación CES^[1] con el Anexo 1 del capítulo *Env 2.1 Life Cycle Assessment – Primary Energy* de la DGNB^[4], donde la DGNB presenta un modelo de referencia más detallado y exigente que el de la CES.

Es importante notar que, a pesar de la diferencia de los modelos, se puede apreciar también la mayor exigencia de la certificación alemana al exigir un 60% de disminución de la demanda energética para entregar el máximo de puntos de la exigencia, y terminar resultando en solo un 2,02% del puntaje total de la

certificación, mientras que para la certificación chilena exige solo una disminución del 35% para otorgar un puntaje máximo equivalente a un 18% de la certificación.

Estas diferencias se pueden explicar por una estructuración o enfoque distinto entre las certificaciones, donde la CES presenta una estructuración más común, parecida a la del resto de las certificaciones estudiadas, divididas por temas tales como Energía, Residuos, etc, mientras que la DGNB está estructurada en distintas categorías que entrelazan las temáticas de Energía, Agua, Calidad ambiental, entre otros, para lograr un edificio sustentable más homogéneo en todas las áreas.

Ahora a nivel de las situaciones energéticas de los países, se entiende la gran exigencia en disminución de la demanda que exige la DGNB. Esto, puesto que, Alemania tiene un plan para los próximos años de disminuir su suministro energético (dentro de los países europeos con los índices más altos de TPES per cápita) y apostar fuertemente a las energías renovables.

10.3 Consumo de Energía

Cuatro de las cinco certificaciones estudiadas otorgan puntajes al disminuir el consumo de energía del edificio. Nuevamente, el caso de BREEAM resulta el más difícil de comparar al exigir un mejor rendimiento midiendo en conjunto la demanda y consumo energético, además de las emisiones de CO₂.

Pero en los otros tres casos, CES, LEED y HQE, las certificaciones exigen un mejor rendimiento de consumo energético explícitamente comparándolos con algún valor de referencia, ya sea un modelo de referencia, norma o algún dato.

En este caso, la CES no hace diferencia en las exigencias de reducción de consumo por zonas geográficas, y al igual que los otros modelos de referencia, el clima influye condicionando factores como temperatura y luminosidad.

En la siguiente tabla se presentan las exigencias de cada una de estas certificaciones en cuanto al consumo energético.

Tabla 10.1.a. Disminución del consumo exigido por las distintas certificaciones

		Disminución del consumo	puntos	% de puntaje de la certificación
CES	Reduccion min	10%	4	4,00%
	Reduccion max	40%	16	16,00%
LEED	Reduccion min	12%	1	1,00%
	Reduccion max	48%	19	19,00%
HQE	Reduccion min	20%	5	2,23%
	Reduccion max	80%	15	25,00%

Entre estas tres certificaciones los puntajes y porcentajes de cada certificación se ven más similares entre ellos que para el caso de la demanda. Esto se podría deber a que las certificaciones presentan una estructuración más parecida entre ellas, donde la energía representa un tema específico para cada una de ellas.

Eso sí, hay que destacar la alta exigencia que exige la certificación francesa. Otorgando el mínimo puntaje al disminuir el consumo en un 20% y el máximo puntaje se otorgaría al cumplir una reducción de un 80%, esto corresponde al doble de la chilena.

10.4 Energías Renovables

Con respecto al uso de energías renovables que cubran la demanda o consumo de energía del proyecto, solo la certificación BREEAM no hace referencia directa del uso de este tipo de energías y quizás en el único punto donde se podría entender que promuevan este tipo de energías es al exigir una disminución de las emisiones de CO₂.

De las otras cuatro certificaciones, podría agregarse que CES y LEED son más exigentes al recompensar el uso de Energías Renovables No Convencionales (ERNC), mientras que las otras dos certificaciones, HQE y DGNB, premian si se emplean energías renovables.

La certificaciones CES y DGNB otorgan puntajes por el uso de energías renovables (no convencionales en el caso de la CES) que cubran la demanda energética del proyecto, mientras que las otras dos certificaciones, LEED y HQE, premian el empleo de energías renovables (no convencionales en el caso de LEED) con respecto al consumo del proyecto.

Tabla 10.4.a. Porcentaje de uso de energías renovables exigidas por las distintas certificaciones

		Uso de Energías Renovables	puntos	% puntaje de la certificación
CES (ERNC)	Reduccion min	2%	0,5	0,50%
	Reduccion max	10%	2	2,00%
DGNB	Reduccion min	2%	5	0,05%
	Reduccion max	20%	50	0,50%
LEED (ERNC)	Reduccion min	1%	1	1,00%
	Reduccion max	13%	7	7,00%
HQE	Reduccion min	10%	1	0,45%
	Reduccion max	40%	4	1,79%

De la tabla se aprecia que LEED es la certificación que le otorga una mayor importancia al uso de energías renovables, no convencionales en este caso, al darle un puntaje máximo equivalente al 7% de la certificación. Por el otro lado, la HQE es la que exige un mayor uso de energía renovables para obtener el puntaje máximo en el tema de energías renovables, pero que consiste en menos de un 2% del puntaje de la certificación.

Se podría entender la importancia que le da EEUU en estimular el uso de energías renovables no convencionales, al ser, como se ve en las siguientes tablas siguientes, uno de los países estudiados con la participación más baja de energías renovables y renovables no convencionales en su suministro total de energía primaria y generación de electricidad. Considerando también que se trata de uno de los países donde su suministro energético y generación eléctrica se ve fuertemente dependiente de combustibles fósiles.

Los casos de Francia e Inglaterra se podrían deber a sus distintas situaciones energéticas. Francia es, por lejos, el país que menos depende de combustibles fósiles y a pesar de que se encuentra en una etapa de transición, con la disminución de su fuente nuclear ^[15], el gobierno francés está enfocado en reemplazar esta energía por energías renovables. Por lo tanto, de cierta manera el proyecto se vería obligado a utilizar estas nuevas fuentes de energía.

El caso de Reino Unido tiene algunas similitudes, su matriz energética se encuentra en reforma, con el cierre de plantas nucleares cumpliendo su vida útil y el cierre de varias termoeléctricas a carbón para tratar de cumplir con las normas europeas. Por lo tanto el gobierno se encuentra obligado a reemplazar este 20% de energía que se va a cerrar por alguna otra fuente, enfocada esencialmente en energías renovables.

Tabla 10.4.b. Distribución de los suministros de energía primaria de los distintos países

TPES	Comb. Fósiles	Ener. Ren.	ERNC
Chile	68,7%	31,3%	26,9%
EEUU	83,5%	6,7%	5,6%
RU	84,6%	5,7%	5,5%
Alemania	80,4%	11,7%	11,1%
Francia	47,5%	9,6%	7,2%

* En naranja los valores más altos de cada categoría y en azul los más bajos

Tabla 10.1.c. Distribución de la generación eléctrica de los distintos países

Generación de Electricidad	Comb. Fósiles	Ener. Ren.	ERNC
Chile	64,1%	35,9%	8,9%
EEUU	67,6%	13,3%	6,6%
RU	63,9%	16,4%	14,3%
Alemania	58,3%	26,3%	21,8%
Francia	7,7%	18,2%	5,0%

* En naranja los valores más altos de cada categoría y en azul los más bajo

10.5 Ahorro Económico

Como se mencionó en el capítulo 9 – Análisis Energético, y de acuerdo a la información obtenida del “Manual de Gestor Energético: Sector Público” de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, donde se estima que el consumo energético para edificios de uso público esta suministrado por un 44% de gas natural, 28,1% diésel y 27,9% de energía eléctrica.

Usando esta distribución del consumo en edificios público se calculó cuanto se ahorraría cumpliendo los requisitos mínimos y máximos para cada certificación.

Por falta de resultados se consideró la misma distribución de las fuentes de energía que cubrirían la demanda energética.

En la siguiente tabla se presentan el ahorro de dólares (USD) por kilowatt-hora disminuido (kWh) al aplicar las reducciones mínimas y máximas de cada certificación en su país de origen. Es decir, de la estimación que se hizo en el capítulo 9 del precio del kilowatt-hora, se le aplicó el porcentaje de reducción de cada certificación para ver la cantidad de USD ahorrado por kWh reducido del consumo o demanda del proyecto en cada país al aplicar las exigencias de sus respectivas certificaciones.

Tabla 10.5.a. Ahorro de USD por kWh de cada país correspondiente a su certificación

	Consumo [USD/kWh]			Demanda [USD/kWh]	
	Chile - CES	EEUU - LEED	Fran. - HQE	Chile - CES	Alem. - DGNB
Sin reducción	0,306	0,224	0,456	0,306	0,461
Reducción min	0,275	0,197	0,365	0,275	0,600
Reducción max	0,183	0,116	0,091	0,199	0,185
Sin red. - Red. max	0,122	0,107	0,365	0,107	0,277

* En naranja los valores más altos de cada categoría y en azul los más bajos

Se analizó también, como se presenta en la tabla siguiente, la variación del costo del kilowatt-hora en Chile aplicando los niveles de reducción exigidos por las distintas certificaciones, aplicando los mismos criterios utilizados en la tabla anterior.

Tabla 10.5.b. Ahorro de USD por kWh n Chile considerando las distintas certificaciones

Chile	Consumo [USD/kWh]			Demanda [USD/kWh]	
	CES	LEED	HQE	CES	DGNB
Sin reducción	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306
Reducción min	0,275	0,269	0,244	0,275	0,397
Reducción max	0,183	0,159	0,061	0,199	0,122
Sin red. - Red. max	0,122	0,147	0,244	0,107	0,183

* En naranja los valores más altos de cada categoría y en azul los más bajos

La primera tabla, comparando cada país, nos dice que el mayor ahorro al cumplir al máximo con las certificaciones ocurriría en Francia. No hay sorpresa en este resultado, considerando que Francia representa uno de los costos más altos de energía de los países analizados y a la vez la HQE es la certificación que exige el porcentaje más alto de reducción de consumo de energía.

Como se mencionó en el capítulo 9, EEUU presenta el precio más bajo de energía (0,224 kWh/USD), bastante más bajo que en los países europeos y alrededor de tres cuarto del precio en Chile. Pero, viendo el caso de cada país, se constata que todas las certificaciones buscan lograr una reducción donde se termine ahorrando para llegar a un consumo o demanda de 0,2 dólares por kWh consumido.

En la segunda tabla se ve como influenciaría las exigencias de cada certificación a la realidad chilena al mejorar el rendimiento energético de un edificio.

Como se pudo ver al comparar las exigencias, la certificación chilena es la que exige una menor reducción. Su exigencia de consumo representa un ahorro

menor a las otras certificaciones. Con respecto a la LEED se ahorraría 0,025 USD/kWh menos y con la HQE el ahorro sería de 0,122 USD/kWh menos.

Lo mismo ocurre para el caso de reducir la demanda. Comparando la CES con la DGNB se ahorraría 0,076 USD/kWh mas al utilizar la certificación alemana.

Capítulo 11. Conclusiones y Comentarios

El objetivo inicial de este trabajo consistía en analizar, comparar y ver una posible aplicabilidad en Chile de distintas exigencias sobre el consumo y demanda energética de distintas certificaciones de construcción sustentable.

Al analizar cinco certificaciones de cinco países distintos, la CES de Chile, LEED de EEUU, BREEAM de Reino Unido, DGNB de Alemania y HQE de Francia, y estudiar también las situaciones geopolíticas de estos países es posible concluir y comentar lo siguiente:

Comentarios:

- Este trabajo presenta el inicio de una comparación de las exigencias de las distintas certificaciones estudiadas. Aunque se pudo comparar los distintos niveles de exigencia en eficiencia energética que exige cada certificación con respecto a sus valores de referencia y se pudo ver que existe ciertas similitudes climáticas y de política energética entre los países estudiados, quedaría profundizar la comparación de los modelos de referencia de cada certificación. Una forma de lograr una comparación de los modelos más completa consistiría en tomar algún proyecto de un edificio estándar y diseñar los distintos modelos de referencia para compararlos entre ellos.
- Otro punto a destacar fue al momento de comparar el ahorro que se lograría al considerar exigencias más altas, como el caso de la HQE. Este ahorro de 0,122 USD/kWh que se lograría al compararlo con la CES consiste solamente en el beneficio que se obtendría al lograr esa reducción extra, pero no considera el costo que conlleva lograr esa disminución. Por lo tanto sería importante realizar un trabajo que mida los costos que implica disminuir la demanda y/o consumo energético de un edificio, pensando que al reducir el

consumo del 0% al 1% no resultaría tan caro como reducirlo, por ejemplo, del 50% al 51%.

- Profundizando estos dos temas mencionados, se podría considerar hasta que nivel se podría exigir una reducción de la demanda o consumo de la energía. Considerando el modelo de referencia a tomar y el costo-beneficio de aumentar la eficiencia continúe siendo lo suficientemente tentador para construir un edificio sustentable.

Conclusiones:

- Las cinco certificaciones presentan algunas similitudes, considerando también que todas tienen un fin en común de fomentar una construcción sustentable. En este caso, enfocado en la temática de energía, conseguir una mejor eficiencia de los edificios, al disminuir su consumo y/o demanda de energía y crear un proyecto más amigable con el medioambiente al fomentar el uso de energías renovables y/o directamente exigir una disminución de las emisiones de CO₂.
- Comparando la certificación CES con las otras certificaciones, se constata que la certificación chilena es la que otorga el máximo puntaje para una reducción de la demanda y consumo menor que en las otras certificaciones. Considerando además que es la certificación que en este tema de reducción de demanda y consumo energético, así como el uso de energías renovables, es la que tiene una proporción del puntaje total más alto comparado con el resto de las certificaciones. Esto da pie para pensar automáticamente que se podría considerar exigir una mayor reducción, similares a las otras certificaciones, considerando la importancia que posee en el puntaje total de la certificación.

- Con respecto a las referencias de comparación que utiliza cada certificación, se puede destacar que la mayoría utiliza un modelo de referencia, con similitudes de diseño al proyecto, pero con algunos detalles estandarizados. Detalles que varían dependiendo de la certificación, donde la DGNB presenta un modelo de referencia más detallado y exigente. También vale la pena mencionar el método de referencia que utiliza la HQE, donde el valor de referencia para la comparación consiste en el promedio del consumo energético del tipo de edificio de la zona en que se desarrollara el proyecto. Este modelo tiene como resultado un reajuste de la exigencia de la certificación, pensando que a largo plazo el consumo de los edificios debería ir disminuyendo, reajustándose el promedio y como consecuencia exigiendo un consumo cada vez menor para lograr la exigencia de la certificación.
- Aunque resulta lógico que a una mayor eficiencia energética, menores son los costos de operación del edificio, o mayor es el ahorro por kilowatt-hora, resulta importante destacar la diferencia que se lograría ahorrar al aumentar estas exigencias. Tomando en cuenta la diferencia entre las exigencias de consumo y como ejemplo el caso de CES y HQE de 0,122 USD/kWh (capítulo 10.5) y considerando que el consumo de un edificio público en Chile es de 17 899 kWh mensual, se ahorraría 2 139 dólares al mes al aplicar las exigencias de la certificación francesa.
- Tratar de replicar alguna de las exigencias de las otras cuatro certificaciones puede permitir también ayudar a lograr los objetivos energéticos del país. Aumentar las exigencias de reducción del consumo y demanda energética ayudaría directamente el plan del gobierno de promover energía eficiente y asegurar un desarrollo sustentable. Por su lado, aumentar la exigencia de uso de energías renovables no convencionales colaboraría con los planes de optimizar una diversificación energética.

- De las cinco certificaciones, hay que destacar que la certificación LEED es la más similar a las CES, tanto como en el porcentaje de reducción de consumo que exige, como en las similitudes de los modelos de referencia. En lo que respecta a la importancia en puntaje, la DGNB es la que menos premio otorga por lograr una reducción de la demanda, a pesar de los altos niveles de reducción, con respecto a su modelo de referencia, que pide para lograr el máximo de puntaje. La certificación BREEAM resultó ser la más distinta en comparar a nivel de exigencia energética con respecto a las otras certificaciones al exigir un rendimiento energético que mide consumo, demanda y emisiones de CO₂ en conjunto.
- Por último, la certificación HQE es la que presenta una de las exigencias más altas de disminución del consumo y uso de energías renovables para lograr el total del puntaje de estos requisitos y que representan un porcentaje importante del puntaje total de la certificación. Por lo tanto, sería interesante estudiar a profundidad que tan difícil sería lograr las exigencias de consumo y uso de energías renovables de esta certificación y también ver que tan diferente es comparar los valores de consumo del proyecto con los del modelo de referencia de la CES y con los valores promedio del tipo de edificio o la norma RT2005 que utiliza la HQE.

Bibliografía

- [1] *Manual Evaluacion y Calificacion*. Version 1, Mayo 2014
Certificacion Edificio Sustentable
- [2] U.S. Green Building Council “USGB”, *Certificación LEED*, 2016.
- [3] BREEAM, *BREEAM International New Construction 2016, Technical Manual*, 2016
- [4] DGNB, *Manual para la certificación de nuevas oficinas*, 2014
<http://www.dgnb.de/en>
- [5] Cerway, *Règles de Certification pour les bâtiments en construction – HQE*, 2015
- [6] ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2007. *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [7] Appendix G ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2007. *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc
- [8] RT-2005. *Réglementation Thermique, des bâtiments confortables et performants*, Direction générale de l'Urbanisme de l'Habitat et de la Construction, 2005.
- [9] *Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification*, M. C. Peel, B. L. Finlayson, y T. A. McMahon, 2007.
- [10] *Chile Energy Policy Review 2009*, International Energy Agency.
- [11] *Energy Policies of IEA Countries, The United States 2014 Review*, International Energy Agency.

- [12] *Energy Policies of IEA Countries, The United Kingdom 2012 Review*, International Energy Agency.
- [13] *Energy Policies of IEA Countries, Germany 2013 Review*, International Energy Agency.
- [14] *Energy Policies of IEA Countries, France 2009 Review*, International Energy Agency.
- [15] Artículo BBC, *Francia batalla para disminuir su energía nuclear*, 11 de enero 2014,
http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/01/140111_francia_energia_nuclear_a0
- [16] *Manual de Gestor Energético – Sector Público*, Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2014