



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**MÁSTER EN INGENIERÍA DE LA EDIFICACIÓN
TRABAJO FINAL DE MÁSTER**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CERTIFICACIONES “GREEN
BUILDING” EN EDIFICIOS PARA LA VALIDACIÓN ÓPTIMA DEL SISTEMA
DE CERTIFICACIÓN “AQUA” DE BRASIL**

(COMPARATIVE STUDY OF GREEN BUILDING CERTIFICATIONS SYSTEMS FOR THE
OPTIMAL VALIDATION OF THE BRAZILIAN CERTIFICATION SYSTEM “AQUA”.)

Estudiante: Arq. Isabela Tavares Iantorno
Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón
Convocatoria: Barcelona, Abril 2016



La obra se distribuye bajo los términos y condiciones de la presente licencia pública de **Creative Commons** ("ccpl" o "licencia"). La obra está protegida por la ley del derecho de autor y/o por cualquier otra ley que resulte aplicable. Cualquier uso distinto del autorizado por la presente licencia o por la ley del derecho de autor está prohibido.

Se entiende que por el mero ejercicio de cualquiera de los derechos aquí previstos sobre la obra, usted acepta y se obliga bajo los términos y condiciones de la presente licencia. El licenciante le otorga los derechos aquí descritos considerando la aceptación por su parte de dichos términos y condiciones.

MÁSTER EN INGENIERÍA DE LA EDIFICACIÓN
TRABAJO FINAL DE MÁSTER

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CERTIFICACIONES
“GREEN BUILDING” EN EDIFICIOS PARA LA VALIDACIÓN
ÓPTIMA DEL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN “AQUA” DE
BRASIL

Trabajo presentado al Máster Universitario Oficial en Ingeniería de la Edificación de la Universidad Politécnica de Catalunya – UPC, como parte de los requisitos para la obtención del título de Máster en Ingeniería de la Edificación.

Estudiante: Arq. Isabela Tavares Iantorno
Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón
Convocatoria: Barcelona Abril 2016

RESUMEN

Dada la alta tasa de impactos ambientales causados por el sector de la construcción, hay una demanda creciente para la práctica de la adopción de la certificación ambiental en los edificios con el fin de obtener una dirección en el proceso de producción de la construcción sostenible. Las diferentes herramientas de evaluación medioambiental empezaron a aparecer en el mundo en la década de 1990 desarrolladas por organizaciones sin fines de lucro y evaluadas por terceras partes los edificios; el incremento y crecimiento de estas organizaciones en varios países lograron promover dichas edificaciones ambientales. Sin embargo, Brasil al aumentar considerablemente la densidad demográfica en las zonas urbanas demandó la construcción de nuevos edificios y preocupados con la problemática ambiental del sector, se creó en 2008 el sistema de certificación AQUA por la Fundación Vanzolini, con la finalidad de evaluar la sostenibilidad de los edificios en Brasil.

Para el logro del objetivo de validar ese sistema brasileño reciente y novedoso es necesario en un primer momento, entender desde el punto de vista organizativo, funcional y técnico como se estructuran las herramientas de certificación de edificios más empleadas a nivel mundial: BREEAM, LEED, CASBEE y el sistema objeto de estudio, AQUA. El trabajo continuó con la comparación de las herramientas mencionadas por medio de un método analítico jerárquico en base a los puntos de vista ya indicados (organizativo, funcional y técnico), encontrando que los diferentes sistemas presentan similitudes en las categorías y elementos evaluados, sin embargo se encuentran diferencias de sus porcentajes comprobando que cada uno fue creado para un determinado contexto. Mediante análisis de sensibilidad realizados en base a las prioridades detectadas para la región de Brasil se corroboró que AQUA es consistente en las relaciones entre sus categorías y consecuente con la situación actual de Brasil.

Palabras clave: Green Building, certificación medioambiental, sostenibilidad de un edificio, evaluación de la construcción, indicadores de sostenibilidad.

ABSTRACT

Given the considerable environmental impacts caused by the construction sector, there is a growing demand for the practice of adopting environmental certification in buildings in order to obtain a path to the production process of sustainable construction. Different environmental assessment tools began to appear in the world in the 1990s developed by non-profit organizations and evaluated by third parties; the increase and growth of these organizations in various countries managed to promote these environmental buildings. However, Brazil has significantly increased the population density in urban areas on the past decades, demanding the construction of new buildings and with the intention to minimize the environmental problems caused by the sector, in 2008 the Vanzolini Foundation created the certification system AQUA, in order to assess the sustainability of buildings in Brazil.

To achieve the goal of validating the recent Brazilian system it was necessary at first, to understand from an organizational, functional and technical points of view the assessment tools of buildings most used worldwide: BREEAM, LEED, CASBEE and the system under study, AQUA. The work continued with the comparison of the tools mentioned based on the points of view already indicated (organizational, functional and technical), finding that the different systems have similarities in the categories and elements evaluated, however it also found differences in the percentages given to each category, verifying that each one was created for a given context. By a hierarchical analytical method and sensitivity analysis based on the detected priorities for the region of Brazil was possible to confirm that AQUA is consistent in relations between categories and with the current situation in Brazil.

Keywords: Green building, environmental certification, sustainability in buildings, construction evaluation, sustainability indicators.

ÍNDICE

ÍNDICE	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
GLOSARIO.....	13
1 INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 OBJETIVOS.....	19
1.1.1 Objetivo general.....	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
1.1.3 Objetivos Personales	19
1.2 METODOLOGÍA	20
2 ESTADO DEL ARTE	21
2.1 DESARROLLO SOSTENIBLE	21
2.1.1 Evolución del concepto.....	21
2.2 EDIFICIOS GREEN BUILDING	27
2.2.1 Definición.....	27
2.2.2 Beneficios de los edificios verdes.....	30
2.2.3 Edificios verdes evaluados por certificaciones en el mundo	31
2.2.4 Los consejos de Edificaciones Verdes	31
2.3 CERTIFICACIONES GREEN BUILDING.....	34
2.3.1 Definición.....	34
2.3.2 Que evalúan?.....	34
2.3.3 Herramientas o sistemas de evaluación en el mundo.....	36
3 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CERTIFICACIONES GREEN BUILDING.....	39
3.1 BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIROMENTAL METHOD - (BREEAM)	39
3.1.1 Descripción	39
3.1.2 Funciones administrativas y operacionales	44
3.1.3 Funciones técnicas.....	46
3.1.4 Proceso de certificación.	52
3.2 LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIROMENTAL DESIGN - (LEED).	55

3.2.1	Descripción.....	55
3.2.2	Funciones administrativas y operacionales.....	59
3.2.3	Funciones técnicas	61
3.2.4	Proceso de certificación.....	69
3.3	COMPREHENSIVE ASSESMENT SYSTEM FOR BUILDING ENVIROMENTAL EFFICIENCY - CASBEE.....	72
3.3.1	Descripción.....	72
3.3.2	Funciones administrativas y operacionales.....	74
3.3.3	Funciones Técnicas.....	78
3.3.4	Proceso de certificación.....	85
3.4	ALTA CALIDAD AMBIENTAL EN SU EMPRENDIMIENTO – AQUA.....	89
3.4.1	Descripción.....	89
3.4.2	Funciones administrativas y operacionales.....	89
3.4.3	Funciones técnicas	95
3.4.4	Proceso de Certificación	108
4	SITUACIÓN ACTUAL EN BRASIL.....	111
4.1	ENERGÍA	111
4.1.1	Emisiones de CO ₂	117
4.3	RECURSOS HÍDRICOS.....	119
4.5	MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN	123
4.7	RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.....	125
4.9	MOVILIDAD URBANA.....	127
5	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS HERRAMIENTAS DE CERTIFICACIÓN... ..	129
5.1	INTRODUCCIÓN AL MÉTODO	129
5.2	ANÁLISIS COMPARATIVO.....	129
5.2.1	Comparación administrativo – funcional (operativo)	130
5.2.2	Comparación técnica.....	135
5.3	MÉTODO PARA LA VALIDACIÓN	143
6	CONCLUSIONES.....	157
6.1	GENERALES.....	157
6.2	ESPECÍFICAS	158
6.4	PERSONALES	160
7	REFERENCIAS.....	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 indicadores fundamentales acordados por la SB Alliance	33
Figura 2.2 Sistemas asociados a SB Alliance	33
Figura 2.3 Tres perspectivas sobre el proyecto ecológico	35
Figura 2.4 Sistemas de evaluación mundiales.	37
Figura 3.1 Mapa de países donde BREEAM está activo.....	40
Figura 3.2 Fases del ciclo de vida evaluadas por BREEAM.....	41
Figura 3.3 Tipologías de edificaciones evaluadas por BREEAM.....	42
Figura 3.4 Evaluación y etapas de certificación BREEAM en relación a las etapas de construcción.....	54
Figura 3.5 Sistemas de clasificación LEED.	57
Figura 3.6 Acreditaciones LEED y sus puntajes.	62
Figura 3.7 Espacio hipotético cerrado dividido por un borde de sitio.....	73
Figura 3.8 El desarrollo de la ecoeficiencia para BEE.	74
Figura 3.9 el proceso cíclico de la concepción de la edificación.....	75
Figura 3.10 Ciclo de vida del edificio y las cuatro herramientas de evaluación.	75
Figura 3.11. El edificio interpretado por CASBEE.....	79
Figura 3.12 Clasificación y redistribución de la evaluación de los ítems Q y L.....	80
Figura 3.13 Etiqueta de calificación basada en BEE.....	81
Figura 3.14 Imagen ampliada del ítem 2.1 de la hoja de resultados CASBEE.	86
Figura 3.15 Imagen ampliada del ítem 2.2 de la hoja de resultados CASBEE.	86
Figura 3.16 Imagen ampliada del ítem 2.3 de la hoja de resultados CASBEE.	87
Figura 3.17 Imagen ampliada del ítem 2.4 de la hoja de resultados CASBEE.	87
Figura 3.18 Imagen ampliada del ítem 3. De la hoja de resultados CASBEE.	87
Figura 3.19 Ejemplo de la hoja de resultados de la evaluación de CASBEE para Nuevas Construcciones.....	88

Figura 3.20 Evolución de la Fundación Vanzolini.	89
Figura 4.1 Relación entre disponibilidad hídrica y la demanda de agua.	120
Figura 4.2 Situación de las regiones hidrográficas brasileñas según la criticidad cuali- cuantitativa.....	121
Figura 5.1 Inicio de los sistemas de certificación Green Building.	130
Figura 5.2 Esquema general de las etapas de certificación.....	131
Figura 5.3 Proceso de evaluación por terceros de los sistemas de certificaciones Green Building.....	132
Figura 5.4 Porcentaje de categorías en los sistemas analizados.	139
Figura 5.5 Desglose de los sistemas en sus principales elementos.....	144
Figura 5.6 Porcentaje de las categorías bajo a los criterios del proyecto ecológico.	144
Figura 5.7 Diagrama del Proceso Analítico Jerárquico.	146
Figura 5.8 Ponderación de los criterios para la evaluación respecto al objetivo.	146
Figura 5.9 Ejemplo de los resultados de la comparación de pares de alternativas.	147
Figura 5.10 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 1.	147
Figura 5.11 Matriz de criterios ponderados para la simulación 2.....	150
Figura 5.12 Ponderación de los criterios para la simulación 2.	150
Figura 5.13 Gráfica de sensibilidad dinámica simulación 2.....	150
Figura 5.14 Ponderación de los criterios para la evaluación de la simulación 3.	152
Figura 5.15 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 3.	152
Figura 5.16 Preferencia de cada criterio respecto al resto a evaluar – simulación 4.	153
Figura 5.17 Matriz de comparaciones pareadas de los criterios a evaluar – simulación 4.	153
Figura 5.18 Porcentaje de los criterios simulación 4.	154
Figura 5.19 Resultados simulación 4.....	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Medidas para promover las tres "Es".....	35
Tabla 2.2 Resumen de algunos de los principales sistemas de certificaciones existentes.	38
Tabla 3.1 Tipologías de edificaciones evaluadas por BREEAM International NC.	45
Tabla 3.2 Referencia de calificaciones BREEAM NC.....	46
Tabla 3.3 Secciones y temas del BREEAM NC.....	48
Tabla 3.4 Estándares BREAAM mínimos por nivel de clasificación.	49
Tabla 3.5 Categorías medioambientales BREEAM y sus ponderaciones.....	50
Tabla 3.6 Estándares mínimos para clasificación BREEAM "Muy Bueno".....	51
Tabla 3.7 Ejemplo del cálculo de clasificación BREEAM.....	52
Tabla 3.8 Créditos y prerrequisitos de la categoría Sitios Sustentables.	64
Tabla 3.9 Créditos y prerrequisitos de la categoría Eficiencia del Agua.....	65
Tabla 3.10 Créditos y prerrequisitos de la categoría Energía.	65
Tabla 3.11 Créditos y prerrequisitos de la categoría Materiales y Recursos.....	66
Tabla 3.12 Créditos y prerrequisitos de la categoría Calidad del Ambiente Interior.	68
Tabla 3.13 Créditos de la categoría Innovación.	69
Tabla 3.14 Herramientas básicas del CASBEE.....	76
Tabla 3.15 Etiqueta de calificación basado en BEE.....	81
Tabla 3.16 Tipos de Edificios orientados para la evaluación.	82
Tabla 3.17 Ítems incluidos en la evaluación de Q.....	83
Tabla 3.18 Ítems incluidos en la evaluación de LR.....	84
Tabla 3.19 Coeficientes de ponderación CASBEE para Nuevas Construcciones.....	85
Tabla 3.20 Etapas del SGE.....	91
Tabla 3.21 Etapas de evaluación AQUA.....	92
Tabla 3.22 Categorías QAE.....	93

Tabla 3.23 Interacciones entre categorías.....	95
Tabla 3.24 Estructura de la categoría 1 en AQUA.....	97
Tabla 3.25 Estructura de la categoría 2 en AQUA.....	98
Tabla 3.26 Estructura de la categoría 3 en AQUA.....	99
Tabla 3.27 Estructura de la categoría 4 en AQUA.....	100
Tabla 3.28 Estructura de la categoría 5 en AQUA.....	101
Tabla 3.29 Estructura de la categoría 6 en AQUA.....	102
Tabla 3.30 Estructura de la categoría 7 en AQUA.....	103
Tabla 3.31 Estructura de la categoría 8 en AQUA.....	104
Tabla 3.32 Estructura de la categoría 9 en AQUA.....	105
Tabla 3.33 Estructura de la categoría 10 en AQUA.....	105
Tabla 3.34 Estructura de la categoría 11 en AQUA.....	106
Tabla 3.35 Estructura de la categoría 12 en AQUA.....	106
Tabla 3.36 Estructura de la categoría 13 en AQUA.....	107
Tabla 3.37 Estructura de la categoría 14 en AQUA.....	108
Tabla 4.1 Disponibilidad hídrica de agua dulce en los diferentes países.....	119
Tabla 5.1 Funciones Administrativas de los sistemas analizados.....	134
Tabla 5.2 Calificación, evaluación y categorías de los sistemas.....	138
Tabla 5.3 Porcentaje de los sistemas de evaluación respecto a los criterios propuestos.	151

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 Porcentaje de renovables en la matriz energética de Brasil – 2014.	112
Gráfico 4.2 Repartición de la oferta interna de energía por fuente.	113
Gráfico 4.3 Consumo final de energía por fuente - Brasil 2014.	113
Gráfico 4.4 Consumo de energía por sector - Brasil 2014.	114
Gráfico 4.5 Consumo de energía eléctrica en Brasil, 1970-2013.	115
Gráfico 4.6 Previsión de incremento del consumo de energía en edificaciones.	116
Gráfico 4.7 Consumos energéticos en edificaciones por uso final.	117
Gráfico 4.8 Medias de emisiones de CO ₂ con la generación eléctrica en Brasil para los meses de 2009-2014.	118
Gráfico 4.9 Curva de proyección de la demanda total de agua en tres escenarios para Brasil.	122
Gráfico 5.1 Escala de coeficientes correctores de BREEAM - NC.	140
Gráfico 5.2 Escala de coeficientes correctores de LEED – NC.	141
Gráfico 5.3 Escala porcentual de los elementos CASBEE.	141
Gráfico 5.4 Escala porcentual de las categorías AQUA.	142
Gráfico 5.5 Gráfico radar de los porcentajes distribuidos en los criterios propuestos. ...	151

GLOSARIO

SB Alliance (Sustainable Building Alliance)

ISO (International Organization for Standardization)

EPA (Energy Environmental Protection Agency)

BRE (Building Research Establishment)

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

DS (Design Stage)

PCS (Post Construction Stage)

NC (New Construction)

ACV (Análisis de Ciclo de vida)

WGBC (World Green Building Council)

USGBG (United States Green Building Council)

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

CIR (Compliance Interpretation Request)

JAGBC (Japan Green Building Council)

IBEC (Institute for Building Energy Consumption)

CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)

BEE (Building environmental Efficiency)

AQUA (Alta Qualidade Ambiental em seu empreendimento)

HQE (Haute Qualité Environmentale)

QAE (Qualidade Ambiental de um empreendimento de Construção)

SGA (Sistema de Gestão do Empreendimento)

ABRAMAT (Associação Brasileira da Indústria dos Materiais de Construção)

ANA (Agência Nacional de Águas)

CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável)

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

NBR (Norma Brasileira)

AHP (Analysis Hierarchy Process)

Categorías BREAAAM para Nuevas Construcciones

MAN (Gestión)

HEA (Salud y Bienestar)

ENE (Energía)

TRA (Transporte)

WAT (Agua)

MAT (Materiales)

WST (Residuos)

L.E (Uso del suelo y ecología)

POL (Contaminación)

INN (Innovación)

Categorías LEED para Nuevas Construcciones

SS. (Sitios Sustentables)

WE. (Eficiencia del Agua)

EA. (Energía)

MR. (Materiales y Recursos)

IEQ. (Calidad Ambiental Interior)

I.D. (Innovación)

P.R. (Prioridad Regional)

Elementos CASBEE para Nuevas Construcciones

Q1 (Ambiente Interior)

Q1-1 (Ambiente Sonoro)

Q1-2 (Confort Térmico)

Q1-3 (Insolación e Iluminación)

Q1-4 (Calidad del Aire)

Q2 (Calidad de Servicios)

Q2-1 (Utilidad)

Q2-2 (Durabilidad y Confiabilidad)

Q2-3 (Flexibilidad y Adaptabilidad)

Q3 (Medioambiente Exterior Inmediato)

Q3-1 (Preservación y creación del Biotipo)

Q3-2 (Paisaje Urbano y Rural)

Q3-3 (Características Locales y Equipamiento Exterior)

LR1 (Energía)

LR1-1 (Control de la carga de calor en la superficie exterior de los edificios)

LR1-2 (Utilización de Energía Natural)

LR1-3 (Eficiencia de los Sistemas de Servicios)

LR1-4 (Eficiencia de Funcionamiento)

LR2 (Recursos y Materiales)

LR2-1 (Recursos de Agua)

LR2-2 (Reducción del uso de recursos no renovables)

LR2-3 (Evitar el uso de materiales con contenido Contaminante)

LR3 (Ambiente Exterior)

LR3-1 (Consideración del calentamiento Global)

LR3-2 (Consideración del Medioambiente Local)

LR3-3 (Consideración del Medioambiente que rodea)

Categorías AQUA para Edificios No Residenciales

A1 (Relación del edificio con su entorno)

A2 (Elección integrada de productos, sistemas y procesos constructivos)

A3 (Cantero de obras con bajo impacto ambiental)

E4 (Gestión de Energía)

A5 (Gestión del agua)

A6 (Gestión de los residuos de uso y funcionamiento del edificio)

A7 (Mantenimiento y permanencia del rendimiento ambiental)

C8 (Confort Higrotérmico)

C9 (Confort Acústico)

C10 (Confort Visual)

C11 (Confort olfativo)

S12 (Calidad sanitaria de los ambientes)

S13 (Calidad sanitaria del aire)

S14 (Calidad sanitaria del agua)

1 INTRODUCCIÓN

El Consejo Internacional de la Construcción señala que el sector de la construcción tiene un papel clave en la consecución de los objetivos generales del desarrollo sostenible, ya que es la área de la actividad humana que consume más energía y recursos naturales, que resulta en impactos ambientales significativos (CIB, 1999).

En este contexto, desde la década de 1970, hay eventos dirigidos principalmente a la búsqueda de alternativas a la "insostenibilidad" ambiental del sector de la construcción. La primera tuvo lugar en Estocolmo, Suecia, en 1972, cuando la sociedad científica ya detectaba problemas en el futuro, a partir de la contaminación del aire de las industrias y la degradación de los recursos ambientales. En 1987, con la declaración de la Comisión Brundtland, se añadieron a las preocupaciones de los recursos ambientales, los económicos y sociales, lo que resulta en un enfoque más amplio para el concepto de desarrollo sostenible (Brundtland, 1991).

En Brasil estos hechos se iniciaron un concepto más significativo en 1992, en Río de Janeiro, con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Eco'92) cuando se adoptó la Agenda 21, que constituye un documento redactado en el consenso entre los gobiernos y las instituciones de la sociedad civil de 178 países para garantizar la sostenibilidad global del siglo 21 (VILHENA, 2007). Después de 20 años, se llevó a cabo en 2012, también en la ciudad de Río de Janeiro, el Río + 20, que reafirma los objetivos de la Agenda 21 y renovando el compromiso político con el desarrollo sostenible.

En el contexto de la construcción sostenible en los países en desarrollo, la Agenda 21 se define como un proceso que tiene como objetivo no sólo para restaurar y mantener la armonía entre los ambientes naturales y artificiales, sino que también proporcionan la dignidad humana y la equidad económica (PROGRAMA 21, 1999). Es decir, el concepto trasciende la sostenibilidad del medio ambiente, para abrazar la sostenibilidad económica y social, haciendo hincapié en la calidad de vida de los individuos y las comunidades.

Insertado de este contexto histórico mundial, existen las herramientas de evaluación o certificación ambiental, aplicables a la industria de la construcción, que analizan, entre otros factores, la reducción de los recursos naturales, la durabilidad de los edificios, reduciendo el consumo la energía, el confort, la capacidad de adaptación a los

cambios de las necesidades del usuario, la viabilidad de desmontaje y reciclaje y reutilización de materiales y componentes (SOUZA, 2008).

En 2008 se creó en Brasil el sistema brasileño de evaluación y clasificación de los edificios, alta calidad medioambiental (AQUA), que en su referencial técnico (Fundação Vanzolini, 2014) señala que los indicadores nacionales aplicados en su país de origen suelen ser adecuados y reflejan las condiciones regionales. Sin embargo, en el ámbito de estudios científicos y debido al corto plazo de su aplicación, son raros documentos que tienen como objetivo comparar ese sistema con otros ya consolidados en el mundo, lo que lleva a plantear el objeto de estudio del presente trabajo, además de insértalo en la situación actual de su país de origen, Brasil con la finalidad de validar sus parámetros y indicadores.

1.1 OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo se dividen en tres grandes grupos, generales, específicos y personales. Tales objetivos se exponen a seguir.

1.1.1 Objetivo general

El objetivo principal del estudio es comparar las principales certificaciones de evaluación sostenible para edificios, mediante el análisis de los principales elementos que aporta cada herramienta o certificación, con el fin de evaluar, validar o criticar la herramienta de certificación AQUA “Alta Calidad Ambiental” y su eficiencia de implantación en Brasil.

1.1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos del estudio son:

1. Determinar los principales sistemas de calificación mundial para edificios, describiendo la situación actual (Estado del Arte), en base a libros, artículos y opiniones al respecto;
2. Determinar un modelo para el análisis de las certificaciones más representativas y seleccionadas;
3. Explicar y evaluar la situación en el campo de edificación sostenible en Brasil;
4. Explicar e evaluar los indicadores como factores determinantes en las certificaciones;
5. Validar y criticar la herramienta AQUA en la región de Brasil basados en otras herramientas internacionales de certificación ya consolidadas en el sector de las certificaciones sostenibles.

1.1.3 Objetivos Personales

Profundizar en los sistemas de certificación de edificios “Green Building” más representativos en el mundo y conocer al detalle la situación que se encuentra mi país de origen, Brasil, en la temática del desarrollo sostenible con el fin de entender los proyectos de edificación desde una perspectiva más allá de lo técnico y constructivo.

1.2 METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos presentados anteriormente, se seguirán los siguientes pasos:

- Descripción de la evolución del concepto de desarrollo sostenible y de los sistemas de certificación ambiental de edificios (Estado del Arte);
- Descripción de los diferentes sistemas de certificación elegidos para el presente estudio, exponiendo sus características funcionales, operacionales y técnicas;
- Descripción de la situación actual en el campo de la edificación sostenible, de la región sujeta a estudio, Brasil;
- Análisis comparativo de las diferentes herramientas, con la finalidad de encontrar sus similitudes y diferencias;
- Validación del sistema AQUA mediante el método AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y el análisis de sensibilidad.

2 ESTADO DEL ARTE

Los siguientes apartados tienen como objetivos introducir al lector la definición del término del desarrollo sostenible, pasando por la evolución del concepto y los eventos mundiales que abordaran ese tema, hasta alcanzar el concepto de edificación sostenible y la evolución histórica del proceso de sostenibilidad y evaluación de la misma en el proceso edificatorio.

2.1 DESARROLLO SOSTENIBLE

El concepto de desarrollo sostenible se presenta en la segunda mitad del siglo XX, en un intento de alertar y sensibilizar el mundo por el consumo excesivo de los recursos naturales y el aumento progresivo de la contaminación. Estos hechos están relacionados internamente con la creciente población mundial y el progreso tecnológico, industrial y constructivo que por lo tanto da lugar a un aumento significativo en el consumo de energía (WBCSD, 2010).

El Consejo Internacional de la Construcción señala que el sector de la construcción tiene un papel clave en la consecución de los objetivos globales de desarrollo sostenible, ya que es el área de la actividad humana que consume más energía y recursos naturales resultando en considerables impactos ambientales (CIB, 1999).

En este contexto, desde 1970, hay eventos dirigidos principalmente a la búsqueda de alternativas a la "insostenibilidad" ambiental del sector de la construcción. La definición del término desarrollo sostenible ha aumentado su énfasis en el informe de Brundtland, también conocido como “Our Common Future”, publicado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, en 1987, que define el desarrollo sostenible como "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (Brundtland, 1991). A partir de esa definición varios acuerdos fueron hechos, y muchos países tratarán de concentrar medidas con el fin de detener el aumento de la contaminación y sus consecuencias para los seres vivos y el planeta.

2.1.1 Evolución del concepto

En ese apartado se presentan los eventos mundiales que abordaran el tema del desarrollo sostenible.

2.1.1.1 Club de Roma

Con el fin de discutir y, sobre todo, saber qué medidas tomar para resolver este problema global para describir los problemas políticos, sociales, culturales, ambientales y tecnológicos surge en el año 1968 en Italia, el Club de Roma. Esta organización no gubernamental (ONG), estimulado por un industrial italiano y un grupo de 30 personas que realizan diversas actividades profesionales en 10 países, se reunieron para discutir los dilemas actuales y futuros de la especie humana. Del encuentro, nació una de sus contribuciones más sobresalientes: un informe, cuyas conclusiones principales indican que los límites más cruciales para el crecimiento socio-económico de la humanidad eran la población, la producción agrícola, los recursos naturales, la producción industrial y la contaminación (Donella H. Meadows, 1972).

A partir de este informe, en 1972, los Meadows publicaran el libro "Los límites del crecimiento", en el que se cuestiona la capacidad del medio ambiente para apoyar el crecimiento de la población a medio y largo plazo. De acuerdo con los cálculos realizados allí, tal crecimiento podría conducir, en el mediano y largo plazo, las crisis ambientales graves. Como solución, se propuso la búsqueda de un "equilibrio global" en la que se debería ser desacelerado el crecimiento de la población y la producción industrial y el uso de los recursos (Donella H. Meadows, 1972).

En ese momento, la percepción de los problemas ambientales era esencialmente a nivel regional o local, por lo que es muy oportuno dado el daño ambiental a la descarga de una eliminación de efluentes o residuos líquidos. En este sentido, la resolución de estos problemas ambientales se encontró en la regulación de las condiciones de funcionamiento de dichas fuentes. Las medidas fueron tomadas principalmente en el final del proceso de fabricación, tales como el tratamiento de efluentes y emisiones y el reenvío de los residuos generados (Donella H. Meadows, 1972).

2.1.1.2 Conferencia de Estocolmo

Celebrada en 1972, la Conferencia de Estocolmo ("El Hombre y el Medio Ambiente") fue uno de los hitos para la construcción de un desarrollo sostenible. En esta conferencia, el debate se centró en dos temas: la contaminación y preservación. A través de la cooperación entre las partes contratantes (gobiernos), se establecieron los siguientes principios (Donella H. Meadows, 1972):

- Protección, conservación, y recuperación del medio ambiente;
- Gestión, conservación y uso racional de los recursos naturales para uso doméstico, urbano, científico, agrícola, industrial, transporte, el turismo y la economía en general;
- Establecimiento de métodos de vigilancia y evaluación de impacto ambiental, así como su perfeccionamiento;
- Solución coordinada a los problemas derivados de los impactos ambientales de las actividades en la región fronteriza (área dentro de ciento cincuenta kilómetros a ambos lados de las líneas de tierra que divide, río y mar existente entre las partes contratantes) en el espíritu de la amistad existente entre países;
- Protección de la salud humana, animal y el aumento de los niveles de bienestar social y económico de los habitantes de la región fronteriza;
- El intercambio de información y la cooperación en temas de interés nacional y mundial en relación con el medio ambiente y el desarrollo.

Todos estos principios acordados deben ser aplicados por cada país dentro de su propio territorio a través del desarrollo de proyectos, métodos, elaboración de programas, medidas sociales y legislativas con el fin de tomar decisiones en el presente para desarrollar un futuro más sostenible (Donella H. Meadows, 1972).

2.1.1.3 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD)

Después de 20 años de la Conferencia de Estocolmo, se celebra en Río de Janeiro (junio de 1992) la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD (Lago)), reafirmando la Conferencia de Estocolmo (1972). El objetivo principal de la conferencia fue el establecimiento de una nueva y equitativa asociación mundial a través de la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de la sociedad y las personas. A través de esta cooperación, es necesario trabajar hacia el desarrollo de acuerdos internacionales que respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del medio ambiente mundial reconociendo la naturaleza integral e interdependiente del planeta (United Nations, 1992).

2.1.1.4 Agenda 21

El mismo año, y como resultado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, fue editado un programa global llamado Agenda 21, con la participación de 179 países, un programa de acción basado en un documento de 40 capítulos, que es el intento más completo jamás realizado para promover, a escala mundial, un nuevo modelo de desarrollo, llamado "desarrollo sostenible". Se utilizó el término "Agenda 21", en el sentido de intención, el deseo de cambio a este nuevo modelo de desarrollo para el siglo XXI. El Agenda 21 se puede definir como una herramienta de planificación para la construcción de sociedades sostenibles, en diferentes bases geográficas, que combina métodos de protección del medio ambiente, la justicia social y la eficiencia económica (Ministério do Meio Ambiente).

Los objetivos principales de la Agenda 21 son (CIB, 1999):

- Crear una estructura de enfoque y la terminología que agrega valor a los programas nacionales o regionales;
- Crear una agenda de actividades locales desarrolladas por CIB (Conseil International du Bâtiment o Council for Research and Innovation in Building Construction) y las organizaciones internacionales;
- Crear un documento de base para la definición de actividades de investigación y desarrollo en la construcción civil.

Este documento también permitió el debate sobre el desarrollo y la construcción sostenible, el uso de los recursos, la viabilidad económica de estos en el mercado, los procesos de construcción y el desarrollo social, profundizando así los conocimientos relacionados con la eficiencia energética en los edificios, la conservación del agua potable y el uso de materiales reciclables, duraderos y disponibles en el sitio con el fin de contribuir al desarrollo sostenible en la construcción (CIB, 1999).

2.1.1.5 Cumbre Mundial de Johannesburgo, Rio+10

En 2002 tuvo lugar en Johannesburgo la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Esta conferencia subrayó la importancia de la búsqueda del desarrollo sostenible basado en "tres pilares interdependientes y que se sostienen mutuamente – el desarrollo económico, desarrollo social y protección del medio ambiente" (Lago, 2006).

La conferencia de Johannesburgo tuvo como uno de sus principales objetivos el análisis de las causas del cumplimiento insuficiente de los compromisos asumidos en Río por la comunidad internacional, especialmente con respecto a las recomendaciones de la Agenda 21. Dichos compromisos hacían referencia a temas como (Lago, 2006):

- Polución urbana;
- Padrones de producción y de consumo;
- Fuentes alternativas de energía;
- Eficiencia energética;
- Ecoturismo;
- Disponibilidad de recursos humanos, tecnológicos y institucionales.

Para que se cumplan esos compromisos, acuerdos se han establecido entre varios países que trataron los siguientes aspectos (Lago, 2006):

- Garantizar que el crecimiento económico no provoque polución ambiental a nivel regional y global;
- Aumentar la eficiencia del uso de los recursos;
- Analizar el ciclo de vida completo de los productos;
- Proporcionar a los consumidores más información respecto a productos y servicios;
- Utilizar los impuestos y las leyes para fomentar la innovación en la área de tecnologías limpias.

En esa cumbre, los acuerdos establecidos tenían como objetivo fomentar la inversión en nuevas tecnologías energéticas y en nuevas formas de reciclaje o reutilización de materiales, se convirtiendo en un referente internacional para el desarrollo de leyes y contribuciones con el fin de alcanzar las metas ambientales e introducir límites de niveles de polución.

Según Edwards, la Cumbre Mundial de Johannesburgo reveló las siguientes consecuencias (Edwards, 2003):

- Los proyectos de arquitectura necesitan desarrollar sistemas de gestión ambiental;

- Difusión de programas de mejores prácticas;
- Innovación en diseño ecológico y desarrollo de tecnologías arquitectónicas más limpias y eficientes;
- Aumento y mejora de la información respecto al impacto ambiental de los productos y materiales;
- Aumento de la información relativa a la eficiencia energética de los edificios y servicios.

Todas estas conferencias y debates originaran protocolos y estrategias políticas que tendrán su efecto sobre las medidas que se deben aplicar en el sector de la construcción, con el fin de mejorar la calidad de la construcción y por lo tanto reducir sus cargas negativas en el planeta, designando una nueva actitud de proyectar y construir lo que se entiende como un edificio “verde”, que será explicado en seguida.

2.2 EDIFICIOS GREEN BUILDING

En ese apartado se define la edificación sostenible, o los edificios verdes, abordando sus beneficios y la evolución de la evaluación y certificación de los mismos.

2.2.1 Definición

Según la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos de América, los edificios verdes son definidos como “la práctica de creación de estructuras y la utilización de procesos que son responsables ambientalmente y eficientes de los recursos a través del ciclo de vida de los edificios, desde el emplazamiento del diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento, la renovación y la deconstrucción. Esta práctica expande y complementa el clásico diseño de un edificio teniendo en cuenta la economía, utilidad, durabilidad y el confort. Un edificio verde es también conocido como un edificio sostenible o un edificio con un alto rendimiento” (Agency, 2014).

La idea de “*green building*” no es nuevo, sus raíces se remontan a más de treinta años, cuando se produjo un movimiento de los ecologistas alrededor del tema (B. Cryer, 2006). Hasta los años 70, las necesidades de los edificios fueron controlados por la oferta, cuanto más se necesitaba más fue producido. La crisis del petróleo en los años 70, hizo que los diseñadores dirigiesen su atención a la eficiencia energética de los edificios. En consecuencia, comenzaron a tratar de atender las necesidades de los edificios según el consumo (Sustentare, 2009).

Todavía en los años 70, el mercado del reciclaje se ha desarrollado en los Estados Unidos y comienza a captar la atención de la industria de la construcción. En los años 80, la atención viene al "síndrome de los edificios enfermos" que trajo nuevas preocupaciones sobre la salud, la comodidad y la productividad de los trabajadores y los ocupantes de los edificios. Durante este periodo, comenzarán los esfuerzos para reducir las emisiones tóxicas de materiales y acabados de edificios de construcción (Sustentare, 2009).

El agua como recurso escaso se ha convertido en una preocupación en el desarrollo de proyectos en lugares donde hay escasez de agua. Hasta entonces la preocupación por la sostenibilidad se centraba en una cuestión exclusivamente: energía, reciclaje de materiales o la conservación del agua. Entre los años del 80 y 90 surgen los

primeros estudios de arquitectura donde se inicia a integrar todos los factores de impacto de un edificio en el medio ambiente, creando el concepto de construcción sostenible o "edificio verde" (Sustentare, 2009). En los últimos años ha habido una preocupación para reducir al mínimo los costos de construcción y operación.

Los seis principios básicos para el concepto de un edificio verde son (Johnson, 2005):

1. Elección adecuada del local, la ubicación, la orientación y el paisajismo que afectan a los ecosistemas locales, métodos de transporte y el uso de energía;
2. Reducir el consumo de energía, para cumplir o exceder el nivel de rendimiento y eficiencia energética que se espera para el edificio y para sus sistemas y equipos, para lo cual se deben reemplazar las fuentes de energía convencionales por renovables o alternativas;
3. Reducir el consumo de agua mediante el control de reducir y tratar las aguas residuales y el uso del agua con moderación y de forma eficiente, reutilizando y reciclando cuando sea posible;
4. Uso de productos con menor impacto ambiental utilizando materiales con menor impacto ambiental, esperando la reducción de la cantidad de materiales necesarios para la construcción del edificio y gestionando la reducción de los residuos generados durante el proceso de construcción y operación del edificio;
5. Calidad del ambiente interior que tiene un impacto significativo en la salud, la comodidad y la productividad de sus ocupantes. Entre otros atributos, un edificio sostenible debe maximizar el uso de la luz natural, tener una ventilación adecuada y control de humedad, evitar el uso de materiales con emisión de compuestos volátiles y proporcionar vínculos con el mundo exterior a todos los ocupantes del edificio;
6. Operación y mantenimiento, donde un edificio sostenible debe ser diseñado teniendo en cuenta los impactos ambientales y energéticos de la operación y mantenimiento del edificio. Se animan a los diseñadores para especificar materiales y sistemas que simplifiquen y reduzcan los requisitos de

mantenimiento, consuman menos agua, energía y materiales de limpieza menos tóxicos y en cantidades más pequeñas y que tengan una buena relación coste beneficio y bajo impacto en su ciclo de vida.

Se puede dividir a los elementos del desarrollo y diseño de los edificios verdes en tres categorías (Peter O. Akadiri, 2012):

1. Responsabilidad Ambiental:

Es importante tener en cuenta todos los impactos ambientales de un edificio y asegurar que el impacto negativo se reduzca al mínimo. Existe incluso la posibilidad de que puede haber una oportunidad para la restauración ecológica en el diseño del desarrollo.

2. Eficiencia de los recursos:

Eficiencia de los recursos es el proceso de hacer más con menos recursos (o menos recursos escasos) para lograr los mismos objetivos. Eficiencia de los recursos se puede aplicar a muchos aspectos del proceso de construcción, incluyendo: diseño de edificios, selección de materiales, la reducción de residuos, la conservación del agua y la eficiencia energética.

3. Sensibilidad comunitaria y cultural:

Esta categoría se aplica a los aspectos sociales de la construcción con el fin de fomentar un sentido de comunidad. Esto significa tomar en cuenta los puntos de encuentro como parques, zonas comunes, plazas y similares. Un diseñador que es sensible a esta categoría reconocerá que el edificio se convertirá en una parte de la comunidad. La sensibilidad cultural tiene en cuenta la historia, la cultura y el motivo actual de la comunidad. Significa construir para adaptarse o integrarse en la comunidad.

El objetivo principal de la búsqueda de practicas de construcción sostenible es reducir su impacto a través de la creación del *green building*, involucrando a diferentes preocupaciones en todo el ciclo de vida del edificio. Para The European Commission (2001), la elección de problemas (preocupaciones) es arbitraria, variando de un edificio verde a otro, como reflejos del clima, la ubicación del proyecto, el tamaño del edificio, complejidad y el uso del edificio, con los cuales varían las necesidades de calefacción,

refrigeración, ventilación o luz natural (The European Commission, 2001).

2.2.2 Beneficios de los edificios verdes

Como se ha visto anteriormente los edificios verdes tienen como elementos claves de desarrollo y diseño cuestiones ambientales, de eficiencia de recursos y sociales, por lo tanto los beneficios esperados serán en el ámbito ambiental, económico y social (Ramallo, 2011):

1. Económicos:

El beneficio económico de los edificios verdes se debe por un ahorro de energía que se estima en 30% si comparado con un edificio convencional, también a la utilización de agua que es aproximadamente 25% menos debido a que gran cantidad de los edificios verdes recolectan aguas pluviales, almacenan y vuelven a utilizar resultando en beneficio económico. Otro factor económico importante de los edificios verdes son las estrategias eficaces de manejo de recursos, que cuando han desarrollado un diseño integrado desde el principio, resulta en la reducción de los sistemas eléctricos, mecánicos y estructurales, y consecuentemente reduce los costes iniciales. (Ramallo, 2011)

2. Ambientales:

Como se ha dicho en el beneficio económico, los edificios verdes utilizan menos energía y consecuentemente generan menos dióxido de carbono y evitan la producción de gases de invernadero, contribuyendo menos al calentamiento global. Otro factor ambiental importante es la elección de los materiales, que deben ser con mínimos riesgos de emisión de gases tóxicos y las soluciones de refrigeración del aire acondicionado y aislamientos térmicos que minimizan el impacto a la capa de ozono. Como los edificios verdes son pensados desde la elección del local adecuado, hay el beneficio ambiental hacia la biodiversidad, el ambiente y el sitio para que estén insertados correctamente. (Ramallo, 2011)

3. Social:

Los edificios verdes valorizan la calidad ambiental de los espacios interiores beneficiando a los usuarios ya que los seres humanos pasan aproximadamente 90% del tiempo en esos espacios. Al reducir el consumo de agua, energía y residuos, contribuyen para la comunidad una vez que disminuye la necesidad de edificios municipales y de la

infraestructura urbana. También al pensar en la elección de la ubicación valorizan la proximidad de los sistemas de transporte como bicicletas y medios no contaminantes, por lo cual generan menos polución y mayor calidad de vida a los usuarios. (Ramallo, 2011)

2.2.3 Edificios verdes evaluados por certificaciones en el mundo

Hasta la fecha la cantidad de edificios verdes alrededor del mundo van día a día incrementando su numero, sin embargo no se puede determinar una cantidad de edificios sin que esos no sean reconocidos, por lo tanto es preciso que para ser reconocido como un “edificio verde” debe ser acreditado, según la fuente de base de datos de World Green Building Council (WGBC), el numero de edificios verdes registrados en el mundo son de más de 27.000, con una cantidad de 1,2 billones de metros cuadrados (World Green Building Council, 2014).

2.2.4 Los consejos de Edificaciones Verdes

El incremento en la edificación sostenible logró proponer grupos o asociaciones, donde se abordan y se discuten temas relacionados a la optimización en edificaciones verdes. En 1998, los representantes nacionales del Consejo de Edificaciones Verdes se reunieron para examinar las actividades globales y ofrecer su apoyo con la creación del World GBC (Green Building Council) a través de la creación de un consejo que está compuesto por varios países de todo el mundo, por lo que es la mayor organización internacional que influye en el mercado de la construcción verde (World GBC).

2.2.4.1 World Green Building Council

Su objetivo se enfoca en ser la voz global de los Consejos Verdes de la Construcción y facilitar la transformación global de la industria hacia la sostenibilidad. Su función es fomentar y apoyar nuevos Consejos Verdes de Construcción poniendo a su disposición las herramientas y estrategias para establecer organizaciones fuertes y posiciones de liderazgo en sus mercados. Una vez establecido el grupo, el World GBC trabaja estrechamente colaborándolo, promoviendo los intereses comunes mediante el incentivo a las acciones locales de una edificación sostenible, así como plantearse los problemas globales.

El World GBC trata de ser un consejo que al conducir la colaboración entre organismos internacionales y un aumento del perfil del mercado de la construcción verde, trabaje para garantizar que los edificios verdes sean una parte de cualquier estrategia integral para conseguir reducciones de emisiones de carbono (World GBC).

2.2.4.2 Sustainable Building Alliance

El Sustainable Building Alliance (SB Alliance) es una organización mundial con el objetivo de monitorear el comportamiento y desarrollo sustentable hacia los sistemas de evaluación voluntarios. El SB Alliance es una organización sin fines de lucro, cuyos aliados son organizaciones internacionales, centros de investigación de edificios, partes interesadas (stakeholders) de la industria de la construcción, este último grupo trata de acelerar la adopción de prácticas edificios sostenibles a través de la promoción de métodos de evaluación del funcionamiento del edificio y su clasificación (SB Alliance).

Los objetivos del SB Alliance son:

- El promover el desarrollo de este tipo de industria con medidas comunes dentro de parámetros que deberán ser evaluados y proveer confianza a los usuarios de estos sistemas a lo largo del número de países que cuentan con un acercamiento común.
- Cooperar e identificar y compartir el coste de las herramientas de investigación y de desarrollo de los proyectos con el fin de promover y desarrollar las evaluaciones medioambientales de edificio verdes.
- La promoción de que los sistemas de evaluación de edificios estén basados según la base de datos de SB Alliance y que sean adaptados a un contexto local. Promocionando la investigación y los resultados de los programas (SB Alliance).

La primera versión de indicadores clave ya ha sido puesta en común y acordada por todos sus miembros, siendo estos los que se muestran en la Figura 2.1 abajo.



Figura 2.1 indicadores fundamentales acordados por la SB Alliance

Fuente: (SB Alliance) (Stagnaro, 2012)

En la Figura 2.2 abajo se puede observar algunos de los sistemas de certificación que forman parte del consejo, algunos de los cuales ya consolidados y acreditados a nivel internacional.



Figura 2.2 Sistemas asociados a SB Alliance

Fuente: (Ramallo, 2011)

2.3 CERTIFICACIONES GREEN BUILDING

2.3.1 Definición

Las certificaciones de edificios Verdes, construcciones sostenibles es la evaluación de la creación de estructuras y la utilización de procesos que son responsables ambientalmente y eficientes de recursos a través del ciclo de vida de los edificios, desde el emplazamiento del diseño, la construcción, la operación, mantenimiento, la renovación, y la deconstrucción (Agency, 2014). Que incluyen los análisis de los aspectos energéticos (eficiencia energética) y elementos como el consumo del agua, materiales de construcción, residuos, calidades ambientales y otros; todos estos aspectos certificados por grupos o asociaciones sin fin de lucro, evaluados por terceras partes.

Estas certificaciones han ganado mucha popularidad en esta última década, lo cual ha llevado a la implementación de nuevas herramientas con un mismo esquema de funcionamiento, una de las razones por los que los constructores y los gestores eligen la construcción de un edificio verde es por las ventajas que se tendrá en el mercado, con un sistema de evaluación por terceros que demuestra a los compradores potenciales que se ha alcanzado un nivel de sostenibilidad adecuado (Reeder, 2010).

2.3.2 Que evalúan?

Durante la cumbre de la Tierra de la ONU en 1992 en Rio de Janeiro, se asumió el enfrentar de forma conjunta los problemas relacionados a la energía, medioambiente y ecología (Ramallo, 2011) la sola cuestión energética había perdido supremacía y había pasado a ser un elemento más, aunque muy importante. Otras cuestiones como la salud el estrés y la productividad, despuntan como elementos configurados del diseño ambiental. La sostenibilidad se ha convertido en un marco intelectual que permite conciliar muchos intereses opuestos. En la Cumbre de Rio de Janeiro se estableció un programa en tres puntos, extensible a toda actividad humana como muestra la Figura 2.3, donde se tomaron medidas para promover las tres “E” energía, entorno y ecología, como se describen en la Tabla 2.1.

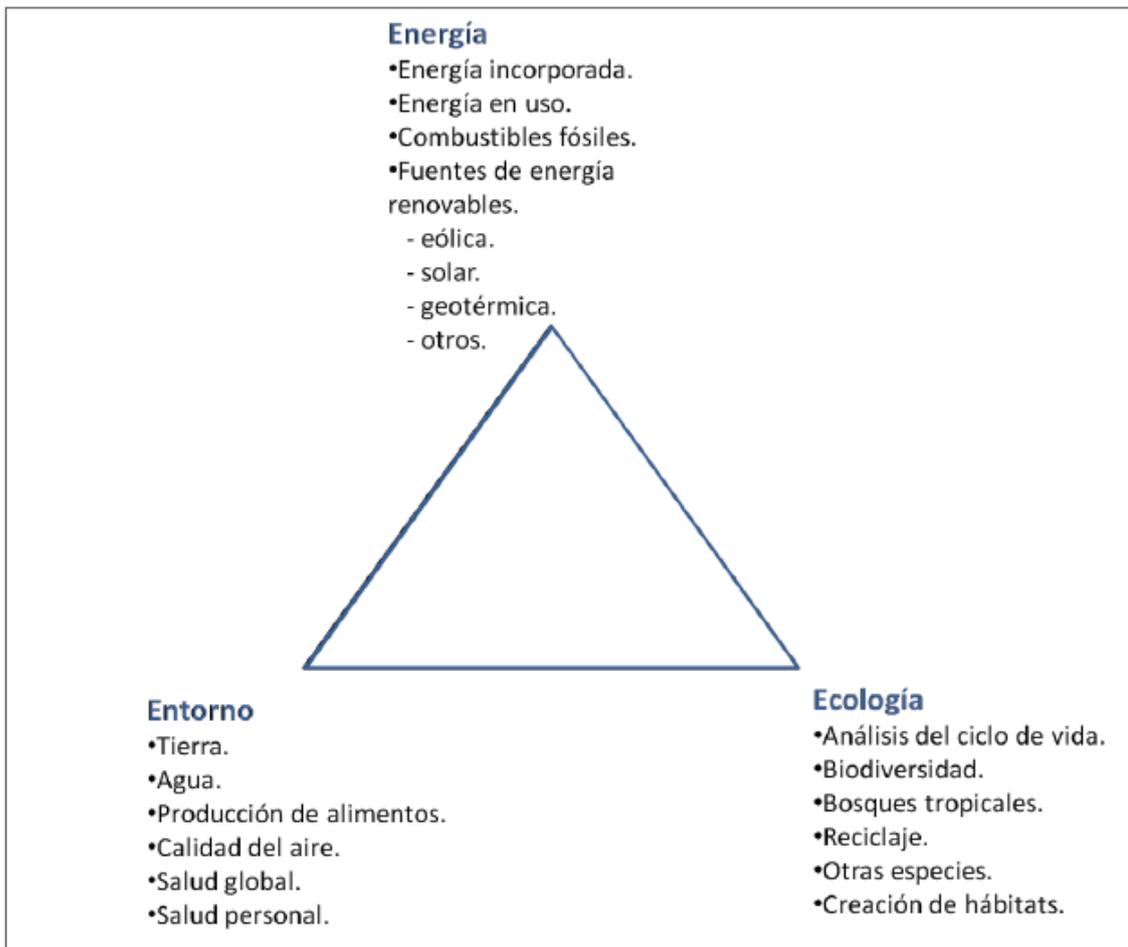


Figura 2.3 Tres perspectivas sobre el proyecto ecológico

Fuente: (Edwards B. , 2009)

Tabla 2.1 Medidas para promover las tres "Es".

Fuente: (Edwards B. , 2009)

Energía	Entorno	Ecología
<ul style="list-style-type: none"> •Utilizar fuentes de energía renovables frente a combustibles fósiles. •Proyectar en base a un base a un bajo consumo energético. •Considerar el edificio como una fuente de energía. •Considerar todos los tipos de consumo de energía (calefacción, iluminación, ventilación y transporte). •Aprovechar la recuperación del calor. •Utilizar la orientación para reducir la carga energética. •Tener en cuenta la energía incorporada y energía de uso. 	<ul style="list-style-type: none"> •Considerar el impacto ambiental en su sentido mas amplio. •Considerar la conservación de recursos (tierra, agua, materiales) •Restaurar terrenos y edificios como parte del proceso de construcción. •Evitar la contaminación en base al diseño. •Proyectar con los objetivos de durabilidad, flexibilidad y reciclaje. •Proyectar para promover la salud, el confort y la seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> •Considerar los efectos de la selección de materiales sobre la biodiversidad. •Enlazar los sistemas del proyecto y los sistemas ecológicos. •Ver la construcción como un circuito cerrado que incluye el reciclaje de los residuos. •Promover la diversidad a partir de un mínimo de recursos. •Aprovechar la urbanización para ampliar o crear hábitats naturales. •Utilizar la vegetación para crear protección y mejorar la eficiencia energética.

Muchos de los sistemas de evaluación obtuvieron un proceso de “evolución” de sus herramientas para una eficiencia energética, a tratar de abarcar la naturaleza polifacética de las alternativas ecológicas relacionadas a la promoción las tres “E”. En

este proceso evolutivo, por ejemplo el sistema más reconocido de evaluación en el Reino Unido, paso a implementar temas como el ahorro de agua y salud de los ocupantes. A medida que las cuestiones a tener en cuenta se diversifican, se tiende a utilizar indicadores en vez de medir todos los impactos posibles. Los indicadores son una herramienta muy útil, porque proporcionan una visión más amplia de los problemas, aportan dos tipos de información (Edwards B. , 2009):

- Grado de consecución de un objetivo;
- Fluctuación del sistema.

Ambos tipo de indicadores se emplean al momento del diseño sostenible, el primero como parte de las metas en un anteproyecto, y el segundo como una herramienta de control; un buen indicador en el tema de la eficiencia energética es el cálculo de energía consumido por metro cuadrado (kW/h/m^2) donde se podrá utilizarlo para evaluar el estado de un edificio en una etapa de planificación y en una etapa de conclusión, sin embargo este indicador no valora la fuente de energía, lo que necesitaría de un indicador adicional que mida el porcentaje de energía que se genera con fuentes renovables, esto lleva a pensar que para un indicador de energía y el de las fuentes de energía se obtendría datos que puedan llevar a la planificación o corrección en la etapa de diseño. Otro indicador es la salud (en los trabajadores y futuros ocupantes), la biodiversidad, el impacto ecológico que analice el ciclo de vida de los materiales. (Edwards B. , 2009)

Para esta gran cantidad de indicadores que son consideradas como variables, el diseño sostenible necesita un conjunto sencillo de herramientas de evaluación, basados en principios y valores fácilmente comprensibles.

2.3.3 Herramientas o sistemas de evaluación en el mundo.

El primer sistema de certificación aplicable a la industria de la construcción fue el sistema Inglés BREAM, creado en 1990, considerado el sistema más aceptado internacionalmente. Inspirado por BREEAM, el sistema LEED empezó a ser desarrollado por primera vez en los Estados Unidos en 1996 y se publicó en 1999. En el mismo período, el sistema SBTool (*Global Building Tool*), que se inició en Canadá y organizado por iiSBE (*International Initiative for Sustainable Built Environment*) surgió con el consorcio de 24 países, incluyendo más recientemente el Brasil. Este sistema

añadió más adelante los factores económicos y culturales, cambiando su nombre para SBTool (*Sustainable Building Tool*). (Matos, 2014)

Desde 2005, también llegó al mercado el sistema francés HQE, comenzando su emisión de certificados ambientales para los edificios a través de una estructura dividida en Sistema de Gestión del Emprendimiento (*SMO - Système de Management de l'Opération*) y Calidad Ambiental del Emprendimiento (*QEB - Qualité Environnementale du Bâtiment*). En 2009, el sistema lanzó una versión adaptada a Brasil, el AQUA (*Alta Calidad Medioambiental*) (Matos, 2014). La Figura 2.4 y la Tabla 2.2 resume los principales sistemas de certificación ambiental de edificios empleados en todo el mundo.



Figura 2.4 Sistemas de evaluación mundiales.

Fuente: (Stagnaro, 2012)

Tabla 2.2 Resumen de algunos de los principales sistemas de certificaciones existentes.

Fuente: (Matos, 2014)

PAÍS	SISTEMA	PUNTOS PRINCIPALES
Reino Unido	BREEAM (<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Creado en 1990; - Nuevos edificios: <i>checklist</i>; - Edificios existentes: cuestionarios; - Actualización: cada 3 a 5 años.
Estados Unidos	LEED (<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Inspirado en BREEAM; - Aplicado a partir de 1999; - Uso de <i>checklist</i> para atribución de créditos; - Todas las etapas del proceso constructivo (nuevos edificios) y edificios existentes
Japón	CASBEE (<i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicado a partir de 2005; - Certifica nuevos edificios o edificios existentes; residenciales o no; - Certifica arquitectura vernácula.
Francia	HQE (<i>Haute Qualité Environnementale des Bâtiments</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicado desde 2005; - Dividido en Gestión del emprendimiento (SMO) y calidad ambiental (QEB) para la evaluación del proceso constructivo; - Existe una versión brasileña.
Canadá	GBC (<i>Green Building Challenge</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Consolidado en 2002; - Coordinado por la iiSBE (International Initiative for Sustainable Built Environment); - Engloba más de 20 países; - Hace comparación de las características del proyecto (puntuación) y valores de referencia (dependiendo del país/región), haciendo un balance de las puntuaciones.
Australia	GBCA (<i>Green Building Council Australia</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicado a partir de 2003; - Basado en BREEAM y LEED; - Posé manuales específicos para cada tipo de edificio; - Evaluación de los requisitos por puntos.

Con el fin de validar la herramienta de certificación AQUA “Alta Qualidade Ambiental” y su eficiencia de implantación en la región de Brasil, el trabajo se enfocó en revisar los sistemas internacionales de certificación ya consolidados en el sector de las certificaciones sostenibles, como las pioneras LEED y BREEAM, la que ofrece otro punto de vista en otro ámbito mundial, CASBEE y por razones del objetivo del trabajo, la herramienta AQUA

3 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CERTIFICACIONES GREEN BUILDING

Con el fin de validar la herramienta de certificación AQUA “Alta Qualidade Ambiental” y su eficiencia de implantación en la región de Brasil, el trabajo se enfocó en revisar los sistemas internacionales de certificación ya consolidados en el sector de las certificaciones sostenibles, como las pioneras LEED y BREEAM, la que ofrece otro punto de vista en otro ámbito mundial, CASBEE y por razones del objetivo del trabajo, la herramienta AQUA

El BREEAM se destaca entre los sistemas existentes por ser el sistema pionero del mundo y encontrarse ya consolidado. El LEED es el sistema de certificación actual más utilizado en el mundo, registrando aplicaciones en más de 150 países. El CASBEE por ofrecer otro punto de vista en otro ámbito mundial, Asia, y finalmente el AQUA que es la primera iniciativa de la adaptación de un sistema de certificación para el contexto particular de Brasil, un hecho que le da gran representación y trae gran interés para el estudio de las características regionales de los mismos criterios de evaluación, además de ser el objeto de estudio de ese trabajo.

3.1 BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIROMENTAL METHOD - (BREEAM)

En los siguientes apartados se hará la descripción de aspectos administrativos funcionales así como aspectos más técnicos del sistema BREEAM.

3.1.1 Descripción.

Por más de 90 años en Inglaterra el tema de investigación de edificios fue llevado a cabo por la organización de Establecimiento de Investigación de Edificios (BRE). BRE fue financiado por el gobierno como un iniciativa de investigación y en 1999 BRE adoptó un carácter privado independiente del gobierno, sin fines de lucro, con la principal atribución de certificar y aprobar productos edificatorios medioambientales, en el cual se implementó el sistema llamado BREAM.

BREEAM es un sistema de certificación internacionalmente reconocido que evalúa las cualidades sostenibles de proyectos que van desde planos de desarrollo urbano, infraestructuras y edificios y evalúa una serie de etapas del ciclo de vida de

nuevas construcciones, rehabilitaciones y edificios en uso. Desde su lanzamiento en 1990 hasta los días actuales BREEAM ha certificado a más de medio millón de edificios y ahora está activo en 72 países de todo el mundo (Figura 3.1). BREEAM trabaja para crear conciencia entre los propietarios, ocupantes, diseñadores y operadores de los beneficios en la toma de un enfoque de ciclo de vida para la sostenibilidad. También les ayuda a adoptar con éxito y de forma rentable soluciones, y facilita el reconocimiento por el mercado de sus logros (BREEAM, 2014).



Figura 3.1 Mapa de países donde BREEAM está activo.

Fuente: (BREEAM, 2014)

El Método de Evaluación Medioambiental de BRE (BREEAM), se conoce como un herramienta de evaluación voluntaria con fines de lograr una edificación sostenible, donde se evalúan indicadores ambientales, que son las pautas para un diseño sostenible que logran un buen desarrollo ambiental. BREEAM es el método más utilizado en el mundo y se presenta al mercado como (BREEAM, 2014):

- Un sistema que utiliza un modelo sencillo de puntuación transparente, fácil de entender, con apoyo de investigación científica basada en la evidencia;
- Un sistema que tiene una influencia positiva en el diseño, construcción y gestión de edificios;
- Un sistema que establece y mantiene una norma técnica, con seguridad y rigurosos controles de calidad y certificación.

BREEAM se consolida como un sistema versátil que logró romper fronteras con la creación de herramientas específicas, elaborando versiones para cada necesidad, disponibles tanto para el Reino Unido como para otros países en la región europea y

actualmente para el contexto mundial, por este motivo la herramienta se flexibilizó y adoptó una revisión de (BREEAM, 2014):

- Categorías de las cuestiones ambientales;
- Coeficientes correctores del medio ambiente;
- Detalles de los métodos de construcción, productos y materiales;
- Referencias a los códigos locales, normas y guías de buenas prácticas.

La flexibilidad del sistema BREEAM permite tener herramientas adecuadas para cada tipo de edificación y situación (Figura 3.2), como las detalladas a continuación: para tribunales, para hogares sostenibles (CSH), para edificios de salud, para edificios industriales, para el ámbito internacional, para prisiones, para oficinas, para la venta al detalle, para edificios de educación, para comunidades, para renovación o reformas, para otros edificios y para un uso específico (Figura 3.3) (BREEAM, 2014).

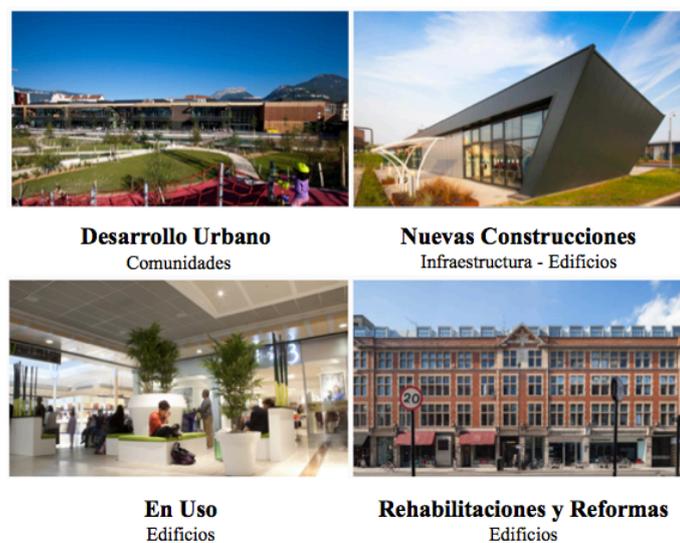


Figura 3.2 Fases del ciclo de vida evaluadas por BREEAM.

Fuente: (BREEAM, 2014)



Figura 3.3 Tipologías de edificaciones evaluadas por BREEAM.

Fuente: (BREEAM, 2014)

- **BREEAM para Otros Edificios:** Puede evaluar los edificios que quedan fuera de las categorías estándar BREEAM, incluyendo complejos de ocio, laboratorios, edificios comunitarios y hoteles en la fase de diseño y post construcción.
- **BREEAM para Tribunales:** Puede evaluar tanto nueva construcción y la renovación de los principales edificios de tribunales. Estos certificados se pueden evaluar a través de BREEAM a medida.
- **El Código de Hogares Sostenibles (CHS):** En abril de 2007, el Código de hogares sostenibles sustituye al Eco-Homes para la evaluación de nuevas viviendas en Inglaterra. El Código es un método de evaluación ambiental para los nuevos hogares basada en BRE Eco-Homes.
- **BREEAM Salud:** Pueden ser utilizados para evaluar edificios que contienen las instalaciones médicas, salud, etc. en diferentes etapas de su ciclo de vida. BREEAM salud también ofrece una solución para los edificios existentes en funcionamiento.
- **BREEAM Industrial:** Puede evaluar el almacenamiento y distribución de naves industriales, fábricas y talleres en la etapa de diseño y de post- construcción.

- **BREEAM Internacional:** Puede evaluar el desarrollo individual BRE, también puede ayudar a crear una versión de BREEAM de fuera del país o región del Reino Unido.
- **BREEAM Multi-residenciales:** Pueden evaluar residencias de estudiantes, viviendas tuteladas, vivienda para ancianos, tipos de alojamiento como hostales, todo en la fase de diseño y de post construcción.
- **BREEAM Prisiones:** Puede evaluar las cárceles de alta seguridad y los estándares, instituciones para delincuentes juveniles, las cárceles locales y prisiones de mujeres, en la etapa de diseño y de post-construcción.
- **BREEAM Oficinas:** Puede evaluar nuevas oficinas, reformas parciales, oficinas existentes, en la fase de diseño, o post-construcción.
- **BREEAM al por menor:** Puede evaluar una nueva construcción o una reforma importante, esta herramienta está destinada a espacios reducidos, que se desean conocer su rendimiento.
- **BREEAM Educación:** BREEAM educación puede evaluar nuevas escuelas, grandes proyectos de remodelación y ampliaciones en la etapa de diseño y de post-construcción.
- **BREEAM Comunidades:** Esta nueva herramienta de BREEAM ayuda a los planificadores y desarrolladores a mejorar, medir y certificar de manera independiente la sostenibilidad de las propuestas de desarrollo en la etapa de planificación.
- **BREEAM Renovación Nacional:** BRE Mundial está desarrollando un nuevo estándar para permitir la renovación sostenible de viviendas existentes titulada Rehabilitación BREEAM doméstica.
- **BREEAM en uso:** Se utiliza para evaluar los edificios no residenciales. BREEAM en uso se divide en dos partes: Desempeño de los Activos y construcción de rendimiento Administrativo.

La variedad de herramientas que BREEAM posee para cada tipo de edificios en específico posibilita una interpretación distinta de indicadores, por ejemplo los indicadores para un edificio de salud tendrán distintos enfoques y prioridades al de una oficina. Para el presente estudio se analizará a detalle la herramienta BREEAM Internacional para Nuevas Construcciones (NC). Toda la información sobre el sistema BREEAM presentada a continuación, se obtuvo de la misma fuente: “International New

Construction Technical Manual 2014” (Manual Técnico Internacional para Nuevas Construcciones, 2014).

3.1.2 Funciones administrativas y operacionales

El objetivo principal de la herramienta BREEAM NC es mitigar los impactos negativos de las nuevas construcciones en el medio ambiente, y mejorar los impactos económicos y sociales positivos del edificio durante su vida útil. El proceso de BREEAM permite que esto se haga de una forma rentable, independiente y científicamente autorizada.

La calificación BREEAM refleja el comportamiento global del edificio. Esto significa que el cliente, el equipo de diseño, contratista principal y el asesor BREEAM, así como otros profesionales de disciplinas especializadas, todos tienen que desempeñar un papel importante en el logro del nivel deseado.

La herramienta BREEAM NC puede ser utilizada para evaluar la sostenibilidad de los nuevos edificios durante su ciclo de vida, en las etapas de diseño y construcción del proyecto. 'Nueva Construcción ' se define como un desarrollo que da lugar a una nueva estructura independiente, o una nueva extensión a una estructura existente, que entrará en funcionamiento por primera vez cuando se hayan completado los trabajos. La Tabla 3.1 a continuación muestra las tipologías de edificaciones evaluadas por esta herramienta:

Tabla 3.1 Tipologías de edificaciones evaluadas por BREEAM International NC.

Fuente: (BREEAM, 2014)

Sector	Tipología de Edificio	Descripción
Residencial.	Residencial.	<ul style="list-style-type: none"> - Viviendas individuales y conjuntos de viviendas; - Bloques de apartamentos.
No Residencial (Comercial).	Oficinas.	<ul style="list-style-type: none"> - Edificios de oficinas en general; - Oficinas con áreas de investigación y desarrollo.
	Industrial.	<ul style="list-style-type: none"> - Unidad industrial - Bodegas de almacenamiento/ distribución; - Unidad industrial – proceso / fabricación / servicios de vehículos.
	Comercio.	<ul style="list-style-type: none"> - Tiendas, centros comerciales; - Parques comerciales, almacenes; - Agencias inmobiliarias, financieras, de empleo y oficinas de apuestas; - Restaurantes, café y establecimientos de bebida.
No estándar.	Comunidades.	<ul style="list-style-type: none"> - Comunidad / centro de visitantes; - Ayuntamientos / centro cívico; - Salas de conferencias; - Teatro / sala de conciertos; - Deportes / instalaciones de ocio; - Bibliotecas; - Cines; - Escuelas / Universidades; - Hospitales y otros centros de salud.
	Instituciones residenciales.	<ul style="list-style-type: none"> - Hoteles, hostales; - Residencia de ancianos; - Residencias de estudiantes; - Cuartel militar.
	Servicios públicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Prisión; - Tribunales; - Comisarias de policía; - Estación de bomberos; - Centros de transporte (coche, autobús, estación de tren); - Galerías, museos; - Lugares de culto.

3.1.3 Funciones técnicas

Los elementos que determinan el rendimiento general del proyecto de una nueva construcción usando BREEAM NC son los siguientes:

- Los puntos de referencia de calificación BREEAM;
- Las normas mínimas de BREEAM;
- Ponderaciones por sección;
- Los temas de evaluación BREEAM y sus créditos;
- Para construcciones internacionales - el uso de los códigos y normas locales.

Los puntos de referencia de calificación BREEAM NC son las siguientes:

Tabla 3.2 Referencia de calificaciones BREEAM NC.

Fuente: (BREEAM, 2014)

Calificación BREEAM	Porcentaje de Puntuación
ALTO STANDAR	≥ 85
EXCELENTE	≥ 70
MUY BUENO	≥ 55
BUENO	≥ 45
PASA	≥ 30
NO CLASIFICA	< 30

La calificación BREEAM permite a los clientes y otras partes interesadas comparar el desempeño del edificio con otros edificios clasificados por BREEAM en la misma etapa de evaluación del ciclo de vida. En este sentido, cada calificación BREEAM representa en gran medida los resultados obtenidos equivalentes a:

1. Alto Estándar – Menos de 1% de nuevos edificios (innovador);
2. Excelente – 10 % de nuevos edificios (mejores practicas);
3. Muy Bueno – 25 % de nuevos edificios (buenas practicas avanzadas);
4. Bueno – 50% de nuevos edificios (buenas practicas intermediarias);
5. Pasa – 75% de nuevos edificios (buenas practicas estándar).

Una calificación BREEAM “no clasifica” representa que el rendimiento no es conforme con BREEAM, no cumpliendo con las normas BREEAM mínimas para los

principales problemas ambientales o con la puntuación global umbral requerida para la certificación formal BREEAM.

La herramienta NC posee 10 categorías con más de 50 elementos distintos (Tabla 3.3) que sirven para calificar las nuevas construcciones y están enfocados a distintas características, que fueron analizados por BRE involucrando a los distintos agentes en la construcción (Stakeholders), para asignar una cantidad de créditos, prioridad y obligatoriedad. El desarrollo de las categorías y los elementos están en función de las necesidades medioambientales o los indicadores de impacto, que se determinan para un contexto determinado (País, Gobernación, ciudad, etc.).

Sin embargo, para asegurar que el rendimiento respecto a los problemas fundamentales de sostenibilidad no sea ignorado en la búsqueda de una clasificación particular, BREEAM establece estándares mínimos de desempeño en áreas claves, por ejemplo, energía, agua y residuos presentados por la Tabla 3.3. Es importante tener en cuenta que estos son los niveles mínimos aceptables de rendimiento y no necesariamente deben ser vistos como los niveles que representan la mejor práctica para un nivel de calificación BREEAM.

Tabla 3.3 Secciones y temas del BREEAM NC.**Fuente: (BREEAM, 2014)**

Secciones y temas del BREEAM Internacional para Nuevas Construcciones	
Gestión (Man)	Agua (Wat)
<ul style="list-style-type: none"> - Procuración de sostenibilidad; - Practicas de construcción responsables; - Impactos de la obra; - Participación de los interesados; - Coste del ciclo de vida y planificación de la vida útil de la edificación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de agua; - Monitoreo del agua; - Detección de fugas de agua y su prevención; - Sistemas eficientes de agua.
Salud y Bienestar (Hea)	Materiales (Mat)
<ul style="list-style-type: none"> - Confort visual; - Calidad del aire interior; - Confort térmico; - Calidad del agua; - Rendimiento acústico; - Acceso seguro; - Peligros; - Espacio privado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impactos del ciclo de vida; - Proveedores responsables de los materiales; - Aislamiento; - Diseñar para la robustez.
Energía (Ene)	Residuos (Wst)
<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia energética; - Monitoreo de la energía; - Iluminación externa de energía eficiente; - Tecnologías de carbono baja o cero; - Energía eficiente de almacenamiento en frío; - Sistemas de transporte de energía eficiente; - Sistema de laboratorio de energía eficiente; - Equipos de eficiencia energética (proceso); - Espacio de secado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de residuos de la construcción; - Uso de áridos reciclados; - Residuos de operación; - Elección adecuada de acabados de piso y techo.
Transporte (Tra)	Uso del suelo y la ecología (LE)
<ul style="list-style-type: none"> - Accesibilidad al transporte publico; - Proximidad a los servicios; - Medios de transporte alternativos; - Numero máximo de aparcamientos; - Rutas de transito; - Oficina en casa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elección del terreno; - Valor ecológico del sitio y la protección a las características ecológicas; - Mejora de la ecología local; - Impacto a largo plazo sobre la biodiversidad; - Huella ecológica.
Innovación (Inn)	Contaminación (Pol)
<ul style="list-style-type: none"> - Nuevas tecnologías, procesos y practicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto de refrigerantes; - Emisiones de NOx; - Circulación de aguas superficiales; - Reducción de la contaminación lumínica nocturna; - Atenuación del ruido.

Para lograr una clasificación particular BREEAM, el mínimo porcentaje de puntuación general (dada en la Tabla 3.2) debe ser alcanzado, y las normas mínimas aplicables a ese nivel de clasificación cumplido. Estos se detallan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Estándares BREEAM mínimos por nivel de clasificación.

Fuente: (BREEAM, 2014)

Elemento BREEAM	PASA	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	ALTO ESTAN DAR
Man 01: Procuración de sostenibilidad.	1 crédito	1 crédito	1 crédito	1 crédito	2 créditos
Man 02: Prácticas de construcción responsables.	-	-	-	1 crédito	2 créditos
Man 04: Participación de los interesados.	-	1 crédito	1 crédito	1 crédito	1 crédito
Hea 01: Confort visual.	Sólo el criterio 1				
Hea 02: Calidad del aire interior.	Sólo el criterio 1				
Hea 04: Calidad del agua.	Sólo el criterio 1				
Hea 08: Espacio privado.	-	-	-	-	1 crédito
Ene 01: Reducción de emisiones de CO ₂ .	-	-	-	6 créditos	10 créditos
Ene 02a: Monitoreo de la energía.	-	-	1 crédito	1 crédito	1 crédito
Ene 04: Tecnologías de carbono baja o cero.	-	-	-	1 crédito	1 crédito
Wat 01: Consumo de agua.	-	-	1 crédito	1 crédito	2 créditos
Wat 02: Monitoreo del agua.	-	Sólo el criterio 1			
Mat 03: Proveedores responsables de los materiales.	-	-	-	-	Sólo el criterio 1
Wst 01: Gestión de residuos de la construcción.	-	-	-	-	1 crédito
Wst 03: Residuos de operación.	-	-	-	1 crédito	1 crédito

Cada una de las categorías técnicas dentro de BREEAM tiene una ponderación asociada. Ponderaciones proporcionan un medio de definir el impacto relativo de los aspectos de sostenibilidad tratados en BREEAM. BREEAM utiliza un sistema de ponderación derivada de la combinación de los coeficientes basados en el consenso, la clasificación por un panel de expertos y donde sea necesario un proceso de adaptación para reflejar las condiciones locales en el país. Estos se utilizan para determinar los

valores relativos de las secciones utilizadas en BREEAM, y sus contribuciones a una valoración global BREEAM.

Tabla 3.5 Categorías medioambientales BREEAM y sus ponderaciones.

Fuente: (BREEAM, 2014)

Categoría Medioambiental	% Ponderación
Gestión	12%
Salud y Bienestar	15%
Energía	19%
Transporte	8%
Agua	6%
Materiales	12.5%
Residuos	7.5%
Uso del suelo y la ecología	10%
Contaminación	10%
Total	100%
Innovación (adicional)	10%

Cada tema que se aborda en el edificio específico está relacionado con el impacto ambiental o los usuarios, y tiene un número de 'créditos' asignados al mismo. Créditos BREEAM se concede cuando el edificio cumple con los mejores niveles de prácticas de rendimiento definidas para ese tema es decir, se ha mitigado un impacto ambiental o, en el caso de la sección de salud y bienestar, se dirigió el asunto relacionado con los usuarios, como el confort térmico, el acceso a la luz natural o del confort acústico.

El número de créditos disponibles para una evaluación individual se variará. En general, cuanto mayor sea el número de créditos que se ofrecen, más importante es el tema para mitigar el impacto del edificio. Donde hay varios créditos disponibles, el número otorgado por lo general se basa en una escala móvil, donde los niveles progresivamente más elevados de rendimiento del edificio son recompensados con un mayor número de créditos.

Uno de los objetivos de BREEAM es apoyar la innovación en la industria de la construcción. La herramienta fomenta esto disponiendo créditos adicionales para reconocer los beneficios relacionados con la sostenibilidad o con niveles de rendimiento que actualmente no está reconocido por los temas estándares de la evaluación BREEAM.

El proceso de determinación de la calificación BREEAM se describe a continuación y un ejemplo del cálculo esta incluido en la Tabla 3.6:

1. Para cada sección medioambiental el número de "créditos" adjudicado deberá ser determinado por el evaluador de acuerdo con los criterios de evaluación de cada tema;
2. El porcentaje de "créditos" acreditados es calculado para cada sección;
3. El porcentaje de "créditos" obtenidos en cada sección se multiplica entonces por la ponderación de la sección correspondiente. Esto da la puntuación global de la sección medioambiental;
4. Las puntuaciones de sección se suman para obtener la puntuación global BREEAM. La puntuación total se compara con los niveles de calificación BREEAM de referencia y, siempre que todos los estándares mínimos (Tabla 3.7) haya sido alcanzados, la calificación se formaliza;
5. Un 1% adicional se puede añadir a la puntuación final BREEAM para cada crédito de innovación conseguido (hasta un máximo del 10%).

Tabla 3.6 Estándares mínimos para clasificación BREEAM "Muy Bueno".

Fuente: (BREEAM, 2014)

Estándares mínimos para clasificación BREEAM "Muy Bueno".	Alcanzado?
Man 01: Procuración de sostenibilidad.	Sí
Man 04a: Participación de los interesados.	Sí
Hea 01: Confort visual.	Sí
Hea 02: Calidad del aire interior.	Sí
Hea 04: Calidad del agua.	Sí
Ene 02a: Monitoreo de energía.	Sí
Wat 01: Consumo de agua.	Sí
Wat 02a: Monitoreo del agua.	Sí

Tabla 3.7 Ejemplo del cálculo de clasificación BREEAM.**Fuente: (BREEAM, 2014)**

Categoría BREEAM	Créditos obtenidos	Créditos disponibles *	% de créditos obtenidos	Ponderación de la categoría	Puntuación de la categoría
Gestión	10	22	45.00%	0.12	5.45
Salud y Bienestar	8	10	80.00%	0.15	12
Energía	16	30	53.33%	0.19	10.13%
Transporte	5	9	55.56%	0.08	4.44%
Agua	5	9	55.56%	0.06	3.33%
Materiales	6	12	50.00%	0.125	6.25%
Residuos	3	7	42.86%	0.075	3.21%
Uso del suelo y la ecología	5	10	50.00%	0.10	5.00%
Contaminación	5	13	38.50%	0.10	3.85%
Innovación	2	10	20.00%	0.10	2.00%
Puntuación BREEAM final					55.66%
Clasificación BREEAM					MUY BUENO
* Eso varía de acuerdo con la tipología del edificio y su localización					

3.1.4 Proceso de certificación.

Una evaluación BREEAM completa para NC se lleva a cabo en cuatro o cinco etapas, que comprende el registro, pre-evaluación, evaluación de la etapa de proyecto, la revisión post construcción (certificación final). A continuación se explica cada etapa de la certificación y en la Figura 3.4 se muestra la evaluación BREEAM y dichas etapas vinculadas con las etapas del proyecto.

- 1. Registro:** La primera etapa para la certificación BREEAM es el registro del esquema a BRE. Esto se hace completando y enviando una lista de verificación de registro. Una vez registrado, el esquema es entonces protegido de futuros cambios y actualizaciones en el esquema.
- 2. Pre-evaluación:** Esta etapa se lleva a cabo por los equipos de diseño que desean establecer una línea de base realista para un desarrollo a partir del cual se pueden

explorar las opciones disponibles para mejorar el rendimiento de la edificación. Las evaluaciones previas se llevan a cabo normalmente a efectos de financiación, planificación o de viabilidad y por lo general se llevan a cabo tan pronto como sea posible en el proceso del proyecto, antes de que se han confirmado las opciones de diseño y servicios.

El informe de pre-evaluación está diseñado para mostrar cómo, a partir de la información y compromisos proporcionados, el desarrollo es capaz de alcanzar una determinada puntuación / calificación y para proveer información con respecto a los próximos pasos del proceso de evaluación BREEAM.

- 3. Evaluación de la etapa de proyecto:** La evaluación de la etapa de proyecto debe iniciarse tan pronto como sea posible en la fase de diseño con el fin de garantizar que el desarrollo recoja tantos créditos como sea posible en la forma más pragmática y económica.

La primera etapa en el proceso de esa evaluación es cuando el evaluador se reúne con el equipo de diseño con el fin de establecer una lista de 'acuerdos' de los créditos que se persiguen que permitirán que la calificación requerida sea alcanzada.

Después de la reunión del equipo de diseño, el evaluador preparará un informe de orientación que detallará los requisitos de rendimiento para cada crédito.

El equipo de diseño tendrá entonces un período convenido para suministrar la información relevante para el evaluador. Una vez que toda la información se ha recibido y el objetivo acordado se ha logrado, el evaluador presentará el informe de evaluación a la BRE para el aseguramiento de la calidad.

- 4. Expedición del Certificado BREEAM (provisional).**

- 5. Revisión post construcción:** La revisión posterior a la construcción se lleva a cabo al finalizar la obra. El objetivo principal de esa revisión es asegurar que la edificación ya construida cumpla con los estándares comprometidos con la etapa de proyecto.

La revisión posterior a la construcción comienza con una visita a la obra por el evaluador, que recoge las pruebas fotográficas de los sistemas diversos, materiales y características del desarrollo. Se recomienda que la visita al sitio se

lleve a cabo tan pronto como sea posible con el fin de evitar que los créditos se pierdan como resultado de los cambios realizados por los futuros ocupantes. Una vez que toda la información se ha recibido y el objetivo acordado se ha logrado, el evaluador presentará el informe de evaluación de la revisión post construcción a BRE para el aseguramiento de la calidad.

6. Expedición del Certificado BREEAM final.

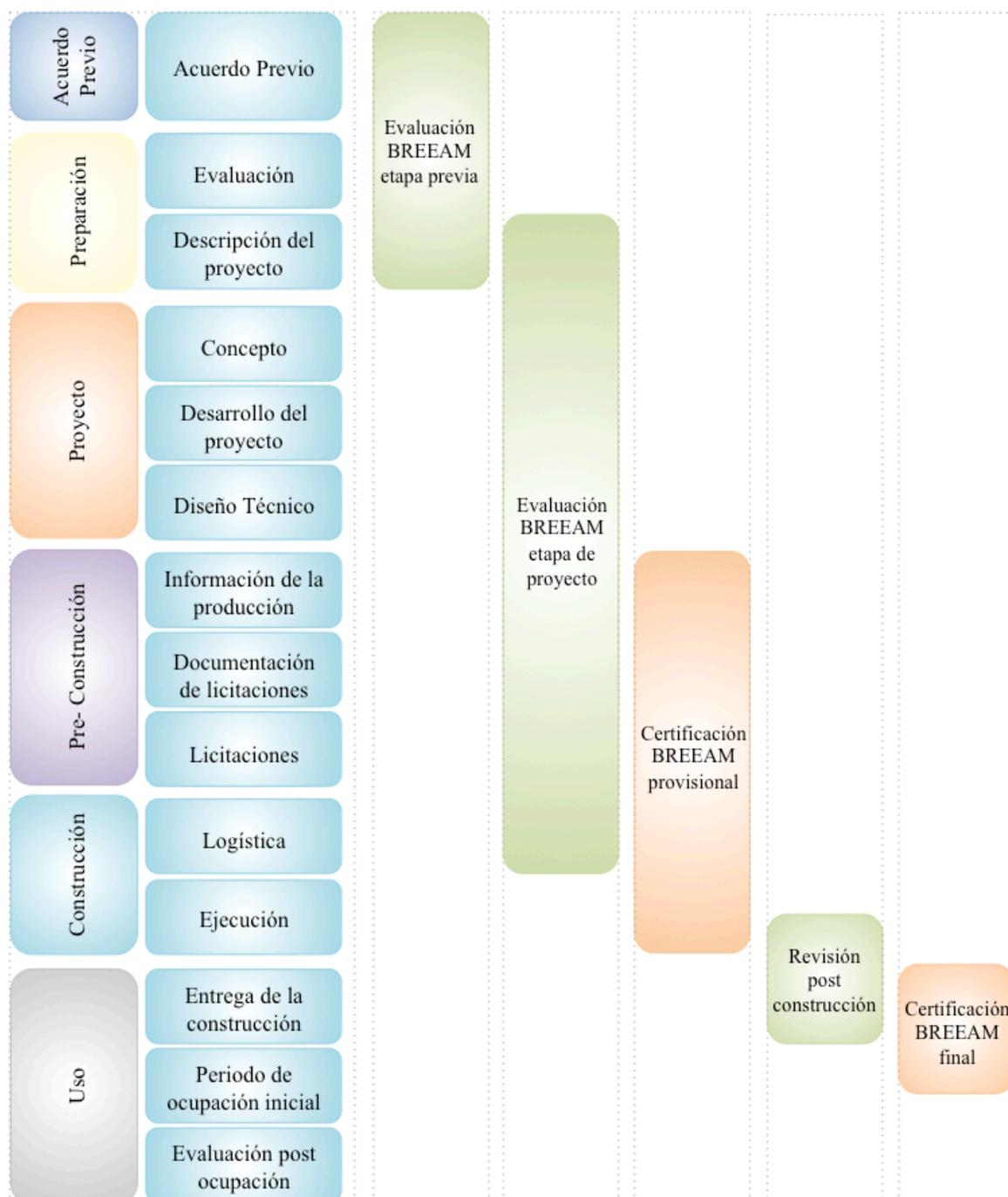


Figura 3.4 Evaluación y etapas de certificación BREEAM en relación a las etapas de construcción.

Fuente: (BREEAM, 2014)

3.2 LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN - (LEED).

En los siguientes apartados se hará, de la misma forma que lo hecho para BREEAM, la descripción de aspectos administrativos funcionales así como aspectos más técnicos del sistema LEED.

3.2.1 Descripción.

LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) es un sistema de evaluación del desempeño ambiental de las edificaciones desarrollado por el USGBC (Consejo de Edificación Verde de los Estados Unidos de América). Comprende un conjunto de directrices para promover la construcción sostenible. Este sistema ha estado en constante crecimiento desde sus inicios en el año 1994 y actualmente es utilizado en más de 150 países y más de 72,000 proyectos inscriptos. (USGBC, 2015)

Uno de los factores que diferencian este sistema, en comparación con otros sistemas de evaluación del desempeño ambiental de las edificaciones que se implementan actualmente, es el hecho de que LEED puede ser considerado como un proceso abierto y transparente, lo que significa que todos los criterios técnicos para la evaluación del desempeño propuestos por los comités de desarrollo del sistema son amplios y son revisados y aprobados públicamente por más de 16.000 miembros, quienes actualmente son parte del universo USGC. Además, las personas reconocidas por su conocimiento del sistema se les permite utilizando una acreditación profesional - Profesional Acreditado LEED - para asesorar a los promotores/diseñadores/construtores para construir un edificio sostenible. Esta acreditación se concede tras llevar a cabo un examen técnico evaluado por una entidad independiente - Green Building Certificación Institute - lo que le permite acceder a estas credenciales en nombre del USGBC (Sustentare, 2009).

Entre 1994 y 2006 , el sistema LEED ha sido objeto de una importante desarrollo, desde la creación inicial de una normativa de prácticas de construcción para el sistema global actual de evaluación que considera siete categorías vinculadas, cubre todos los aspectos del desarrollo y el proceso constructivo. (Sustentare, 2009).

Durante este proceso, uno de los objetivos mas importantes de todos los que han estado involucrados en el desarrollo de LEED es dar respuesta a algunas deficiencias que se observan en los modelos de construcción tradicionales, como (Sustentare, 2009):

- Definir un concepto general de "edificio verde" mediante el establecimiento de un estándar común de medición del rendimiento;
- Promover prácticas de construcción integradas durante todo el proyecto de construcción;
- Reconocer la importancia de los aspectos medioambientales en el mercado de la construcción;
- Estimular la competencia de los productos y servicios medioambientales;
- Crear conciencia entre los consumidores/clientes acerca de los beneficios ambientales de los edificios verdes y;
- Transformar el mercado de la construcción.

En varios países donde se aplica este sistema, la certificación LEED es un patrón o un modelo reconocido para la medición y evaluación de la construcción sostenible. Cabe señalar que el sistema de calificación LEED no tiene fines lucrativos y pretende promover el uso de prácticas y métodos de construcción que aumenten la rentabilidad, mientras reduce los impactos ambientales negativos de la edificación mejorando la salud y el bienestar de los ocupantes de los edificios (Sustentare, 2009).

Los sistemas de clasificación proporcionan a los propietarios y operadores de edificios las herramientas necesarias para lograr un efecto medible e inmediato en el desempeño de sus edificios. Al promover un enfoque de sustentabilidad centrado en todo el edificio, LEED reconoce el desempeño en lo que respecta a ubicación y planificación, desarrollo de sitios sustentables, ahorro de agua, eficiencia energética, selección de materiales, calidad ambiental interior, estrategias innovadoras y atención a las cuestiones regionales más importantes. Además, LEED aborda todos los tipos de edificio a través de diferentes sistemas de clasificación y adaptaciones de sistemas de clasificación (U.S. GBC).

LEED es integral y flexible se aplica a edificios en cualquier etapa de sus ciclos de vida. Los sistemas de clasificación LEED tratan cuestiones como la construcción nueva, las operaciones y el mantenimiento constantes de un edificio existente y una modernización significativa de un edificio de arrendatarios a un edificio comercial. Los sistemas de clasificación y sus guías de referencia complementarias ayudan a los equipos a tomar las decisiones de edificación ecológica correctas para sus proyectos mediante un proceso integrado, asegurando que los sistemas del edificio funcionen conjuntamente de

manera efectiva. A través de un proceso basado en el consenso, se evalúan continuamente y se actualizan regularmente los sistemas de clasificación para responder a las nuevas tecnologías y políticas y a los cambios en el entorno edificado. De esta forma, a medida que la innovación de ayer se convierte en el estándar de práctica de hoy, USGBC y LEED continúan avanzando hacia la transformación del mercado. Los sistemas de clasificación LEED tratan los siguientes tipos y alcances de proyectos como muestra la Figura 3.5 inferior (U.S. GBC):



Figura 3.5 Sistemas de clasificación LEED.

Fuente: (U.S. GBC)

1. **LEED para Nuevas Construcciones (LEED-NC):** Aplicable tanto en la nueva construcción y las grandes obras de reforma o remodelación de edificios. Está diseñado para guiar y distinguir los proyectos de alto rendimiento comercial e institucional, incluyendo edificios de oficinas, rascacielos residenciales, edificios gubernamentales, instalaciones de esparcimiento, plantas de fabricación y laboratorios (U.S. GBC);
2. **LEED para Edificios Existentes (LEED-EB):** ayuda a los dueños y operadores medir las operaciones de un edificio, mejorando el mantenimiento a distintas escalas, con el objetivo de maximizar la operatividad de la eficiencia energética, minimizando los impactos medioambientales. LEED con esta categoría pretende atender a los edificios que ya fueron edificados hace tiempo, para hacer una limpieza y un mantenimiento, implementar programas de reciclaje, programas de

mantenimientos de exteriores, sistemas de mejoras. Puede ser aplicado mediante dos categorías, una la mencionada y la otra es que estén bajo la característica de ser certificada bajo LEED nueva construcción (U.S. GBC);

3. **LEED Locales Interiores Comerciales (LEED-CI):** Reconoce oficinas de alto rendimiento, que por tener ambientes interiores saludables, ayudan a aumentar la productividad de sus ocupantes. Oficinas certificadas han reducido los costos de operación y mantenimiento, así como reducido su huella de carbono (U.S. GBC);
4. **LEED para Envolvertes y Estructuras principales (LEED Core & Shell):** Está destinado a los edificios que venden los espacios internos más tarde. La certificación abarca toda la zona común, sistema de aire acondicionado, la estructura principal, como escaleras y ascensores en efectivo y fachadas. Los detalles de la ocupación, tales como muebles, no se consideran en vista de la diversidad y la independencia del futuro ocupante. Este tipo de proyecto facilita la certificación de los espacios interiores comerciales (U.S. GBC);
5. **LEED para Salud (LEED-Health):** Está diseñado para guiar y distinguir los proyectos de altas prestaciones de salud, incluyendo servicios e instalaciones de atención ambulatoria y centros de atención a largo plazo (U.S. GBC);
6. **LEED residencial (LEED-Homes):** ha sido diseñado y construido de acuerdo con las rigurosas pautas LEED para el programa de certificaciones de Hogares o edificio verdes. LEED para Hogares es de un consenso desarrollado, verificado por un tercer agente, el sistema de clasificación es voluntaria que promueve el diseño y la construcción de viviendas verdes de alto rendimiento (U.S. GBC);
7. **LEED para Desarrollo Urbano (LEED Neighborhood Development):** Integra el sistema de clasificación de los principios de un crecimiento inteligente, el urbanismo y la edificación sustentable en el sistema nacional para el diseño de un barrio. Para el desarrollo existe una colaboración entre LEED y USGBC. La aplicación de esta versión en un proyecto de urbanización permite un enfoque integral orientado al desempeño sostenible de diferentes tipos de edificaciones, por ejemplo (U.S. GBC);
8. **LEED para Escuelas (LEED Schools):** Está dirigido para temas como el aspecto acústico en un salón de clases, la planificación general, la prevención de moho y evaluación ambiental. Al abordar la singularidad de los espacios de la escuela y los problemas de salud infantil, LEED para Escuelas proporciona una

herramienta única y completa para las escuelas que desean construir verde, con resultados medibles. LEED para escuelas es la norma reconocida de terceros para escuelas de alto rendimiento que son saludables para los estudiantes, profesores (U.S. GBC);

3.2.2 Funciones administrativas y operacionales

Los sistemas de clasificación LEED constan de prerrequisitos y créditos. Los prerrequisitos son elementos necesarios o estrategias de edificación ecológica que se deben incluir en todo proyecto con certificación de LEED. Los créditos son elementos opcionales: estrategias que los proyectos pueden optar por seguir para obtener puntos con el objetivo de lograr una certificación de LEED. Para alcanzar la certificación de LEED, es necesario cumplir con todos los prerrequisitos y obtener una cantidad mínima de créditos. Cada sistema de clasificación LEED corresponde a una guía de referencia de LEED en la que se explican los criterios para obtener el crédito, se describen los beneficios de cumplir con el crédito y se sugieren enfoques para alcanzar el cumplimiento del crédito. A pesar de que la organización de los prerrequisitos y créditos varía ligeramente según el tipo de edificio y el sistema de clasificación asociado, LEED se organiza generalmente a través de los siguientes conceptos amplios (U.S. GBC):

1. **Sitios Sustentables** - Alienta a las estrategias que minimicen el impacto en el ecosistema durante la ejecución de la construcción y aborda cuestiones fundamentales en los grandes centros urbanos, tales como reducir el uso del automóvil y de la isla de calor urbano;
2. **Eficiencia del Agua** – Promueve innovaciones para el uso racional del agua, con un enfoque en la reducción del consumo de agua potable y tratamiento alternativo y la reutilización de los recursos;
3. **Energía** - LEED fomenta una amplia variedad de estrategias que abordan el consumo de energía, incluido el acondicionamiento; el control del uso de la energía; el diseño y la construcción eficientes; los dispositivos, los sistemas y la iluminación eficientes; y el uso de fuentes de energía limpia y renovable generada en el sitio y fuera del sitio;
4. **Materiales y recursos** - Durante la construcción y las operaciones, los edificios generan grandes cantidades de desechos y utilizan volúmenes importantes de materiales y recursos. Estos créditos promueven la selección de productos y

materiales cultivados, recolectados, producidos y transportados de forma sustentable. Fomentan la reducción de desechos así como la reutilización y el reciclado, además de tener en cuenta la reducción de desechos en la fuente de emisión del producto;

5. **Calidad ambiental interior** - Promueve la calidad del aire en el interior de los edificios, esencial para entornos con alta permanencia de las personas, fomentando estrategias que pueden mejorar el aire interior, que ofrezcan acceso a la iluminación natural y las vistas y que mejoran la acústica;
6. **Innovación de los Procesos de Planeación** - LEED fomenta la innovación en diseño y operaciones al ofrecer puntos extra por mejoras en el desempeño del edificio que van más allá de lo que exigen los créditos o por la incorporación de ideas para edificios ecológicos que no se tratan específicamente en otras secciones del sistema de clasificación. Esta categoría de crédito también reconoce la inclusión de un profesional acreditado de LEED en el equipo del proyecto;
7. **Prioridad regional** - Consejos regionales, sedes y afiliados de USGBC han identificado las inquietudes ambientales de mayor relevancia para cada región del país, y se han seleccionado seis créditos de LEED que tratan estas prioridades locales para cada región. Un equipo de proyecto que obtiene un crédito de prioridad regional recibirá un punto adicional a los puntos otorgados por ese crédito. Se pueden obtener hasta cuatro puntos adicionales de esta forma.

Cada una de estas categorías se compone de indicadores de desempeño (obligatorios y puntuables) que al final de la evaluación permiten asignar una calificación al edificio que se está analizando. Además, todas las categorías mencionadas son equivalentes en las diferentes versiones del sistema de calificación, que está disponible para determinado tipo de proyectos (USGBC, 2015).

Con el fin de comparar con las demás herramientas analizadas en ese estudio, se detalla a continuación las categorías e indicadores de desempeño específicos de la herramienta LEED 2009 para Nuevas Construcciones (NC), que actualmente es la herramienta LEED utilizada para certificar nuevos edificios en Brasil.

3.2.3 Funciones técnicas

La herramienta de calificación LEED 2009 para Nuevas Construcciones es un conjunto de normas de rendimiento para certificar el diseño y construcción de edificios comerciales o institucionales y edificios residenciales de gran altura de todos los tamaños, tanto públicos como privados. La intención es promover prácticas saludables, duraderas, asequibles y ecológicamente racionales en el diseño y construcción de edificios (LEED, 2014).

En LEED NC, la asignación de puntos entre los créditos se basa en los potenciales impactos ambientales y los beneficios humanos de cada crédito con respecto a un conjunto de categorías de impacto ya mencionadas anteriormente. Los impactos se definen como el efecto ambiental o humano del diseño, construcción, operación y mantenimiento del edificio, tales como las emisiones de gases de efecto invernadero, el uso de combustibles fósiles, las toxinas y carcinógenos, contaminantes del aire y del agua y las condiciones ambientales interiores.

Una combinación de enfoques, incluyendo la modelización energética, análisis del ciclo de vida, y el análisis de transporte, se utiliza para cuantificar cada tipo de impacto. La asignación resultante de puntos entre los créditos se denomina ponderación de crédito (LEED, 2014).

El proceso de ponderaciones de crédito LEED NC se basa en los siguientes parámetros, los cuales mantienen la consistencia y facilidad de uso en todos los sistemas de puntuación (LEED, 2014):

- Todos los créditos LEED valen un mínimo de 1 punto;
- Todos los créditos LEED son, números enteros positivos; no hay fracciones o valores negativos;
- Todos los créditos LEED reciben un solo peso, estático en cada sistema de clasificación; no hay tarjetas individualizadas basadas en la ubicación del proyecto;
- Todos los sistemas de clasificación LEED tienen 100 puntos básicos; Innovación en el Diseño (u operación) y los créditos de Prioridad Regional pueden proporcionar oportunidades para un máximo de 10 puntos de bonificación;

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, el proceso de ponderaciones de crédito LEED 2009 implica 3 pasos (LEED, 2014):

1. Un edificio de referencia se utiliza para estimar los impactos ambientales en 13 categorías asociadas con un edificio típico para se obtener la certificación LEED;
2. La importancia relativa a los impactos de construcción en cada categoría se establecen para reflejar los valores en base a los coeficientes correctores del NIST;
3. Los datos que cuantifican los impactos de construcción en la salud humana y el medio ambiente se utilizan para asignar puntos a los créditos individuales;

Cada crédito se asigna puntos en función de la importancia relativa de los impactos relacionados con el edificio que aborda. El resultado es una media ponderada, que combina los efectos de construcción y el valor relativo de las categorías de impacto. Créditos que se ocupan más directamente de los impactos más importantes se les da el mayor peso, con sujeción a los parámetros de diseño del sistema descritos anteriormente (LEED, 2014).

El sistema de evaluación LEED NC posteriormente a la evaluación y al desarrollo del cumplimiento de los pre-requisitos, y otras exigencias, pasa a ser evaluado por cuatro niveles de rendimiento, certificado que es de cumplimiento más simple, certificado Plata (Silver), Oro (Gold), Platino (Platinum-óptimo) todo acorde a la cantidad de puntos ganados. En la Figura 3.6 se muestran los cuatro niveles de LEED, los puntajes para obtener el nivel, así como el sello que acredita LEED según el valor alcanzado (LEED, 2014).



Figura 3.6 Acreditaciones LEED y sus puntajes.

Fuente: (LEED, 2014)

Las 7 categorías de evaluación serán desglosadas a continuación evidenciando los elementos y indicadores más representativos de cada categoría y sus respectivos pre requisitos y créditos.

1. Sitios Sustentables:

Los créditos LEED para Nuevas Construcciones para Sitios Sustentables promueven estrategias responsables, innovadoras, y prácticas de diseño de sitios, que son sensibles a las plantas, vida silvestre y calidad del agua y del aire. Estos créditos también suelen mitigar algunos de los efectos negativos que los edificios tienen sobre el medio ambiente local y regional. Los equipos de proyecto que llevan a cabo proyectos de construcción deben ser conscientes de los impactos inherentes del desarrollo sobre el consumo de suelo, los ecosistemas, los recursos naturales y el uso de energía. Se debe dar preferencia a los edificios con atributos de alto rendimiento en lugares que mejoran los barrios existentes, redes de transporte y las infraestructuras urbanas. Al determinar el alcance inicial del proyecto, dar preferencia a los sitios y plantas de uso del suelo que conserven las funciones del ecosistema natural y mejoren la salud de la comunidad circundante.

Esta categoría direcciona el desarrollo del diseño del sitio seleccionado. Son 26 puntos disponibles divididos en un pre requisito y ocho créditos como muestra la Tabla 3.8. Los créditos son otorgados por minimizar los disturbios del sitio utilizando medidas paisajísticas, reduciendo el efecto de calentamiento, manejo de aguas superficiales, control de plagas por medios no tóxicos, etc. (LEED, 2014).

Tabla 3.8 Créditos y prerrequisitos de la categoría Sitios Sustentables.**Fuente: (LEED, 2014)**

Crédito	Título	Nº puntos
SS Pre-requisito 1	Prevención de contaminación por la actividad de construcción;	Requerido
SS Crédito 1	Elección del terreno;	1 punto
SS Crédito 2	Densidad de desarrollo y conectividad de la comunidad;	5 punto
SS Crédito 3	Recuperación de sitios abandonados;	1 punto
SS Crédito 4.1	Transporte alternativo – acceso al transporte público;	6 punto
SS Crédito 4.2	Transporte alternativo – parking para bicicletas y vestuarios;	1 punto
SS Crédito 4.3	Transporte alternativo – vehículos de baja emisión y eficiencia del combustible	3 punto
SS Crédito 4.4	Transporte alternativo – Capacidad de estacionamiento;	2 punto
SS Crédito 5.1	Desarrollo del local – proteger o restaurar el hábitat;	1 punto
SS Crédito 5.2	Desarrollo del local – maximizar espacios abiertos;	1 punto
SS Crédito 6.1	Diseño de aguas pluviales – control de cantidad;	1 punto
SS Crédito 6.2	Diseño de aguas pluviales – control de calidad;	1 punto
SS Crédito 7.1	Efecto isla de calor – no en el tejado	1 punto
SS Crédito 7.2	Efecto isla de calor – tejado	1 punto
SS Crédito 8	Reducción de la contaminación lumínica.	1 punto

2. Eficiencia del Agua:

LEED fomenta a través de los pre-requisitos y los créditos de eficiencia de agua el uso de estrategias y tecnologías que reducen la cantidad de agua potable que se consume en los edificios. Muchas de las estrategias de conservación de agua son sin costo o proporcionan una rápida recuperación de la inversión. Otras estrategias, tales como sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales e instalaciones de tuberías de aguas grises, a menudo requieren una inversión más sustancial y son rentables sólo bajo ciertas condiciones de edificación y de sitio. Los pre-requisitos y créditos de comprenden preocupaciones ambientales relacionadas con el uso del agua en la construcción y su eliminación, y promueven las siguientes medidas (LEED, 2014):

- Supervisión del rendimiento del consumo de agua;
- Reducir el consumo de agua potable en el interior;
- Reducir el consumo de agua para ahorrar energía y mejorar el bienestar medioambiental;
- Práctica de jardinería con el uso eficiente del agua.

Esta categoría posee un pre requisito y tres créditos, con 10 puntos disponibles (Tabla 3.9):

Tabla 3.9 Créditos y prerequisites de la categoría Eficiencia del Agua.

Fuente: (LEED, 2014)

Crédito	Título	Nº puntos
WE Pre-requisito 1	Reducción del uso del agua;	Requerido
WE Crédito 1	Paisajismo con uso eficiente del agua;	2-4 puntos
WE Crédito 2	Tecnologías innovadoras de aguas residuales;	2 puntos
WE Crédito 3	Reducción del uso del agua.	2-4 puntos

3. Energía:

En esa categoría LEED evalúa estrategias que abordan el consumo de energía, incluido el acondicionamiento; el control del uso de la energía; el diseño y la construcción eficientes; los dispositivos, los sistemas y la iluminación eficientes; y el uso de fuentes de energía limpia y renovable generada en el sitio y fuera del sitio. Esta posee tres pre-requisitos y 6 créditos, disponiendo de 35 puntos como muestra la Tabla 3.10 (LEED, 2014):

Tabla 3.10 Créditos y prerequisites de la categoría Energía.

Fuente: (LEED, 2014)

Crédito	Título	Nº puntos
EA Pre-requisito 1	Comisionamiento fundamental de sistemas de energía;	Requerido
EA Pre-requisito 2	Rendimiento energético mínimo;	Requerido
EA Pre-requisito 3	Gestión fundamental de los sistemas de acondicionamiento;	Requerido
EA Crédito 1	Optimizar el rendimiento energético;	1-19 puntos
EA Crédito 2	Instalaciones de energías renovables in situ;	1-7 puntos
EA Crédito 3	Mejora del comisionamiento;	2 puntos
EA Crédito 4	Mejora de la gestión de los sistemas de acondicionamiento;	2 puntos
EA Crédito 5	Medición y verificación;	3 puntos
EA Crédito 6	Energías renovables.	2 puntos

4. Materiales y Recursos:

Un edificio sostenible requiere políticas para la construcción responsable y la selección de materiales, así como la gestión eficaz de los residuos. Los prerequisites y créditos para Materiales y Recursos establecen las bases para el desarrollo, implementación y documentación de estas políticas (LEED, 2014).

Operaciones de construcciones generan una gran cantidad de residuos sobre una base diaria. El cumplimiento de los créditos LEED para Materiales y Recurso puede reducir la cantidad de residuos generados al tiempo que mejora el medioambiente del edificio a través de una gestión responsable de los materiales de desecho y la selección de los materiales. Los créditos en esta sección se centran en 2 temas principales: el impacto ambiental de los materiales introducidos en el proyecto de construcción, y la minimización de los vertederos e incineradores para los materiales que salen del edificio. Esta categoría de crédito tiene en cuenta las preocupaciones ambientales relacionadas con la selección de materiales, destino de los residuos, y reducción de residuos. En el LEED para Nuevas Construcciones los prerrequisitos y créditos de Materiales y Recursos promoverá las siguientes medidas:

- Selección de materiales sostenibles;
- La práctica de la reducción de residuos;
- La reducción de los residuos en su origen;
- La reutilización y el reciclado;

Esta categoría posee un prerrequisito y 8 créditos, disponiendo de 14 puntos como muestra la Tabla 3.11:

Tabla 3.11 Créditos y prerrequisitos de la categoría Materiales y Recursos.

Fuente: (LEED, 2014)

Crédito	Título	Nº puntos
MR Pre-requisito 1	Colecta y almacenamiento de materiales reciclables;	Requerido
MR Crédito 1.1	Reutilización –paredes, pisos y techos existentes;	1-3 puntos
MR Crédito 1.2	Reutilización – elementos interiores no estructurales;	1 punto
MR Crédito 2	Gestión de residuos de la construcción;	1-2 puntos
MR Crédito 3	Reutilización de materiales;	1-2 puntos
MR Crédito 4	Contenido reciclado;	1-2 puntos
MR Crédito 5	Materiales locales;	1-2 puntos
MR Crédito 6	Materiales rápidamente renovables;	1 puntos
MR Crédito 7	Madera certificada.	1 puntos

5. Calidad del Ambiente Interior:

Esta categoría de crédito tiene en cuenta las preocupaciones ambientales relacionadas con la calidad del ambiente interior; la salud, seguridad y confort de los ocupantes; el consumo de energía, eficiencia de renovación de aire; y la gestión de

contaminantes del aire. Las siguientes son importantes estrategias para atender a estas preocupaciones y para la mejora de la calidad ambiental interior (LEED, 2014):

- La mejora de la ventilación;
- La gestión de los contaminantes del aire - humo de tabaco, dióxido de carbono, partículas suspendidas, etc.;
- Especificación de materiales menos nocivos;
- Permitir a los ocupantes que controlen los ajustes deseados;
- Permitir acceso a la luz natural y a vistas;

Garantizar una excelente calidad ambiental interior requiere los esfuerzos conjuntos del propietario del edificio, el equipo de diseño, contratistas, subcontratistas y proveedores. Para proporcionar una óptima calidad del ambiente interior, sensores automáticos y controles individuales se pueden integrar a los sistemas de la construcción para ajustar la temperatura, la humedad y la ventilación. Los sensores pueden medir los niveles de CO₂ e indicar la necesidad de aumentar el flujo de aire para eliminar los altos niveles de compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes del aire. Otros indicadores de la calidad del ambiente interior se puede incluir la iluminación natural y la calidad de la iluminación, la comodidad térmica, acústica, y el acceso a puntos de vista. Todas estas cuestiones tienen el potencial de mejorar el ambiente interior y optimizar los espacios interiores de edificios (LEED, 2014). Esta categoría posee dos prerequisites y 15 créditos, disponiendo de 15 puntos como muestra la Tabla 3.12 inferior:

Tabla 3.12 Créditos y prerrequisitos de la categoría Calidad del Ambiente Interior.**Fuente: (LEED, 2014)**

CRÉDITO	TÍTULO	Nº puntos
IEQ Pre-requisito 1	Performance mínima para la calidad del aire interior;	Requerido
IEQ Pre-requisito 2	Control del humo de tabaco en el ambiente;	Requerido
IEQ Crédito 1	Monitoreo de suministro de aire exterior;	1 punto
IEQ Crédito 2	Incremento de la ventilación natural;	1 punto
IEQ Crédito 3.1	Plan de gestión de la calidad del aire interior – durante la construcción;	1 punto
IEQ Crédito 3.2	Plan de gestión de la calidad del aire interior – antes de la ocupación;	1 punto
IEQ Crédito 4.1	Materiales de baja emisividad – adhesivos y selladores;	1 punto
IEQ Crédito 4.2	Materiales de baja emisividad – pinturas y revestimientos;	1 punto
IEQ Crédito 4.3	Materiales de baja emisividad – sistemas de pisos;	1 punto
IEQ Crédito 4.4	Materiales de baja emisividad – maderas compuestas y productos de fibras vegetales;	1 punto
IEQ Crédito 5	Control de las fuentes de químicos y contaminantes del interior;	1 punto
IEQ Crédito 6.1	Control de los sistemas – iluminación;	1 punto
IEQ Crédito 6.2	Control de los sistemas – confort térmico;	1 punto
IEQ Crédito 7.1	Confort térmico – diseño;	1 punto
IEQ Crédito 7.2	Confort térmico – verificación;	1 punto
IEQ Crédito 8.1	Iluminación natural y vistas – iluminación natural;	1 punto
IEQ Crédito 8.2	Iluminación natural y vistas – vistas.	1 punto

6. Innovación:

Estrategias y medidas de diseño sostenible están en constante evolución y mejora. Las nuevas tecnologías se introducen continuamente en el mercado, y hasta la fecha las investigaciones científicas influencia en las estrategias de construcción y diseño. El propósito de esta categoría LEED es reconocer los proyectos que poseen características innovadoras y prácticas y estrategias de construcción sostenible (LEED, 2014).

Ocasionalmente, una estrategia da como resultado un rendimiento del edificio que supera lo que se requiere en un crédito LEED existente. Otras estrategias no pueden ser tratados por cualquier requisito de LEED o de crédito, pero hay consideración de sus beneficios para la sostenibilidad. LEED se lleva a cabo con mayor eficacia como parte

de un proceso de diseño integrado, y esta categoría aborda el papel de un profesional acreditado LEED para facilitar este proceso (LEED, 2014).

A medida que la industria del diseño de la construcción presenta nuevas estrategias para el desarrollo sostenible, las oportunidades que conducen a beneficios ambientales adicionales seguirán surgiendo. Oportunidades que actualmente no están contempladas por LEED para Nuevas Construcciones, pueden incluir soluciones ambientales específicas a una determinada ubicación, estado, o región. Con todas las estrategias y medidas sostenibles, es importante tener en cuenta los impactos ambientales relacionados. Los equipos de proyecto deben estar preparados para demostrar los beneficios ambientales de estrategias innovadoras y se les anima a aprovechar las oportunidades que brindan beneficios de especial importancia. Los equipos de proyecto pueden ganar puntos de rendimiento ejemplar por implementar estrategias que den un resultado que supera en gran medida el nivel y el alcance requerido por un prerrequisito o un crédito LEED existente (LEED, 2014).

Tabla 3.13 Créditos de la categoría Innovación.

Fuente: (LEED, 2014)

Innovación		6 puntos posibles
ID Crédito 1	Innovación en el diseño;	1-5 puntos
ID Crédito 2	Profesional LEED acreditado.	1 puntos

7. Prioridad Regional:

Debido a que algunos problemas ambientales son únicos en un entorno local, los consejos regionales del USGBC han identificado zonas ambientales distintas dentro de sus áreas y seis créditos fueron asignados para alentar a los equipos de diseño para centrarse en las prioridades regionales. Un proyecto que gana un crédito de prioridad regional gana automáticamente un punto adicional a los puntos adjudicados para el crédito. Hasta cuatro puntos adicionales pueden ser obtenidos de esta forma (LEED, 2014).

3.2.4 Proceso de certificación.

La certificación de LEED ofrece la verificación independiente de terceros de que un proyecto de construcción adopta las medidas de desempeño y edificación ecológica más altas. Al comienzo del desarrollo de un proyecto, el equipo de proyecto integrado

debe determinar los objetivos del proyecto, el nivel de certificación que se desea obtener y los créditos que ayudarán a lograrlo. Los pasos para obtener la certificación por lo general son los siguientes (U.S. GBC):

- 1. Registro del proyecto** - El proceso LEED comienza con el registro. El equipo del proyecto envía un formulario de registro y paga una tarifa al GBCI. Una vez registrado, el equipo recibe información, herramientas y comunicaciones que servirán de ayuda para guiar el proceso de certificación. Toda la actividad del proyecto, incluido el registro y la documentación de cumplimiento para el crédito, se completa en LEED en línea, un portal de recopilación de datos a través del cual el equipo carga información sobre el proyecto. Este sitio ofrece plantillas de créditos para que un miembro determinado del equipo complete y firme;
- 2. Preparación para la solicitud** - Cada crédito y prerequisite de LEED tiene requisitos de documentación que se deben completar como parte del proceso de solicitud. El equipo del proyecto selecciona los créditos que ha decidido obtener y asigna las responsabilidades para cada crédito a un miembro del equipo. Cuando se ha reunido la documentación necesaria, lo que incluye la información y los cálculos exigidos, el equipo del proyecto carga el material en LEED Online (LEED en línea);
- 3. Envío** - Una vez que el equipo está listo para que el GBCI revise su solicitud, el administrador del proyecto enviará la tarifa adecuada, que se basa en los pies/metros cuadrados del proyecto, y la documentación. El envío de la documentación para su revisión se puede realizar en una o dos etapas. El equipo puede esperar para enviar la documentación hasta que se haya finalizado el proyecto de construcción, o bien puede solicitar la revisión de sus prerequisites y créditos relacionados con el diseño antes de la finalización del proyecto y luego solicitar los créditos relacionados con la construcción una vez que el proyecto esté completo;
- 4. Revisión de la solicitud** - Independiente de que los créditos de diseño y construcción se hayan enviado en forma conjunta o por separado, cada crédito se somete a una revisión preliminar. El revisor del GBCI puede solicitar información adicional o aclaraciones. El equipo luego enviará la documentación

final. Después de la revisión final, el equipo puede apelar cualquier decisión adversa sobre los créditos individuales ante el GBCI por una tarifa adicional;

- 5. Certificación** – La certificación es el ultimo paso en el proceso de revisión de LEED. Una vez que se completa la revisión final de la solicitud, el equipo del proyecto puede aceptarla o apelar la decisión final.

3.3 COMPREHENSIVE ASSESMENT SYSTEM FOR BUILDING ENVIROMENTAL EFFICIENCY - CASBEE.

En línea con lo ya realizados para los sistemas anteriores, los siguientes apartados se dedica a la descripción de aspectos administrativos funcionales así como aspectos más técnicos del sistema CASBEE.

3.3.1 Descripción.

El CASBEE fue presentado públicamente en 2002 por el *Japan Sustainability Building Consortium* (JSBC) en la conferencia SB'02 en Oslo y fue desarrollado por representantes del gobierno, de la industria y personal académico, con el apoyo del Ministerio de Tierras y Viviendas. El Sistema de Evaluación para la Eficiencia Medioambiental de Edificios (CASBEE) es una herramienta propia de Japón que se utiliza hoy en día para evaluar y calificar diferentes tipos de edificaciones. Hasta abril de 2015 el número de edificios certificados eran de más de 450. CASBEE fue desarrollado de acuerdo a las siguientes directrices (CASBEE, 2014):

- Ser estructurado para otorgar el reconocimiento a edificios con prácticas superiores, fomentando diseñadores y otros profesionales de la área;
- Ser un sistema lo más simples posible;
- Ser aplicable a edificios con diferentes usos;
- Considerar cuestiones y problemas que pueden presentarse en Japón y en Asia.

El desarrollo de la herramienta CASBEE se inició en base a un proceso de evolución que tuvo tres fases y que fueron construyendo un marco referencial para poder sistematizar con la perspectiva de utilizar la sostenibilidad. Las tres fase de la evolución fueran (CASBEE, 2014):

1. El sistema de evaluación de edificios en el Japón trataba de mejorar principalmente la calidad del aire interior, se elaboraban en ese entonces edificios con un nivel de calidad del aire muy simple, tratando como si fuese un mismo ambiente el exterior como interior, permitiendo un intenso impacto ambiental de los edificios;
2. En los años sesenta las ciudades ya tenían un gran avance, ciudades como Tokio ya poseían problemas de contaminación. En esta etapa las nuevas edificaciones ya empezaron a considerar las cargas medioambientales, además se crearon

herramientas que median el rendimiento de un edificio. Estas cargas de efectos negativos tales como la polución urbana, la contaminación del aire, la obstrucción directa de la iluminación natural, etc. fueron tratadas de subsanarse. En la primera fase el medioambiente estaba tratado en un espacio privado, mientras que en la segunda, se propuso subsanar el espacio público;

3. La evolución de la herramienta fue a consecuencia de que en los años 90 se había tomado conciencia de los problemas medioambientales. Entonces se introdujeron herramientas con mayor trayectoria como BREEAM y LEED para poder basarse en estas para crear un diseño propio adecuado al medioambiente, con indicadores propios. Además se introdujo el tema de la evaluación del análisis del ciclo de vida de todos los componentes de un edificio, más la incorporación de la evaluación de una eficiencia energética de un edificio.

La tercera fase empezó cuando se entendió que el mundo estaba llegando a un límite y como un resultado surgió el concepto de tratar de utilizar ecosistemas cerrados como criterio esencial para determinar las capacidades medioambientales. Para eso se creó un hipotético espacio cerrado por bordes del sitio de edificación (Figura 3.7), donde en ese espacio se propone realizar la evaluación del edificio, las cargas medioambientales pueden así ser definidas como los impactos negativos que se extienden fuera del espacio encerrado. El mejoramiento del desarrollo medioambiental dentro del espacio hipotético cerrado es definido “como el mejoramiento de los servicios de vida para los usuarios” (CASBEE, 2014).

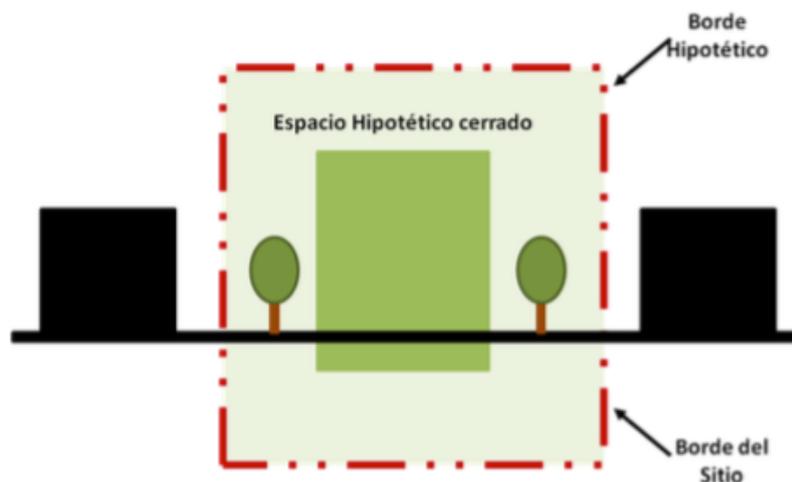


Figura 3.7 Espacio hipotético cerrado dividido por un borde de sitio.

Fuente: (CASBEE, 2014)

El concepto de Eco-eficiencia ha sido introducido por el CASBEE para permitir la evaluación integrada de los dos factores, dentro y fuera del sitio de la edificación. Eco-eficiencia se define, normalmente, como el "valor de los productos y servicios por unidad de carga del medio ambiente". La eficiencia se define comúnmente en términos de cantidades de entrada y salida, por lo se propuso un nuevo modelo para una definición más amplia de la eco-eficiencia: " (beneficiosos salida) / (entrada + salida que no es benéfica)". Como muestra la Figura 3.8, este nuevo modelo de eficiencia medio ambiental puede ser extendido para definir el BEE (*Built Environment Efficiency*), que el CASBEE utiliza como indicador de evaluación (CASBEE, 2014).

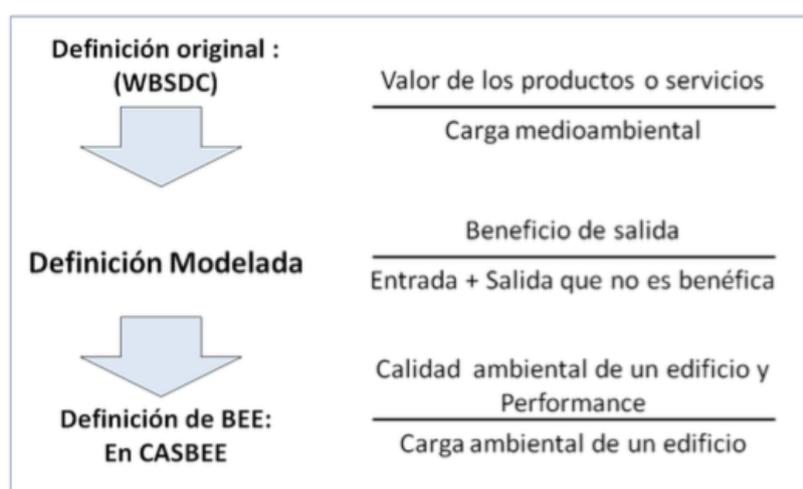


Figura 3.8 El desarrollo de la ecoeficiencia para BEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

3.3.2 Funciones administrativas y operacionales

CASBEE se desarrolló según el proceso de diseño arquitectónico, empezando en la etapa de pre-diseño y continuando a través de las etapas de diseño de post diseño generando un proceso de concepción de la edificación como un ciclo cíclico como muestra la Figura 3.9 (CASBEE, 2014).

Respecto al ciclo de vida del edificio, CASBEE se compone de cuatro herramientas de evaluación, CASBEE para Pre-Diseño, CASBEE para Nuevas Construcciones, CASBEE para Edificios Existentes y CASBEE para Rehabilitaciones/Reforma y para servir en cada etapa del proceso de diseño. En la Figura 3.10 se representa el camino cronológico junto con una descripción de cada una de las fases. "CASBEE Family", o Familia CASBEE es el nombre general para estas cuatro herramientas básicas y además se crearon herramientas para fines específicos se detalla a

continuación. Cada herramienta está diseñada para propósitos y tipos de usuarios específicos, y también para dar cabida a una amplia gama de tipos de edificios (oficinas, escuelas, departamentos, etc.) (CASBEE, 2014).

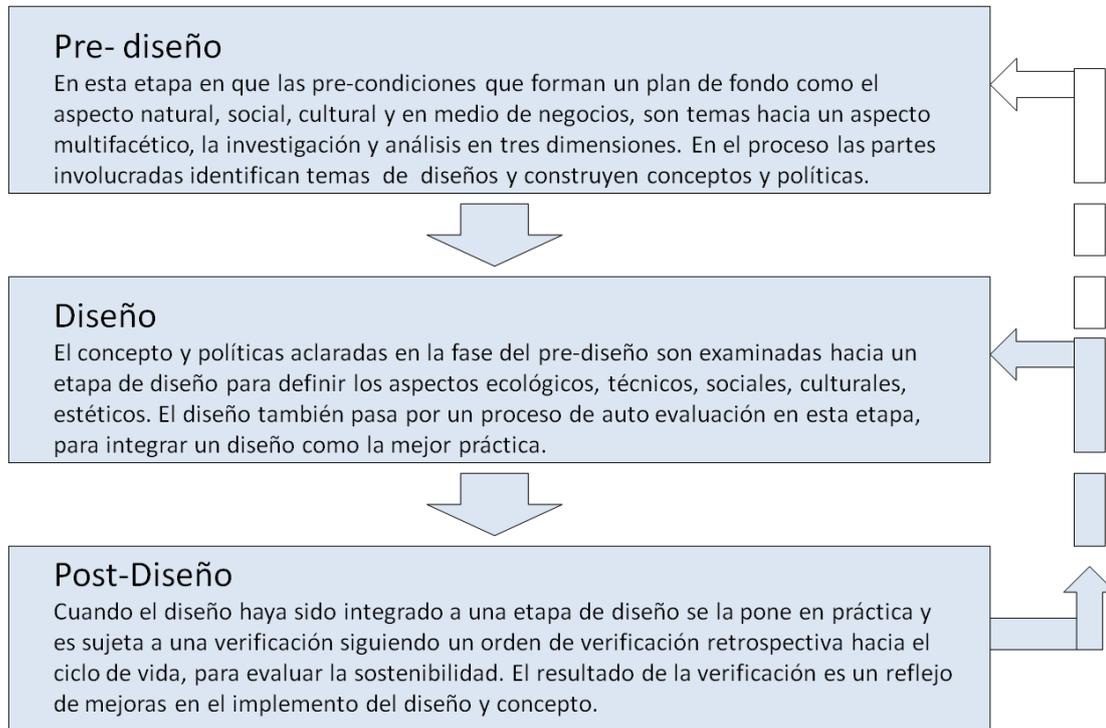


Figura 3.9 el proceso cíclico de la concepción de la edificación.

Fuente: (CASBEE, 2014)

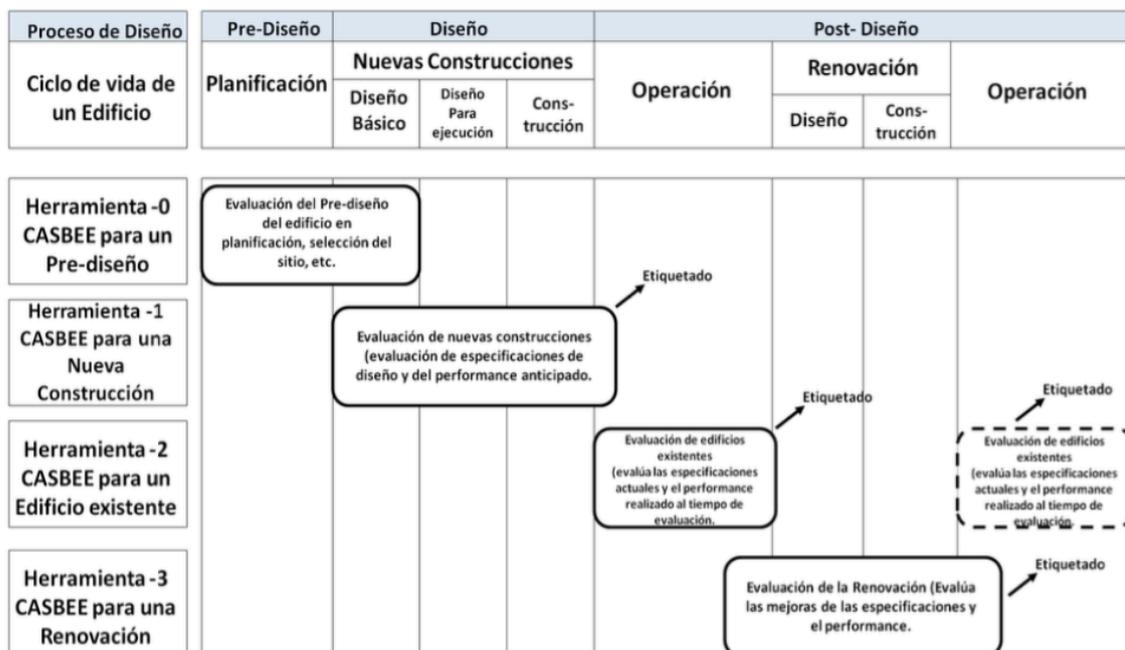


Figura 3.10 Ciclo de vida del edificio y las cuatro herramientas de evaluación.

Fuente: (CASBEE, 2014)

Como se dijo anteriormente, este sistema de evaluación ofrece básicamente cuatro herramientas para evaluar el proyecto o edificio existente para diferentes tipos de ocupación en determinadas fases de su ciclo de vida, como se muestra en la Tabla 3.14:

Tabla 3.14 Herramientas básicas del CASBEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

Herramientas “Familia CASBEE”		Objetivos/Características
Nuevos Edificios	Herramienta 0 CASBEE para Pre-Diseño (CASBEE-PD)	Esta herramienta tiene por objetivo asistir al dueño, al planificador, y otros involucrados en la fase de desarrollo y de planificación (pre-diseño) de un proyecto. Tiene dos roles principales: <ol style="list-style-type: none"> 1. Asistir para ayudar a comprender los problemas como un impacto básico medioambiental de un proyecto y seleccionar un sitio adecuado. 2. Evaluar el desempeño medioambiental de un proyecto en la fase del Pre-diseño.
	Herramienta 1 CASBEE para Nuevas Construcciones (CASBEE-NC)	Se trata de un sistema de verificación autoevaluable que permite a los arquitectos e ingenieros aumentar el valor BEE del edificio bajo las consideraciones del proceso de diseño anticipado. Comprende evaluaciones basadas en las especificaciones de diseño y el rendimiento esperado. También puede servir como una herramienta de certificación cuando el edificio se somete a un evaluación de terceros.
Edificios Existentes	Herramienta 2 CASBEE para Edificios Existentes (CASBEE-EB)	Este herramienta de evaluación tiene por objetivos evaluar edificios existentes, basados en registros de operación durante al menos un año después de su finalización. Fue desarrollado también para ser aplicable a la evaluación de activos.
	Herramienta 3 CASBEE para Rehabilitación/Reforma (CASBEE-RN)	Esta herramienta tiene por objetivo el tratar con edificios existentes. Se puede utilizar con propósitos de operación y monitoreo de edificios, mediante comisiones que manejen un diseño actualizado con un control de proyectos de la Compañía de Servicio de Energía (ESCO), para un stock de renovación de edificios. Esta herramienta está diseñada para determinar el grado de elementos que mejoran la eficiencia medioambiental, que deben estar a un nivel relativo de renovación precedida. La certificación es posible por terceras partes.

Las otras versiones existentes para otros tipos de ocupaciones son (CASBEE, 2014):

1. **CASBEE para Viviendas Unifamiliares:** las herramientas CASBEE básicas son aplicables para los complejos de apartamentos, pero no a viviendas unifamiliares, por lo tanto se desarrolló una herramienta de evaluación específica para ese tipo de edificación;
2. **CASBEE para Construcciones Temporales:** esa herramienta fue desarrollada como extensión del CASBEE para Nuevas Construcciones. Se puede aplicar para la evaluación de edificios temporales para el uso de corto plazo, como salas de exposiciones y instalaciones olímpicas;
3. **Versiones Breves:** la evaluación de CASBEE para Nuevas Construcciones puede tardar de 3 a 7 días en el caso de incluir el tiempo para preparar los documentos de evidencia y calcular los elementos relacionados. Las versiones breves fueron desarrolladas para satisfacer las crecientes necesidades de herramientas para manejar objetivos como los que se muestran a continuación:
 - La necesidad de establecer los objetivos de la eficiencia del entorno construido en la primera etapa del proyecto de construcción (como una herramienta para la formación de un consenso entre los propietarios, los diseñadores y constructores, etc.);
 - La necesidad de establecer objetivos de gestión del rendimiento medioambiental de los edificios existentes (como una herramienta de gestión bajo la norma ISO 14001, etc.);
 - La necesidad de establecer el sistema de informes por los gobiernos locales (como la ciudad de Nagoya, la ciudad de Osaka y la ciudad de Yokohama, etc.).

Hay tres versiones breves de las herramientas básicas, versión breve de CASBEE-NC, CASBEE-EB y CASBEE-RN. Ellas se simplifican y se puede completar la evaluación en unas pocas horas (sin contar el tiempo para la preparación de un plan de ahorro energético). Además, se ha desarrollado una versión breve para el Desarrollo Urbano.

4. **CASBEE para gobiernos locales:** como indicado anteriormente, CASBEE es utilizado por algunos gobiernos locales en Japón. Los gobiernos locales se adaptan a las condiciones locales, como el clima y las políticas priorizadas. Los

cambios se realizan en general mediante la modificación de los coeficientes de ponderación. El informe del resultado de la evaluación al gobierno local es obligatoria en la misma forma en que el plan del ahorro de energía y la solicitud de autorización de construcción;

5. **CASBEE para Efecto de Isla de Calor:** el efecto de isla de calor está convirtiéndose en un problema crítico en las grandes áreas urbanas, tales como Tokio y Osaka. CASBEE-HI (“Heat Island”) fue desarrollado para evaluar los esfuerzos en los edificios para aliviar el efecto de isla de calor. El papel es hacer una evaluación más detallada y cuantitativa de los elementos de las herramientas básicas relacionados con las islas de calor;
6. **CASBEE para el Desarrollo Urbano:** las herramientas básicas CASBEE pueden evaluar los edificios de forma individual, no la construcción de complejos de edificios. Muchos proyectos recientes de reconstrucción del centro de las ciudades, son previstos para integrarlo con sus distritos circundantes y la entrega de efectos positivos para el medio ambiente, como el uso de redes de energía local. Mismo que cada edificio tenga un propietario diferente, tomando medidas ambientales comunes en edificios dentro de un distrito puede elevar la calidad y el rendimiento medio ambiental en toda la zona. CASBEE para el desarrollo urbano fue desarrollado para hacer evaluaciones más amplias, adoptando un enfoque holístico entregado a través de la zona urbana;
7. **CASBEE para Ciudades:** recientemente, la gente se vuelve muy consciente de la importancia de las acciones a nivel de la ciudad para la creación de sociedades con bajas emisiones de carbono. Países y ciudades de todo el mundo han estado implementando una variedad de programas y políticas para ese propósito. CASBEE para las ciudades es un sistema de evaluación integral del desempeño ambiental de las ciudades, utilizando el enfoque de triple resultado: de "la sociedad", "economía" y "medio ambiente". Se puede evaluar objetivamente la eficacia de las políticas de la ciudad y las medidas ambientales.

3.3.3 Funciones Técnicas.

En el sistema CASBEE se consideran dos espacios, interno y externo, que son divididos por el borde hipotético ya mencionado anteriormente, que se define como un borde del sitio y otros elementos, con dos factores relacionados con los dos espacios. Por lo tanto, se planteó situar a CASBEE cuyos "impactos ambientales negativos van hacia

el exterior del espacio hipotético cerrado (zona pública)" y "la mejora de las condiciones de vida de los usuarios del edificio" se consideran lado a lado como muestra la Figura 3.11. Estos dos factores son definidos como Q y L, y se evalúan separadamente (CASBEE, 2014):

Q (Quality) Calidad: Evalúa el incremento con relación al confort y la comodidad de los usuarios del edificio dentro del espacio hipotético (zona privada); y

L (Loading) Cargas Ambientales: Evalúa los aspectos negativos de los impactos ambientales generados que se extienden más allá del espacio hipotético (zona pública).

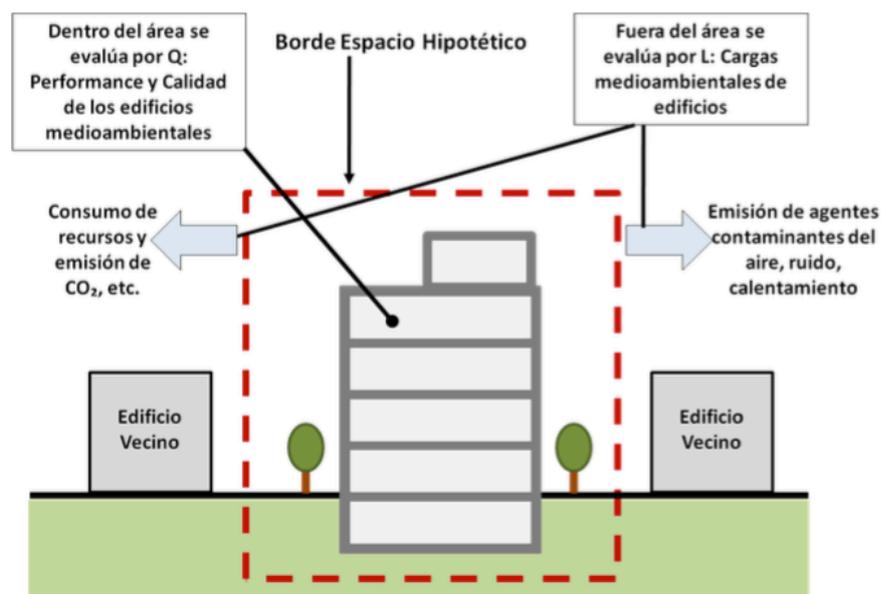


Figura 3.11. El edificio interpretado por CASBEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

CASBEE cubre cuatro campos de evaluación: eficiencia energética; eficiencia de los recursos; medioambiente local y medioambiente interior.

Estos cuatro campos son prácticamente los mismos que los campos de las otras herramientas de evaluación existentes, pero no representan necesariamente los mismos conceptos, por lo que es difícil tratar con ellos sobre la misma base. Por lo tanto las categorías de evaluación contenidos en estos cuatro campos tuvieron que ser examinadas y reorganizadas. Como resultado, las categorías de evaluación fueron clasificadas como se muestra en la Figura 3.12: en que el numerador de BEE es Q (calidad medioambiental de la construcción) y su denominador es L (cargas medioambientales de la construcción). Q se divide en tres elementos para su evaluación: Q1 Ambiente Interior,

Q2 Calidad de los Servicios y Q3 Ambiente Exterior del sitio. Del mismo modo, L se divide en L1 Energía, L2 Recursos Materiales y L3 Ambiente Exterior (CASBEE, 2014).

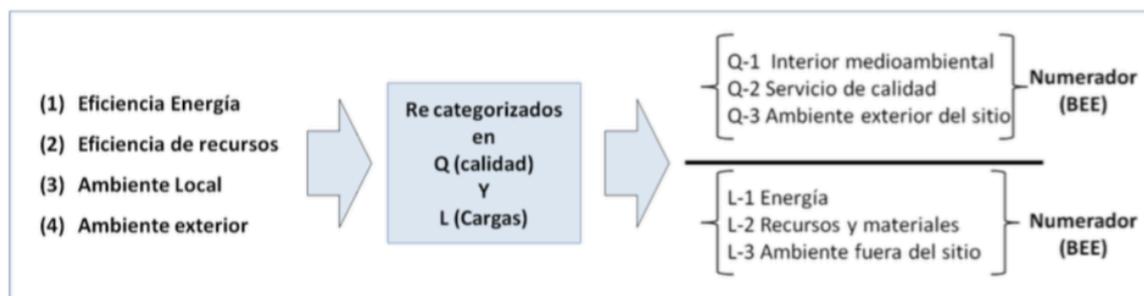


Figura 3.12 Clasificación y redistribución de la evaluación de los ítems Q y L.

Fuente: (Ramallo, 2011)

Como se explicó en el párrafo anterior, el BEE (Eficiencia Medioambiental de Edificios), utilizando Q y L como las dos categorías de evaluación, comprende la fórmula o concepto de CASBEE. BEE es, por lo tanto, un indicador calculado cuando se divide un índice de Q por L, como muestra la ecuación siguiente (CASBEE, 2014):

BEE (Eficiencia Medioambiental de la Construcción)

$$= \frac{Q \text{ (Calidad Medioambiental de la Construcción)}}{L \text{ (Cargas Mediambientales de la Construcción)}}$$

El uso de BEE permite una presentación más simple y clara de los resultados de la evaluación del rendimiento medioambiental de la construcción. Los valores BEE son representados en el gráfico teniendo los valores de L en el eje “x” y los valores de Q en el eje “y”. El resultado de la evaluación de BEE se expresa como la pendiente de la línea recta que pasa a través del origen (0,0). Cuanto mayor sea el valor de Q y menor el valor de L, más pronunciada es la pendiente y la más sostenible es el edificio. Con este enfoque, se hace posible presentar gráficamente los resultados de las evaluaciones de la construcción utilizando las áreas delimitadas por estos gradientes. La Figura 3.13 muestra cómo los resultados de la evaluación de edificios pueden ser clasificados en un diagrama como Clase C (mala), Clase B-, Clase B+, Clase A y Clase S (excelente), con el fin de incrementar el valor de BEE (CASBEE, 2014).

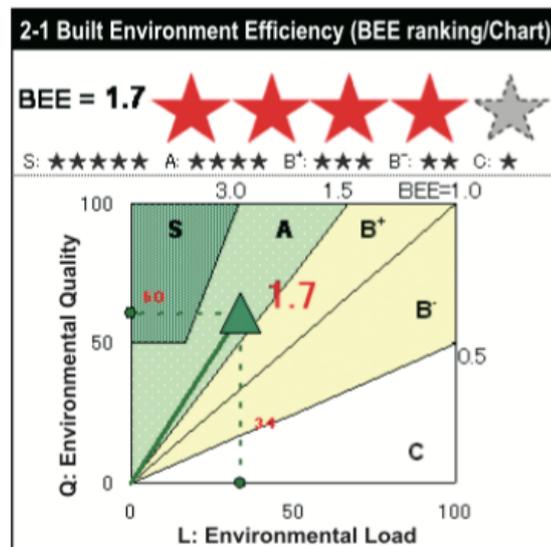


Figura 3.13 Etiqueta de calificación basada en BEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

Una vez determinado el nivel de evaluación, se determina una catalogación final que demuestra las condiciones de sostenibilidad del edificio y se acredita cierta cantidad de estrellas, desde 1 que representa la más baja a 5 que es la más alta, como muestra la Tabla 3.15 (CASBEE, 2014):

Tabla 3.15 Etiqueta de calificación basado en BEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

Rango	Evaluación	Valor BEE	Ranking por número de estrellas
S	Excelente	BEE = 3.0 o mayor	★★★★★★
A	Muy Bien	BEE = entre 1.5 y 3.0	★★★★★
B+	Bien	BEE = entre 1.0 y 1.5	★★★
B-	Bastante Pobre	BEE = entre 0.5 y 1.0	★★
C	Pobre	BEE = menos que 0.5	★

Las funciones técnicas descritas hasta el momento son aplicables a todas las herramientas CASBEE para construcciones de diferentes usos. Con el fin de comparar con las demás herramientas analizadas en ese estudio, se detalla a continuación los elementos e indicadores específicos de la herramienta CASBEE para Nuevas Construcciones (NC) (CASBEE, 2014).

3.3.3.1 CASBEE para Nuevas Construcciones.

CASBEE para Nuevas Construcciones es aplicable a todos los tipos de edificios, excepto para viviendas unifamiliares. Esos tipos de edificios cubiertos por la herramienta se dividen en grandes rangos a “residenciales” y “no residenciales” como muestra la Tabla 3.16. En particular hospitales, hoteles y apartamentos que se incluye en la categoría residencial son edificios que incluyen la vivencia o espacio de alojamiento para los usuarios (CASBEE, 2014).

Tabla 3.16 Tipos de Edificios orientados para la evaluación.

Fuente: (CASBEE, 2014)

Clasificación	Tipo de Edificio	Tipos incluidos
No Residencial	Oficinas	Oficinas, edificios gubernamentales, librerías, museos, correos, etc.
	Escuelas	Escuelas primarias, secundarias, colegios, universidades, escuelas técnicas, de formación profesional superior, etc.
	Locales Comerciales	Tiendas departamentales, supermercados, etc.
	Restaurantes	Restaurantes, cantinas, cafés, etc.
	Espacios Diáfanos	Auditorios, salas, pistas de bolos, gimnasios, teatros, cines, instalaciones para exposiciones, etc.
	Fábricas	Fábricas, almacenes, garajes, tribunas, mercados mayoristas, salas de ordenadores, etc.
Residencial	Hospitales	Hospitales, residencias de ancianos, hogares de bienestar para los discapacitados, etc.
	Hoteles	Hoteles, hostales, etc.
	Apartamentos	Apartamentos, excepto viviendas unifamiliares.

Mediante este sistema de evaluación o herramienta se puede determinar el desarrollo medioambiental de cualquiera tipología de edificio citada en la Tabla 3.16 desde dos puntos de vista ya mencionados, la calidad medioambiental de una construcción (simbolizada por “Q” de calidad) y la carga medioambiental generada por una construcción (simbolizada por “L” de carga). En un edificio, CASBEE NC considera la calidad medioambiental de un edificio como la calidad relacionada con la mejora de las condiciones diarias de los equipamientos para los usuarios, y evalúa cada elemento según la Tabla 3.17 que se presenta a continuación (CASBEE, 2014).

Tabla 3.17 Ítems incluidos en la evaluación de Q.

Fuente: (CASBEE, 2014)

Q1. Ambiente Interior.	1. Ambiente Sonoro;	1.1 Ruido;
		1.2 Aislamiento Acústico;
		1.3 Absorción Acústica.
	2. Confort Térmico;	2.1 Control de la temperatura ambiente;
		2.2 Control de Humedad;
		2.3 Tipo de sistema de acondicionamiento.
	3. Insolación e Iluminación;	3.1 Iluminación Natural;
		3.2 Medidas anti-deslumbramiento;
		3.3 Nivel de Iluminancia;
		3.4 Control de la Iluminación.
	4. Calidad del Aire.	4.1 Control de la fuente;
		4.2 Ventilación;
		4.3 Plan de Operación.
Q2. Calidad de Servicios.	1. Utilidad;	1.1 Funcionabilidad y Usabilidad;
		1.2 Equipamientos;
		1.3 Mantenimiento.
	2. Durabilidad y Confiabilidad;	2.1 Resistencia a terremotos;
		2.2 Vida útil de los componentes;
		2.3 Confiabilidad.
	3. Flexibilidad y Adaptabilidad.	3.1 Holgura espacial;
		3.2 Holgura de carga de uso;
		3.3 Reutilización.
Q3. Medioambiente Exterior Inmediato.	1. Preservación y creación del Biotipo;	-
	2. Paisaje Urbano y Rural;	-
	3. Características Locales y Equipamiento Exterior.	3.1 Atención al carácter y mejora del confort local;
3.2 Mejora del ambiente térmico en el sitio.		

Los aspectos de la reducción de la carga ambiental del edificio (LR) que son considerados por CASBEE NC se reducen en gran medida al consumo de energía, consumo de recursos y los diversos impactos sobre el medio ambiente exterior (contaminación, etc.), que se muestra en la Tabla 3.18 a continuación, y evalúa cada uno de estos elementos (CASBEE, 2014).

Tabla 3.18 Ítems incluidos en la evaluación de LR.**Fuente: (CASBEE, 2014)**

LR1. Energía;	1. Control de la carga de calor en la superficie exterior de los edificios;	-
	2. Utilización de Energía Natural;	-
	3. Eficiencia de los Sistemas de Servicios;	-
	4. Eficiencia de Funcionamiento.	4.1 Monitoreo; 4.2 Sistema de operación y gestión.
LR2. Recursos y Materiales;	1. Recursos de Agua;	1.1 Ahorro de Agua;
		1.2 Agua Pluvial y aguas grises;
	2. Reducción del uso de recursos no renovables;	2.1 Reducción del uso de materiales;
		2.2 Utilización continuada del marco estructural existente, etc.;
		2.3 Uso de materiales reciclados como materiales estructurales;
		2.4 Uso de materiales reciclados como materiales no estructurales.
		2.5 Uso de madera certificada;
		2.6 Iniciativas para mejorar la reutilización de componentes y materiales.
	3. Evitar el uso de materiales con contenido contaminante.	3.1 Uso de materiales limpios;
		3.2 Eliminación de Clorofluorocarbonatos y halógenos.
LR3. Ambiente Exterior.	1. Consideración del calentamiento Global;	-
	2. Consideración del Medioambiente Local;	2.1 Contaminación del Aire;
		2.2 Efecto Isla de Calor;
		2.3 Carga en la infraestructura local.
	3. Consideración del Medioambiente que rodea.	3.1 Ruido, vibración y olores;
		3.2 Daño por viento/arena y Obstrucción de luz natural;
		3.3 Contaminación visual/lumínica.

La forma de evaluación de CASBEE NC, es similar al del todas las herramientas del mismo nombre, y es mediante la evaluación ya explicada en puntos anteriores. Los ítems principales son 6, que podrían llamarse categorías, 3 en “Q” y 3 en “LR”, se puede

decir que el porcentaje es de un 50 % para ambos por lo que demuestra una equidad tanto al aspecto interno como al externo. En cada una de esas 6 categorías son evaluados los subtemas en base a criterios específicos. Estos criterios aplicados a los ítems determinan un puntaje teniendo en cuenta un cierto nivel de normas técnicas y sociales. El sistema utiliza una escala de cinco niveles y un score de nivel 3 indicando una “media”. La ponderación de cada ítem de evaluación, como Q.1, Q.2 y Q.3, pose una carga porcentual dentro de cada categoría en que la suma llega a 1.0. El score para cada ítem evaluado es multiplicado por un coeficiente de carga y es agregado a SQ que es la sumatoria total de Q o LR respectivamente. Según el Manual Técnico CASBEE para Nuevas Construcciones 2014 los coeficientes de ponderación están basados en las experiencias y se traducen en jerarquías mostradas en la Tabla 3.19 (CASBEE, 2014):

Tabla 3.19 Coeficientes de ponderación CASBEE para Nuevas Construcciones.

Fuente: (CASBEE, 2014)

Categorías de Evaluación	
Q1. Ambiente Interior.	0.40
Q2. Calidad de Servicios.	0.30
Q3. Medioambiente Exterior Inmediato.	0.30
LR1. Energía.	0.40
LR2. Recursos y Materiales;	0.30
LR3. Ambiente Exterior.	0.30

3.3.4 Proceso de certificación.

La primera etapa para la certificación CASBEE es la introducción de la información necesaria para la evaluación en la hoja principal (Main Sheet), como la información básica sobre el edificio en cuestión (nombre, tipo, tamaño, etc.). A partir de esas informaciones y considerando los criterios ya mencionados el evaluador rellena la hoja de puntuaciones, que indica una lista estándar de evaluación para propósitos individuales, en los que se describe el estándar de evaluación de los cinco niveles, marcando de conformidad con esa lista. Los resultados obtenidos son marcados en la hoja de resultados individuales, donde se indican las calificaciones de cada ítem y categoría. Luego se genera la hoja del resultado de la evaluación (Assessment Results Sheet) (Figura 3.19), que señala los resultados de Q, LR, BEE y emisiones de LCCO₂ de forma gráfica y numérica. La hoja de resultados poseen los siguientes contenidos (CASBEE, 2014):

1. Esquema del proyecto;
2. Resultados del CASBEE;
 - 2.1. Resultado del BEE (Eficiencia Medioambiental del Edificio) – Clasificación por ranking/tabla como muestra la Figura 3.14;
 - 2.2. Resultado de LCCO₂ - Gráfico del impacto al calentamiento global como muestra la Figura 3.15;
 - 2.3. Gráfico de radar como muestra la Figura 3.16;
 - 2.4. Gráficos de Barras – Resultados de Q y LR como muestra la Figura 3.17;
3. Consideraciones de Diseño como muestra la Figura 3.18.

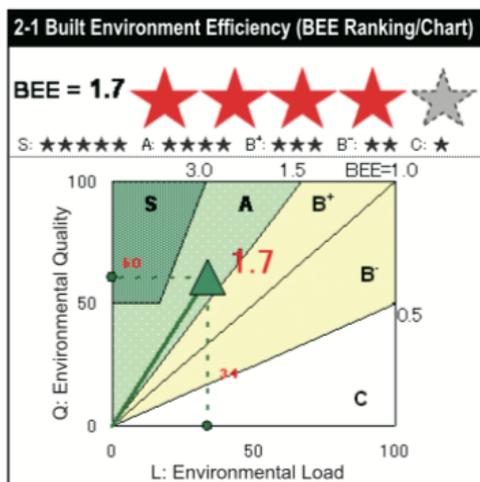


Figura 3.14 Imagen ampliada del ítem 2.1 de la hoja de resultados CASBEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

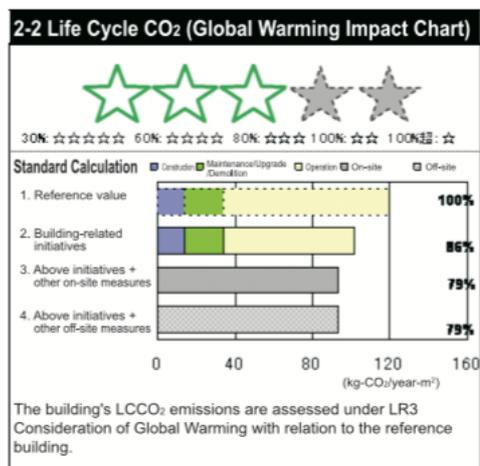


Figura 3.15 Imagen ampliada del ítem 2.2 de la hoja de resultados CASBEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

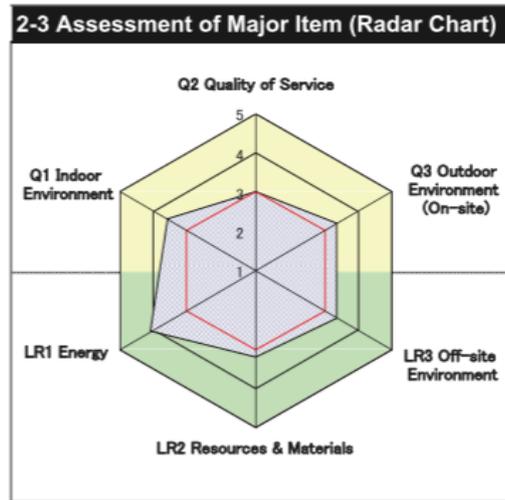


Figura 3.16 Imagen ampliada del ítem 2.3 de la hoja de resultados CASBEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

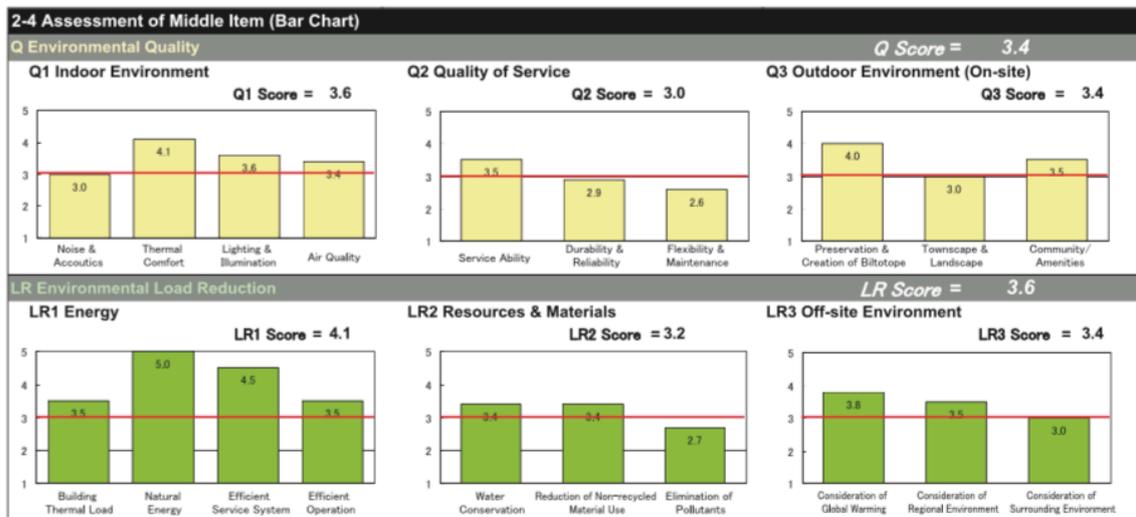


Figura 3.17 Imagen ampliada del ítem 2.4 de la hoja de resultados CASBEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

3 Design Considerations		
General Describe briefly comprehensive concept of environmental design of the building.		Other Describe briefly considerations for other than 6 categories above that is not assessed in CASBEE, such as recycling activities at construction site and preservation of historic buildings.
Q1 Indoor Environment Describe briefly considerations for Q1 Indoor Environment of the building.	Q2 Quality of Service Describe briefly considerations for Q2 Quality of Service of the building.	Q3 Outdoor Environment Describe briefly considerations for Q3 Outdoor Environment (On-site) of the building.
LR1 Energy Describe briefly considerations for LR1 Energy of the building.	LR2 Resources & Materials Describe briefly considerations for LR2 Resources & Materials of the building.	LR3 Off-site Environment Describe briefly considerations for LR3 Off-site Environment of the building.

Figura 3.18 Imagen ampliada del ítem 3. De la hoja de resultados CASBEE.

Fuente: (CASBEE, 2014)

CASBEE® for Building (New Construction) | Assessment Results |

■ Assessment Manual: CASBEE for building (New Construction) 2014 Edition ■ Assessment Software: CASBEE-8D_NC_2014 (v1.0)

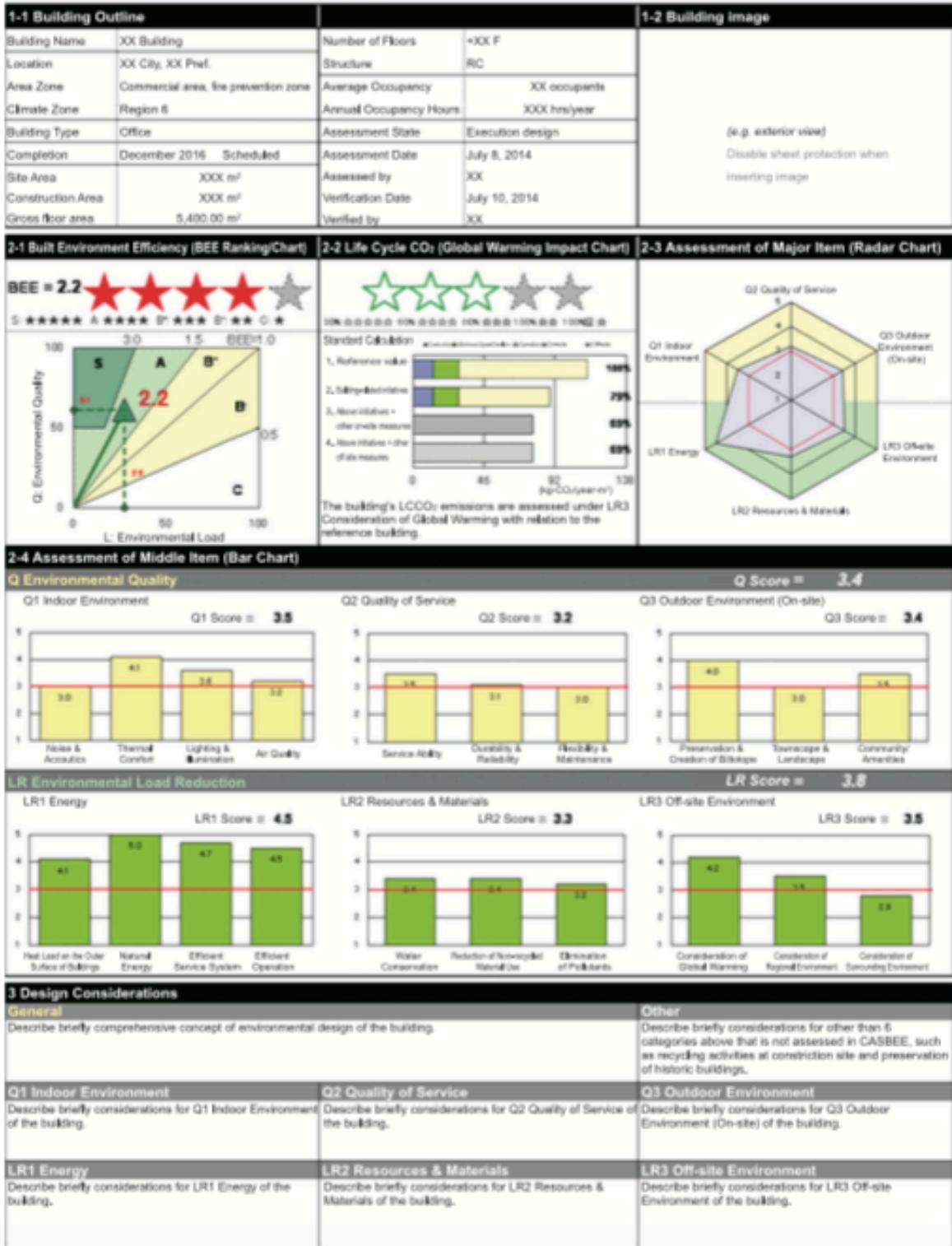


Figura 3.19 Ejemplo de la hoja de resultados de la evaluación de CASBEE para Nuevas Construcciones.

Fuente: (CASBEE, 2014)

3.4 ALTA CALIDAD AMBIENTAL EN SU EMPRENDIMIENTO – AQUA.

En los siguientes apartados se hará la descripción de aspectos administrativos funcionales así como aspectos más técnicos del sistema AQUA de Brasil, objeto de estudio del presente trabajo.

3.4.1 Descripción

La “Alta Calidad Ambiental” (AQUA) es definida como un proceso de gestión de proyecto cuyo objetivo es obtener la calidad ambiental de un emprendimiento nuevo o una rehabilitación. Ese sistema de certificación internacional de la construcción sostenible fue desarrollado a partir del sistema francés de certificación Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) y aplicado a Brasil exclusivamente por la Fundación Vanzolini (Fundação Vanzolini).

Desde su creación en 2008, el proceso de AQUA ofrece una nueva mirada a la sostenibilidad en los edificios de Brasil; sus marcos técnicos se han desarrollado teniendo en cuenta la cultura, el clima, las normas y reglamentaciones técnicas existentes en Brasil, pero siempre buscando la mejora continua de su desempeño. La Figura 3.20 muestra la evolución de la Fundación Vanzolini hasta los días actuales (Fundação Vanzolini).

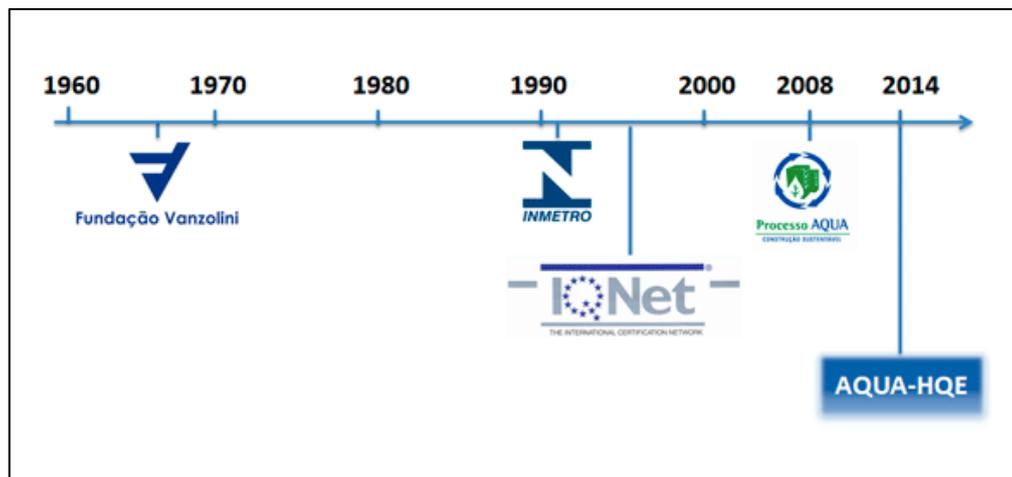


Figura 3.20 Evolución de la Fundación Vanzolini.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

3.4.2 Funciones administrativas y operacionales

El proceso AQUA-HQE, que es una gestión de proyecto ambiental en una edificación, posee un proceso de estructuración que tiene los siguientes pasos;

implementación para los emprendedores de un sistema de gestión ambiental, adaptación del edificio al medio y contextos y la transmisión de los emprendedores a los compradores y usuarios estimulando a las prácticas medioambientales (Fundação Vanzolini).

La herramienta AQUA-HQE hoy se aplica a varios tipos de edificio que se requiera evaluar: edificios residenciales, comerciales, administrativos, de servicios, de educación, hoteles, logística, transporte, teatros/cinema, cultura, alimentación, industria y rehabilitación y reforma. Para el presente trabajo se considero los indicadores y elementos de los requisitos técnicos para Edificios No Residenciales.

La obtención de los resultados medioambientales de un edificio implica tanto un elemento de la gestión ambiental como un carácter arquitectónico y técnico. Uno de los métodos más fiables para hacerlo es apoyar a una organización eficaz y rigurosa del emprendimiento. Esta es la razón para que el proceso AQUA se estructura en dos elementos o instrumentos que permiten evaluar los resultados alcanzados descritos a continuación (Fundação Vanzolini, 2014).

3.4.2.1 Sistema de Gestión del Emprendimiento (SGE)

El punto de partida del proceso de certificación o la persona clave es un empresario, que también podría considerarse como el gestor, la razón es porque promueve la construcción, adaptación de edificio y la gerencia y, al ser un emprendedor, debe administrar sus propias funciones internas y de los demás (proyectistas, constructoras, etc.). (Fundação Vanzolini, 2014).

El SGE es la primera etapa en la evaluación AQUA-HQE y comprende la gestión que se establecerá por el empresario, para que ese pueda asegurar la calidad ambiental del edificio (QAE). Según la Fundación Vanzolini, su referencial se organiza en cuatro etapas como muestra la Tabla 3.20 inferior:

Tabla 3.20 Etapas del SGE.

Fuente: Elaboración propia con base a (Fundação Vanzolini, 2014).

Etapas	Descripción
Comprometimiento del empresario	Descripción de los elementos de análisis solicitados para la definición del perfil ambiental del emprendimiento con todo que se exige.
Implementación y funcionamiento	Descripción de las exigencias de organización: <ul style="list-style-type: none"> • Planificación del emprendimiento; • Responsabilidades y Autoridades; • Competencia de los profesionales involucrados; • Contractos; • Sistema de comunicación entre los profesionales adaptada al emprendimiento; • Control de documentos;
Gestión del emprendimiento	Monitoreo y análisis críticos de los procesos de evaluación de calidad ambiental de emprendimiento (QAE), correcciones y acciones correctivas.
Aprendizaje	Descripción de las exigencias de aprendizaje, experiencias, y equilibrio del emprendimiento: <ul style="list-style-type: none"> • Costos; • Plazos; • Encuestas de satisfacción de los clientes;

El SGE requiere la formalización de ciertas análisis, decisiones y modificaciones. Permite al empresario a tomar decisiones de forma justificada y coherente. Le da al emprendimiento una dimensión sistémica. Se refuerza el papel del empresario y su control del emprendiduría y fomenta estudios y proyectos en las etapas iniciales (análisis del sitio e, la previsión del coste). La implementación del SGE requiere una cierta inversión de tiempo, rigor y una buena capacidad de respuesta. La SGE trae como resultado una empresa mejor administrada y con mayores posibilidades de lograr los objetivos establecidos (Fundação Vanzolini, 2014).

También es parte del SGE el manual que reúne a toda la información sobre el proyecto, dirigido a los usuarios finales, lo que explica el funcionamiento del edificio y sus características ambientales y facilitar el mantenimiento de los riesgos laborales. Este documento deberá indicar: (Fundação Vanzolini, 2014)

- Documentos, proyectos y notas técnicas, como para facilitar las intervenciones posteriores en el edificio;
- Documentos de mantenimientos específicos;

- Medidas para la limpieza de superficies acristaladas verticales; acceso a la cobertura; la conservación de las fachadas; servicios internos;
- Información sobre los sitios técnicos y experiencia disponibles para el personal involucrado en los servicios de conservación;
- Manual de conservación y mantenimiento que contiene una agenda de conservación dirigido a los responsables de la gestión del uso y funcionamiento del edificio, para permitir que se mantenga el proyecto en buenas condiciones y detectar el desgaste y el deterioro previsible;
- Manual de uso y operación del edificio.

En suma el SGE permite: (Fundação Vanzolini, 2014)

1. Organizar correctamente el trabajo de los diferentes agentes para que trabajen conjuntamente;
2. Tomar las decisiones correctas en el momento adecuado;
3. Evolucionar, mejorando regularmente la eficiencia del sistema.

3.4.2.2 Calidad Ambiental del Edificio (QAE)

El QAE juzga el rendimiento arquitectónico y técnico de la construcción. En esa fase, el proyecto pasa a través de al menos tres etapas de evaluación (programa, concepción y realización) para recibir la certificación de la calidad ambiental. Además de estas tres etapas, otras dos (operación y deconstrucción) también pueden tener sus sistemas de gestión valorados como muestra la Tabla 3.21:

Tabla 3.21 Etapas de evaluación AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

ETAPAS	DEFINICIONES
Programa	Ideas iniciales del emprendimiento.
Concepción	Teniendo en cuenta el programa, se desarrolla el proyecto a ser seguido.
Realización	Es la etapa donde acontece la materialización de la construcción, o sea, la obra.
Operación	Confort ambiental al usuario, con rendimiento social, económico y ambiental.
Deconstrucción	Aprovechamiento de los materiales al final de la vida útil del edificio.

La Calidad Ambiental del Edificio (QAE) es la capacidad del conjunto de sus características intrínsecas (del edificio, sus equipamientos y sitio) de satisfacer las exigencias relacionadas al control de los impactos sobre el ambiente externo y a la creación de un ambiente interno confortable y saludable.

La QAE se estructura con base a cuatro temas que se dividen en 14 categorías (Tabla 3.22) que representan desafíos ambientales para la construcción o rehabilitación del edificio. Estas mismas 14 categorías se componen de sub-categorías, que representan las principales preocupaciones asociadas con cada desafío ambiental, divididos a continuación, en las preocupaciones primarias.

Tabla 3.22 Categorías QAE.

Fuente: Elaboración propia con base a (Fundação Vanzolini, 2014)

TEMA	Nº	CATEGORÍA
ENERGIA	4	Gestión de Energía.
AMBIENTE	1	Relación del edificio con su entorno.
	2	Elección integrada de los productos, sistemas y procesos constructivos.
	3	Cantero de obra con bajo impacto ambiental.
	5	Gestión del agua.
	6	Gestión de los residuos de uso y funcionamiento del edificio.
	7	Mantenimiento – Permanencia de los rendimientos ambientales.
CONFORT	8	Confort Higrotérmico.
	9	Confort Acústico.
	10	Confort Visual.
	11	Confort Olfativo.
SALUD	12	Calidad sanitaria de los ambientes.
	13	Calidad sanitaria del aire.
	14	Calidad sanitaria del agua.

Para cada criterio técnico evaluado en cada una de las 14 categorías, se definen tres niveles de desempeño (Fundação Vanzolini , 2014):

- Base (B): nivel correspondiente al rendimiento mínimo aceptable para que un edificio sea certificado por la Fundação Vanzolini e Cerway. Esto puede corresponder a la legislación que se exigen sobre el rendimiento de un edificio, o, en su defecto, a las buenas prácticas.

- Buenas prácticas (BP): nivel correspondiente a las buenas practicas más allá de la legislación o practicas habituales.
- Mejores Prácticas (MP): nivel calibrado sobre la base de un rendimiento máximo registrado en proyectos ambientales de alta calidad, pero asegurando que puedan ser alcanzables.

La atribución de la certificación depende de la obtención de un perfil mínimo referente a las 14 categorías. Ese perfil de QAE es propio para cada contexto, así como cada edificio, y su pertinencia debe ser justificada a partir de (Fundação Vanzolini, 2014):

- Los desafíos de QAE del empresario;
- Las características funcionales del edificio;
- Las características positivas y restricciones del local donde se ubica el edificio;
- Las exigencias legales y reglamentares;
- Las necesidades y expectativas de las partes interesadas;
- La evaluación de costos.

Independientemente de respeto a los requisitos específicos para cada categoría de QAE, el empresario y sus socios deben asegurar la coherencia y la calidad general del proyecto, a través de un proceso iterativo e integrado. En términos de diseño previo, el diseño y la gestión, un edificio certificado por el Proceso AQUA-HQE debe ser aprehendido a nivel mundial y cada paso debe ser coherente con la anterior, así como con los objetivos originales.

El principal factor que determina esta coherencia global es el análisis de las interacciones entre las categorías, y las decisiones que se derivan de ella. Para proponer un procedimiento para evaluar el comportamiento medioambiental y de la salud del proyecto, fue necesario dividir la QAE bajo diferentes preocupaciones, con el fin de evaluar el proyecto frente a los problemas claramente identificados y separados. Sin embargo, es importante que los usuarios de esta referencia efectúen esta evaluación de QAE en cuenta que un mejor servicio a una categoría puede modificar el servicio a otras categorías, en un sentido positivo o negativo, según el caso. Estas interacciones son de diferentes naturalezas, y el conjunto pueden ser esquematizadas como se muestra en la Tabla 3.23:

Tabla 3.23 Interacciones entre categorías.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

	Ele 1	Ele 2	Ele 3	Ele 4	Ele 5	Ele 6	Ele 7	Ele 8	Ele 9	Ele 10	Ele 11	Ele 12	Ele 13	Ele 14
1. Relación del edificio con su entorno.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. Elección integrada de productos, sistemas y procesos constructivos.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3. Obras de construcción con bajo impacto ambiental.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4. Gestión de energía.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5. Gestión de agua.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6. Gestión de uso de residuos y operación del edificio.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7. Mantenimiento - permanencia del desempeño ambiental.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8. Confort Higratérmico.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9. Confort Acústico.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10. Confort visual.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11. Confort olfativo.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12. Calidad sanitaria de los ambientes.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13. Calidad sanitaria del aire.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14. Calidad sanitaria del agua.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

En la Tabla 3.23 se destacan las categorías muy transversales como las categorías 1, 2 y 7, que requieren un enfoque integrado. Además, se demuestra que es necesario que las categorías de confort ambiental y de la calidad del aire interior se contemplen de forma integrada, controlando correctamente sus interacciones (Fundação Vanzolini, 2014).

3.4.3 Funciones técnicas

Como ya fue mencionado el certificado se divide en cuatro temas, y cada tema es evaluado en una escala de 0 a 4 estrellas, del siguiente modo (Fundação Vanzolini, 2014):

1. **TEMA 1 – ENERGÍA:** 4 estrellas disponibles. Se calcula en función del nivel alcanzado en la Categoría 4 (Gestión de Energía) y del nivel de consumo energético:
 - Nivel Buenas Practicas en la categoría 4 = 1 estrellas
 - Nivel Mejores Practicas en la categoría 4 = 2 estrellas
 - Nivel Mejores Practicas en la categoría 4 (con un mínimo de 6 puntos en la preocupación de reducir los consumos de energía primaria del edificio) = 3 estrellas

- Nivel Mejores Practicas en la categoría 4 (con un mínimo de 20 puntos en la preocupación de reducir los consumos de energía primaria del edificio) = 4 estrellas
2. **TEMA 2 – AMBIENTE:** 4 estrellas disponibles. Se calcula en función de la suma de las 6 categorías del tema (1, 2, 3, 5, 6 y 7) del referencial de certificación:
- Una categoría en Mejores Practicas = 2 puntos
 - Una categoría en Buenas Practicas = 1 punto

Fórmula de cálculo = (suma de los puntos obtenidos * 4)/12

3. **TEMA 3 – CONFORT:** 4 estrellas disponibles. Se calcula en función de la suma de las 4 categorías del tema (8, 9, 10 y 11) del referencial de certificación:
- Una categoría en Mejores Practicas = 2 puntos
 - Una categoría en Buenas Practicas = 1 punto

Fórmula de cálculo = (suma de los puntos obtenidos * 4)/8

4. **TEMA 4 – SALUD:** 4 estrellas disponibles. Se calcula en función de la suma de las 3 categorías del tema (12, 13 y 14) del referencial de certificación:
- Una categoría en Mejores Practicas = 2 puntos
 - Una categoría Buenas Practicas = 1 punto

Fórmula de cálculo = (suma de los puntos obtenidos * 4)/6

Con los cálculos de las categorías el certificado es evaluado a nivel global. En el certificado HQE cinco clasificaciones son posibles en función de la puntuación total alcanzada por la suma de las estrellas obtenidas en cada un de los 4 temas (máximo 16 estrellas). Para lograr la clasificación “*EXCEPCIONAL*”, cualquiera que sea el numero de estrellas obtenido, es necesario lograr 3 estrellas en el tema “*ENERGIA*”:

- Ninguna estrella, y satisfacción de todos los prerequisites = AQUA-HQE PASSA (no se aplica a Brasil);
- Entre 1 y 4 estrellas = AQUA-HQE BUENO;
- Entre 5 y 8 estrellas = AQUA-HQE MUY BUENO;
- Entre 9 y 11 estrellas = AQUA-HQE EXCELENTE;
- 12 estrellas o más (con un mínimo de 3 estrellas en el tema energía) = AQUA-HQE EXCEPCIONAL.

Las categorías AQUA, sus respectivas preocupaciones y cantidad de puntos disponibles para cada una se detallan en seguida

1. Relación del edificio con su entorno.

La evaluación de esa categoría va acerca de la forma en que el proyecto explora los datos contextuales del análisis del sitio del proyecto, y analiza el grado de impacto ambiental que el proyecto tiene sobre el ambiente que rodea. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 91 puntos aplicables estructurados en tres preocupaciones y 17 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.24 inferior:

Tabla 3.24 Estructura de la categoría 1 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 1 – Relación del edificio con su entorno.		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
1.1. Implementación del edificio buscando el desarrollo urbano sostenible;	1.1.1. Garantizar la coherencia entre la implementación del proyecto en el terreno y a las políticas de la comunidad; 1.1.2. Optimizar los accesos y la gestión de los flujos; 1.1.3. Fomentar el uso de transporte colectivo; 1.1.4. Fomentar los modos de transporte menos contaminantes; 1.1.5. Estimular vegetalización de superficies; 1.1.6. Preservar la biodiversidad.	52
1.2. Calidad de los espacios externos accesibles a los usuarios;	1.2.1. Crear un confort ambiental externo satisfactorio; 1.2.2. Crear un confort acústico externo satisfactorio; 1.2.3. Crear un confort visual satisfactorio; 1.2.4. Asegurar la calidad sanitaria de los espacios a los usuarios; 1.2.5. Iluminación externa nocturna satisfactoria.	20
1.3. Impactos del edificio en el barrio.	1.3.1. Asegurar a la comunidad el derecho al sol y a la iluminación natural; 1.3.2. Asegurar a la comunidad la tranquilidad; 1.3.3. Asegurar a la comunidad el derecho a las vistas; 1.3.4. Asegurar a la comunidad la calidad sanitaria de los ambientes externos; 1.3.5. Limitar la contaminación visual nocturna; 1.3.6. Elección del terreno que no traiga molestias al barrio.	19
Total de puntos de la categoría		91

2. Elección integrada de los productos, sistemas y procesos constructivos

La evaluación de esa categoría va acerca de la elección integrada de los productos, sistemas y procesos constructivos, teniendo en cuenta el ciclo de vida de los mismos y la capacidad de adaptación del edificio a través del tiempo. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 58 puntos aplicables estructurados en cuatro preocupaciones y 12 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.25 inferior:

Tabla 3.25 Estructura de la categoría 2 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 2 – Elección integrada de los productos, sistemas y procesos constructivos.		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
2.1. Estrategias que aseguren la durabilidad y la capacidad de adaptación del edificio	2.1.1. Elección de productos, sistemas o procesos cuyas características son verificadas y compatibles con sus usos; 2.1.2. Verificar y garantizar la capacidad de adaptación del edificio a través del tiempo en función de la vida útil deseada y su uso; 2.1.3. Garantizar desmontabilidad de los productos y procesos de construcción con miras a la gestión ambiental óptima del final de la vida;	19
2.2. Estrategias que faciliten la conservación del edificio	2.2.1. Elección de productos, sistemas y procesos de construcción de fácil conservación y que limiten el impacto ambiental de la actividad de conservación.	5
2.3. Elección de productos con el objetivo de limitar el impacto socio ambiental de la construcción;	2.3.1. Conocer los impactos ambientales de los productos de construcción; 2.3.2. Elección de productos de construcción con el fin de definir su contribución a los impactos ambientales del proyecto; 2.3.3. Uso de materiales y productos que permiten un suministro de obra de construcción más limpio en el CO ₂ ; 2.3.4. Uso los materiales y productos que permiten neutralizar el CO ₂ ; 2.3.5. Elección de fabricantes de productos y proveedores de servicios que no practican la informalidad en la cadena de producción.	18
2.4. Elección de productos con el fin de limitar el impacto de la edificación sobre la salud humana.	2.4.1. Conocer el impacto sanitario de los productos de construcción en la calidad del aire interior; 2.4.2. Elección de productos de construcción con el fin de delimitar los impactos sanitarios de la construcción; 2.4.3. Limitar la contaminación por cualquier tratamiento de la madera;	14
Total de puntos de la categoría		58

3. Cantero de obra con bajo impacto ambiental

La evaluación de esa categoría va acerca de las medidas tomadas para minimizar los diferentes impactos ambientales del cantero de la obra, como la generación de residuos, molestias, contaminación y consumo de recursos. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 43 puntos aplicables estructurados en cuatro preocupaciones y 14 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.26 inferior:

Tabla 3.26 Estructura de la categoría 3 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 3 – Cantero de obra con bajo impacto ambiental.		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
3.1. Optimización de la gestión de residuos de la construcción;	3.1.1. Identificar y cuantificar, por tipo, los residuos de obra de construcción; 3.1.2. Reducir en el origen la producción de residuos de obra de construcción; 3.1.3. Valorar al máximo los residuos de la construcción en adecuación con las cadenas locales existentes y garantizar la correcta eliminación de los residuos; 3.1.4. Optimizar la recogida, clasificación y agrupación de residuos de la construcción.	20
3.2. Reducción de las molestias y la contaminación causada por el cantero de la obra;	3.2.1. Limitar las molestias acústicas; 3.2.2. Limitar las molestias visuales y optimizar la limpieza del cantero de la obra; 3.2.3. Evitar la contaminación del agua y del suelo; 3.2.4. Evitar la contaminación del aire y controlar el impacto sanitario; 3.2.5. Preservar la biodiversidad durante la construcción;	13
3.3. Reducción del consumo de recursos en el cantero de la obra;	3.3.1. Reducir el consumo de energía eléctrica en el cantero de la obra; 3.3.2. Reducir el consumo de agua en el cantero de la obra; 3.3.3. Facilitar la reutilización en el sitio de la tierra excavada.	6
3.4. Consideración de los aspectos sociales en el cantero de la obra.	3.4.1. Limitar los riesgos sanitarios; 3.4.2. Fomentar la formalidad en la cadena de producción de la construcción;	4
Total de puntos de la categoría		43

4. Gestión de energía

La evaluación de esa categoría va acerca de la traducción operativa de los esfuerzos hechos por el empresario para limitar el consumo de energía durante la fase de operación y uso del edificio y por lo tanto limitar el agotamiento de los recursos no renovables de energía y las emisiones de contaminantes del aire y los residuos radiactivos. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 43 puntos aplicables estructurados en tres preocupaciones y 10 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.27 inferior:

Tabla 3.27 Estructura de la categoría 4 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 4 – Gestión de energía.		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
4.1. Reducción del consumo de energía a través del diseño arquitectónico;	4.1.1. Mejorar la capacidad de la construcción para reducir sus necesidades de energía; 4.1.2. Mejorar la permeabilidad al aire de la envolvente;	6
4.2. Reducción del consumo de energía primaria;	4.2.1. Reducir el consumo de energía primaria debido a la calefacción o refrigeración, iluminación, calentamiento del agua, ventilación y a los equipos auxiliares conectados al confort de los usuarios; 4.2.2. Limitar el consumo energético en la iluminación artificial; 4.2.3. Limitar el consumo energético en los equipos electromecánicos; 4.2.4. Recursos a energías renovables; 4.2.5. Reducir el consumo energético de los sistemas de aire acondicionado.	38
4.3. Reducción de las emisiones contaminantes en la atmósfera.	4.3.1. Calcular la cantidad equivalente de CO ₂ emitido por el consumo de energía; 4.3.2. Calcular la cantidad equivalente de SO ₂ emitido por el consumo de energía; 4.3.3. Minimizar el impacto sobre la capa de ozono;	8
Total de puntos de la categoría		52

5. Gestión del agua

La evaluación de esa categoría va acerca de la gestión del agua visando aplazar el agotamiento de este recurso natural y evitar posibles riesgos de contaminación y inundaciones. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están

disponibles 40 puntos aplicables estructurados en tres preocupaciones y 11 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.28 inferior:

Tabla 3.28 Estructura de la categoría 5 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 5 – Gestión del agua.		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
5.1. Reducción del consumo de agua potable;	5.1.1. Limitar el flujo de utilización; 5.1.2. Limitar la demanda de agua para uso sanitario; 5.1.3. Limitar el consumo de agua potable distribuida; 5.1.4. Conocer el consumo global de agua y de agua potable distribuida.	12
5.2. Gestión de aguas pluviales en el terreno;	5.2.1. Limitar la impermeabilización del terreno; 5.2.2. Gestión de las aguas pluviales de modo alternativo; 5.2.3. Combate la contaminación crónica del agua superficial drenada; 5.2.4. Combate la contaminación accidental;	16
5.3. Gestión de aguas residuales.	5.3.1. Controlar la evacuación de las aguas residuales; 5.3.2. Reciclaje de aguas grises; 5.3.3. En la red unitaria, limitar los vertidos de aguas pluviales a la red;	12
Total de puntos de la categoría		40

6. Gestión de los residuos de uso y funcionamiento del edificio

La evaluación de esa categoría va acerca de los retos medioambientales asociados a la gestión de los residuos de uso y funcionamiento, y la preocupación por limitar la producción de residuos finales en la edificación. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 15 puntos aplicables estructurados en dos preocupaciones y 6 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.29 inferior:

Tabla 3.29 Estructura de la categoría 6 en AQUA.**Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)**

Categoría 6 – Gestión de los residuos de uso y funcionamiento del edificio		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
6.1. Optimización de la recuperación de los residuos de uso y funcionamiento del edificio;	6.1.1. Recomendar o elegir alternativas de eliminación de residuos favoreciendo su recuperación; 6.1.2. Promover la recuperación de residuos orgánicos; 6.1.3. Promover la reducción el volumen de residuos de uso y operación del edificio;	8
6.2. Calidad del sistema de gestión de residuos de uso y operación del edificio;	6.2.1. Correcto dimensionamiento de las áreas de residuos; 6.2.2. Garantizar la higiene de las áreas de residuos; 6.2.3. Optimizar los circuitos de los residuos de uso y operación del edificio;	7
Total de puntos de la categoría		15

7. Mantenimiento – Permanencia de los rendimientos ambientales

Esta categoría se refiere a las actividades de conservación y mantenimiento que aseguren, con el tiempo, los resultados de rendimiento a partir de los esfuerzos puestos en otras categorías: limpieza, control, reparaciones, sustitución de equipos y elementos, etc. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 45 puntos aplicables estructurados en tres preocupaciones y ocho criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.30 inferior:

Tabla 3.30 Estructura de la categoría 7 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 7 – Mantenimiento – Permanencia del rendimiento ambiental.		
Subcategorías	Preocupaciones	Puntos disponibles
7.1. Optimización del diseño de sistemas de construcción para simplificar la conservación y mantenimiento;	7.1.1. Diseñar el edificio con el fin de facilitar las intervenciones de mantenimiento durante la fase de operación y uso; 7.1.2. Facilitar la planificación y el seguimiento de las operaciones de mantenimiento; 7.1.3. Asegurar la facilidad de acceso para la conservación y el mantenimiento del edificio; 7.1.4. Asegurar el rendimiento del edificio y las condiciones de confort para los usuarios.	21
7.2. Diseñar para el monitoreo y control de los consumos;	7.2.1. Dispositivos de medición disponibles para monitorizar el consumo de energía; 7.2.2. Dispositivos de medición disponibles para monitorizar el consumo del agua;	18
7.3. Diseñar para el seguimiento y control del rendimiento de los sistemas y las condiciones de confort.	7.3.1. Dispositivos de monitoreo de los parámetros de la comodidad; 7.3.2. medios para optimizar el funcionamiento de los sistemas y la detección de defectos;	16
Total de puntos de la categoría		45

8. Confort higrotérmico

Esta categoría se refiere a las soluciones pasivas, específicamente con respecto al confort en verano, y la reducción del uso de un sistema de aire acondicionado, respondiendo a las exigencias de confort del usuario. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 39 puntos aplicables estructurados en cuatro preocupaciones y 13 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.31 inferior:

Tabla 3.31 Estructura de la categoría 8 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 8 – Confort higrotérmico.		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
8.1. Aplicación de medidas arquitectónicas para optimizar el confort higrotérmico;	8.1.1. Mejorar la capacidad del edificio para promover las buenas condiciones de confort higrotérmico; 8.1.2. Agrupar ambientes con necesidades térmicas homogéneas; 8.1.3. Controlar el disconfort;	10
8.2. Crear condiciones de confort higrotérmicas por calentamiento;	8.2.1. Establecer y obtener niveles adecuados de temperatura en los ambientes; 8.2.2. Garantizar la estabilidad de la temperatura durante los períodos de ocupación; 8.2.3. Garantizar la velocidad del aire que no perjudique el confort; 8.2.4. Control del confort térmico por los usuarios; 8.2.5. Control de humedad;	10
8.3. Crear condiciones de confort higrotérmicas en ambientes que no tienen un sistema de refrigeración;	8.3.1. Garantizar un nivel mínimo de confort térmico; 8.3.2. Asegurar una ventilación adecuada y controlar el flujo de aire, si el confort higrotérmico se logra mediante la apertura de ventanas o puertas;	9
8.4. Crear condiciones de confort higrotérmicas a través de refrigeración.	8.4.1. Establecer un nivel apropiado de temperatura en los ambientes; 8.4.2. Garantizar la velocidad del aire que no disminuya el confort; 8.4.3. Control del confort térmico por los usuarios; 8.4.4. Control de la humedad en las zonas sensibles;	10
Total de puntos de la categoría		39

9. Confort acústico

Esta categoría se refiere a crear ambientes con características que ofrecen a los usuarios respecto al confort acústico. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 4 puntos aplicables estructurados en una preocupación y un criterio de evaluación como muestra la Tabla 3.32 inferior:

Tabla 3.32 Estructura de la categoría 9 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 9 – Confort acústico		
Preocupación	Criterio de evaluación	Puntos disponibles
9.1. Creación de una calidad acústica adecuada los diferentes ambientes;	9.1.1. Optimizar la calidad acústica de los espacios.	4
Total de puntos de la categoría		4

10. Confort visual

Esta categoría objetiva evaluar la facilidad de ejecución de trabajos y diversas actividades con los requisitos de calidad y productividad, o de satisfacción, evitando la fatiga y problemas de salud relacionados con trastornos visuales. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 4 puntos aplicables estructurados en una preocupación y un criterio de evaluación como muestra la Tabla 3.33 inferior:

Tabla 3.33 Estructura de la categoría 10 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 10 – Confort visual		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
10.1. Optimización de la iluminación natural;	10.1.1. Acceso a la iluminación natural en los espacios sensibles; 10.1.2. Acceso a las vistas al exterior en los espacios sensibles; 10.1.3. Acceso a la iluminación natural mínima; 10.1.4. Calidad del tratamiento de la iluminación natural;	10
10.2. Iluminación artificial adecuada;	10.2.1. Acceso a un buen nivel de iluminancia; 10.2.2. Asegurar una buena uniformidad de la iluminación; 10.2.3. Evitar el deslumbramiento debido a la iluminación artificial; 10.2.4. Asegurar una calidad de la luz emitida agradable; 10.2.5. Control del entorno visual por los usuarios;	13
Total de puntos de la categoría		23

11. Confort olfativo

Esta categoría objetiva evaluar las soluciones adoptadas para asegurar el confort olfativo y el control de contaminantes del aire (olores). Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 5 puntos aplicables estructurados en una preocupación y 2 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.34 inferior:

Tabla 3.34 Estructura de la categoría 11 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 11 – Confort olfativo		
Preocupación	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
11.1. Creación de una calidad acústica adecuada los diferentes ambientes;	11.1.1. Identificar y reducir los efectos de las fuentes de olor; 11.1.2. Tratar los residuos malolientes para evitar la propagación de olores.	5
Total de puntos de la categoría		5

12. Calidad sanitaria de los ambientes

La categoría 12 comprende los riesgos sanitarios que pueda producirse los equipos y las superficies presentes en los espacios internos. Aunque muy diferentes, dos temas fueron agrupados en esta categoría: por un lado, los campos electromagnéticos y, por otro, las condiciones higiénicas. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 20 puntos aplicables estructurados en dos preocupaciones y 5 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.35 inferior:

Tabla 3.35 Estructura de la categoría 12 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 12 – Calidad sanitaria de los ambientes		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
12.1. Reducción de la exposición electromagnética;	12.1.1. Identificar las fuentes de las emisiones electromagnéticas; 12.1.2. Reducir el impacto de las fuentes de las emisiones electromagnéticas;	7
12.2. Creación de condiciones de higiene específicas;	12.2.1. Crear condiciones de higiene específicas; 12.2.2. Optimizar las condiciones de salud de los sitios de conservación; 12.2.3. Elección de materiales que limitan el apareamiento de hongos y bacterias;	13
Total de puntos de la categoría		20

13. Calidad sanitaria del aire

Esa categoría tiene como objetivo evaluar la calidad del aire interno, que puede ser alterada por sustancias contaminantes, como productos de construcción (materiales, revestimientos, aislantes, etc.), equipos, actividades en el edificio (reformas, etc.), entorno del edificio y los usuarios. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 23 puntos aplicables estructurados en dos preocupaciones y 7 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.36 inferior:

Tabla 3.36 Estructura de la categoría 13 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 13 – Calidad sanitaria del aire		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
13.1. Asegurar una ventilación eficaz;	13.1.1. Garantizar un flujo de aire adecuado a las actividades de los ambientes; 13.1.2. Asegurar la estanqueidad de las redes; 13.1.3. Asegurar la calidad del aire interpuesto por conductos; 13.1.4. Asegurar una circulación óptima del aire interior en los espacios;	13
13.2. Control de las fuentes de contaminación internos;	13.2.1. Identificar y reducir los efectos de fuentes internas y externas de la contaminación; 13.2.2. Controlar la exposición de los ocupantes a contaminantes del aire interior; 13.2.3. Prevención del desarrollo de bacterias en el aire;	10
Total de puntos de la categoría		23

14. Calidad sanitaria del agua

En esa categoría se evalúan prácticas para reducir el consumo de agua mediante el uso de agua no potable (agua de lluvia y las aguas subterráneas, por ejemplo) y la adopción de acciones para la prevención de riesgos. Para esa categoría además de las preocupaciones del nivel base, están disponibles 17 puntos aplicables estructurados en tres preocupaciones y 9 criterios de evaluación como muestra la Tabla 3.37 inferior:

Tabla 3.37 Estructura de la categoría 14 en AQUA.

Fuente: (Fundação Vanzolini, 2014)

Categoría 8 – Confort higrotérmico.		
Preocupaciones	Criterios de evaluación	Puntos disponibles
14.1. Calidad del diseño de la red interna;	14.1.1. Elección de materiales compatibles con la naturaleza del agua distribuida; 14.1.2. Respetar las normas de instalación de tuberías; 14.1.3. Estructurar y señalar la red interna sobre la base del uso del agua; 14.1.4. Proteger la red interna;	5
14.2. Control de la temperatura en la red interna;	14.2.1. Asegurar una temperatura suficiente en sistemas de agua caliente, la distribución y la producción; 14.2.2. Optimizar el diseño de las redes de agua caliente; 14.2.3. Mantener y controlar la temperatura de las redes de agua caliente y fría;	9
14.3. Control de los tratamientos;	14.3.1. Elección de tratamiento de desinfección compatible con la naturaleza del agua distribuida; 14.3.2. Controlar el riesgo para la salud asociado a la recuperación de agua no potable (y tratar el agua reutilizada);	3
Total de puntos de la categoría		17

3.4.4 Proceso de Certificación

La evaluación del entendimiento de los criterios Referenciales Técnicos del Proceso AQUA se realizan por medio de auditorías presenciales seguidas de técnicas de análisis, los certificados son emitidos una vez que todos los puntos que corresponden a la evaluación son respondidos satisfactoriamente, y en el periodo de 30 días la fundación Vanzolini entrega un certificado de acreditación, previamente los pasos a seguir son (Fundação Vanzolini):

- Fase del Programa;
- Fase de la concepción (proyecto);
- Fase de la realización (obra).

En la fase del programa el emprendedor debe definir el programa de necesidades o el perfil de desempeño de las catorce categorías, lograr un planeamiento detallado y acertado, colaborado por todos los integrantes de una gestoría. Debe asumir el compromiso en asegurar los recursos para obtener el perfil programado, inclusive estableciendo un sistema de gestión del emprendimiento (SGE) para que se asegure el

control total del proyecto. En la fase de la concepción del proyecto se deberá proceder a realizar todos los puntos ya diseñados y a su conclusión se debe evaluar la Calidad Ambiental del Edificio (QAE) donde están las 14 categorías de desempeño del Proceso AQUA y se podrá corregir errores eventuales. Finalmente se realiza una auditoría completa de un proyecto con técnicos especializados de la Fundación Vanzolini, donde se hará constatar por medio de documentación y demostración física de los elementos pre-escritos e insertados en la obra , concluyendo con el visto bueno para el informe final de la fundación para realizar la calificación final y la emisión del certificado de AQUA (Fundação Vanzolini). Con el Proceso AQUA-HQE el emprendedor pasara a recibir dos certificados: uno de la Fundación Vanzolini Processo AQUA y otro de Cerway HQE, con todos los elementos estandarizados internacionalmente, fundamentado en la certificación Processo AQUA de la Fundación Vanzolini. (Fundação Vanzolini).

4 SITUACIÓN ACTUAL EN BRASIL

Sabiendo que el objetivo principal del trabajo de investigación es la validación óptima del sistema de certificación AQUA en comparación con otros sistemas existentes y en su implementación en la región de Brasil, a lo largo este capítulo se expone la situación actual del país en el sector de las edificaciones respecto a los elementos principales existentes en las tres perspectivas establecidas en la Cumbre de Rio de Janeiro (revisar Figura 2.3): Energía, Entorno y Ecología. También se presentan temas y cuestiones que se observaron frecuentes e importantes después de haber estudiado a detalle qué temas se evalúa en las diferentes herramientas de certificación Green Building.

4.1 ENERGÍA

El tema o elemento que se observa que representa una importancia significativa dentro de las certificaciones de edificios estudiadas y también en la discusión de la sostenibilidad es la energía, la eficiencia energética de sistemas y productos y las emisiones de CO₂, sea en fase de construcción, operación o demolición. En ese apartado se presenta el modelo energético actual de Brasil, partiendo de lo general hasta la problemática del sector de las edificaciones.

La Sociedad de Investigación de Energía (Empresa de Pesquisa Energética - EPE) proporciona a través de informes anuales (Informe Final del Balance Nacional de Energía – BEN) los detalles de la contabilidad para el suministro, transformación y consumo final de los productos energéticos en Brasil. La versión más reciente del informe (2015 con base de datos del 2014) fue analizada y los datos utilizados para el presente apartado.

En 2014, la oferta interna de energía (demanda total de energía en el país) alcanzó 305,6 Mtep, registrando una tasa de crecimiento del 3,1% en comparación con la evolución del PIB nacional del 0,1%, según los últimos datos publicados por IBGE. el gas natural, petróleo y sus derivados representaron el 80% de este incremento. Esto se debió principalmente a la reducción de la oferta interna de energía hidroeléctrica con el consiguiente aumento de la generación térmica, sea gas natural, carbón mineral o petróleo. (EPE, 2015)

En 2014, la proporción de renovables en la matriz energética brasileña se mantuvo entre los más altos del mundo, con una ligera reducción debido a la menor oferta de energía hidráulica, como se muestra en el Gráfico 4.1 inferior:

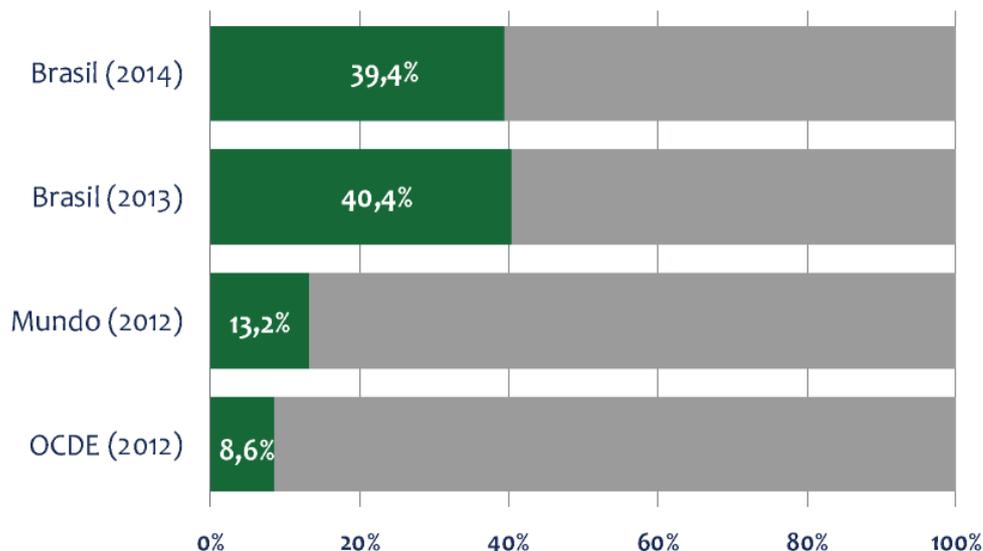


Gráfico 4.1 Porcentaje de renovables en la matriz energética de Brasil – 2014.

Fuente: (EPE, 2015)

El Gráfico 4.2 inferior muestra las diferentes fuentes de energía y su porcentaje en la matriz de oferta interna de Brasil, diferenciando entre fuentes renovables, que representan el 39,4%, y no renovables, que representan el 60,6%. En seguida el Gráfico 4.3 muestra como esa energía ofrecida es consumida a partir de las diferentes fuentes, destacando el consumo a partir del diesel, que representa un 18,8% en la matriz e debido al sector del transporte y, la electricidad con 17,2% debido principalmente por el sector residencial y industrial.

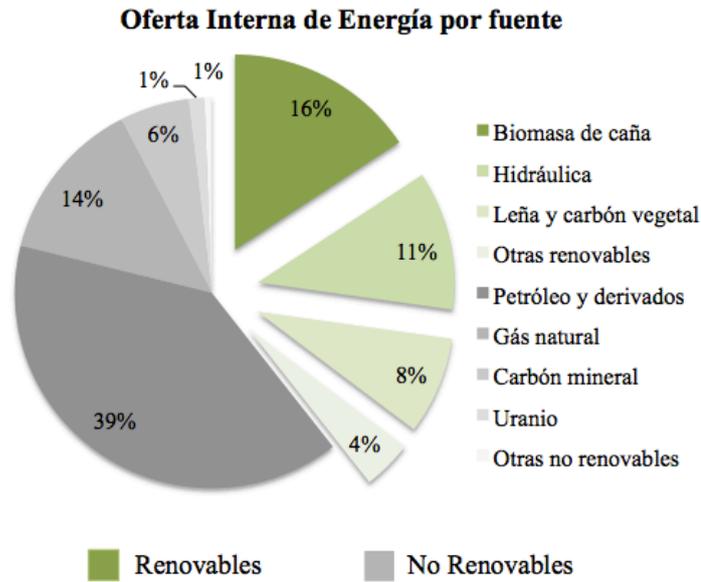


Gráfico 4.2 Repartición de la oferta interna de energía por fuente.

Fuente: (EPE, 2015)

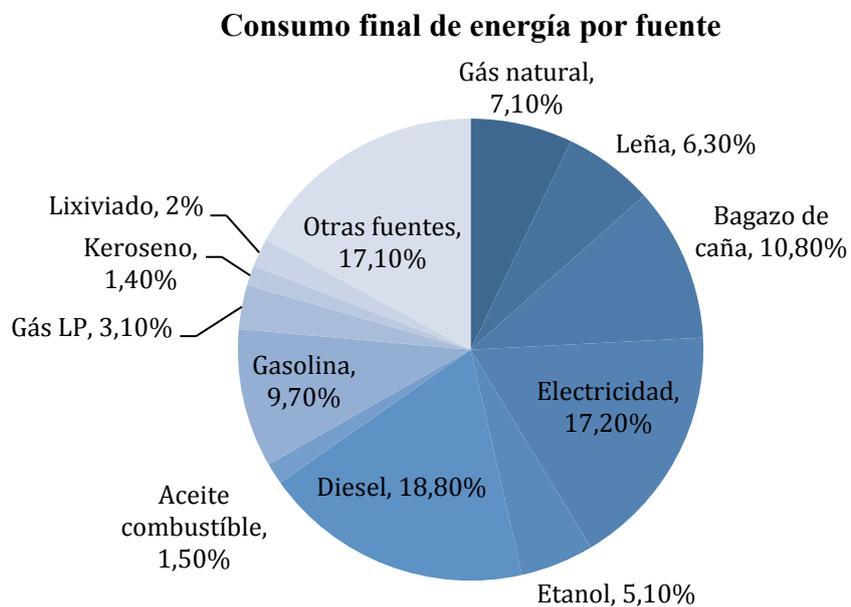


Gráfico 4.3 Consumo final de energía por fuente - Brasil 2014.

Fuente: (EPE, 2015)

El siguiente gráfico (Gráfico 4.4) muestra la distribución porcentual de consumo de energía por sector, donde se nota el destaque para las industrias y el sector del transporte.

Consumo de energía por sector

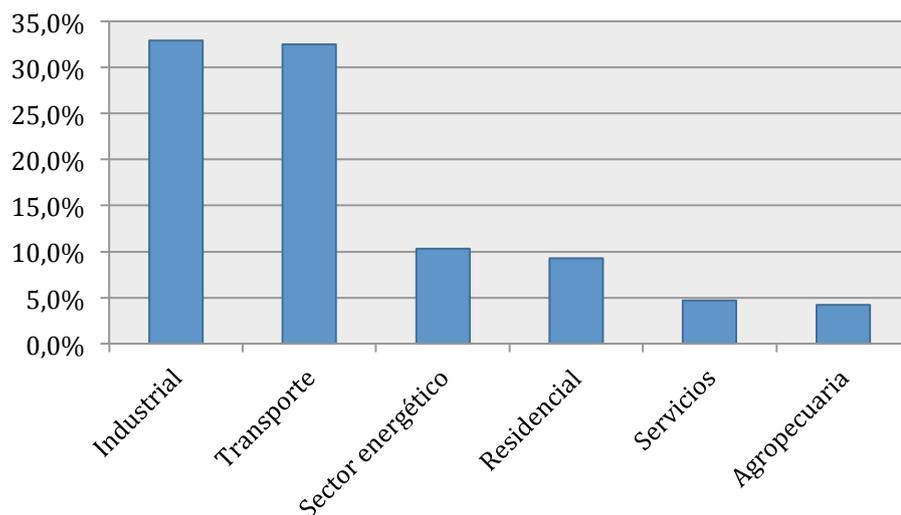


Gráfico 4.4 Consumo de energía por sector - Brasil 2014.

Fuente: (EPE, 2015)

Como se demostró a través de los gráficos anteriores, Brasil tiene un enorme potencial y diferentes fuentes de energía como la hidroeléctrica, eólica, solar, biomasa y eficiencia energética. Sin embargo, debido a la falta de planificación en la industria, las centrales eléctricas que queman combustibles fósiles han representado una parte importante de la generación desde 2013, que se agrava en el corto plazo por la sequía. (CBCS, 2015)

El consumo de energía en los edificios muestran una tendencia creciente en los últimos años, y el Plan Energético Nacional para 2050 (EPE, 2014a, EPE, 2014b) identifica las previsiones para futuros aumentos de este consumo. Actualmente, el sector de la construcción (incluyendo habitaciones, edificios comerciales y públicos) es responsable por el 48% del consumo de electricidad en el país (EPE, 2014a). En ese escenario del consumo de energía, la única reducción significativa se produjo después de la crisis energética de 2001, cuando los programas de reducción de consumo se llevaron a cabo en todo el país. El Gráfico 4.5 inferior señala que las medidas de eficiencia energética tomadas después de la crisis de 2001 produjo un aumento del consumo de energía, con una mejora de la eficiencia equivalente al crecimiento esperado en dos años y medio.

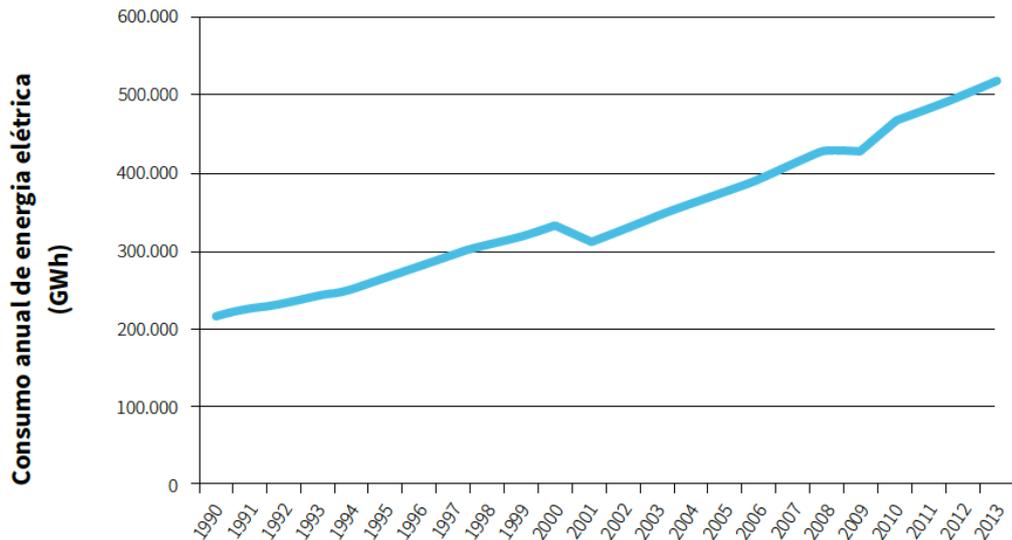


Gráfico 4.5 Consumo de energía eléctrica en Brasil, 1970-2013.

Fuente: (CBCS, 2014)

Como se ha mencionado el consumo energético de los edificios en Brasil presenta una tendencia de rápido crecimiento, debido en parte al aumento del nivel de confort y servicios requeridos dentro de los edificios. Los recientes picos de demanda y las altas tasas de construcción, debido a los edificios cada vez mas grandes y complejos, ponen de relieve la necesidad urgente de aumentar la eficiencia energética en este momento, debido a que los sistemas instalados ahora consumirán la energía en las próximas décadas. Al mismo tiempo, la matriz energética es cada vez más “sucia” con mayores emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la generación. (CBCS, 2014).

En el sector de servicios, que incluye edificios comerciales y públicos, el consumo de electricidad (89% de la energía total) es 128,1 TWh, y se prevé que para el 2050 este aumento del consumo sea de 614,6 TWh, es decir, 92% del consumo total de energía en la industria. (CBCS, 2015)

El Gráfico 4.6 inferior muestra las previsiones del incremento del consumo de energía en las edificaciones, comparando la situación actual con el escenario previsto para 2050.

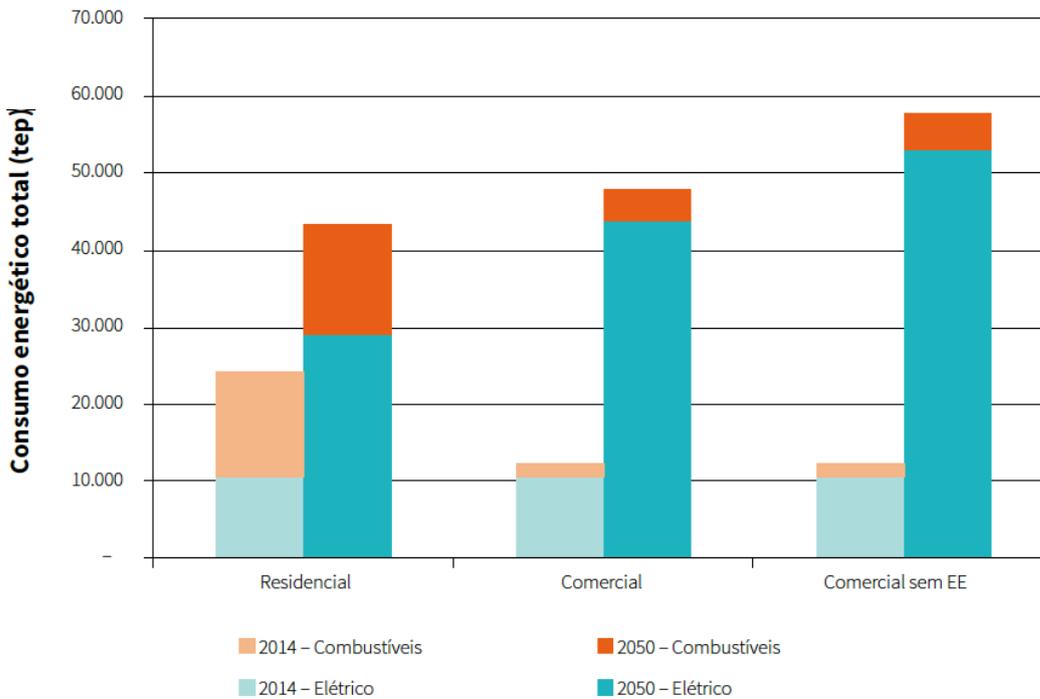


Gráfico 4.6 Previsión de incremento del consumo de energía en edificaciones.

Fuente: (CBCS, 2014)

Históricamente, en Brasil, existe una importante tradición de la arquitectura bioclimática y la construcción de edificios para garantizar el confort térmico por la ventilación natural o mediante el uso de estrategias de "modo mixto" usando sólo cuando sea necesario el aire acondicionado. Sin embargo, las demandas del sector comercial se están alejando de este modelo, y los edificios construidos hoy en día son cada vez más dependientes de sistemas de consumo de energía activa. En este contexto, es necesario un control cuidadoso de la eficiencia y el rendimiento de los sistemas activos y tecnologías aplicadas.

La comparación del consumo actual con los estudios históricos de consumo de energía en los edificios muestran que en las últimas décadas, hay una tendencia a la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado y de iluminación (ELETROBRAS, 1989), pero que el aumento del consumo debido a una mayor demanda de servicios es mucho mayor que los ahorros de consumo de esas eficiencias realizadas. Los únicos datos disponibles que describen el consumo por uso final en los edificios fueron realizados en 2005 (ELETROBRAS, 2007). Es probable que los datos indicados estén superados, porque hubo un cambio en el consumo durante la última década, por lo que sería importante llevar a cabo una actualización de esta investigación. Los datos de dicha pesquisa se presentan en el Gráfico 4.7 inferior.

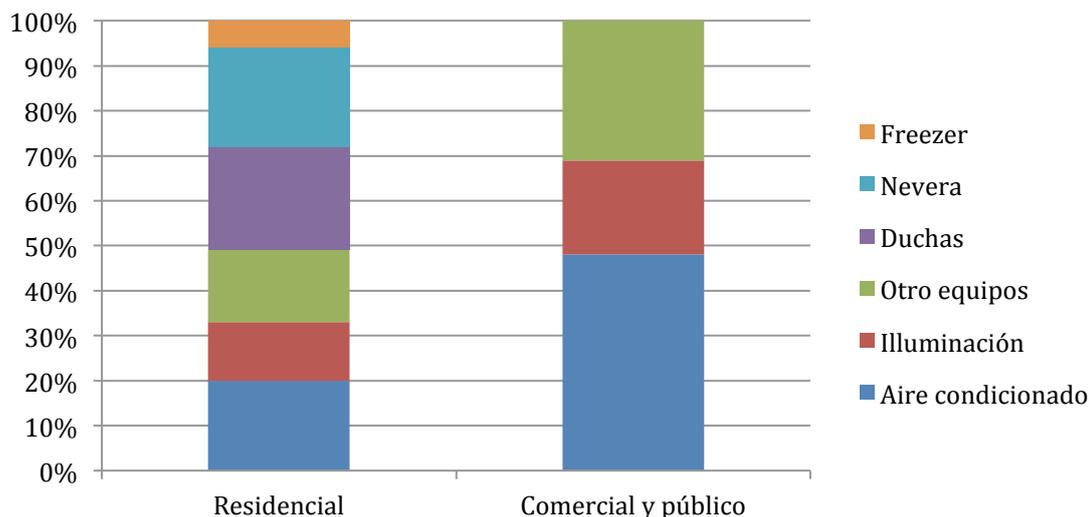


Gráfico 4.7 Consumos energéticos en edificaciones por uso final.

Fuente: (CBCS, 2014)

Se señala a partir del gráfico anterior la importancia de adopción de soluciones de eficiencia energética para los sistemas de refrigeración y iluminación en el sector de las edificaciones de Brasil, ya que estos son los mayores consumidores de energía.

La atención se centra en el sector de la energía hoy en día, junto con la necesidad urgente de la adopción de nuevas tecnologías, según sugiere un cuestionamiento más profundo sobre el modelo energético actual. Por lo tanto, se señala la importancia proyectar y construir de manera óptima, posibilitando así reducir drásticamente el consumo.

4.1.1 Emisiones de CO₂

La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en Inglés) señala que se necesita reducir las emisiones de CO₂ del sector de las edificaciones en un 77% para el año 2050 para evitar un cambio climático desastroso y para mantener el calentamiento global por debajo de 2°C (IEA, 2014). Como la mayoría de las emisiones antropogénicas provienen de la generación de energía, la eficiencia del edificio es muy relevante y debe ser considerada como una prioridad.

Actualmente, el sector eléctrico en Brasil se enfrenta a varios retos. La politización del sector dio lugar a una subvención de los costes energéticos de la Medida Provisional 579 (y más tarde por la Ley N° 12.783 / 2013); este mismo tiempo, la falta de lluvia ha creado la necesidad de un uso constante de las centrales térmicas, que se

utilizan por lo general sólo para los picos de demanda. Esas centrales térmicas que funcionaban sólo en la estación seca también están trabajando por más tiempo. Estos dos factores implicarán un aumento significativo en el costo de la energía y en las emisiones de CO₂ del sector eléctrico. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI) señala que el factor promedio anual de las emisiones de CO₂ en Brasil eran de 0.029 t / MWh en 2009, pero el promedio de los primeros ocho meses de 2014 se situó en 0.132 t / MWh, llegando en un pico de 0.158 t / MWh en agosto de 2014. El Gráfico 4.8 inferior demuestra los valores presentados por el MCTI. (CBCS, 2014)

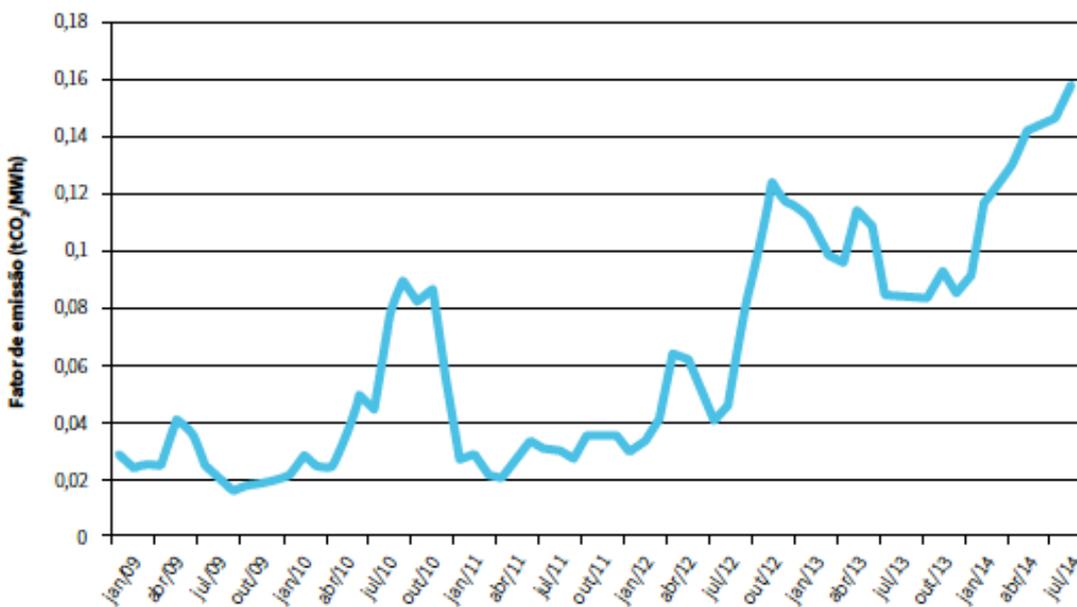


Gráfico 4.8 Medias de emisiones de CO₂ con la generación eléctrica en Brasil para los meses de 2009-2014.

Fuente: (CBCS, 2014)

Es importante señalar que a pesar de que estos factores son temporales, las tendencias a medio plazo del sector también muestran un aumento significativo en el consumo de energía, la reducción de la media anual de precipitaciones y por consecuencia el aumento de la cuota de las centrales térmicas. Se considera que, en general, las emisiones de CO₂ en Brasil tienden a seguir aumentando. (CBCS, 2014)

4.3 RECURSOS HÍDRICOS.

Brasil tiene una situación cómoda, en general, de los recursos hídricos. La disponibilidad de agua per cápita, determinado a partir de los totalizadores para el país, indica una situación satisfactoria en comparación con los valores de otros países reportados por las Naciones Unidas (ONU) como demuestra la Tabla 4.1 inferior:

Tabla 4.1 Disponibilidad hídrica de agua dulce en los diferentes países.

Fuente: (UN-WATER)

País	Disponibilidad hídrica de agua dulce renovable per cápita (m ³ /hab.año)
Brasil	43.528
Rusia	31.487
Estados Unidos	9.666
Japón	3.379
Francia	3.300
Italia	3.142
Reino Unido	2.332
China	2.017
Alemania	1.860
India	1.545

Sin embargo, a pesar de esta aparente comodidad, existe una distribución espacial desigual de los recursos hídricos en Brasil. Alrededor del 80% de su disponibilidad se concentran en la región del Amazonas, donde el contingente de población es más bajo y los valores de demandas consuntivas reducidos como demuestra la Figura 4.1 (ANA - Agência Nacional de Águas, 2013).

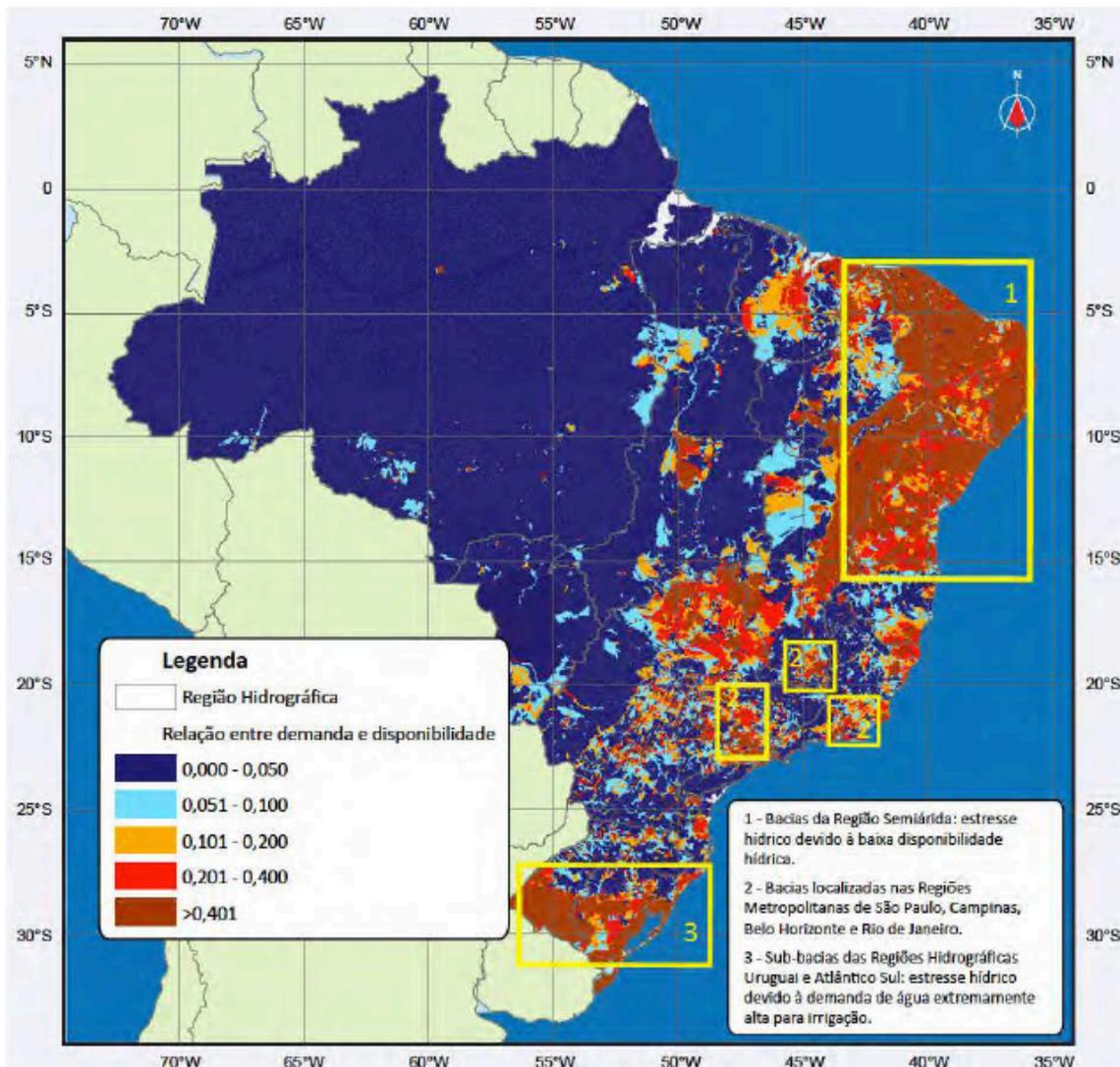


Figura 4.1 Relación entre disponibilidad hídrica y la demanda de agua.

Fuente: (ANA - Agência Nacional de Águas, 2013)

En la figura anterior se señala tres regiones que presentan criticidad en la relación de demanda y disponibilidad de los recursos hídricos. En la zona destacada por el número 1, la región Semiárida del Nordeste brasileño el estresse hídrico existe debido a la baja disponibilidad. En la zona demarcada con el número 2 es dónde se sitúa la región metropolitana de São Paulo, Campinas, Belo Horizonte y Rio de Janeiro, que representan aglomeraciones poblacionales y consecuentemente una demanda elevada del agua.

Para satisfacer a la demanda de las necesidades de agua se requiere la evaluación de la calidad de la misma. Teniendo en cuenta el indicador de calidad como la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua, ANA (2013) analizó las condiciones de criticidad

cuantitativa (disponibilidad de agua) y cualitativos (condiciones de efluentes) de las regiones hidrográficas brasileñas, que se muestra en la Figura 7.

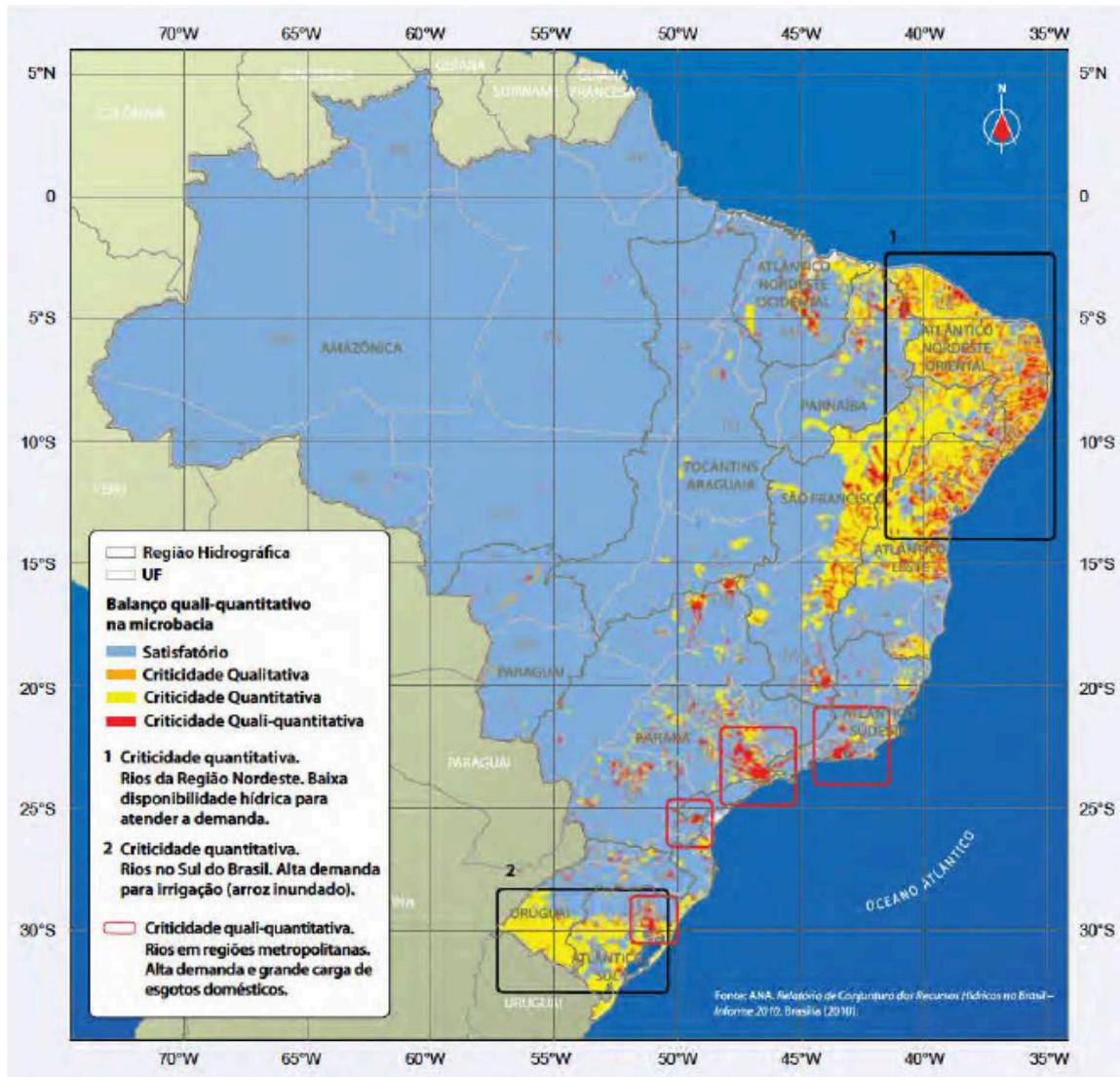


Figura 4.2 Situación de las regiones hidrográficas brasileñas según la criticidad cuali-cuantitativa

Fuente: (ANA - Agência Nacional de Águas, 2013)

En base a las figuras anteriores, se evidencia que en las regiones hidrográficas donde se localizan las regiones metropolitanas, se presenta criticidad cuali-cuantitativa como resultado de la alta demanda de agua sumado a la cantidad de carga orgánica interna que se libera en los cuerpos de agua.

El estudio realizado por el CBCS señala un aumento de la población en las regiones urbanas, que resultará al incremento de la demanda del agua. El Gráfico 4.9 inferior presenta una curva de proyección de la demanda considerando tres escenarios:

demanda tendencial, demanda con intensificación del crecimiento del sector de la construcción en Brasil y demanda con acciones de gestión y control.

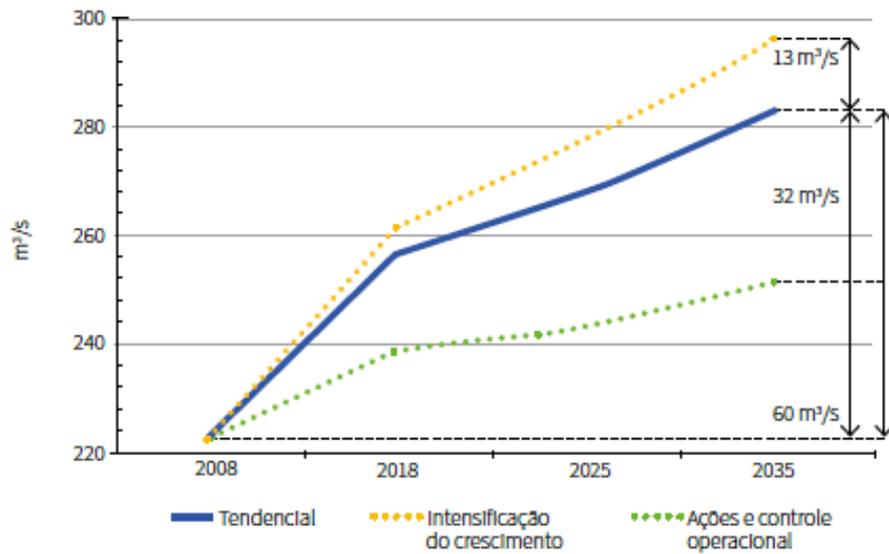


Gráfico 4.9 Curva de proyección de la demanda total de agua en tres escenarios para Brasil.

Fuente: (CBCS, 2014)

Observando el escenario que se presenta, es evidente que la gestión de la demanda de agua en los edificios, especialmente en los centros urbanos de las regiones con la vulnerabilidad del agua es un tema de emergencia en Brasil.

4.5 MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN

Es ampliamente reconocido que las edificaciones utilizan más de la mitad de los recursos naturales extraídos de la tierra en la producción y el mantenimiento de las zonas edificadas. El crecimiento previsto de la población mundial y la demanda social de calidad del entorno construido para todos implican un empeoramiento de los problemas ambientales.

Sin embargo, el consumo de recursos naturales en la extracción de materiales es sólo el comienzo del problema que se extiende a lo largo del ciclo de vida de los productos en la industria de la construcción. Después de la extracción, las materias primas son procesadas industrialmente, que requiere energía y conlleva emisiones de gases de efecto invernadero, entre otros. El transporte de gran masa de materiales y residuos de la construcción, mantenimiento y demolición tiene impactos ambientales no despreciables.

A pesar de que consumen gran parte de los recursos naturales, la industria de materiales de construcción representó, en Brasil, sólo el 1,5% del PIB en 2013. Los productos de construcción son, por tanto, en su mayor parte de bajo valor económico. En Brasil, se espera que el sector de la construcción se duplique en tamaño entre 2009 y 2022. Si mantenidas las prácticas actuales de la industria, este crecimiento va a agravar los problemas ambientales y sociales relacionados con los materiales de construcción. Las innovaciones son, por lo tanto necesarias. (CBCS, 2014)

La industria de los materiales consume aproximadamente 50% de los recursos naturales. En consecuencia, se requiere que la industria utilice sólo materiales abundantes y baratos. Por lo tanto, es poco probable que surja radicalmente diferentes materiales de los que se utilizan hoy en día, que son en base de silicio, aluminio, hierro y calcio, las especies químicas más abundantes en el planeta. Dada la demanda, que debe crecer significativamente en los próximos años, ninguno de los principales materiales utilizados en la actualidad puede ser reemplazado. A diferencia de otros sectores, en el área de materiales de construcción para mitigar el impacto ambiental dependerá de la optimización de los productos existentes. En este sentido, en base a la construcción sostenible, la sustitución de un material por otro puede reducir el impacto ambiental de una obra en particular, pero no reduce el impacto global del sector.

En comparación con el aumento de los estándares internacionales, la preocupación por el uso de sustancias tóxicas en los materiales de la construcción en Brasil es aún incipiente. La discusión que se arrastra está en la posibilidad de prohibir el amianto, para el que ya hay sustitutos en el mercado interno. Después de 20 años de discusión, aún no existe los objetivos principales para guiar a la industria en la transición de estas sustancias. Se trata de una larga maduración donde se señala que sólo las empresas internacionales que operan en Brasil ya están familiarizadas. La aplicación de la Ficha de Informaciones de Seguridad de Productos Químicos (FISPQ), basado en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (GHS) es sin duda un primer paso en esta discusión. (CBCS, 2014)

A pesar de la evidente importancia de los impactos de los materiales en la fase de producción, los impactos ambientales en la fase de uso también pueden ser grandes.

Algunos materiales, como las tintas a base de agua, paneles de madera y los sistemas que utilizan adhesivos, tienen la capacidad de emitir compuestos orgánicos volátiles (COV). Dependiendo de la naturaleza de los volátiles, la cantidad liberada y la concentración en el medio ambiente - que depende de la tasa de ventilación - el entorno de la edificación interna puede ser contaminado y los trabajadores expuestos a situaciones de riesgos para la salud. En Brasil, esa cuestión es todavía incipiente, pero ya cuenta con el compromiso de la industria de la pintura a través de la Asociación Brasileña de Fabricantes de Pinturas (Abrafati), integrado en el esfuerzo internacional de fabricantes de pintura, y fabricantes de paneles de madera, que ya han desarrollado norma técnica específica.

La durabilidad de los materiales controla el impacto de los productos de construcción. Cuanto mayor sea la vida útil del edificio, más bajo será el total de los costes económicos y medioambientales, debido a que menor serán las actividades de mantenimiento (que también generan residuos) y las cantidades de materiales necesarios para sustitución. Sin embargo, la planificación de la vida útil de los edificios es una excepción en el país.

4.7 RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

Los residuos de construcción y demolición (RCD) representan un grave problema en muchas ciudades brasileñas. Por un lado, la disposición irregular de estos residuos puede causar problemas estéticos, ambientales y de la salud pública. Por otro lado, representan un problema que supera los sistemas de limpieza pública local, al igual que en Brasil, esos residuos pueden representar el 50-70% de la masa de residuos sólidos urbanos. (ABRELPE, 2015)

En ese contexto, surge la preocupación de las autoridades públicas que en 2002, crearan y publicaran la Resolución CONAMA 307 (BRASIL, 2002), modificada por la Resolución 348/2004 (BRASIL, 2004) que determina que el generador del residuo es responsable de la gestión de estos. Esta determinación es un avance jurídico y técnico, estableciendo responsabilidades a los generadores, como la separación de los desechos en diferentes clases y su remisión al reciclaje y disposición final. Además, la resolución establece que las áreas asignadas para estos fines deben pasar por el proceso de concesión de licencias y ser supervisado por las agencias ambientales pertinentes.

En Brasil, la disposición irregular de los residuos de la construcción han causado inundaciones, pérdida de la obstrucción de las galerías de drenaje y la proliferación de vectores, la contaminación y el aumento innecesario de los costes de la administración pública. En algunas ciudades este material todavía se deposita en vertederos, un procedimiento que se considera una doble pérdida de dinero. Es una manera de reducir estos efectos negativos se reciclando residuos de la construcción.

Hay plantas de reciclaje registradas en el país desde 1986. Sin embargo, se observa una aceleración en el número de plantas instaladas después de 2002 con la publicación de la Resolución 307 ya mencionada. Con este nuevo escenario, se hizo viable la creación de empresas especializadas en el reciclaje de RCD (residuos de la construcción y demolición). (ABRECON, 2013).

La Política Nacional de Residuos Sólidos N ° 12305, de 02 de agosto de 2010 y su última regulación, a través del Decreto Presidencial N ° 7404 de 23 de diciembre de 2010, se promovió un nuevo hito en el sector de los residuos de la construcción, dando nueva fuerza al manejo adecuado y reciclaje de RCD. Con el crecimiento de este sector vino la necesidad de reforzarlo y organizarla, y en 2011, fue creado ABRECON -

Asociación Brasileña de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (ABRECON, 2013).

Según ABRECON, Brasil tiene una producción media anual de RCD de 500 kg / hab. Mientras que, por el IBGE, el país cuenta con 201,032,000 habitantes y la unidad de masa del RCD es de 1200 kg / m³, se estima que la generación anual de RCD es 83.763.333m³. Una pesquisa llevada a cabo por esa institución, hizo encuestas a las usinas de reciclaje de RDC y se obtuvo como resultado estimativo de reciclaje de 19% del RCD nacional. Sin embargo las usinas tienen una capacidad máxima de producción que se podrían reciclar hasta un 42% del RDC producido. Los resultados negativos de la pesquisa son principalmente la falta de apoyo del sector público, en relación con el uso de materiales reciclados en la vigilancia de la clasificación y eliminación de RCD y los impuestos aplicados al sector. Lo que se concluye que todavía falta mucho para que Brasil tenga un buen manejo de los residuos de la construcción (ABRECON, 2013)

A pesar del avance del marco institucional en el área de residuos de la construcción, el reciclaje de residuos a gran escala, excepto por el metal, dependerá de políticas de producción y consumo. La desmaterialización - que puede ser entendido como la adopción de sistemas de construcción ligeros, o la reutilización de los componentes al final de la vida útil de la obra - es todavía una estrategia poco conocida en Brasil.

Con lo expuesto en ese apartado se evidencia la poca experiencia existente en el país respecto a la gestión de los residuos de construcción, la reciclaje de materiales y la deconstrucción de edificio. Sin embargo, se considera importancia de actuación de los profesionales del sector y la atención debida a ese tema.

4.9 MOVILIDAD URBANA

Otra cuestión analizada y evaluada por los diferentes sistemas de certificación de edificios es la proximidad a los sistemas de transporte colectivos y públicos, y también el fomento a la utilización de medios de transporte limpios, a modo de ejemplo, los coches eléctricos y bicicletas. Por lo tanto, se considera necesario estudiar la situación de la movilidad urbana en las ciudades brasileñas.

Con la intensificación del proceso de industrialización, Brasil fue testigo de un acelerado proceso de urbanización, junto con la explosión demográfica. La población pasó de predominantemente rural al urbano en menos de cuarenta años. En cincuenta años, desde 1960 a 2010, la población urbana de Brasil creció 402%, de 32 millones a 160 millones de personas.

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información de la Movilidad Urbana, se llevaron a cabo en el país un total de aproximadamente 63 millones de viajes durante el año 2012, la mayoría (40%) por los medios de transporte no motorizados (a pie y en bicicleta) mientras que el transporte individual y el transporte público se presentan valores cercanos al 30% para cada uno. A medida que cambia el tamaño de las ciudades, cambia a sí mismo a la distribución de cómo las personas se mueven en el territorio: cuanto menor sea el municipio, mayor es la proporción de los medios no motorizados. (IPEA, 2016)

A pesar de la existencia de políticas públicas dirigidas a la movilidad sostenible (PAC Movilidad y Política Nacional de Movilidad Urbana - PNMU, Ley Federal 12.587 / 2012), otras medidas en el contexto de la reacción a la crisis internacional económica que comenzó en 2008 y la adopción de medidas anti-cíclicas macroeconómicas han estimulado la producción, la adquisición y el uso de medios de transporte individuales. En el último período, Brasil fue testigo del aumento significativo de la tasa de motorización. De acuerdo con el Departamento Nacional de Tránsito (Denatran), el incremento del número de vehículos entre 1998 y 2006 fue del 68%, y desde 2006 a 2013, el aumento fue del 71%. Teniendo en cuenta las motocicletas, el aumento fue aún mayor, 208% y 129% en los períodos respectivos. (IPEA, 2016)

A partir del diagnóstico del sistema de movilidad presentado, se señala que el número de transportes motorizados ha crecido mucho los últimos años, pero en contra partida se observa que el espacio vial no acompaña ese incremento llevando al fenómeno

de la congestión presente desde mucho en las grandes ciudades de Brasil, y que hoy también aparece en pequeñas y medianas ciudades.

En Brasil, las principales fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos son del sector industrial y del sector del transporte, y esto, en los últimos años, ha mostrado una mayor influencia en el entorno urbano y en sus habitantes debido al aumento constante de la flota de vehículos, a la concentración de estos en las ciudades y también debido al proceso de desconcentración de las industrias que se han producido en el país. Aun siendo uno de los problemas ambientales más graves, se puede afirmar que la contaminación del aire ha disminuido mucho en los últimos treinta años, en todos los ámbitos, sigue siendo un problema importante en las grandes áreas metropolitanas y los centros industriales específicas.

El aumento de la flota de vehículos y las retenciones de tráfico implica la pérdida de la calidad de vida de todos los ciudadanos, con el aumento de la contaminación sonora, del aire y el cambio de la temperatura local. Por lo tanto, se considera la importancia de la elección eficaz del sitio de las futuras edificaciones, buscando siempre priorizar la proximidad a los sistemas de transporte público y colectivo y fomentar el uso de vehículos cero emisiones, como las bicicletas.

5 ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS HERRAMIENTAS DE CERTIFICACIÓN

A partir de una base teórica presentada en los capítulos anteriores, este capítulo pretende obtener resultados que permitan el logro del objetivo principal de este trabajo, que es la validación óptima del sistema de certificación de edificios AQUA en comparación con otros sistemas ya consolidados en el mundo y también su inclusión al contexto de Brasil. Por lo tanto, el presente capítulo se estructura en tres grandes apartados. Un primer apartado en donde se introduce el método llevado a cabo para cada herramienta a lo largo del trabajo de investigación; un segundo apartado en donde se procede el análisis comparativo de las diferentes herramientas en sus aspectos administrativos y técnicos y un último apartado en donde se realiza el análisis de sensibilidad dinámica una vez establecido el marco comparativo del trabajo.

5.1 INTRODUCCIÓN AL MÉTODO

El análisis comparativo se realiza a partir de haber detallado las cuatro certificaciones de una forma similar en sus aspectos funcionales y aspectos técnicos.

El desarrollo y el estudio de los sistemas BREEAM, LEED, CASBEE y AQUA se enfocaron en tener una base que posibilite la comparación, en todos los casos se buscó una herramienta que evalué el edificio en general. Por lo tanto, las herramientas específicas de cada sistema utilizadas para ese estudio fueron:

- BREEAM Internacional para Nuevas Construcciones, versión de 2014;
- LEED para Nuevas Construcciones, versión de 2009;
- CASBEE para Nuevas Construcciones, versión 2014;
- AQUA para Edificios No Residenciales, versión de abril de 2014.

A continuación se detallan las etapas de comparación realizadas.

5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO

Siguiendo la misma línea de estudio de las diferentes herramientas de certificación investigadas a lo largo del trabajo, el análisis comparativo se estructurará en dos partes: una primera comparación de los aspectos funcionales administrativos y una segunda parte comparando los aspectos funcionales técnicos.

5.2.1 Comparación administrativo – funcional (operativo)

Para entender las diferencias entre las diferentes herramientas, primero se debe analizar la historia y trasfondo de cada una de ellas. Las certificaciones de edificios sostenibles o Green Buildings, poseen distintas fechas de inicio y cuentan con distinta cantidad de experiencia en el rubro de la certificación de edificios sostenibles, los cuatro sistemas analizados están dispuestos en orden cronológico de su inicio según la Figura 5.1, donde se observa claramente que BREEAM es la pionera y le siguen LEED, CASBEE y AQUA respectivamente, además denotan la tendencia de un incremento de certificaciones locales a lo largo del mundo y la internalización de las herramientas con mayor trayectoria (BREEAM y LEED).

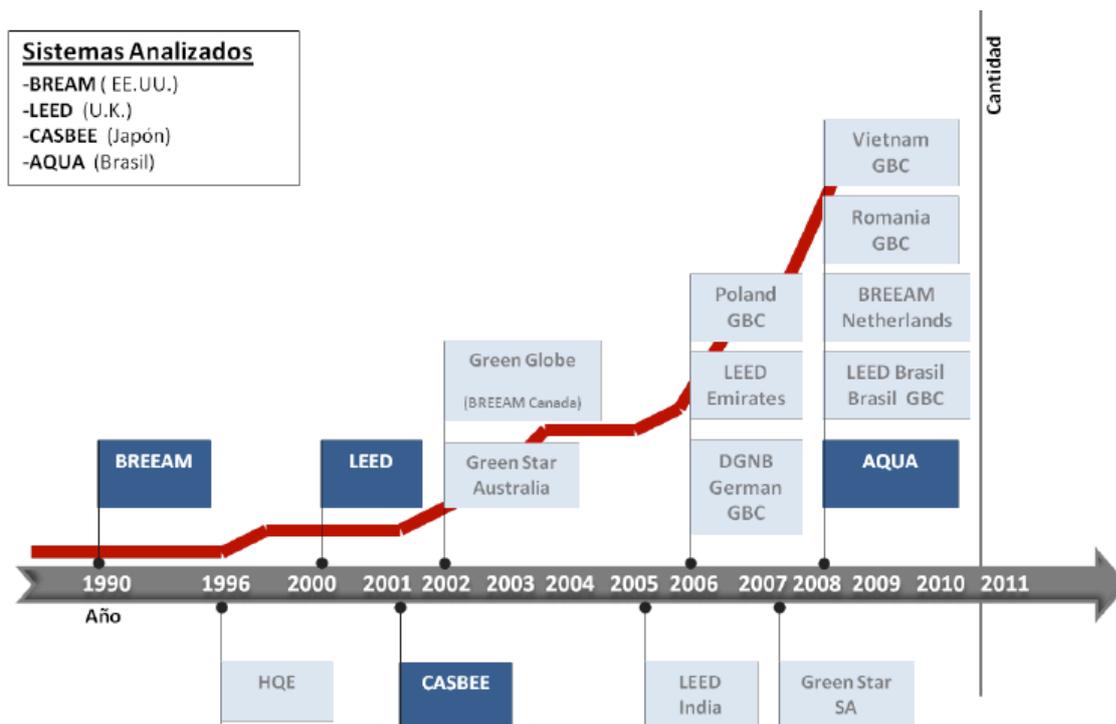


Figura 5.1 Inicio de los sistemas de certificación Green Building.

Fuente: (Ramallo, 2011)

En cuanto al funcionamiento de los diferentes sistemas, las herramientas para nuevas construcciones analizadas así como las herramientas para hogares estudiada por Ramallo (2011) son muy similares, y su comportamiento se puede seguir definiendo como lineal: inician con el registro del proyecto, su preparación para la aplicación, la presentación, la revisión y finalmente la expedición del certificado. Dentro de esa secuencia se consideran, por lo tanto, cuatro etapas de desarrollo tal y como se detalla en la Figura 5.2:

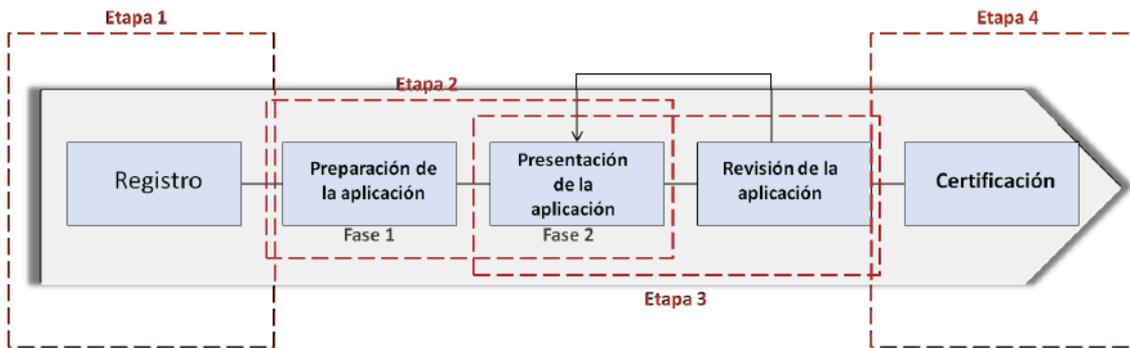


Figura 5.2 Esquema general de las etapas de certificación.

Fuente: (Ramallo, 2011)

Sin embargo, esas cuatro etapas ilustradas en la figura anterior son etapas generales que cumplen los cuatro sistemas analizados. La primera etapa de registro y aceptación del ente promotor de su proyecto para su certificación demuestra el carácter voluntario que posee los cuatro sistemas. Otro punto similar entre los sistemas elegidos es la verificación y evaluación de los proyectos por terceras personas, llamados asesores que son previamente acreditados. En la segunda y tercera etapa se requiere un mayor trabajo por relacionarse a las etapas de elaboración, revisión de proyectos y documentos, y forma de evaluación. Son en esas etapas que se le nota las diferencias entre el sistema AQUA y los demás sistemas.

Basado en la Figura 5.3 que sigue, se realiza un análisis comparativo donde se encuentran puntos similares y puntos que difieren en el proceso y la forma de evaluación de cada sistema. Podemos observar que las certificaciones BREEAM, LEED y AQUA empiezan su proceso de certificación por el registro del proyecto y la aceptación del ente promotor de cada certificación, sin embargo, CASBEE se diferencia por no iniciar el proceso por el registro, sino por el cumplimiento de los requerimientos CASBEE que el asesor debe comprobar antes de registrar su proyecto. Hasta ese momento todas los sistemas siguen en la fase de Pre proyecto de la construcción, sin embargo, AQUA hace tres auditorías presenciales durante el proceso de certificación, la primera ocurre después de establecido el perfil del SGE y la evaluación del perfil QAE por el emprendedor. BREEAM, de igual forma, también hace evaluaciones al término de cada etapa de la construcción. En LEED el procedimiento sigue a cargo de el equipo de diseño, y en CASBEE se definen los objetivos de la certificación.

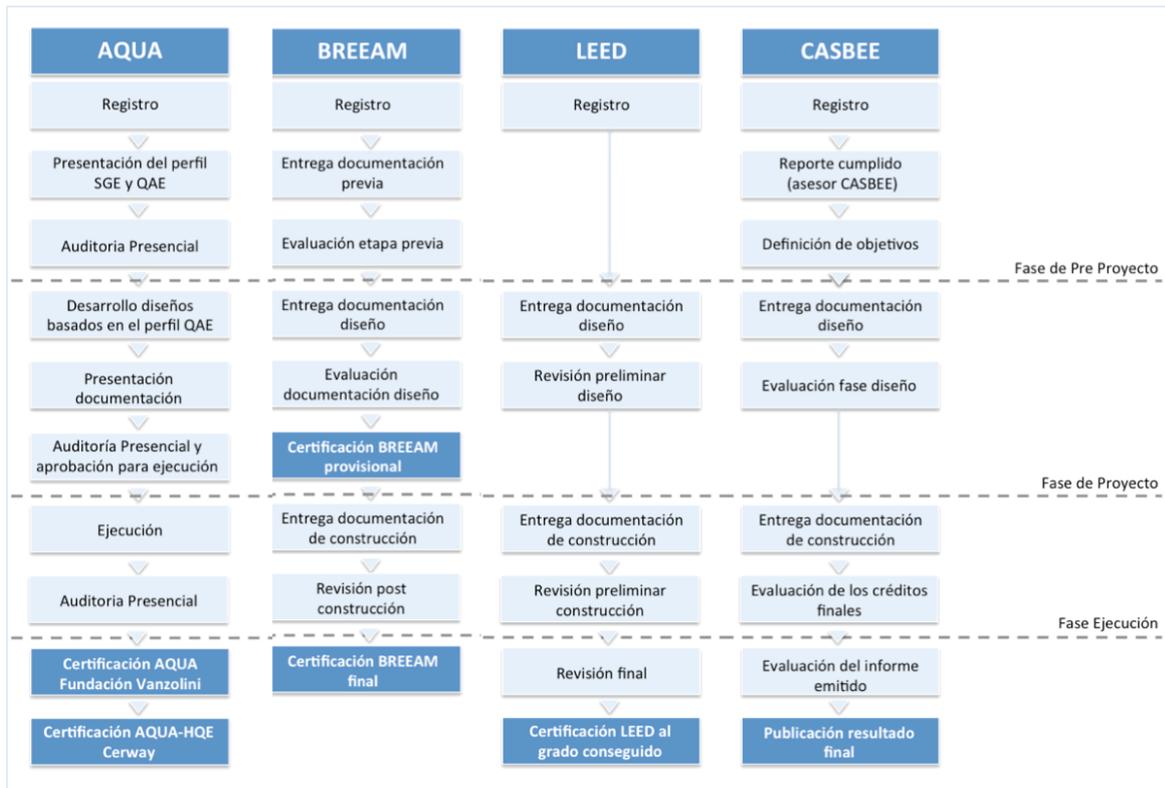


Figura 5.3 Proceso de evaluación por terceros de los sistemas de certificaciones Green Building.

Fuente: Elaboración propia

Ya en la fase de proyecto, o diseño, los cuatro sistemas van en un camino similar, AQUA desarrolla los diseños basados en el perfil QAE evaluado y validado y presenta la documentación de diseño, que pasará por su segunda auditoría presencial, donde se verifica el seguimiento del SGE y se evalúa el perfil QAE a nivel de diseños. En BREEAM, LEED y CASBEE también se presentan los documentos de diseño y se hace la evaluación de dicha documentación, sin embargo, BREEAM emite un certificado provisional con la aprobación de la documentación y LEED prefiere revisar o hacer una evaluación preliminar que tendrá que emitir una respuesta a los encargados del equipo de diseño, que se puede realizar en una (documentación después de finalizado la construcción) o dos etapas (revisión de los documentos de diseño y luego de la construcción cuando esté concluida). Así como en la fase anterior, la fase de ejecución sigue con la entrega de la documentación de esa fase y su revisión. En AQUA se hace la última auditoría presencial, donde se verifica si los criterios correspondientes al perfil QAE proyectados son cumplidos en la construcción. En BREEAM y LEED se hacen las revisiones post construcción y preliminar de la fase de ejecución respectivamente, y en CASBEE por su sistema utilizado ya evalúa los resultados finales.

El siguiente paso en BREEAM exige un proceso de garantía de calidad que será emitido para que se garantice el cumplimiento del reporte evaluado por el asesor para posterior emisión del certificado por BRE; en LEED después de la evaluación final existe un paso donde se puede apelar cualquiera decisión adversa sobre los créditos, con coste adicional, y luego todo el informe se debe pasar al USGBC para que otorgue la placa acreditadora; en CASBEE después de las evaluaciones el informe final es emitido y existe la publicación de los resultados; y AQUA posee una entrega provisional donde se efectúa la corrección de fallas u observaciones, para luego subsanarlas, concluyendo con el visto bueno del informe final de la fundación con la calificación final y la emisión del certificado de AQUA por la Fundación Vanzolini y por CERWAY del certificado AQUA-HQE.

En líneas generales podemos decir que los objetivos en BREEAM tienden a ser más exactos ya que el asesor acreditado acompaña desde la etapa de diseño y concepto estableciendo una línea de base realista para un desarrollo a partir del cual se pueden explorar las opciones disponibles para mejorar el rendimiento de la edificación, haciendo con que la obtención de los créditos sean más exactas. En el caso LEED y AQUA el equipo de diseño tiene más flexibilidad en la toma de decisiones para cumplir con los objetivos del crédito, lo que implica directamente un aumento en la carga de trabajo. Sin embargo, la implementación del SGE en AQUA tiene con objetivo gestionar las decisiones y los papeles de cada profesional en el desarrollo de la construcción, lo que facilita la organización de los mismos.

En línea con lo realizado en trabajos previos de Trabajos Finales de Máster, se adjunta la Tabla 5.1, en donde se reflejan las versiones actualizadas y las informaciones diferenciadas por utilizarse en ese estudio las herramientas para Nuevas Construcciones. Se hace evidente que la herramienta AQUA por ser nueva en el mercado no posee informaciones disponibles para determinados temas, y también CASBEE, que aunque tiene disponible material informativo en inglés, todavía muchos detalles solo se encuentran en versiones en Japonés. En esta tabla la comparación se la demuestra a partir de resaltar los aspectos que pueden considerarse administrativos y funcionales, complementando la información de la Figura 5.3, enseñando las distintas variedades o similitudes en la conformación de un equipo, quienes son los especialistas en la evaluación para cada tipo, quienes son los que certifican cada sistema de evaluación, aspectos económicos, y la disponibilidad de información.

Tabla 5.1 Funciones Administrativas de los sistemas analizados.**Fuente: elaboración propia base a (Stagnaro, 2012)**

				
	BREEAM Internacional para Nuevas Construcciones. V. 2014	LEED para Nuevas Construcciones. V.2009	CASBEE para Nuevas Construcciones. V.2014	AQUA para Edificios no Residenciales. V.2014
Lugar de Inicio	Inglaterra	Estados Unidos de America	Japón	Brasil
Año	1990	1.998 €	2003	2008
Información Recaptulada	Diseño / Equipo de gestión o asesor	Diseño / Equipo de gestión o un profesional acreditado	Diseño / Equipo de gestión	Diseño / Equipo de gestión o asesor
Evaluación	Asesores capacitados	USGBC	Diseño / Equipo de gestión	Equipo de auditoria acreditada
Validación por terceros	BRE	USGBC	JSBC	Fundação Vanzolini
Certificación etiquetada	BRE	USGBC	JSBC	Fundação Vanzolini
Gobernabilidad	UKAS	USGBC	JSBC	Fundação Vanzolini
Tasa de crecimiento anual	93% (1998-2007)	86% (2002-2007)	No disponible	No disponible
Evaluación / coste	2.500€ - 12.500€	47.250 €	No disponible	No disponible
Tasa de certificación	925€ - 1870€	1.420€ - 14.200€	No disponible	No disponible
Coste de apelación por credits	Grátis	320 €	No disponible	No disponible
Coste de solicitud de interpretación de crédito	Grátis y sin límite de veces	140€ (sin límite de veces)	No disponible	No disponible
Disponibilidd de Información para evaluadores	Las herramientas para estimadores están disponibles gratuitamente. La orientación está sólo disponible para los asistentes a las clases prácticas.	Las herramientas están disponibles gratuitamente y la guía técnica está disponible por 125\$	La herramienta de evaluación está disponible gratuitamente en japonés y ingles.	La herramienta de evaluación está disponible gratuitamente en portugues y ingles.

5.2.2 Comparación técnica

En ese apartado se hará la comparación de los sistemas ya comparados en el aspecto funcional y administrativo, por lo tanto, todos los sistemas fueron analizados determinando cuál es su forma de calificación, cuáles son sus categorías y sus indicadores que componen cada uno de los sistemas, además se pudo detallar cuáles son los elementos que tienen mayor y menor incidencia en cada uno. Adicionalmente se pudo constatar otros sub elementos y puntos que demuestran los objetivos de cada sistema.

Los sistemas escogidos tienen el objetivo principal similar de certificar edificios verdes; pero, se tiene que entender que los objetivos secundarios y otros son distintos, que están basados en la situación geográfica, condición específica de las necesidades y objetivos que se plantean, etc. Sin embargo el estudio a detalle de las certificaciones elegidas, más algunas necesidades se incorporan para posibilitar validar el sistema de certificación AQUA de Brasil.

Los sistemas de evaluación y certificación de edificios, entre los respectivos manuales y referencias técnicas, poseen una estructura jerárquica. La estructura se rige por las principales categorías de evaluación, como ejemplo el uso de materiales y recursos, gestión del agua, eficiencia energética y calidad ambiental interior. Cada categoría es el resultado de un conjunto específico de indicadores cualitativos y cuantitativos, por ejemplo, la categoría de calidad ambiental interior cumple con los indicadores de confort térmico, ventilación, confort acústico, calidad del aire, entre otros. Los indicadores, a su vez, se componen de los parámetros respectivos, cuyo cumplimiento o no, se verá reflejado en el nivel de cada indicador. Para poder encontrar similitudes y diferencias se insertan los datos investigados en una tabla, como un resumen de los cuatro sistemas analizados, como en la Tabla 5.2 donde se describen los niveles, puntajes y categorías de evaluación.

Al hacer la valoración de la Tabla 5.2 se comprueba que los cuatro sistemas poseen determinados niveles en la valoración de un edificio. Los sistemas que presentan mayor similitud son BREEAM y LEED por tener niveles determinados por una cantidad de puntos, pese a que la cantidad de puntos es distinta en cada uno. CASBEE tiene niveles que corresponden a un puntaje que es el producto de una fórmula ya explicada en la sección CASBEE, además su forma de calificar, y su puntaje es distinto al de BREEAM y LEED. De forma similar que para el caso de BREEAM y LEED, el sistema

AQUA está basado también en un sistema de puntos, lo que diferencia ese sistema de los demás es la división de las categorías en cuatro temas, cada tema comprende un determinado número de categorías y esas en indicadores y preocupaciones, los puntos de cada indicador sumados determinan un nivel de desempeño a cada categoría, esos niveles son calculados a determinarse un número de estrellas para cada tema. Para la certificación AQUA-HQE la sumatoria de esas estrellas determina la clasificación AQUA-HQE global del edificio. De igual forma que en BREEAM y LEED, AQUA también cuenta con una serie de requisitos previos, dichos de base, como lo son los pre requisitos de LEED o los requisitos obligatorios de BREEAM, los cuales no se premian con puntos pero que son obligatorios para obtener un nivel mínimo de certificación.

Los cuatro sistemas tienen distintas categorías dentro de todas sus herramientas, y esas fueron diseñadas según los requerimientos y necesidades del país de procedencia del sistema. A través de la Tabla 5.2 se inicia la comparación por la determinación de los niveles, puntajes, y la determinación de las categorías similares entre los cuatro. Por ejemplo en los cuatro sistemas encontramos similitudes en las categorías Energía (Ene.) en BREEAM, Energía (E.A) en LEED, Energía (LR1) en CASBEE y en Gestión de Energía (Cat. 4) en el sistema AQUA; el objetivo principal de estos puntos es fácilmente identificable, la optimización del consumo de energía, pero los objetivos secundarios y otros son los que pueden variar según sus necesidades. También existen elementos compuestos, que están combinados con otros elementos, por eso es aconsejable identificar para las cuatro herramientas los principales elementos que los componen, de ese modo se podrá facilitar y trabajar en estos. Se identificó las principales categorías, que además de ser parecidas se las nombra a continuación:

Energía relacionada con la emisión de CO₂, Eficiencia del agua; Materiales y Recursos; Residuos; Prevención del medio; Calidad medioambiental y salud.

También encontramos categorías que son únicas, que se las entiende como políticas o instrumentos de direccionamiento de cada uno de los sistemas, por ejemplo LEED posee la categoría Prioridad Regional (P.R.), donde no encontramos ni categorías ni elementos similares en el resto de las analizadas. A continuación se presentan las categorías que llegan a ser únicas o que no se encuentran en los cuatro sistemas:

- BREEAM. Categoría, Contaminación (Pol) compuesto por dos elementos que son las emisiones NOx, y potenciar el calentamiento global (GWP) a través de agentes.
- AQUA. Categoría 11, Confort Olfativo, que tiene como objetivo el control de las fuentes de olores y sus efectos y la implementación de dispositivos de tratamiento de olores.
- LEED. Categoría, Prioridad Regional (P.R.), su objetivo está en alentar a los equipos de diseño para centrarse en las prioridades regionales.

Tabla 5.2 Calificación, evaluación y categorías de los sistemas.

Fuente: Elaboración propia.

Lugar de Inicio Año	BREEAM Inglaterra 1990	LEED Estados Unidos de América 1998	CASBEE Japón 2003	AQUA Brasil 2008
Calificación Evaluación	NO CLASIFICA ★	LEED Certified 40-49 puntos	C Pobre ★	AQUA-HQE Bueno
	PASA ★★	LEED silver 50-59 puntos	B- Bastante Pobre ★★	AQUA-HQE Muy Bueno
	BUENO ★★★	LEED Gold 60-79 puntos	B+ Bien ★★★	AQUA-HQE Excelente
	MUY BUENO ★★★★	LEED Platinum 80+ puntos	A Muy Bien ★★★★	AQUA-HQE Excepcional
	EXCELENTE ★★★★★		S Excelente ★★★★★	
	ALTO STANDAR ★★★★★★			
	Gestión	Sitios Sustentables	CALIDAD (Q):	ENERGÍA:
Agua	Eficiencia del Agua	Ambiente interior	Gestión de Energía	
Salud y Bienestar	Energía	Calidad de los Servicios	AMBIENTE:	
Materiales	Materiales y Recursos	Medioambiente Exterior Inmediato	Relación del edificio con su entorno	
Energía	Calidad del Ambiente Interior	CARGAS AMBIENTALES (L):	Elección integrada de los productos, sistemas y procesos constructivos	
Residuos	Innovación	Energía	Cantero de obra con bajo impacto ambiental	
Transporte	Prioridad Regional	Recursos y Materiales	Gestión del agua	
Uso del suelo y la Ecología		Ambiente Exterior	Gestión de los residuos de uso y funcionamiento del edificio	
Innovación			Mantenimiento – Permanencia de los rendimientos ambientales	
Contaminación			CONFORT:	
			Confort Higrotérmico	
			Confort Acústico	
			Confort Visual	
			Confort Olfativo	
			SALUD:	
			Calidad sanitaria de los ambientes	
			Calidad sanitaria del aire	
			Calidad sanitaria del agua	

Siguiendo la misma línea de análisis formulada por (Ramallo, 2011), en la siguiente Figura 5.4 se presenta un resumen de los datos de porcentajes investigados en cada un de los sistemas.

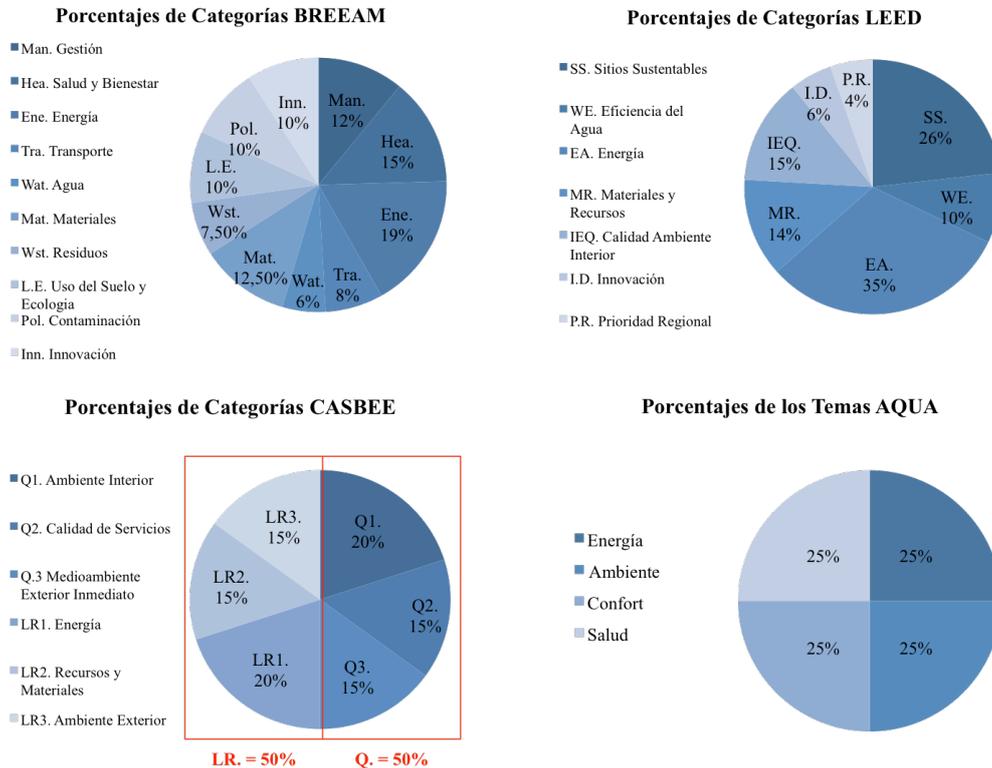


Figura 5.4 Porcentaje de categorías en los sistemas analizados.

Fuente: Elaboración propia base a (CASBEE, 2014) (BREEAM, 2014) (LEED, 2014) (Fundação Vanzolini, 2014)

Los distintos porcentajes de cada sistema están relacionados a los coeficientes correctores que se utilizan. En los sistemas BREEAM y LEED el uso de coeficientes de ponderación se emplea de una forma similar, relacionados con la cantidad de puntos o créditos disponibles en cada categoría. En el caso de BREEAM que presenta 10 categorías, los índices correctores vienen determinados a partir de un estudio realizado por los stakeholders dependiendo de la ponderación de cada criterio de cada categoría. Para el caso LEED el porcentaje de cada categoría está relacionado a la cantidad de puntos disponibles para cada una, una vez que la herramienta para Nuevas Construcciones presenta 100 puntos divididos en las categorías y un adicional de 10 puntos disponibles para las categorías de prioridad regional y innovación, el coeficiente corrector es igual en todas las categorías y es calculado por el producto de la cantidad de puntos de cada categoría por 110 puntos que están disponibles en total.

Para el caso CASBEE su ponderación no está basada en un criterio de puntos, sino en una escala de porcentajes atribuidos a las categorías, elementos y sub-elementos.

El sistema AQUA fue el que presentó mayor dificultad en encontrar los valores porcentuales de cada categoría, eso por que la herramienta AQUA-HQE para edificios no residenciales analizada en ese estudio sufrió actualizaciones en su ultima versión, certificando a partir de 2014 las edificaciones en diferentes niveles a partir del cálculo de estrellas obtenidas para cada tema como se explicó en el apartado de AQUA anteriormente. Es cierto que las categorías dentro de cada tema deben sumar un 25%, y para encontrar el porcentaje de cada categoría se consideró el producto de la cantidad de preocupaciones existentes en cada categoría por el total de preocupaciones disponibles en el tema.

Los cuatro gráficos (5.1, 5.2, 5.3 y 3.4) resumen y presentan los coeficientes correctores en las categorías y los porcentajes en los elementos y sub-elementos, esto para conocer cuál es la posible inclinación o dirección de cada uno de los sistemas estudiados.

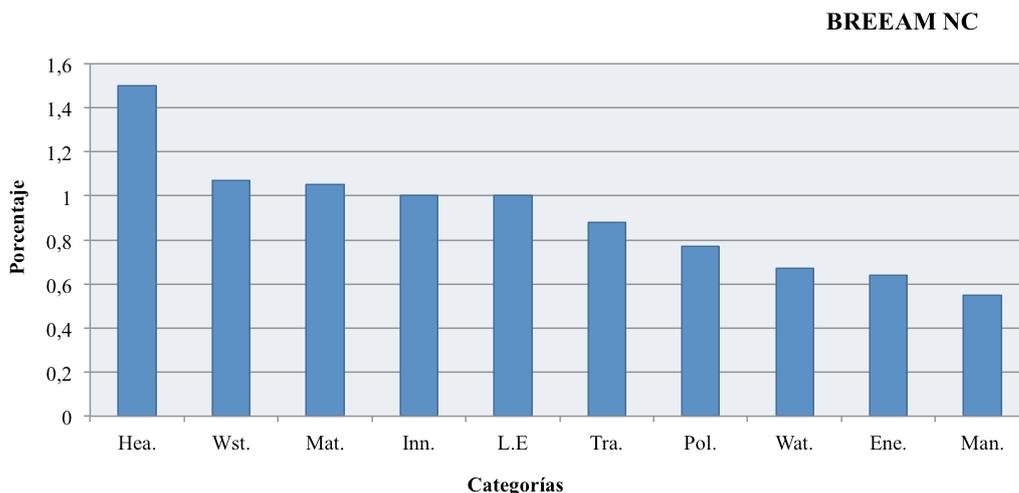


Gráfico 5.1 Escala de coeficientes correctores de BREEAM - NC.

Fuente: Elaboración Propia

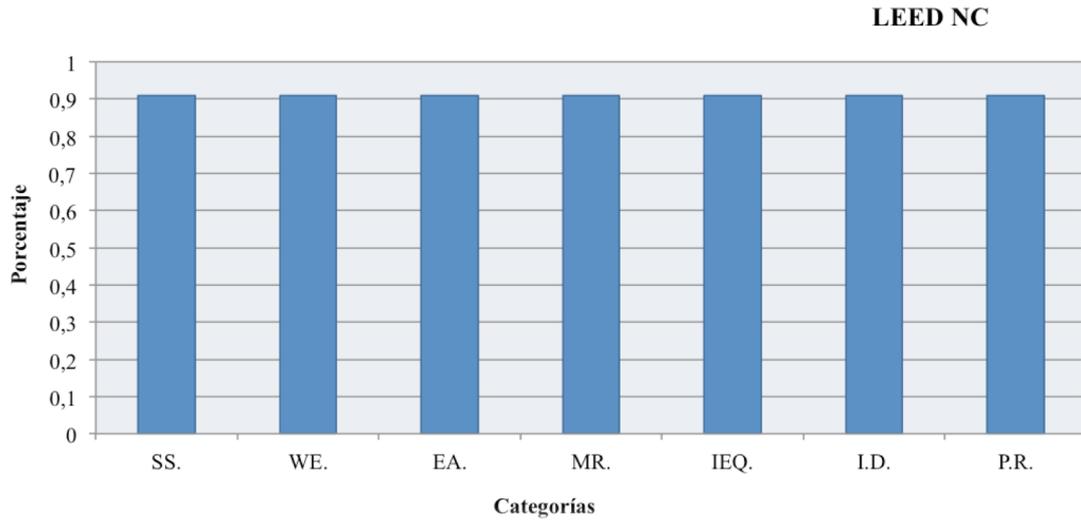


Gráfico 5.2 Escala de coeficientes correctores de LEED – NC.

Fuente: Elaboración propia

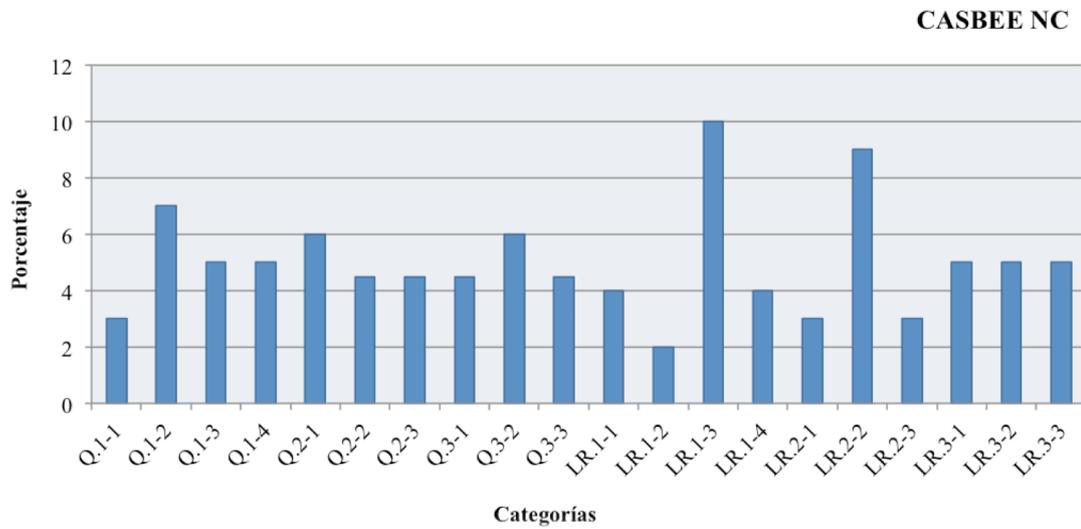


Gráfico 5.3 Escala porcentual de los elementos CASBEE.

Fuente: Elaboración propia.

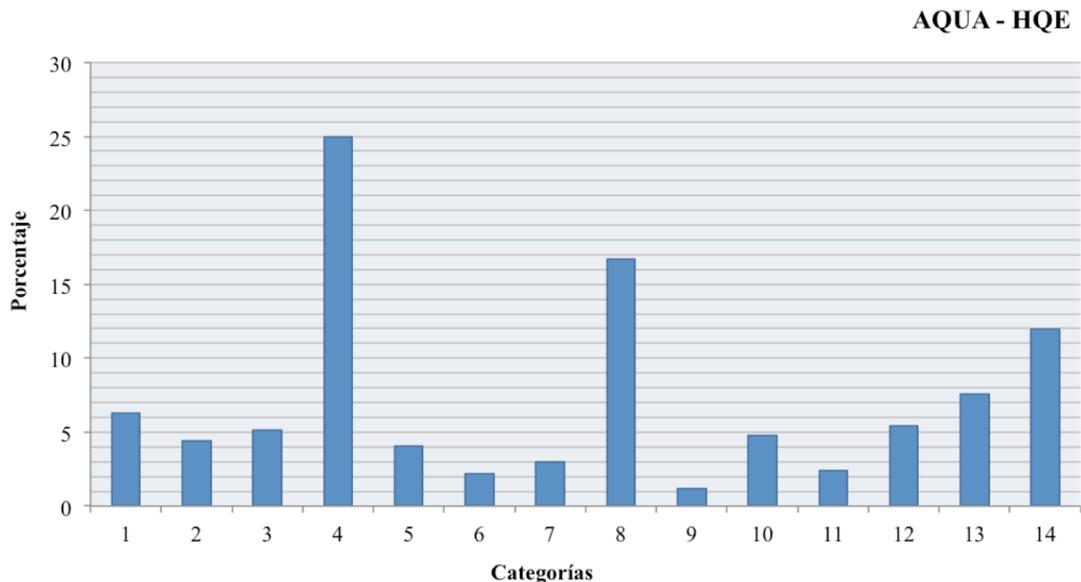


Gráfico 5.4 Escala porcentual de las categorías AQUA.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa a partir de los gráficos anteriores que BREEAM tiene una tendencia superior en el elemento de Salud y Bienestar (Hea.), Residuos (Wst.) y Materiales (Mat.) lo cual demuestra la verdadera intención de la herramienta para Nuevas Construcciones. Sin embargo, LEED para Nuevas Construcciones presenta coeficientes correctores iguales, por ejemplo la categoría de Eficiencia del Agua (WE) es tan importante como la categoría de Materiales y Recursos (MR). Los coeficientes correctores son los que determinan el valor exacto de cada crédito y en el caso de BREEAM-NC y LEED-NC, los coeficientes son completamente distintos, para el primero existe una escala y para el segundo todos son iguales.

CASBEE en Q y LR con sus hipotéticos 50% cada uno, se divide en 3 categorías cada uno con porcentajes como muestra la Figura 5.4, los cuales se vuelve a sub-dividir en 20 elementos. Esta escala demuestra que CASBEE posee elementos más importantes que otros, así como demuestra que estos elementos se ven sujetos una vez más al porcentaje de sus sub-elementos.

En AQUA se observa que tiene una tendencia superior a la categoría 4 Energía, que comprende los 25% del tema energía estipulado por el sistema. Seguido de esta categoría se destacan las categorías 8 Confort Higrotérmico y 14 Calidad Sanitaria del Agua, con 16,67% y 11,95% respectivamente.

En consonancia con lo ya presentado por (Ramallo, 2011), en el presente trabajo distinguido por analizar herramientas para edificios no residenciales, se demuestra que los cuatro sistemas son distintos, desde un punto de vista de los coeficientes correctores en el caso de BREEAM y LEED y los porcentajes de CASBEE y AQUA. A pesar de las diferencias muy marcadas se puede encontrar modos semejantes de llevar a cabo técnicamente el uso de las herramientas, por ejemplo BREEAM y CASBEE poseen una evaluación muy analítica determinado exactamente por el valor porcentual de cada categoría, elementos y sub-elementos, teniendo todas estas un valor distinto o una escala. Sin embargo, LEED posee esa misma escala en porcentajes globales de las categorías, pero haciendo la relación de los créditos entre los porcentaje se demuestran coeficientes correctores similares entre categorías. AQUA presenta similitud en la escala de porcentaje de las categorías al igual que LEED pero cuando analizados los temas, esos son considerados con el mismo peso.

5.3 MÉTODO PARA LA VALIDACIÓN

Una vez realizado el análisis comparativo de los aspectos administrativos-funcionales y técnicos con el fin de conocer las principales diferencias y tendencias de los sistemas estudiados en una primera fase, así como en los Trabajos de Fin de Master ya mencionados anteriormente, se considera necesario desglosar los elementos que conforman las propias herramientas en las perspectivas sobre las que se apoya el proyecto ecológico: energía, entorno y ecología, con la finalidad de posicionar el sistema AQUA, objeto de estudio del presente trabajo, teniendo como parámetros de comparación los demás sistemas estudiados. El método que se utilizará para esa etapa de la comparación es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

En una segunda etapa de comparación, también a partir de las perspectivas del proyecto ecológico, se demostrará cómo el cambio de las prioridades de cada parámetro basados en la investigación realizada de la situación actual de Brasil afecta al posicionamiento del sistema AQUA en relación a los demás sistemas, validando si sus prioridades están de acuerdo con la situación de la región donde está implementado. El método utilizado se basa en fragmentar los cuatro sistemas al nivel de sus categorías y elementos principales, para luego agruparlos bajo las tres “E” ya mencionadas como muestran las Figuras 5.5 y 5.6. Todas las categorías fueron emplazadas en base a un

criterio de tendencia según el tema y los porcentajes reflejan el estudio y comparación técnica.

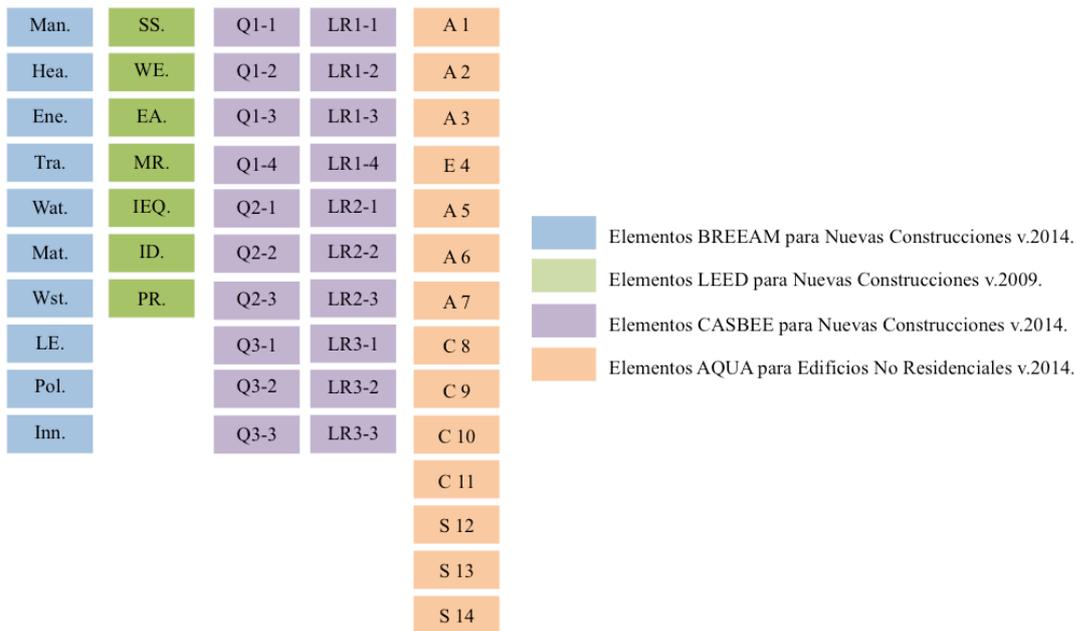


Figura 5.5 Desglose de los sistemas en sus principales elementos.

Fuente: Elaboración propia en base a (Ramallo, 2011)

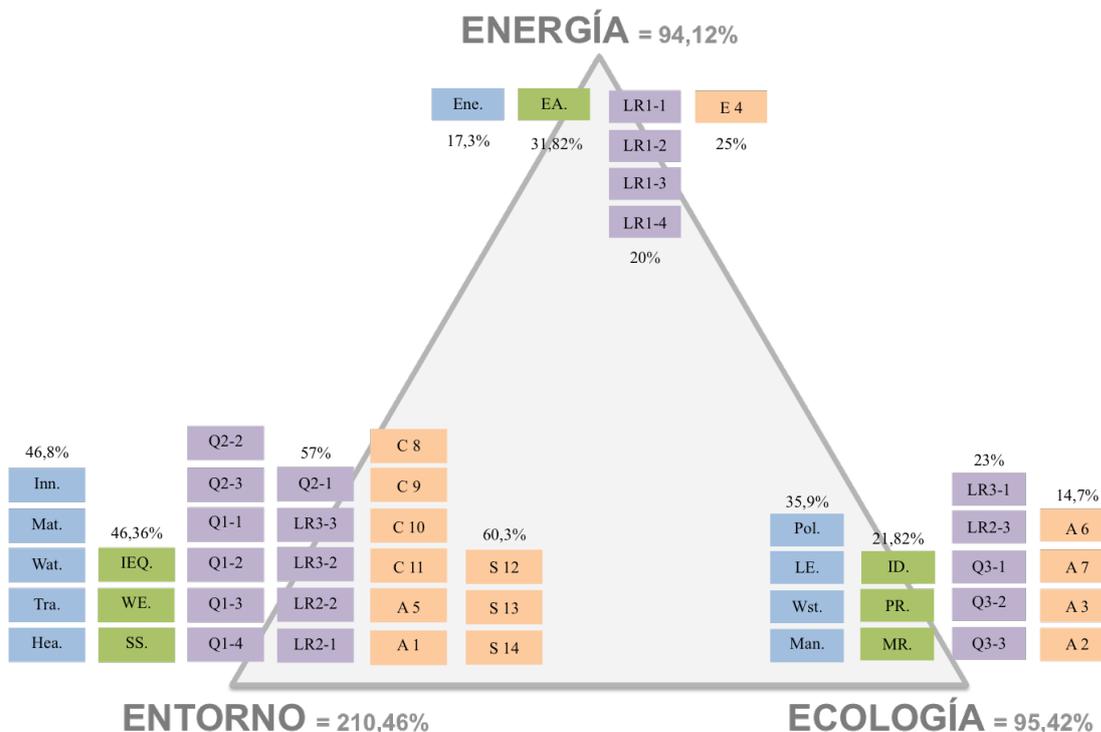


Figura 5.6 Porcentaje de las categorías bajo a los criterios del proyecto ecológico.

Fuente: Elaboración propia en base a (Ramallo, 2011)

A primera vista, cuando analizamos la Figuras 5.6 ya se observa que los sistemas analizados no demuestran una igualdad en cuanto al peso dado a las tres perspectivas del proyecto ecológico, que deberían ser de igual importancia, o lo más cerca posible. Sin embargo se observa que el sistema AQUA es el que tiene mayor discrepancia sobretodo en los temas de Entorno y Ecología, con sus 60,3% y 14,7% respectivamente, llevando a entender que sus preocupaciones priorizan aspectos tales como salud y confort del ocupante sobre los aspectos de la utilización moderada de recursos, reducción de los residuos y creación de ecosistemas más ricos.

Para un primer momento, se decidió seguir con el análisis a partir del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) que comprende un sistema de evaluación multi-criterio (MCE) desarrollado por Thomas Saaty, método que se está utilizando cada vez más en la evaluación de opciones de manejo de recursos naturales que implican las interacciones y los resultados ecológicos, económicos y sociales complejos. El AHP considera ambos aspectos cualitativos y cuantitativos en el proceso de decisión, y puede reducir decisiones complejas en una serie de comparaciones uno-a-uno bajo la identificación y ponderación de los criterios de selección y análisis de los datos recogidos (Saaty, 1988).

La metodología del Proceso Analítico Jerárquico se basa en los principios de la descomposición, juicios comparativos y síntesis de prioridades. La descomposición estructura el problema en función de sus componentes principales: objetivo, conjunto de criterios para la evaluación y las alternativas de decisión. Los juicios comparativos son necesarios para la comparación entre pares de criterios e inversiones. Una jerarquía del AHP es una forma estructurada de modelar el problema en cuestión, en nuestro caso el objetivo es la validación del sistema AQUA y el diagrama de las jerarquías se presenta en la Figura 5.7, donde se observa los criterios definidos bajo a las tres “E” sobre las que se basa el proyecto ecológico: energía, entorno y ecología; y las alternativas son los cuatro sistemas analizados: BREEAM, LEED, CASBEE y AQUA.

Para la realización del método se utilizó el software Super Decisions (Foundation, Creative Decisions), que compara los diferentes criterios entre pares de alternativas, y permite insertar las ponderaciones de cada criterio de forma directa, gráfica o en base a la matriz desarrollada por Thomas Saaty (Saaty, 1988).

En una primera simulación, se considera que la ponderación de cada criterio es la misma para los tres casos (33,33%) tal y como se muestra en la Figura 5.8.

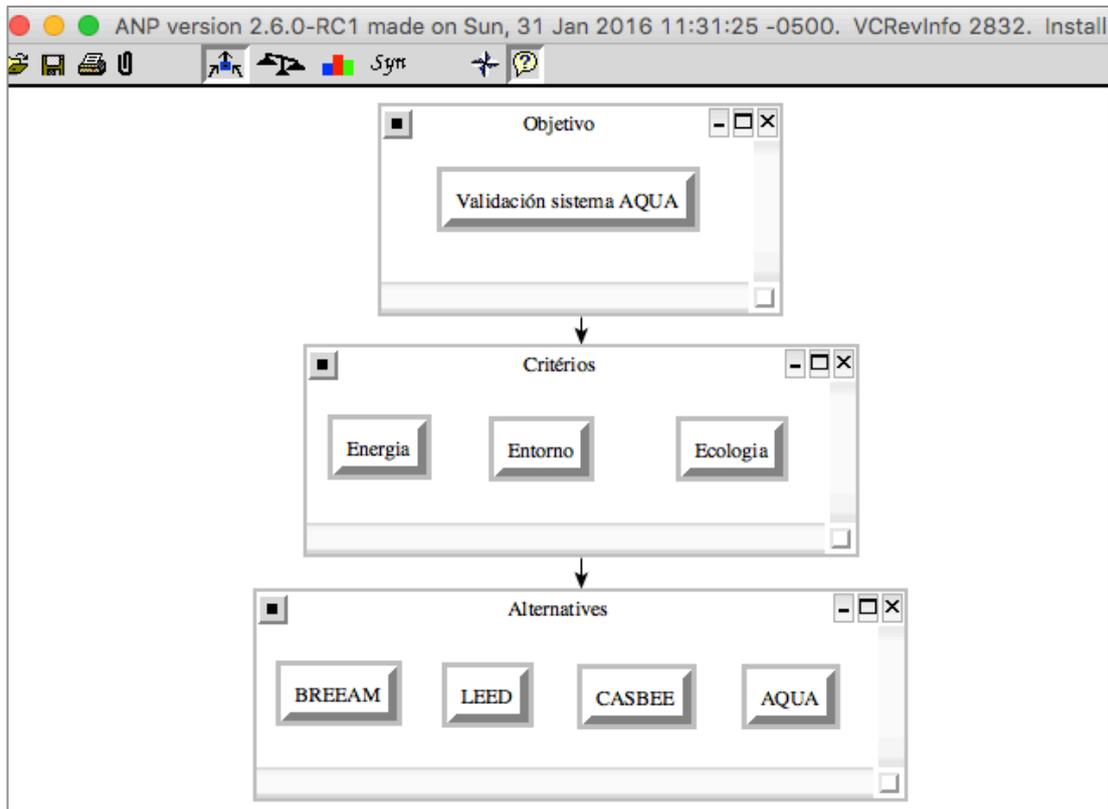


Figura 5.7 Diagrama del Proceso Analítico Jerárquico.
Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Inconsistency: 0.00000		
1 Energía		0.33333
2 Entorno		0.33333
3 Ecología		0.33333

Figura 5.8 Ponderación de los criterios para la evaluación respecto al objetivo.
Fuente: Elaboración Propia mediante software Super Decisions.

Una vez ponderados los criterios, se procede a realizar la comparación entre pares de alternativas, como muestra la Figura 5.9 a modo de ejemplo los resultados obtenidos para la comparación entre pares de alternativas, y el resultado final para el criterio “Energía”.

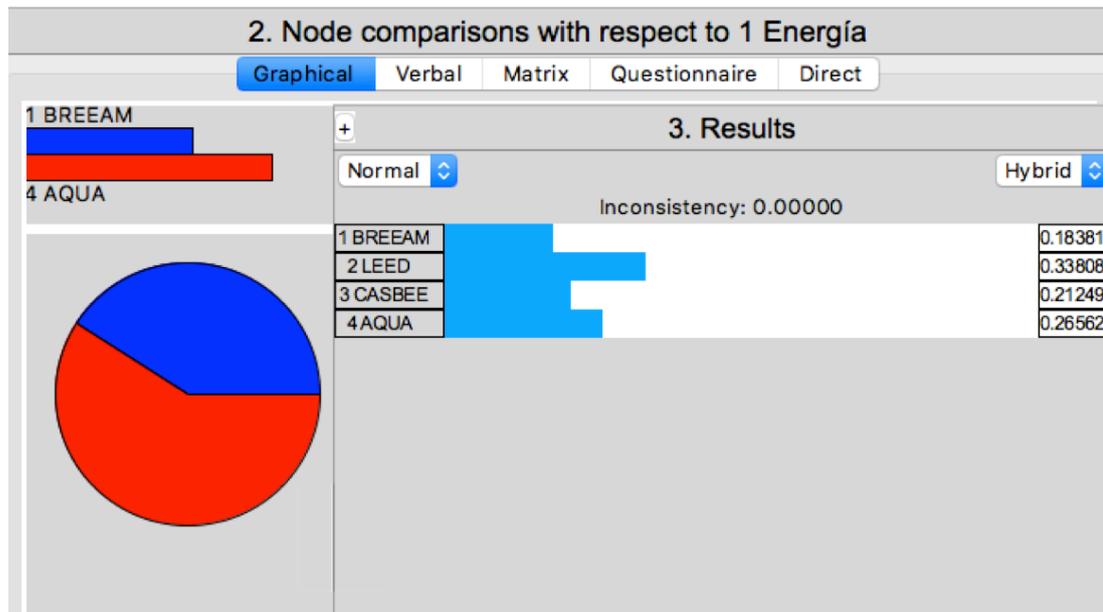


Figura 5.9 Ejemplo de los resultados de la comparación de pares de alternativas.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Una vez completado el mismo proceso comparativo entre pares de alternativas para los otros criterios de Entorno y Ecología, obtenemos la siguiente gráfica de sensibilidad dinámica que demuestra la Figura 5.10 inferior:

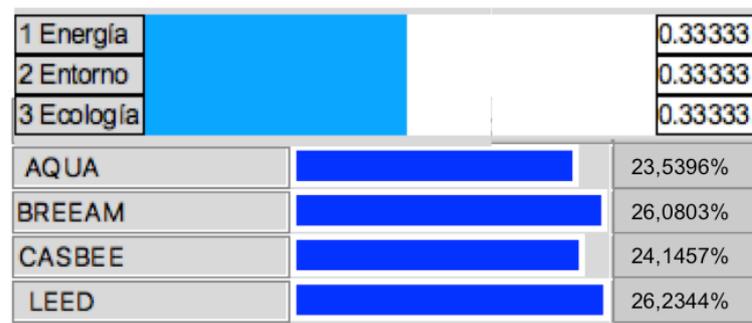


Figura 5.10 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 1.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Considerando que los tres criterios están ponderados de igual forma, los resultados finales indican la herramienta LEED NC posee los mejores resultados seguido por BREEAM NC, CASBEE NC y AQUA; sin embargo, se puede observar que las cuatro herramientas poseen porcentajes cercanos variando de 26,23% en el sistema LEED a 23,54% en el sistema AQUA.

Si bien los resultados anteriores indican que LEED para Nuevas Construcciones es la herramienta idónea considerando la ponderación equitativa de los criterios, la ponderación de los mismos puede verse alterada en función de las necesidades o

exigencias mejor adaptadas a la región sujeta a estudio. Es lo que conocemos como el análisis de sensibilidad del proceso analítico jerárquico.

El análisis de sensibilidad examina el grado de variación en el rendimiento previsto cuando los parámetros son variados sistemáticamente en algún rango de interés, ya sea individualmente o en combinación y se lleva a cabo por varias razones. En primer lugar, es debido a la naturaleza del proceso multi-criterio, que inherentemente contiene distintos niveles de incertidumbre debido a la elección de diversos parámetros de forma cualitativa y subjetiva. La segunda y principal razón es que el mismo permite que tanto los datos como el modelo diseñado puedan ser explorados en mayor detalle, lo que pueda aportar mejoras para futuros modelos. Por último, un análisis de sensibilidad puede llegar a ser muy útil en situaciones en donde la persona responsable de tomar la decisión final pueda no estar totalmente segura en la ponderación de uno o más criterios y el grado de afectación de éstos en los resultados finales (Stagnaro, 2012).

Para la segunda simulación realizada, se hace necesario definir prioridades para los criterios, con lo cual basándonos en las tres perspectivas del proyecto ecológico sostenible ya expuestas anteriormente al detalle, la región de Brasil presenta de forma esquemática la siguiente relación:

En la primera “E” de Energía, ya se ha comentado que si bien es cierto que la demanda de electricidad ha ido en aumento durante los últimos años, el consumo energético de los edificios en Brasil presenta una tendencia de rápido crecimiento, debido en parte al aumento del nivel de confort y servicios requeridos dentro de los edificios. Los recientes picos de demanda y las altas tasas de construcción, debido a los edificios cada vez más grandes y complejos, ponen de relieve la necesidad urgente de aumentar la eficiencia energética en este momento, debido a que los sistemas instalados ahora consumirán la energía en las próximas décadas. Al mismo tiempo, la matriz energética es cada vez más “sucía” con mayores emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la generación. (CBCS, 2014).

En la segunda “E” relacionada con el Entorno, se ha expuesto que a pesar de la capacidad hídrica favorable del país el consumo de agua en los centros urbanos está creciendo y, si se mantiene la tendencia de los últimos años, la capacidad de suministro de agua no será suficiente para satisfacer las necesidades de la población. Centrado en el suministro de la población, estudios muestran que la cantidad de agua suministrada es

mayor que la cantidad necesaria para el desempeño adecuado de las actividades de consumo. Esta condición se presenta, entre otros, por la operación y mantenimiento de sistemas hidráulicos de construcción inadecuados. Sin embargo, una parte significativa del agua suministrada a los edificios se descarta sin ser utilizada, a través de pérdidas o desperdicios. Por lo tanto, el uso eficiente del agua en los edificios puede reducir significativamente la demanda de agua para el abastecimiento de la población (CBCS, 2014). En cuanto a otro de los aspectos más importantes en esta dimensión como es el confort y la salud de los ocupantes, actualmente Brasil cuenta con normas que exigen iluminación, ventilación natural, prevención de sonidos; sin embargo no llega ser suficiente, la razón es porque, este tipo de medidas son de exigencia muy simples. La calidad ambiental se relaciona íntimamente con la salud, y es un punto que no se puede pasar por alto.

Por último, la tercera perspectiva de las tres “E” es la referente a la Ecología, en dónde se incluyen elementos como la selección de materiales, el reciclaje y la gestión, la operación y el mantenimiento del edificio, se expuso el incremento de los elementos contaminantes que aparecen en la región por el crecimiento de las ciudades capitales, así también como la densificación de las vías que van destruyendo poco a poco el paisaje natural. En el campo edificatorio, además de la densificación de las principales ciudades, existe un planteamiento incorrecto de edificaciones logrando productos sin considerar la valoración del sitio. De la misma forma, la falta de previsión por el análisis del ciclo de vida de los materiales utilizados para la construcción es evidente al no haber investigación al respecto, aunque desde hace algunos años se han incorporado conceptos de reciclaje, y en épocas mas recientes la reutilización de materiales.

Después de haber hecho énfasis en la descripción del escenario brasileño, en la segunda simulación realizada se ha considerado proveer de un mayor peso a los criterios de Energía y Entorno, entre los que se incluyen las categorías de Agua, Energía, Contaminación y Calidad del ambiente interior.

La nueva ponderación se ha hecho de forma tentativa, puesto que no se dispone de una profunda información empírica, pero sí en base a estudios académicos y la situación actual del desarrollo sostenible y políticas medioambientales que existen en la región. A través del software Super Decisions, las prioridades se expresan de forma numérica empleando la escala de Saaty (Saaty, 1988), donde se debe mostrar las preferencias de cada criterio respecto al resto, como muestran la Figura 5.11 inferior.

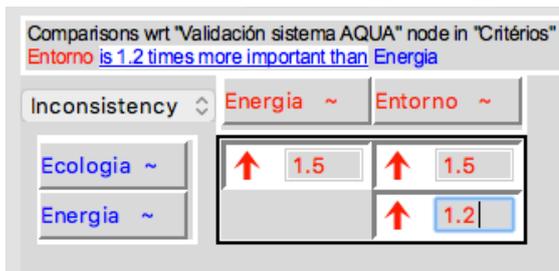


Figura 5.11 Matriz de criterios ponderados para la simulación 2.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Luego de haber realizado la matriz según los parámetros desarrollados por Saaty, el programa establece el peso porcentual que cada criterio tendrá en el análisis, tal y como se presenta en la inferior:

Inconsistency: 0.00355

Ecologia		0.24965
Energia		0.35240
Entorno		0.39795

Figura 5.12 Ponderación de los criterios para la simulación 2.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Considerando estas ponderaciones que reflejan el contexto actual de Brasil, los resultados finales presentados en la Figura 5.13 muestran que LEED para Nuevas Construcciones sigue siendo la herramienta mejor adaptada al escenario sugerido, representando un 26,39%, seguido de BREEAM, AQUA y CASBEE.

AQUA	[Bar]	24,61%
BREEAM	[Bar]	24,72%
CASBEE	[Bar]	24,28%
LEED	[Bar]	26,39%

Figura 5.13 Gráfica de sensibilidad dinámica simulación 2.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Al realizar una comparación entre los resultados de las simulaciones 1 y 2, se observa que la herramienta AQUA ha sufrido una alteración desde el primer escenario a la última simulación dos hacia la alta, estando en tercer lugar, sin embargo con valores muy próximos del segundo, BREEAM, reflejando claramente como ésta está más dirigida hacia los nuevos criterios con mayor ponderación.

El análisis de sensibilidad realizado en la simulación dos pone de manifiesto cómo la alteración de los criterios en base a las necesidades de la región pueden afectar en el posicionamiento final de las herramientas.

En ese momento ya se podría considerar el logro del objetivo del presente trabajo, con la validación del sistema AQUA, sin embargo se considera realizar un estudio comparativo más detallado, considerando necesario definir nuevos criterios basados en el análisis de las características principales de las diferentes herramientas de certificación analizadas en sus diferentes países y en base al contexto en el cual se encuentra el país sujeto a estudio. Se proponen, por lo tanto, seis nuevos criterios a ser analizados, que son: Sitio, Energía, Agua, Salud y Bienestar, Materiales y Otros.

Tal y como se realizó para las tres “E”, se enumeran las categorías de cada sistema y sus respectivos porcentajes, agrupándolos según la tendencia para cada uno de los criterios propuestos, como demuestra la Tabla 5.3 y el Gráfico 5.5, donde se observa el porcentaje de cada uno de los sistemas respecto a los criterios a evaluar.

Tabla 5.3 Porcentaje de los sistemas de evaluación respecto a los criterios propuestos.

Fuente: Elaboración propia.

	BREEAM	LEED	CASBEE	AQUA
Sitio	28,00%	31,82%	30,00%	6,25%
Energía	19,00%	23,63%	20,00%	25,00%
Agua	6,00%	9,09%	3,00%	16,00%
Salud y Bienestar	15,00%	13,63%	20,00%	38,05%
Materiales y Residuos	20,00%	12,72%	12,00%	7,35%
Otros	12,00%	9,11%	15,00%	7,35%

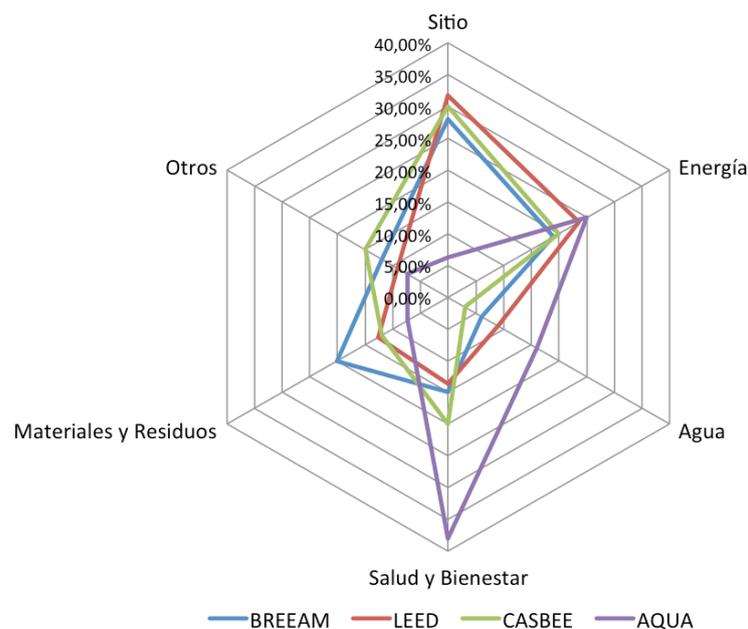


Gráfico 5.5 Gráfico radar de los porcentajes distribuidos en los criterios propuestos.

Fuente: Elaboración propia.

Conociendo a los porcentajes que cada sistema corresponde a cada uno de los criterios propuestos, se debe obtener las prioridades de cada criterio respecto a los demás. En un primer experimento y de forma tentativa se consideran que los criterios tienen una misma ponderación como se demuestra en la Figura 5.14 inferior.

Inconsistency:		
Agua		0.16667
Energia		0.16667
Materiale~		0.16667
Otro		0.16667
Salud y B~		0.16667
Sitio		0.16667

Figura 5.14 Ponderación de los criterios para la evaluación de la simulación 3.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Así como en el primer experimento, una vez ponderados los criterios, se procede a realizar la comparación entre pares de alternativas de cada uno de los criterios, que se obtuvo como resultado los valores que se muestra en la Figura 5.15 inferior.

AQUA		24,37%
BREEAM		28,40%
CASBEE		23,58%
LEED		23,63%

Figura 5.15 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 3.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Considerando que todos los nuevos criterios están ponderados de igual forma, los resultados finales indican que la herramienta BREEAM para Nuevas Construcciones posee los mejores resultados con un 28,40% seguidos de AQUA, LEED y CASBEE.

Tal y como sucedía para el caso de la primera simulación, la ponderación de los mismos puede verse alterada en función de las necesidades o exigencias mejor adaptadas a la región sujeta a estudio, por lo que se considera necesario la realización del análisis de sensibilidad mediante a una segunda simulación también para los nuevos criterios.

Considerando las necesidades más relevantes dentro del contexto brasileño, se proponen nuevas ponderaciones a los criterios. Tal y como lo hecho para la simulación dos y también utilizando el software Super Decisions, se expresan las prioridades de forma numérica empleando la escala de Saaty, como muestra la Figura 5.16 y Figura 5.17 inferior:

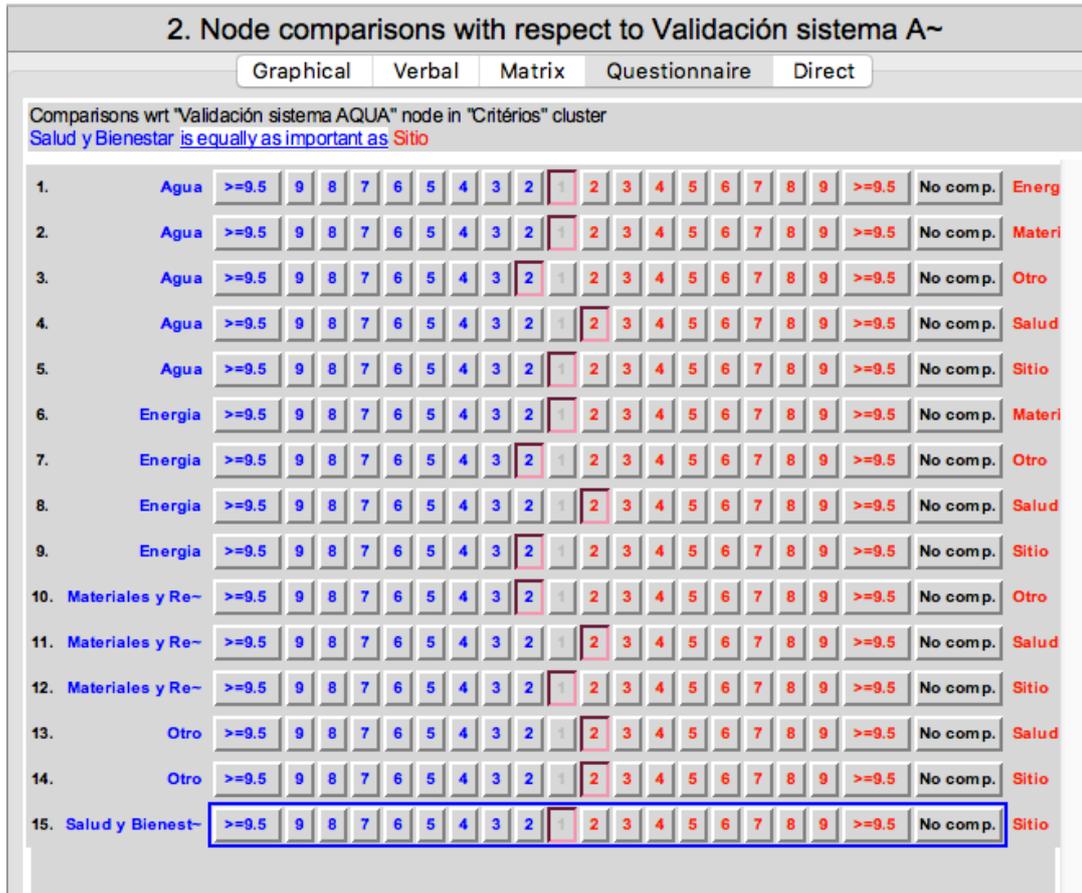


Figura 5.16 Preferencia de cada criterio respecto al resto a evaluar – simulación 4.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

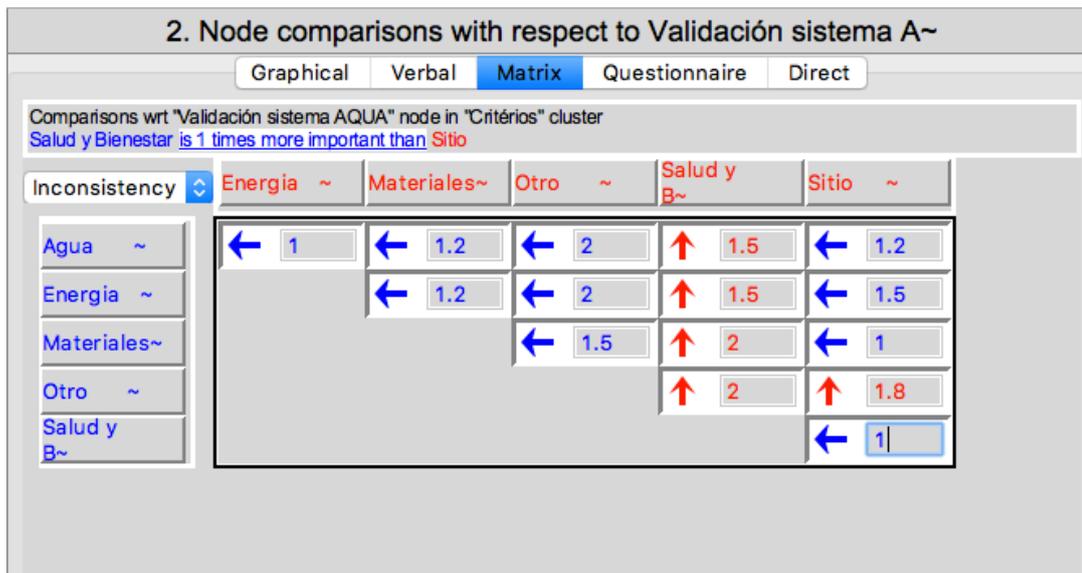


Figura 5.17 Matriz de comparaciones pareadas de los criterios a evaluar – simulación 4.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Luego de haber realizado la matriz según los parámetros desarrollados por Saaty, el programa establece el peso porcentual que cada criterio tendrá en el análisis, tal y como se presenta en la Figura 5.18 inferior:

Inconsistency: 0.01017		
Agua		0.17792
Energia		0.18596
Materiale~		0.14349
Otro		0.09579
Salud y B~		0.23439
Sitio		0.16245

Figura 5.18 Porcentaje de los criterios simulación 4.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

Considerando estas ponderaciones que reflejan el contexto actual de Brasil, los resultados finales muestran que BREEAM sigue siendo la herramienta idónea con 27,43%, sin embargo se observa una diferencia menos representativa respecto a la herramienta AQUA que sigue siendo la segunda mejor opción ahora con 26,75% lo que demuestra que la herramienta está adecuada a la realidad de la región de su implementación.

AQUA		26,75%
BREEAM		27,43%
CASBEE		22,55%
LEED		23,26%

Figura 5.19 Resultados simulación 4.

Fuente: Elaboración propia mediante software Super Decisions.

El análisis de sensibilidad realizado en la simulación cuatro, a pesar de no haber resultado en un cambio del posicionamiento de las diferentes herramientas, también demostró que la alteración de las ponderaciones en base a las necesidades de la región afectan en el resultado final. La herramienta AQUA para Edificios No Residenciales obtuvo un mejor posicionamiento, aproximándose de la herramienta BREEAM para Nuevas Construcciones.

Una alteración hacia la alta en los criterios de Agua y Salud y Bienestar repercutirá en una mejor posición de AQUA para Edificios No Residenciales frente a las otras. Por el contrario, si sensibilizamos los criterios de Sitio y Materiales hacia la alta, implicará en un peor posicionamiento de esta herramienta.

A través de los análisis realizados y al valorar la Tabla 5.3 anterior, es notable la diferencia entre la importancia que se concede a la cuestión del espacio sostenible (Sitio) en la herramienta AQUA para Edificios No Residenciales en comparación con las demás herramientas, la primera correspondiendo a 6,25% y las otras a un rango de 28% a 31,82% de sus puntuaciones totales. Esta discrepancia se explica por el foco todavía incipiente en asuntos relacionados con la comunidad en Brasil. Es decir, las prácticas relacionadas con el espacio sostenible como fomentar el transporte alternativo y la prevención de la contaminación en la construcción, logran beneficios para toda la población, no teniendo como prioridad el usuario. Los datos muestran que el sistema AQUA se basa prioritariamente en la comodidad de los usuarios y en la eficiencia energética y no en la relación sostenible del edificio con su entorno y con el desarrollo urbano, datos demostrados por las diferencias de porcentajes concedidos al criterio de Salud y Bienestar, que en AQUA representa un 38,05% y en las demás herramientas variando en un rango de 13,63% a 20%.

6 CONCLUSIONES

En los siguientes apartados se estructuran las conclusiones finales del trabajo en tres grandes bloques: generales, específicas y personales.

6.1 GENERALES

A través del presente estudio se pudo constatar la importancia de la certificación para edificios verdes. Se puede evidenciar que la puesta en práctica de dichas herramientas no sólo producen beneficios significativos al minimizar el impacto ambiental, mediante el desarrollo de técnicas y propuestas de diseño que favorezcan a un ahorro energético, no agresión al medio ambiente y calidad ambiental a los edificios, sino que maximizan el beneficio social y el impacto económico. Si las decisiones que se toman en las primeras etapas de concepto y diseño de los edificios responden a unos objetivos sostenibles, muchos de los aspectos negativos podrán ser potencialmente prevenidos o al menos reducidos.

Como se observó a lo largo del trabajo, los diferentes sistemas de certificaciones de edificios Green Building poseen aspectos fácilmente identificables y comparables, puesto que su objetivo principal es el promover los edificios verdes, sin embargo cada sistema posee objetivos secundarios que corresponden a un país o región que deberán ser ajustadas para un medio, contexto, lugar donde esté implementado, identificando situaciones como necesidades, aspectos económicos, técnicas propias, y soluciones creativas. La mejor forma para describir y entender el funcionamiento de un sistema de certificación es comprender la situación ambiental, económica y sus objetivos, para entender su organización, su funcionamiento y operabilidad. Y finalmente comprender su composición técnica.

Los principales sistemas de certificación como BREEAM y LEED son procedentes de algunos de los países más industrializados del mundo, creados por la gran demanda de edificios, que producen problemas ambientales, fueron el paso inicial para enfrentar todos los problemas que causan la industria de la construcción. Todos los sistemas de certificación alrededor del mundo desarrollados posteriormente, como el caso de AQUA, están en base o en consideración a los ya nombrados, por lo que se verifican similitudes entre ellos. Del mismo modo, al enfocarnos en el contexto de Brasil, un país en vía de desarrollo, se evidencian las diferencias de este sistema, que tiene por prioridad el usuario del edificio.

6.2 ESPECÍFICAS

Se pudo constatar que los elementos que componen las categorías en cada sistema de evaluación poseen distintos porcentajes que son sinónimos de prioridad de un sistema al evaluar un proyecto; sin embargo, se encuentra que las principales categorías están relacionadas a la utilización del consumo de energías renovables (energía, agua, materias primas, reciclaje), calidad ambiental (el confort, y la salud) y a la preservación de entornos (preservación de faunas, floras, respeto al sitio y emisión de contaminantes).

Cuando se analizan los porcentajes atribuidos por cada sistema en las tres perspectivas del proyecto ecológico, se observa la tendencia de todas las herramientas a la perspectiva de Entorno representando un 52,5%, que engloba cuestiones tales como salud y confort de los usuarios, calidad ambiental del aire, eficiencia del agua, entre otros; poniendo en evidencia la actual preocupación global. Sin embargo, las preocupaciones respecto a las perspectivas de Energía y Ecología, que representan un 23,75% cada, también son necesarias para obtener un edificio Green Building.

En ese sentido, se observa que el sistema AQUA es el que tiene mayor discrepancia sobretodo en los temas de Entorno y Ecología, con sus 60,3% y 14,7% respectivamente, llevando a entender que sus preocupaciones priorizan aspectos tales como salud y confort del ocupante sobre los aspectos de la utilización moderada de recursos, reducción de los residuos y creación de ecosistemas más ricos.

Cuando se valora la comparación mediante el método AHP considerando las tres perspectivas ya mencionadas con igual ponderación, se verifica que la herramienta LEED NC posee sus elementos mejor distribuidos, demostrando que dentro del grupo de herramientas analizadas es la que considera valores más similares a las tres perspectivas.

El análisis de sensibilidad posibilitó la constatación de que cuando alterados las ponderaciones de los criterios según a las necesidades de la región, LEED sigue siendo la herramienta mejor adaptada al escenario sugerido; sin embargo, la herramienta AQUA sufre una alteración hacia la alta, acercándose a LEED y demostrando su aplicabilidad en la región. La herramienta LEED analizada también es ampliamente aplicada en los edificios de Brasil, y por los resultados obtenidos, se reconoce su validación para la región considerando los criterios adoptados.

Las diferencias más significativas entre los sistemas analizados cuando comparados al sistema AQUA se observan en los elementos de “Sitio” y “Salud y

Bienestar”. En el primer se verifica que cuestiones de elección del terreno, analice de accesibilidad y otras cuestiones relacionadas con el sitio de la implementación de un edificio tiene una gran importancia dentro de las herramientas BREEAM - representando 28%, LEED – representando 31,82% y CASBEE – representando 30%; sin embargo, ese elemento representa 6,25% del total de los elementos evaluados por AQUA, demostrando una debilidad del sistema en ese tema, todavía más evidente cuando verificado que en Brasil las cuestiones de movilidad urbana, contaminación en los centros urbanos y baja calidad ambiental son preocupaciones emergentes.

En el segundo elemento destacado por las diferencias entre los sistemas, “Salud y Bienestar”, que contempla cuestiones de confort higrotérmico, acústico, visual y de la calidad del aire interior, se verificó que es el tema que representa mayor significancia en el sistema AQUA, con 38,05%; en los otros sistemas ese elemento representa 20%, 12,72% y 12% para BREEAM, LEED y CASBEE respectivamente. Se constata, una vez más, la preocupación más acentuada de ese sistema hacia el usuario de los edificios.

Mediante la comparación de los diferentes sistemas elegidos, fue posible verificar que la herramienta AQUA para Edificios No Residenciales es coherente en las relaciones entre sus categorías, conectando las funciones relacionadas al edificio para mejorar el rendimiento de cada una de ellas. Además, el hecho de la realización por parte de la entidad certificadora de las auditorias presenciales da credibilidad al certificado.

Cumpliendo con el objetivo principal y a criterio del autor del presente trabajo, se valida la adecuación del sistema AQUA cuando comparado con otros sistemas mundialmente consolidados. Además, a través de los análisis de sensibilidad se considera que sus ponderaciones a las distintas categorías responden a la necesidad de la región; sin embargo se sugiere el estudio más detallado del tema con la finalidad de definir mejoras futuras al sistema que incluya una mayor preocupación con los temas de la comunidad y la ecología.

6.4 PERSONALES

Los principales motivadores para la realización de este trabajo fueron el interés y la preocupación por el desarrollo sostenible, principalmente de mi país de origen, Brasil. Es cierto que el programa académico del Máster en Ingeniería de Edificación ya incluía asignaturas con énfasis en sostenibilidad, sin embargo el desarrollo de la presente investigación amplió considerablemente mis conocimientos y criterios en la temática mencionada, el desarrollo de habilidades de investigación y el uso de nuevas herramientas de comparación.

Así mismo, la investigación realizada ha logrado que adquiriera un conocimiento más profundo acerca de los diferentes sistemas de evaluación de la sostenibilidad utilizados internacionalmente y en Brasil, así como sus criterios y procedimientos. Puedo concluir que lo aprendido cumple satisfactoriamente las expectativas planteadas inicialmente, al mismo tiempo que me abre nuevos caminos e interrogantes para el desarrollo de futuras investigaciones.

7 REFERENCIAS

- ABRECON. (2013). *Relatório Pesquisa Seorial 2013 - A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil*. Curitiba.
- ABRELPE. (2015). *Panorama dos Resíduos Sólidos - Brasil 2014*. São Paulo.
- ANA - Agência Nacional de Águas. (2013). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Anink, D., Boonstra, C., & Mak, J. (1996). *Handbook of Sustainable Building, an Enviromental Preference Method for selection of Materials for use in Construction and Refurbichment*. London, UK: James & James Limited.
- B. Cryer, J. F. (2006). *Evaluating the diffusion of green building practices*. Califórnia: UCLA Anderson School of Manegement.
- Barros, M. C., & Bastos, N. F. (2015). *Edificações sustentáveis e certificações ambientais - Análise do Selo Qualiverde*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- BREEAM. (09 de abril de 2014). BREEAM International New Construction Technical Manual.
- Brundtland, G. H. (1991). *Nosso futuro comum: Relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Rio de Janeiro: FGV.
- CASBEE. (27 de Mayo de 2014). *CASBEE for Building (New Construction) Technical Manual*. (I. f. (IBEC), Ed.) Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english>
- CASBEE. (2014). *CASBEE for Building (New Construction) Technical Manual*. IBEC, JSBC.
- CBCS. (2014). *Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas*. Ministério do Meio Ambiente.
- CBCS. (Agosto de 2015). *Posicionamento CBCS: Eficiência energética no ambiente construído*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016, de http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/posicionamentos/CBCS15_Posicionamento_EE-ambiente-construido.pdf

- CIB. (1999). *Agenda 21 on Sustainable Construction*. CIB International Council for research and innovation in building and construction. Rotterdam: CIB Report Publication 237.
- Donella H. Meadows, D. L. (1972). *The limits to growth*. New York: Universe Books.
- Edwards, B. (2009). *Guia Básica de la Sostenibilidad*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Edwards, B. P. (2003). Construction products and life-cycle thinking. *Industry and Environment Journal* , 26 (2-3), 57-61.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. (2015). *Balanço Energético Nacional* . Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia (MME).
- EPE. (2015). *Balanço Energético Nacional 2015 - Ano base 2014 Síntese*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia.
- Foundation, Creative Decisions. (s.f.). *Super Decisions Software*. Recuperado el 18 de marzo de 2016, de <http://www.superdecisions.com>
- Fundação Vanzolini. (s.f.). Recuperado el 19 de 01 de 2016, de <http://vanzolini.org.br/aqua>
- Fundação Vanzolini . (14 de 04 de 2014). *Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais em Construção*. Recuperado el 20 de 01 de 2016, de Processo AQUA-HQE: http://vanzolini.org.br/download/RT_AQUA-HQE-Edificios_residenciais.pdf
- Fundação Vanzolini. (09 de 2014). *Processo AGUA-HQE*. Recuperado el 20 de 01 de 2016, de Guia prático de referencial de avaliação da qualidade ambiental do edifício:
http://vanzolini.org.br/download/Guia_Pratico_Referencial_Avaliacao_Qualidade_Ambiental_Edif%C3%ADcio.pdf
- Fundação Vanzolini. (14 de abril de 2014). *Processo AQUA-HQE*. Recuperado el 20 de janero de 2016, de Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Não Residenciais em Construção:
http://vanzolini.org.br/download/RT_AQUA-HQE-Edificios_ao-residenciais.pdf

- Fundação Vanzolini. (2014). *Referencial técnico de certificação AQUA-HQE*. São Paulo: FCVA.
- Guerra, J. d. (2009). *Gestão de resíduos da construção civil em obras de edificações*. Recife: Universidade de Pernambuco.
- IBGE. (2011). *Evolução da divisão territorial do Brasil 1872-2010*. São Paulo.
- IBGE. (2015). *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IPEA. (2016). *Relatório Brasileiro para o Habitat III*. Brasília.
- Johnson, B. (2005). *Barriers to certification for LEED registered projects*. Master of Science, Department of Construction Management. Colorado: Colorado State University Fort Collins.
- Lago, A. A. (2006). *Estocolmo, Rio, Joanesburgo. O Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas*. Brasília: Instituto Rio Branco.
- LEED. (1 de julio de 2014). LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System. Estados Unidos.
- Matos, B. F. (2014). *Construção sustentável: Panorama Nacional da certificação ambiental*. Juiz de Fora.
- MEC/INEP. (2012). *Censo da Educação Superior*.
- Ministério do Meio Ambiente. (s.f.). *Agenda 21 Global*. Recuperado el 15 de 10 de 2015, de <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>
- Peter O. Akadiri, E. A. (2012). Design of a Sustainable Building: A Conceptual Framework for Implementing Sustainability in the Building Sector. *Buildings* .
- Pinheiro, M. D. (2006). *Ambiente e Construção Sustentável*. Recuperado el 14 de 01 de 2016, de Instituto do Ambiente: http://www.lidera.info/resources/ACS_Manuel_Pinheiro.pdf
- Ramallo, M. (2011). *Estudio comparativo de certificações "Green Building" en edificios, para la elaboración de un modelo inicial para América del Sur*. Barcelona: EPSEB.

- Reeder, L. (2010). *Guide to Green Building Rating Systems: Understanding LEED, Green Globes, Energy Star, the National Green Building Standard, and more*. Wiley.
- Saaty, T. (1988). *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw Hill.
- SB Alliance. (s.f.). Recuperado el 13 de 01 de 2016, de Sustainable Building Alliance: www.sballiance.org
- Silva, A. d., & Calarge, F. A. (2014). Análises das certificações de sustentabilidade na indústria da construção civil: Um estudo comparativo. *SIMPOI*.
- SNIS. (2016). *Diagnóstica do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2014*. Brasília: Sistema Nacional de Informações sobre Sanemamento.
- Stagnaro, P. J. (2012). *Hacia un modelo energético sostenible para los países del Golfo mediante el estudio de un caso práctico en los Southern Biomes (Oman Botanical Garden)*. Barcelona: EPSEB.
- Sustentare. (2009). *Implementação de um sistema de avaliação de desempenho ambiental da construção - LEED*. Lisboa.
- The European Commission. (2001). *A green Vitruvius: principios e praticas de projeto para uma arquitetura sustentavel*. Portugal: Ordem dos Arquitectos.
- U.S Environmental Protection Agency. (9 de 10 de 2014). *Green Building Basic Information*. Recuperado el 10 de 01 de 2016, de <http://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html>
- U.S. GBC. (s.f.). Guia de conceptos Básicos de Edificios verdes y LEED.
- United Nations. (3-14 de 06 de 1992). *Rio declaration on environment and development*. Recuperado el 15 de 10 de 2015, de Report of the United Nations conference on environment and development: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>
- UN-WATER. (s.f.). *Key Water Indicator Portal*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016, de <http://www.unwater.org/kwip>
- USGBC. (1 de julio de 2015). *LEED v4 for Design and Construction*. Washington, DC, EUA.

- WBCSD. (2010). *The New Agenda For Business, Vision 2050*. Switzerland: World Business Council For Sustainable Development.
- World GBC. (s.f.). Recuperado el 13 de 01 de 2016, de World Green Building Council: www.worldgbc.org
- World Green Building Council. (2014). *Impact Report 2013-2014*. WGBC.