



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES
PRIMERA EDICIÓN**

***INCORPORACIÓN DE PRINCIPIOS DE
SOSTENIBILIDAD EN LOS SISTEMAS
CONSTRUCTIVOS PARA EDIFICACIONES DE USO
RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE CUENCA***

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGÍSTER EN CONSTRUCCIONES (MSc)**

AUTOR: ARQ. JHONATAN ORDOÑEZ AMOROSO.

DIRECTOR: ING. ANDRES SALAS MONTOYA, Ph. D

Cuenca, Junio del 2013

RESUMEN

El presente documento es un aporte para los profesionales de la construcción, que están dispuestos conscientemente a enfrentar y plasmar en sus proyectos soluciones concordantes con el medio ambiente que los rodea, respondiendo además a una realidad social y económica determinada, dichas soluciones modernas e innovadoras en las distintas fases y procesos constructivos nos acercaran más al camino de la sostenibilidad, en la que la mayoría de sociedades responsables están ya transitando, y están obteniendo logros importantes donde el principal beneficiario es el hombre.

Todo esto nos invita a reflexionar, aprender y perpetuar los principios y conceptos básicos de la sostenibilidad, siempre enriqueciéndola y perfeccionándola con nuestras propias experiencias y realidades.

Nuestros proyectos constructivos deben potencializarse en cada actividad constructiva, por más mínima que esta sea, pues solamente poniéndola en práctica y dejando de lado los discursos, crearemos un hábito constructivo que minimice su impacto en el medio ambiente.

El presente documento proporciona un conjunto de recomendaciones nos encaminan o dirigen a la aplicación de los principios básicos de la sostenibilidad en los sistemas constructivos para edificaciones de uso residencial, permitiéndonos tomar decisiones óptimas, como consecuencia del discernimiento obtenido en base a un análisis encaminado a minimizar el impacto ambiental de cada fase constructiva denominada obra tosca o gris, desarrollada en la ciudad de Cuenca-Ecuador.

ABSTRACT

This paper is a contribution to the construction professionals, who are willing to consciously face and filling his solutions projects consistent with the environment around them, responding well to a particular social and economic reality, these modern and innovative solutions the different stages and construction processes we come closer to the path of sustainability, in which most responsible companies are already passing, and are making significant achievements where the main beneficiary is the man. All this leads us to reflect, learn and perpetuate the principles and basic concepts of sustainability, always enriching and perfecting it with our own experiences and realities. Our construction projects are potentiated in each construction activity, however minimal it may be, as only putting it into practice and speeches aside, create a constructive habit that minimizes its impact on the environment. This document provides a set of recommendations that lead us or direct the application of the basic principles of sustainability in building construction systems for residential use, allowing us to make optimal decisions as a result of the insight gained on the basis of an analysis aimed at minimize the environmental impact of each stage called constructive or gray rough work, developed in the city of Cuenca, Ecuador.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1. PROTOCOLO.....	13
1.1 Introducción.....	13
1.2 Planteamiento del problema	13
1.3 Objetivos de la investigación	17
1.4 Justificación.....	17
1.5 Marco de referencia	20
1.6 Metodología	24
CAPITULO 2. LA SOSTENIBILIDAD	26
2.1 Introducción.....	26
2.2 Desarrollo sostenible	27
2.2.1 Concepto.....	27
2.2.2 El reporte de Brundtland.....	27
2.2.3 Agenda 21.....	28
2.3 La sostenibilidad en el mundo de la construcción	30
2.3.1 Definiciones de Construcción sostenible por parte de diversos autores	31
2.3.2 Conceptos Básicos	32
2.4 Herramientas básicas para medir la sostenibilidad	40
2.4.1 Guías y directorios	41
2.4.2 Bases de datos	41
2.4.3 Herramientas de análisis y evaluación	45

CAPITULO 3. LA CONSTRUCCION 58

3.1 Sistemas constructivos 58

3.2 Materiales de construcción 59

 3.2.1 Características exigibles a los materiales de construcción (Según
 NEC-11) 62

 3.2.2 Materiales pétreos 63

 3.2.3 Los metales..... 63

 3.2.4 La madera..... 63

3.3 Análisis de las fases constructivas y materiales 67

 3.3.1 Estructura portante 67

 3.3.2 Mampostería 89

3.4 La calidad en la edificación 93

3.5 La gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).. 94

 3.5.1 Posibilidades de reutilización y reciclaje de los RCD 95

**CAPITULO 4. ANÁLISIS, CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES 98**

4.1 Conceptos básicos..... 98

 4.1.1 Desarrollo sostenible 98

 4.1.2 La sostenibilidad en el mundo de la construcción 99

 4.1.3 Principales aspectos que permiten aproximarnos a la
 sostenibilidad..... 102

 4.1.4 Principales recursos a considerar para una construcción
 sostenible..... 102

 4.1.5 Aspectos a tomar en cuenta para la puesta en práctica de los
 principios de la sostenibilidad..... 103

4.2 Análisis y aproximación al área de estudio: Cuenca-Ecuador 103

4.3	Análisis de la certificación LEED (España) y su relación en la realidad constructiva de Cuenca-Ecuador	105
4.3.1	Parcela sostenible.....	106
4.3.2	Eficiencia en agua.....	108
4.3.3	Energía y atmosfera.....	108
4.3.4	Materiales y recursos.....	109
4.3.5	Calidad ambiental interior	110
4.3.6	Innovación y diseño	111
4.4	Análisis de los materiales constructivos utilizados para la construcción de cimentación, estructura y mampostería.....	112
4.4.1	Materiales sostenibles	113
4.4.2	Características exigibles para los materiales de construcción: Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11	115
4.4.3	Las etiquetas ecológicas	117
4.4.4	Principales materiales utilizados para la construcción de viviendas	118
4.5	La gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) ..	141
4.5.1	Manejo de residuos.....	143
	Los residuos inertes	143
	Los residuos banales.....	144
4.5.2	Posibilidades de reutilización y reciclaje de los RCD	144
	Suelo y capa vegetal	145
	Áridos	145
	Ladrillo y Concreto.....	146
	Materiales Metálicos	146
	Madera	146
4.6	Fases constructivas	148
4.7	Recomendaciones para una construcción sostenible	148
4.7.1	Reconocimiento del terreno	148
4.7.2	Estudio geotécnico.....	150

4.7.3	Replanteo.....	151
4.7.4	Movimiento de tierras	151
4.7.5	Estructura portante (Hormigón Armado)	152
4.7.6	Encofrado.....	158
4.7.7	Mampostería	160
4.8	La calidad en la edificación.....	162
4.9	Impacto ambiental (emisiones CO ₂) y económico de la construcción de viviendas unifamiliares	163
4.10	Conclusiones y recomendaciones	166
	BIBLIOGRAFIA.....	175

Yo, Jhonatan Adrian Ordóñez Amoroso, autor de la tesis " INCORPORACIÓN DE PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE CUENCA", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de MAGÍSTER EN CONSTRUCCIONES (MSc). El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 02 de Junio del 2013



Arq. Jhonatan Ordóñez Amoroso
CI: 0103831970

Yo, Jhonatan Adrian Ordóñez Amoroso, autor de la tesis ““ INCORPORACIÓN DE PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 02 de Junio del 2013



Arq. Jhonatan Ordóñez Amoroso
CI: 0103831970

DECLARACIÓN

Yo, JHONATAN ADRIAN ORDÓÑEZ AMOROSO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad de Cuenca, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Autor: Arq. Jhonatan Ordóñez Amoroso

C.I.: 0103831970

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el AUTOR, bajo mi supervisión.

Ing. Andrés Salas Montoya, Ph D
DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposa Diana y a mi hijo Matías
en agradecimiento por su inagotable fuente de comprensión y amor.



INCORPORACIÓN DE PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE CUENCA

CAPITULO 1. PROTOCOLO

1.1 Introducción

El tema de la sostenibilidad está ganando mucho terreno en el mundo de la construcción y muchas otras disciplinas más, cada día los investigadores buscan sensibilizarnos sobre los efectos que todas nuestras actividades tienen sobre el medio ambiente, pues más que una novedad, es una necesidad y sobre todo, lo primordial son las acciones antes que los discursos.

“A nivel mundial la construcción es responsable del 30% al 40% del uso de la energía, el 30% del consumo de materias primas, el 20% del uso del agua, del 30% al 40% de las emisiones de CO₂ y de la producción de desperdicios sólidos, el 20% del uso de efluentes y un 10% del uso de suelo”¹. Estos datos demuestran los daños que está causando el sector de la construcción al medio ambiente y son indicadores suficientes para fomentar investigaciones encaminadas a disminuir el impacto y contaminación ambiental generada por el sector de la construcción.

La presente investigación tiene como objetivo ofrecer recomendaciones basadas en el análisis de los materiales y procesos constructivos, que permitan minimizar el impacto ambiental de la construcción. Se partirá por investigar la historia y los principios del desarrollo sostenible, luego mediante información recopilada sobre los sistemas y materiales constructivos predominantes, se ofrecerán recomendaciones constructivas concretas y prácticas, que solucionen los distintos inconvenientes que se presentan en nuestra realidad, siendo de utilidad para los profesionales de la construcción, al ofrecer posibilidades de socialización y divulgación de los datos obtenidos

1.2 Planteamiento del problema

Revisando la historia, podemos notar que a principios de los años 70 comienza a tomar espacio a nivel mundial las reflexiones sobre el medio ambiente y los recursos disponibles en el planeta, sin embargo es solo

¹ Edificios Verdes, Green Building en Chile [en línea]: Construcción Sostenible (Junio 2009). [Fecha de consulta: 02 Mayo 2011]. Disponible en: <http://ingenieriaverde.wordpress.com/>.



en la siguiente década que estas reflexiones toman fuerza y surge el concepto del **Desarrollo Sostenible**, dicho concepto es presentado en el escenario de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el año 1987, por la Primera Ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland, presidiendo la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo. Esta comisión trabajó por más de tres años y logró redactar el informe final llamado: “Nuestro Futuro Común” o también conocido como “The Brundtland Report”, que define el desarrollo sostenible como “El nuevo equilibrio capaz de responder a las necesidades del presente sin poner en entredicho la posibilidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras”.

“Según informes del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la temperatura del planeta subirá hasta 6 grados en este siglo, el Océano Atlántico se va a calentar 3 grados en los próximos 10 años, se prevé el deshielo de los nevados andinos y el aumento del nivel de los océanos en 50 cm. en los próximos 50 años, las olas de calor y de lluvias y las temperaturas en verano e invierno seguirán haciéndose extremas y en los próximos años, la cifra de refugiados por causas ambientales puede llegar a 50'000.000 de personas”²; siendo el principal protagonista de estos efectos, el CO₂, pues su medular efecto es retener y no permitir disipar la radiación calórica, atribuyéndole en gran medida los efectos del calentamiento global, y en este sentido “el sector de la construcción contribuye de manera importante a ese deterioro en sus distintas fases (extracción y fabricación de materiales, diseño de la edificación y de sus instalaciones que influye decisivamente en el rendimiento energético de la misma, gestión de la obra y de sus residuos...) y necesita dar un giro notable hacia la adopción de decisiones encaminadas hacia la sostenibilidad”³.

“Tres cuartas partes de la producción energética mundial se consume en las ciudades, configurándose la actividad urbana como un factor clave para el cambio climático”⁴. Es por eso que “El modelo de ciudad compacta, compleja, eficiente y cohesionada socialmente, sigue siendo el modelo que mejor se ajusta al modelo de ciudad sostenible, y a la vez, al modelo de ciudad del conocimiento. Dos modelos de ciudad que

² “Construcciones Sustentables”, Escala, 2006, Pág. 3.

³ BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. “Guía de construcción sostenible”. España: Paralelo Edición, 2005. Pág. 3.

⁴ State of the World, 2007. Worldwatch Institute



deben coincidir en uno único, puesto que el desarrollo de uno sin el otro no tienen futuro”⁵.

Por estas razones es necesario preguntarnos: ¿Es posible incorporar los principios básicos del desarrollo sostenible en los sistemas constructivos utilizados para la construcción de viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca?

El momento de dar un giro en el sector de la construcción hacia un modelo constructivo más amigable con el medio ambiente es ahora, pues el desarrollo sostenible debemos dejar de verlo como una práctica solamente de los países desarrollados y comenzar a concientizarnos nosotros mismos y concientizar a los que nos rodean de los grandes beneficios que la sostenibilidad aportará no solo al sector de la construcción sino también al medio ambiente que nos rodea y por ende a toda la sociedad. Por esta razón nos enfocaremos en las construcciones predominantes en nuestro país y en la ciudad para aportar con propuestas que permitan disminuir el impacto ambiental generado por esta actividad en nuestra ciudad. A continuación se presentan cifras porcentuales que informan sobre el tipo de construcción que se realiza en el país y la ciudad.

Según datos INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en el año 2009.

En el Ecuador se emitieron 38.835 permisos de construcción, lo que representó un incremento del 12% respecto al año 2008 (4.182 permisos).

- El 88% para nuevas construcciones
 - 90% para uso residencial
 - 74,68% para construcciones residenciales unifamiliares.
 - ❖ 44,10% para residencias entre 100 a 199m² de construcción
 - 80% usan el hormigón armado en sus cimientos
 - 90% usan el hormigón armado en sus estructuras
 - 64% usan el bloque para sus paredes

⁵ Estrategia Española de Medio Ambiente Urbano, 2006. Ministerio de Medio Ambiente.



En la provincia del Azuay el año 2009 se emitió un total 2.999 permisos de construcción, que equivale a 1'225.059m² de construcción.

- 91,56% para nuevas construcciones
 - 92,73% para uso residencial
 - 63,64% para residencias unifamiliares
 - ❖ 58,36% residencias entre 100 a 199m² de construcción
 - 43,04% usan el hormigón armado en sus cimientos
 - 93,64% usan el hormigón armado en sus estructuras
 - 73,05% usan el ladrillo para sus paredes

* Las cifras son con respecto a los permisos de construcción emitidos.

Al guiarnos por el tipo de construcción predominante en el país nos permitirá ser más eficientes en la búsqueda del desarrollo sostenible, pues nos enfocaremos en buscar la forma de incorporar las políticas y los principios básicos de la sostenibilidad a los sistemas constructivos más utilizados en la ciudad de Cuenca, que de acuerdo a la guía de la Construcción Sostenible publicada en España en el 2005⁶ son los siguientes:

Políticas basadas en los principios de sostenibilidad

- Basadas en la equidad y la solidaridad
- En el principio de prevención
- Donde analizamos su ciclo de vida
- Donde los problemas se solucionan en el origen
- En el principio de participación
- Primando desarrollos locales

Principios de la construcción sostenible

- Se adapta y es respetuosa con su entorno,
- Ahorra recursos,
- Ahorra energía.

⁶ BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. "Guía de construcción sostenible". España: Paralelo Edición, 2005.



El presente estudio está enfocado solamente a la fase constructiva de un proyecto (pues el alcance del documento no permitirá estudiar la planificación, el diseño, el mantenimiento y la demolición), con especial énfasis en los materiales, delimitando el campo de estudio y análisis en la ciudad de Cuenca-Ecuador.

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Aportar recomendaciones para el uso de materiales y procesos constructivos que mejoren el desempeño ambiental de las construcciones de tipo residencial en el cantón Cuenca.

Objetivos específicos

- Obtener información sobre el estado actual de la práctica constructiva de edificaciones de uso residencial en la ciudad de Cuenca.
- Identificar y analizar los materiales y procesos constructivos más utilizados para edificaciones residenciales en la ciudad de Cuenca.
- Establecer la cantidad de emisiones CO₂ generadas por los materiales más utilizados tanto en su fase de producción como de transporte.
- Analizar normas y códigos constructivos que permitan mejorar la calidad y el desempeño ambiental de los sistemas constructivos utilizados en la ciudad de Cuenca.

1.4 Justificación

Cuestiones como la “biodiversidad, el incremento del dióxido de carbono y la degradación del suelo son solamente unos pocos ejemplos en la lista. La visión planetaria y el desarrollo de modelos de simulación, por pioneros como el Club de Roma en 1972, evidenciaron las múltiples



interrelaciones de la ecología global con el desarrollo de la sociedad humana”⁷.

Es conocido que “el entorno construido, donde pasamos más del 90% de la nuestra vida, es en gran medida culpable de dicha contaminación. Los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como; madera, minerales, agua y combustibles fósil”⁸. Todo esto nos hace pensar sobre el impacto que la construcción causa sobre el medio ambiente que nos rodea, con efectos malignos sobre todo aquel que lo habita.

Las cifras mencionadas muestran la importancia con que debe ser tratado el tema del impacto ambiental y los efectos de las emisiones generadas por parte del sector de la construcción, pues día a día nuestras acciones están alterando el entorno natural en el que nos desenvolvemos, ya que últimamente un informe publicado el pasado 10 de mayo del 2013 por la NOAA de EEUU, evidencia un nuevo registro record, donde por primera vez en las mediciones diarias de CO₂ superan las 400 partes por millón (pmm), según la Administración Nacional de Océanos y Atmósfera de Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en Ingles), la última vez que estos niveles se mantuvieron estables por encima de esta marca fue hace unos 3 o 5 millones de años, cuando el clima en el planeta era más cálido, y el ser humano ni siquiera existía; según, los expertos sostienen que actualmente la civilización se encuentra en una zona de peligro, y adicionalmente se proyecta que para el año 2038 el CO₂ superara las 450 ppm, gracias al continuo uso de combustibles fósiles para el desarrollo; durante toda la historia de la civilización humana el nivel del CO₂ se ha mantenido entre 180 a 280 ppm, y en un poco más de 100 años se ha elevado a 400, según James Butler (Director de la división de vigilancia global de la NOAA) “No hay ciclo natural en este planeta capaz de hacer algo así tan rápido”, todos estos efectos repercuten a largo plazo, razón por la cual nuestra sociedad no toma conciencia sobre las acciones del presente, las cuales serán los problemas del futuro, lo cual es muy preocupante dentro de

⁷ MEADOWS DH, Meadows DL, Randers J, Behrens WIII. “Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit”. Rororo-Verlag, Darmstadt, Alemania. 1972.

⁸ RAMIREZ, Aurelio. “La construcción sostenible”, Física y sociedad, número 13. España. 2006. Pág. 31.



una visión a largo plazo, pues lleva entre 10 a 20 años para que estos efectos se vuelvan evidentes; dentro de este horizonte, está claro cuál debe ser el aporte de todos los actores involucrados en los procesos de construcción (arquitectos, ingenieros civiles, contratistas, etc.) pues debemos dar respuesta a las exigencias del desarrollo actual de la nación, basados siempre en el desarrollo sostenible. Por esta razón es urgente sumar esfuerzos en busca de mejorar sustancialmente las respuestas dentro del sector de la construcción, dando un soporte sociocultural, técnico y científico que enrumben estos esfuerzos al desarrollo sostenible que requiere nuestro país y región.

El aporte de esta investigación se centra en un análisis basado en las emisiones que generan los materiales utilizados para la construcción de viviendas unifamiliares y en la oferta de recomendaciones constructivas apoyadas en la identificación y análisis de los materiales, sistemas y procesos constructivos que permitirán encaminar a profesionales para incorporar soluciones prácticas y eficientes dentro del que hacer constructivo, como resultado de estas decisiones estaremos aumentando el desempeño ambiental que todas las sociedades del mundo actual aspiran. “La experiencia ha demostrado que no resulta fácil cambiar el sistema de construcción de los edificios y de gestionar su funcionamiento. Para ello debe romperse con la rutina y los hábitos adquiridos por décadas por el actual sistema de construcción que no ha tenido en cuenta el papel finito de los recursos naturales”⁹.

Todo lo expuesto justifica realizar una investigación de este tipo, pues queda ya demostrada la importancia, conveniencia y necesidad de promover y divulgar las grandes ventajas que trae consigo el desarrollo sostenible del sector de la construcción; entre otras cosas la investigación pretende demostrar que este tema, lejos de ser un discurso se puede volver tan práctico y real como cualquiera de nuestras actividades diarias, evidenciando las ventajas y recomendaciones sostenibles que permitan mejorar nuestro desempeño para cada actividad que realicemos, en este caso nuestras actividades constructivas.

⁹ RAMIREZ, Aurelio. “*La construcción sostenible*”, Física y sociedad, número 13. España. 2006. Pág. 30.



1.5 Marco de referencia

Antecedentes

“La importancia del sector constructivo nos da idea de los denodados esfuerzos que debemos llevar a cabo para conseguir avanzar hacia un modelo de construcción que no despilfarre energía, recursos naturales y, a su vez, no desborde nuestros vertederos con una avalancha de los denominados Residuos de Construcción y Demolición, en definitiva un modelo de construcción SOSTENIBLE”¹⁰. Con este antecedente es necesario guiar a la arquitectura y a la construcción al desarrollo sostenible, que en primer lugar se concientiza sobre el impacto que causará en el medio ambiente y luego opta por las medidas necesarias para disminuir dicho impacto, pues el concepto ecológico primero se adopta, luego se define y por último se refina.

La *Guía de la construcción sostenible* publicada en España en el 2005¹¹, habla sobre los principales aspectos a tomar en cuenta para una construcción sostenible:

- Sistemas constructivos sostenibles.
- Materiales que incorporan criterios de sostenibilidad existentes en el mercado.
- Instalaciones y sostenibilidad.
- Energías renovables en construcción.
- La gestión de los residuos de construcción y demolición.

Estos son los principales ejes que permitirán alcanzar la sostenibilidad, pues su estudio y análisis permitirá ofrecer recomendaciones adecuadas, basadas en el respeto del entorno, ahorro de recursos y energía, disminución de emisiones, etc. sin dejar a un lado sus ejes: Ambiental, Social y Económico.

Según Aurelio Ramírez (Presidente del Consejo de la Construcción Verde, España) en su publicación “La Construcción Sostenible” en la

¹⁰ BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. “*Guía de construcción sostenible*”. España: Paralelo Edición, 2005. Pág. 9.

¹¹ BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. “*Guía de construcción sostenible*”. España: Paralelo Edición, 2005.



revista Física y Sociedad, número 13; habla que para desarrollar la sostenibilidad se debe instrumentalizar una serie de principios, y se enfoca en los siguientes:

- Conservación de recursos (materiales, agua, energías).
- Principio de las tres “R”: reciclar, recuperar, re-usar.
- Análisis de la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con el objetivo de reducir la generación de residuos y de emisiones.
- Uso racional de la energía.
- Uso racional del agua.
- Incremento de la calidad y salud de vida para el usuario / propietario y la comunidad en la que se asienta (urbanización).
- Protección general medioambiental del entorno en el que se asienta.

Fundamentos de la Sostenibilidad

Según Johann Kammerbauer “El desarrollo de una sociedad en general puede ser conceptualizado como un proceso en el cual el conjunto de las opciones u oportunidades se incrementan para los individuos y la colectividad. El desarrollo sostenible busca, en el nombre de futuras generaciones, la compatibilidad ambiental y el desarrollo equitativo ante los procesos económicos globales”¹².

El mismo Johann Kammerbauer en su publicación *LAS DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD: FUNDAMENTOS ECOLÓGICOS, MODELOS PARADIGMÁTICOS Y SENDEROS*, publicada en el 2005, escribe que “El paradigma de la sostenibilidad se puede agrupar en tres modelos de interpretación: (1) bajo una visión analítica, (2) bajo una visión holística y (3) un modelo normativo. El modelo normativo trata de definir objetivos e indicadores en una situación compleja a través de un proceso de consenso por parte de los afectados e interesados”¹³. “Es posible identificar senderos de la insostenibilidad y la sostenibilidad. Las ciencias proveen instrumentos de monitoreo, pero al final, por la normatividad del

¹² KAMMERBAUER, Johann. *Las dimensiones de la sostenibilidad: fundamentos ecológicos, modelos paradigmáticos y senderos*, Caracas, 2005. Pág. 3.

¹³ KAMMERBAUER, Johann. “*Las dimensiones de la sostenibilidad: fundamentos ecológicos, modelos paradigmáticos y senderos*”, Caracas, 2005. Pág. 1.



concepto, la sostenibilidad es un objetivo de políticas y cae dentro de una ética de responsabilidad¹⁴.

Bases teóricas

La presente investigación, además realizar un análisis de los materiales y sistemas más utilizados, ofrece recomendaciones que orientan al constructor a disminuir el impacto ambiental de sus prácticas; se basa también en documentos de mayor relevancia a nivel mundial dentro del ámbito de la sostenibilidad como son el **CTE** (Código Técnico Español), **USGBC** (U.S. Green Building Council) y por último la **ISO** (International Organization for Standardization).

La norma **ISO 14000** (Sistemas de Gestión Ambiental de las Organizaciones) es una de los referentes mundiales para mejorar el desempeño medioambiental de una industria o empresa. Su objetivo básico es promover formas de producir y prestar servicios que protegen el medio ambiente, están diseñados para promover un modelo eficaz de **Sistema de Gestión Ambiental (SGA)**. Un SGA identifica políticas, procedimientos y recursos que permiten un gerenciamiento ambiental efectivo.

Otro referente mundial que promueve, acredita y certifica proyectos sostenibles, es la **U.S. Green Building Council** con su proceso de certificación **LEED**, la cual ha sido adoptada por distintos países alrededor del mundo que están interesados y se sienten responsables de ejecutar acciones para el desarrollo sostenible. El enfoque de LEED se centra en 6 aspectos: Desarrollo sostenible, Selección de materiales, Ahorro de agua, Eficiencia energética, Calidad ambiental en interiores y procesos de Innovación y diseño. A diferencia de la norma ISO, se basa en un sistema de puntuación (Platinum, Gold, Silver o Certified) que abarca distintos criterios como los mencionados anteriormente.

Estos dos referentes en cuanto a normativas y certificaciones tienen en común que son voluntarios, es decir no son de obligatorio cumplimiento, son mundialmente aceptados y reconocidos en cuanto a estándares sobre sostenibilidad desde el punto de vista de gestión, diseño y construcción respectivamente.

¹⁴ Ibid.



Dentro del sector de la construcción propiamente dicho, muchos países acogen dentro de sus códigos técnicos de construcción los principios sostenibles, para promover así un desarrollo orientado a la protección del medio ambiente, un referente mundial en materia de sostenibilidad es el **Código Técnico Español**.

Por el tipo y objetivos de la presente investigación, estos documentos son relevantes, pues el espíritu es tomar como base las normas, requisitos y las exigencias de los estos referentes en el tema de sostenibilidad a nivel mundial, para acoger lo más valioso y práctico dentro de nuestra realidad, y así aportar con un documento concreto que brinde al profesional de la construcción herramientas que permitan desarrollar proyectos de construcción más amigables y sobre todo respetuosos con el medio ambiente.

Conceptos Básicos del Desarrollo Sostenible

La Construcción Sostenible pretende conceptualmente racionalizar, ahorrar, conservar y mejorar; en base a estos conceptos la mayoría de autores analizan las distintas actividades de la construcción y coinciden en los siguientes ejes:

- Respeto al entorno
- Ahorro y conservación de recursos naturales y energéticos
- Manejo de residuos
- Análisis del ciclo de vida

Estos ítems nos dan la pauta para analizar los materiales y sistemas constructivos con sus distintas ramificaciones para generar recomendaciones que enrumben a la construcción hacia un desarrollo sostenible en nuestro país y región.

La *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*¹⁵ nos habla sobre un tema importantísimo para el desarrollo sostenible: "Uno de los métodos que existen actualmente para evaluar el consumo de energía de un edificio es considerando el ciclo de vida de éste, el cual puede separarse en 5 fases: (i) extracción y fabricación de materiales y componentes (energía incorporada o "embodied energy"); (ii) transporte

¹⁵ BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. "Guía de construcción sostenible". España: Paralelo Edición, 2005.



de materiales y componentes al sitio de construcción; (iii) el proceso de construcción propiamente tal; (iv) la fase de operación; y (v) la demolición y reciclaje al fin del ciclo de vida del edificio. Todas estas fases tienen importancia en el consumo de energía, siendo una de las más intensas la de operación del edificio, lo que no invalida la necesidad de incluir en el análisis todas las restantes fases del ciclo de vida del edificio, en especial para la toma de decisiones respecto del diseño y construcción¹⁶, este extracto muestra la importancia del análisis del ciclo construcción-demolición de una edificación.

Esto demuestra que cada etapa genera un impacto, el cual es susceptible de mejora, tanto en su desempeño como en su rendimiento ambiental, avanzando a un modelo de construcción que no despilfarre energía, recursos y disminuya en lo posible desperdicios o residuos. Sabemos también que el desempeño sostenible se asegura desde la etapa de planificación y diseño, pero la etapa de construcción y vida útil son las claves para integrar y ejecutar el desarrollo sostenible.

Pero este desarrollo no es tarea fácil, pues es conocido que los objetivos de la sostenibilidad están en conflictos unos con otros, y el éxito reside en encontrar su equilibrio respondiendo a una realidad política, social y económica determinada.

1.6 Metodología

La propuesta de investigación es de tipo cualitativo y se incluyen dentro del estudio solamente aquellas construcciones que se realizan por primera vez (según bases del INEC, el 88% de los permisos de construcción en el país son para nuevas edificaciones) ya que son las predominantes en el medio, excluyendo las remodelaciones y demoliciones, dentro de estas nuevas edificaciones, exclusivamente las construcciones de tipo residencial (ya que el 90% de los permisos de construcción en el país son para uso residencial, dentro de estas, el 74.68% son para residencias unifamiliares), construidas con los siguientes materiales: Hormigón, Hierro, Ladrillo.

¹⁶ Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, Santiago de Chile, 2009.



Para la elaboración de esta investigación, en general se tomaron 2 fuentes de información: la primera información bibliográfica, que fue recopilada para la elaboración de esta investigación proviene de libros y textos de bases digitales o bibliotecas especializadas en el tema de investigación (**Sostenibilidad**), que brindan información actualizada sobre el tema. La segunda fuente de información fueron entidades públicas y privadas, que manejan datos específicos sobre la realidad del estado actual del sector constructivo, sus prácticas y materiales más empleados tanto a nivel nacional como el caso específico del cantón Cuenca, como es el caso de la Cámara de Construcción de Cuenca, Municipio de Cuenca, Swisscontact, etc. dicha información permitió evidenciar el comportamiento dentro del campo de la Sostenibilidad de cada material, y de esta manera enfocar los esfuerzos para introducir los principios básicos del **Desarrollo Sostenible**, en base a recomendaciones que permitan mejorar el desempeño ambiental de nuestras construcciones.



CAPITULO 2. LA SOSTENIBILIDAD

2.1 Introducción

En esta época acosada por los problemas de orden mundial, donde se generan grandes debates sobre los efectos dañinos causados a la naturaleza, ya sea por las principales potencias mundiales o por países en vía de desarrollo, todos los habitantes del planeta debemos estar conscientes de nuestra relación con la naturaleza y en especial los sectores productivos, pues son los que más contribuyen a la degradación del ambiente, con consecuencias irreversibles y en algunos casos catastróficas.

A comienzos de los años 70, gracias al Club de Roma (1971) y la crisis petrolera (1973), empiezan a tomar espacio a nivel mundial las reflexiones sobre el medio ambiente y los recursos disponibles, luego en los años 80, surge el concepto del desarrollo sostenible, dentro del escenario de las Naciones Unidas, fue planteado por Gro Harlem Brundtland (Primera Ministra de Noruega) “Nuestro futuro común” en 1987, y a partir de los años 90 se encuentra el caso de la carta de Alborg en Dinamarca y en 1997 el protocolo de Kioto.

Según informes del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, “la temperatura del planeta subirá hasta 6 grados en este siglo, el océano Atlántico se va a calentar 3 grados en los próximos 10 años, se prevé el deshielo de los nevados andinos y el aumento del nivel de los océanos en 50 cm. en los próximos 50 años, las olas de calor y de lluvias y las temperaturas en verano e invierno seguirán haciéndose extremas y en los próximos años, la cifra de refugiados por causas ambientales puede llegar a 50.000.000 de personas”¹⁷.

La actividad de la construcción contribuye de manera importante al deterioro del medio ambiente, pues en sus distintas fases como la extracción y fabricación de materiales, diseño de la edificación en sí y de sus instalaciones, influyen decisivamente en el rendimiento energético y ambiental de la misma, por eso se necesita dar un giro notable hacia la adopción de decisiones encaminadas hacia la sostenibilidad.

El futuro de la industria de la construcción se discutió por primera vez en noviembre de 1994, en la Primera Conferencia de la Construcción

¹⁷ “Construcciones Sustentables”, Escala, 2006, Pág. 3.



Sostenible realizado en Tampa, Florida. Este tema en aquella época representaba un nuevo conocimiento constructivo que buscaba hacer operativos los conceptos de sostenibilidad en el mundo de la construcción.

Enrumbados ya en el tema, podemos notar que es una obligación ética y moral promover y practicar los preceptos del desarrollo sostenible, para garantizar que la presente y las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades. En nosotros esta aportar cada día a la evolución del concepto de sostenibilidad en la industria de la construcción contribuyendo al tan ansiado balance de todas las actividades humanas.

El concepto de sostenibilidad dentro de muchas disciplinas y sobre todo del que hacer constructivo, empieza por definirse y con la experimentación gradualmente se refina; para empezar y definir este concepto revisaremos dos documentos claves como son The Brundtland Report y la Agenda 21.

2.2 Desarrollo sostenible

2.2.1 Concepto

Al momento existen más de 150 definiciones de Desarrollo Sostenible, pero la más aceptada mundialmente, es la que propuso la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas en el reporte “Nuestro Futuro Común”, también conocido como “The Brundtland Report” que define el desarrollo sostenible como “el nuevo equilibrio capaz de responder a las necesidades del presente sin poner en entredicho la posibilidad de responder las necesidades de las generaciones futuras”.

2.2.2 El reporte de Brundtland

En 1983 la Asamblea General de las Naciones Unidas creó una comisión especial para elaborar un programa para el estudio del cambio global, su nombre fue: Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, ésta comisión fue creada para defender los derechos del medio ambiente y de las mujeres, precedido por la primera ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland. La comisión trabajo por un poco más de tres años y concluyo que el camino hacia un desarrollo sostenible era posible, y publicaron el reporte correspondiente, llamado “Nuestro Futuro Común”; el reporte



define los siguientes conceptos para el desarrollo sostenible, que al mismo tiempo son estrategias de aplicación urgente.

- Revitalizar el crecimiento
- Cambiar la calidad del crecimiento
- Satisfacer las necesidades esenciales de trabajo, comida, energía, agua e higiene
- Asegurar el nivel de población
- Conservar e incrementar la base de los recursos
- Reorientar la tecnología y controlar los riesgos
- Integrar la economía y el medio ambiente en la adopción de decisiones

El reporte está dividido en 3 partes: la primera trata sobre el desarrollo sostenible y el papel que juega la economía mundial dentro del futuro del planeta; la segunda se refiere al análisis de las tareas comunes encaminadas a la sostenibilidad de la población y los recursos humanos, alimentos, seguridad, especies y ecosistemas, energía, la industria y el urbanismo; la última sección aborda el tema de la administración de los espacios comunes, el desarrollo y medio ambiente.

Ante todo esto, la Comisión también recomendó realizar conferencias regionales e internacionales que permitieran alcanzar cada vez más este desarrollo tan ansiado y necesario, un ejemplo de esto es la Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Rio de Janeiro (Brasil), aquí nace la Agenda 21, donde se aprueban convenios sobre el cambio climático, sobre la diversidad biológica, etc. A partir de aquí empieza una gran publicidad sobre el tema del desarrollo sostenible y se modifica la definición original del informe de Brundtland que estaba más centrada a la preservación del medio ambiente y el consumo mesurado de los recursos naturales no renovables, hacia una idea basada en tres pilares: Económico, Social y Ambiental.

2.2.3 Agenda 21

Es el documento más importante que elaboró la Conferencia de la ONU realizada en Río de Janeiro, en ese entonces fue un modelo para una sociedad global del siglo 21 que exigía una buena calidad medioambiental y una economía saludable para todos los pueblos del mundo. Este modelo es conocido como la Agenda 21.



El documento original consta de más de 800 páginas que están divididas en 40 capítulos ofreciendo opciones para:

- El papel de los gobiernos, empresas, sindicatos, maestros, indígenas, mujeres, hombres y jóvenes;
- Lucha contra la degradación de la tierra, aire y agua;
- Los bosques y la conservación de preservación de la diversidad de las especies vivas;
- Cómo enfrentar la pobreza y el consumo excesivo, la salud y la educación, ciudades y comunidades rurales.

Sus 40 capítulos están distribuidos en 4 secciones:

- a) Dimensiones sociales y económicas.- Destaca la lucha contra la pobreza, la racionalidad en el consumo y la necesidad de controlar el crecimiento demográfico.
- b) Conservación y gestión de los recursos para el desarrollo.- Destaca la protección de la atmósfera, la deforestación y la biodiversidad.
- c) Fortalecimiento del papel de los grupos sociales.- destaca la emancipación de la mujer y la mejora de las condiciones infantiles.
- d) Medios de ejecución.- Propone la ejecución de propuestas desde el punto de vista financiero, tecnológico y científico para el desarrollo sostenible.

En el capítulo 7 de la primera sección, habla sobre: Fomento del desarrollo sostenible de los asentamientos humanos; muestra un conjunto de acciones en relación a la vivienda, el uso del suelo, la planificación, la gestión de los asentamientos humanos, energía y sistemas de transporte, infraestructura de servicios y construcción.

Con respecto al tema de construcción, habla sobre la importancia de este sector para poder alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible, la Agenda también advierte sobre las actividades de la construcción pues estas generan importantes daños al medio ambiente agotando los recursos naturales y degradando el medio ambiente circundante con contaminación química que va en contra de la salud humana.

Este capítulo también recomienda la adopción de medidas para optimizar el uso eficiente de la energía y el uso sostenible de los recursos naturales aportando también a la formulación de especificaciones para el uso adecuado del suelo y la protección de áreas sensibles a los impactos



causados por la construcción, presta especial atención a los países en desarrollo pues el uso de la mano de obra es todavía abundante, y por esta razón aconseja la introducción de la tecnología para la construcción y el mantenimiento, evitando el aumento de la contaminación.

El capítulo 31 se centra en la comunidad científica y tecnológica (investigadores, arquitectos, ingenieros, urbanistas, diseñadores, etc.) exigiéndolos a ser más abiertos y eficaces al momento de contribuir al proceso de la toma de decisiones relativas al medio ambiente y el desarrollo.

De lo mencionado y lo enseñado por la historia, podemos darnos cuenta que el sector de la construcción responde a una realidad social, política y económica determinada, pero en este siglo, la realidad a tomar en cuenta, es la del medio ambiente, pues se necesita alcanzar el equilibrio entre el desarrollo económico y el uso racional de los recursos.

2.3 La sostenibilidad en el mundo de la construcción

El entorno construido, donde pasamos más del 90% de la nuestra vida, es en gran medida culpable de la contaminación ambiental que se genera en cualquier ciudad del planeta. “Los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como; madera, minerales, agua y combustibles fósil”¹⁸, “Si el consumo energético en edificios a nivel mundial continúa aumentando al ritmo actual, la edificación podría llegar a consumir la misma cantidad de energía que la industria y el transporte juntos en el 2050”¹⁹.

La construcción es el mayor consumidor de recursos no renovables a nivel mundial, es también el mayor generador de residuos, y contribuye a la polución del agua y del aire, por estas razones podemos darnos cuenta, que la consecuencia de las actividades generadas en la construcción, producen cambios irreversibles en el medio ambiente, en la sociedad y por supuesto en la economía de cualquier nación.

¹⁸ RAMIREZ, Aurelio. “La construcción sostenible”, Física y sociedad, número 13. España. 2006. Pág. 31.

¹⁹ Our vision. A world where buildings consume zero net energy. Energy efficiency in Buildings. WBCSD



“Se calcula que más del 50% de las materias primas extraídas de la tierra son transformadas en materiales y productos de construcción”²⁰, y “La construcción de edificios y su operación supone el 16 % del agua consumida en el mundo”²¹. Podemos notar que la construcción es una de las actividades humanas que más recursos consume, y es importante realizar cambios importantes en los valores que tiene nuestra cultura constructiva.

La experiencia a nivel mundial, ha demostrado que no resulta nada fácil cambiar el sistema de construcción de los edificios y de gestionar su funcionamiento, pues para ello se debe romper la rutina y los hábitos constructivos adquiridos por generaciones donde no se ha tenido en cuenta el papel finito de los recursos naturales que nos rodean, y optar por un sistema de construcción SOSTENIBLE que disminuya el impacto negativo sobre el medio ambiente.

“La importancia del sector constructivo nos da idea de los denodados esfuerzos que debemos llevar a cabo para conseguir avanzar hacia un modelo de construcción que no despilfarre energía, recursos naturales y, a su vez, no desborde nuestros vertederos con una avalancha de los denominados Residuos de Construcción y Demolición, en definitiva un modelo de construcción SOSTENIBLE”²².

Una arquitectura sostenible en primer lugar se concientiza sobre el impacto que causará en el medio ambiente y luego opta por las medidas necesarias para disminuir dicho impacto, pues el concepto ecológico primero se adopta, luego se define y por último se refina.

2.3.1 Definiciones de Construcción sostenible por parte de diversos autores

La Construcción Sostenible, se puede definir como: aquélla construcción que presta especial respeto y compromiso con el Medio Ambiente, donde se prioriza el uso sostenible de la energía y el uso de materiales renovables que minimicen el impacto medioambiental de la construcción de edificios. “Ello implica un interés creciente en todas las etapas de la

²⁰ Worldwatch Institute <http://www.worldwatch.org>

²¹ Report of the taskforce on sustainable construction composed in preparation of {COM (2007) 860 final} “A Lead Market Initiative for Europe” Accelerating the Development of the Sustainable Construction Market in Europe.

²² BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. “*Guía de construcción sostenible*”. España: Paralelo Edición, 2005. Pág. 9.



construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción, en favor de la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental o los perjuicios y proporcionando un ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno”²³.

Estas definiciones que en conjunto nos aportan una mejor comprensión sobre la necesidad de contribuir con el tan necesario desarrollo sostenible, pues hace unos años era llamada la construcción del futuro, sin embargo ahora debería ser, la construcción del presente; por este motivo los profesionales que realizamos actividades en el ámbito de la construcción estamos en la obligación de satisfacer la demanda de la sociedad con metodologías que permita un desarrollo sostenible de los procesos de construcción basados en una adecuada gestión para la conservación de los recursos naturales, de la energía, tipos de materiales desde su obtención hasta el fin de su vida útil, donde regresan al medio ambiente en forma de residuos.

Se trata de conectar la naturaleza de lo sostenible con nuestros valores constructivos, procurando alargar la vida útil de una edificación y priorizar la inversión inicial de capital sobre los costos operativos y de mantenimiento.

Los principales recursos a tomar en cuenta para una Construcción Sostenible son: Energía (eficiencia energética), Terreno y biodiversidad (correcto uso de suelo y evitar el impacto directo en la biodiversidad) y los Recursos Naturales (uso eficiente de las materias primas), pero tomando siempre en cuenta los verbos principales: reducir, conservar y mantener.

2.3.2 Conceptos Básicos

La Construcción Sostenible pretende conceptualmente racionalizar, ahorrar, conservar y mejorar. En base en estos conceptos, la mayoría de autores analizan las distintas actividades de la construcción y coinciden en los siguientes ejes:

- Respeto al entorno
- Ahorro y conservación de recursos naturales y energéticos

²³ KIBERT, Charles et al. CIB-TG16, “*First International Conference on Sustainable Construction*”, Florida.1994.



- Análisis del ciclo de vida
- Manejo de residuos

Estos ejes nos dan la pauta para analizar los sistemas constructivos y sus distintas ramificaciones para generar estrategias que enrumben a la construcción hacia un desarrollo sostenible en nuestro país y región.

2.3.2.1 Respeto al entorno

El respeto al entorno es un aspecto primordial para contribuir a la regeneración ecológica de un sector, basados en el respeto por el agua, la tierra, la flora, la fauna, el paisaje, lo social, lo cultural, etc. Una construcción que respeta su entorno se adapta muy fácilmente a las necesidades del usuario, pues toma en cuenta el clima, el recorrido del sol, el viento, la latitud, la pluviosidad, la temperatura, etc.

La correcta utilización del suelo requiere de una política ambiental definida que permita una planificación estricta del terreno a ser utilizado para implantar una edificación, pues ya sabemos que la construcción genera un impacto en la biodiversidad al fragmentar las áreas naturales de los ecosistemas.

2.3.2.2 Ahorro y conservación de recursos naturales y energéticos

Por medio del uso de materiales con un mejor desempeño ambiental, se puede ahorrar y conservar un sin número de recursos, ya sean naturales o energéticos, dando como resultado un nuevo edificio sostenible. El ahorro y conservación de recursos, implica el uso eficiente de materias primas y sus procesos de fabricación, combinado con un reciclaje de preferencia a ciclo cerrado, llamado también primario, en este tipo de reciclado el producto se transforma en nuevos productos del mismo tipo y con la misma materia prima (Ejemplo: acero, papel); a diferencia del reciclaje a ciclo abierto o secundario en donde los materiales de desecho se transforman en diversos productos para los que se deben encontrar diversos usos (Ejemplo: plásticos).



2.3.2.3 Análisis del ciclo de vida (ACV)

2.3.2.3.1 Origen y evolución del ACV

Basado en el documento “ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y LA GESTIÓN AMBIENTAL”²⁴.

El desarrollo del ACV se originó casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa. Si bien el primer ACV fue realizado en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para la Coca-Cola, donde la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y, por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente. Los estudios continuaron durante los años setenta, y grupos como Franklin Associates Ltd. Junto con la MRI realizaron más de 60 análisis usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía.

Entre 1970 y 1974, la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos, realizó nueve estudios de envases para bebidas. Los resultados sugirieron no utilizar el ACV en cualquier estudio, especialmente para empresas pequeñas, ya que involucra costos altos, consume mucho tiempo e involucra micro-manejo en empresas privadas.

En Europa, estudios similares se realizaron en la década de los sesenta, en Gran Bretaña, Ian Bousteaden 1972 realizó un análisis de la energía consumida en la fabricación de envases (de vidrio, plástico, acero y aluminio) para contenedores de leche²⁵, y en 1979 Ian Boustead publica el libro “Handbook of Industrial Energy Analysis”²⁶ donde recopila los resultados de todas sus investigaciones anteriores. Pero fue a partir de los años ochenta cuando la aplicación del ACV se incrementó. En esta misma década fue cuando se desarrollaron dos cambios importantes: primero, los métodos para cuantificar el impacto del producto en distintas categorías de problemas ambientales (tal como el calentamiento global y agotamiento de los recursos); y segundo, los estudios de ACV comenzaron a estar disponibles para uso público.

La Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) es la principal organización que ha desarrollado y liderado las discusiones

²⁴ ROMERO RODRIGUEZ, Blanca Iris. “ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y LA GESTIÓN AMBIENTAL”. Boletín IIE, julio-septiembre del 2003.

²⁵ BOUSTEAD, Ian. The milk bottle, Milton Keynes. UK: Open University Press. 1972.

²⁶ BOUSTEAD, Ian, G:F: Hancock Handbook of Industrial Energy Analysis. UK: Ellis Horwood. 1979.



científicas acerca del ACV. En 1993, formuló el primer código internacional: Código de prácticas para el ACV (Code of Practice for Life Cycle Assessment), con el fin de homogeneizar los diversos estudios realizados para que siguieran una misma metodología. Esto impulsó el inicio de desarrollos masivos de ACV en diversas áreas de interés mundial, pues se realizaron conferencias, talleres y políticas sobre ACV.

Posteriormente, la ISO apoyó este desarrollo para establecer una estructura de trabajo, uniformizar métodos, procedimientos, y terminologías, debido a que cada vez se agregaban nuevas etapas, se creaban metodologías, índices, programas computacionales dedicados a realizar ACV en plantas industriales, etc.

Después de cuarenta años el ACV ha tenido un avance impresionante, sin embargo, se reconoce que la técnica está en una etapa temprana de su desarrollo. Muchos ACV realizados han sido parciales (sólo se ha practicado la fase de inventario) y aplicados mayoritariamente al sector de envases (aproximadamente un 50%), seguidos de los de la industria química y del plástico, los materiales de construcción y sistemas energéticos, y otros menores como los de pañales, residuos, etc. Sólo en los últimos años se ha podido introducir la fase de evaluación de impacto en los estudios realizados.

2.3.2.3.2 ACV en el sector de la construcción

En la actualidad, un método para la evaluación del consumo de energía de un edificio es el ACV "el cual puede separarse en 5 fases: (i) extracción y fabricación de materiales y componentes (energía incorporada o "embodied energy"); (ii) transporte de materiales y componentes al sitio de construcción; (iii) el proceso de construcción propiamente tal; (iv) la fase de operación; y (v) la demolición y reciclaje al fin del ciclo de vida del edificio. Todas estas fases tienen importancia en el consumo de energía, siendo una de las más intensas la de operación del edificio, lo que no invalida la necesidad de incluir en el análisis todas las restantes fases del ciclo de vida del edificio, en especial para la toma de decisiones respecto del diseño y construcción"²⁷, aquí se muestra la importancia del análisis del ciclo construcción-demolición de una edificación.

²⁷ Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, Santiago de Chile, 2009. Pág. 21.



Esto evidencia que cada etapa genera un impacto y que es susceptible de mejorar su desempeño y rendimiento ambiental avanzando a un modelo de construcción que no despilfarre energía, recursos y evite en lo posible desperdicios o residuos, favoreciendo al desarrollo sostenible. Sabemos también que el desempeño sostenible se asegura desde la etapa de planificación y diseño, sin embargo la etapa de construcción y vida útil son las claves para integrar y ejecutar el desarrollo sostenible.

La calidad de la edificación es uno de los objetivos que ayudaran aumentar el ciclo de vida de una construcción y para esto algunas publicaciones como “La construcción Sostenible. El Estado de la Cuestión”²⁸ ofrece propuestas que contribuirán a mejorar la calidad de la edificación:

- Limitar el riesgo económico que supone actualmente la compra de inmuebles y promocionar las inversiones en proyectos de construcción de alta calidad.
- Crear el etiquetado ecológico tanto para edificios como para materiales de construcción y favorecer un mecanismo de mercado que promueva el cambio hacia esta realidad.
- Reducir los costes constructivos e introducir el concepto del menor coste posible en el mantenimiento del inmueble.
- Incrementar la estandarización de los diferentes componentes de la construcción y mejorar la diseminación de aquellas tecnologías y sistemas de interés general.
- Desarrollar sistemas apropiados de control de calidad, adaptados a las necesidades de los constructores y diseñadores y orientados a promocionar una garantía en los resultados energéticos del edificio.

Pero el desarrollo sostenible no es tarea fácil pues es conocido que los objetivos de la sostenibilidad están en conflicto unos con otros, y el éxito está en encontrar el equilibrio respondiendo a una realidad política, social y económica.

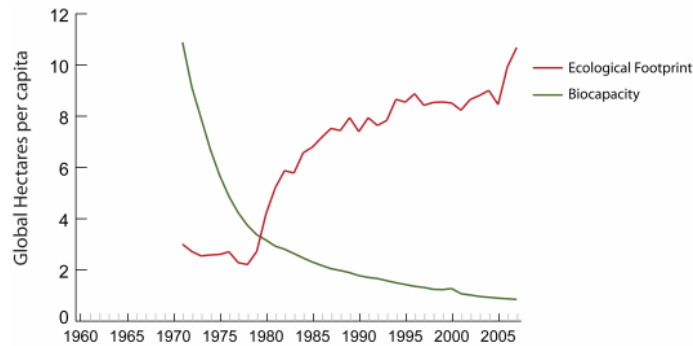
La huella ecológica

Otro tópico muy importante en el tema de la sostenibilidad y del rendimiento ecológico de una construcción es la Huella Ecológica, este término apareció por primera vez en el año 1990, concebido en la

²⁸ “La construcción Sostenible. El Estado de la Cuestión”. Instituto Eduardo Torroja. España 1997.



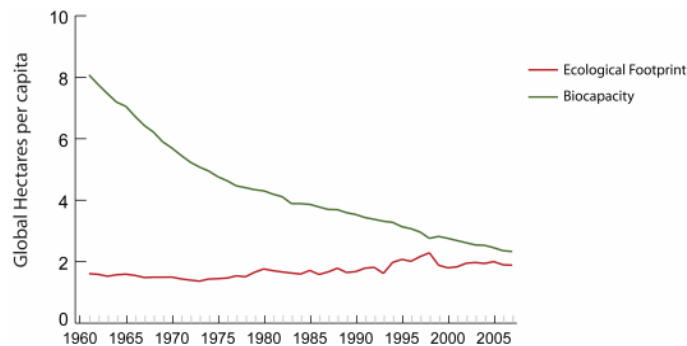
Gráfico 01: Huella ecológica Emiratos Árabes Unidos



Ocupa el puesto número 1 según el ranking del año 2009

Fuente: Footprint Network

Gráfico 02: Huella ecológica Ecuador



Ocupa el puesto número 70 según el ranking del año 2009

Fuente: Footprint Network

Universidad de la Columbia Británica por Mathis Wackernagel y William Rees; se refiere a la relación entre los residuos y contaminación producida sumada a los recursos consumidos, pues la cuestión de fondo es que el ser humano nunca ha querido aceptar que los recursos del planeta son limitados, y nos estamos acostumbrando a pensar que al resolver el problema del cambio climático ya están solucionados todos nuestros problemas y preocupaciones, más considero que los problemas son muy extensos, incluso para enumerarlos en este trabajo.

La huella ecológica es una medida que evidencia la demanda del ser humano por ocupar los ecosistemas en relación con la capacidad del planeta para regenerar los recursos utilizados para esa ocupación, y por esta razón es un indicador clave para la sostenibilidad.

El cálculo es muy complejo, y por esta razón es un limitante para usarlo como indicador, pero de todos modos nos ayudara en la toma de decisiones.

Según Global Footprint Network²⁹, hoy la humanidad utiliza el equivalente de 1,4 planetas cada año. Esto significa que ahora le tarda a la tierra un año y cinco meses para regenerar lo que utilizamos en un año, la ONU sugiere que si la tendencia actual de la población por consumir recursos persiste, a mediados de la próxima década necesitaremos el equivalente a dos planetas tierra para satisfacer nuestras necesidades.

A continuación se muestran los gráficos 01 y 02 que representan la huella ecológica y la biocapacidad de la tierra para regenerarse a lo largo de los años, se usa como ejemplo los datos de los Emiratos Árabes Unidos al ser el que mayor huella ecológica produce a nivel mundial y la del Ecuador; se nota muy fácilmente la diferencia, demostrando que país es más sostenible.

2.3.2.4 Manejo de residuos

Los residuos de construcción y demolición (RCD) existen en tres fases del ciclo de vida de cualquier construcción: en la excavación, construcción y la demolición. El objetivo principal es minimizar estos residuos y en caso de ser posible aplicar la reutilización y reciclaje, buscando una valorización económica, en este caso lo esencial es la recolección selectiva.

²⁹ http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/gfn/page/footprint_basics_overview



En principio, la gran mayoría de los RCD son inertes y por lo tanto no peligrosos, los RCD se clasifican en:

- Inertes
- Banales
- Especiales

Los residuos inertes

Por lo general se eliminan en vertederos, pues la mayoría son de origen pétreo y pueden ser reciclados para obtener áridos.

Clasificación:

- Piedras naturales: gres, pizarra, arcilla, mármol, granito, etc.
- Productos manufacturados: hormigón, piedra artificial, morteros, etc.
- Materiales originados en la excavación.
- Cerámicos: porcelana, arcilla, refractarios.
- Lanás minerales: de vidrio, de roca, de escorias, etc.

Los residuos banales

Por su composición, pueden ser gestionados de la misma manera que los residuos sólidos urbanos.

Clasificación:

- Hormigón celular
- Yesos y escayolas
- Metales
- Vidrio
- Madera
- Asfaltos y bituminosos
- Fibras orgánicas
- Productos de síntesis como la silicona
- Plásticos como el polipropileno y la melanina
- Materiales adhesivos
- Selladoras y material para juntas
- Ferretería y cerrajería
- Accesorios para pinturas



Los residuos especiales

Son los de menor proporción, sin embargo son los más peligrosos para la salud, su gestión se basa en la recuperación selectiva para su tratamiento específico o deposición en vertederos especiales.

Clasificación:

- Originados en el proceso de construcción: soldadura, juntas (betunes y amianto), antioxidantes, pinturas y barnices, productos químicos diversos y lodos para perforaciones.
- Originados en el proceso de demolición: amianto y hollines.
- Originados en ambos procesos: metales, madera tratada e hidrocarburos.

Una vez que se realiza la selección de los residuos, se procede a señalar los valorizables e incorporables al círculo del reciclaje, y los restantes enviarlos a los vertederos.

Los principales materiales reciclables son:

- Pétreos: pueden triturarse para fabricar áridos o como relleno.
- Metales: la chatarra permite su fusión con otros metales.
- Maderas: triturarse para tableros aglomerados o usarse como biomasa.
- Asfaltos y cauchos: pueden utilizarse en pavimentos de carreteras.
- Plásticos: requieren una separación muy rigurosa. Reciclaje muy complejo.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta es la reutilización, y su éxito depende del estado de conservación de los elementos y la dimensión del mismo, estos materiales generalmente se encuentran en elementos como: estructura, fachada, cubierta, divisiones interiores, acabados e instalaciones.

Es importante crear una nueva cultura de DEMOLICION entendiéndola como el conjunto de acciones de desmantelamiento de una edificación que hacen posible un alto nivel de recuperación de materiales. Para realizar una construcción sostenible es necesario incorporar criterios de construcción encaminados a minimizar los residuos y fomentar el empleo de materiales que originen residuos fácilmente reutilizables, de bajo impacto ambiental.



2.3.2.5 El aspecto social en la construcción

El Desarrollo Sostenible esta en las manos del ser humano, y solamente él puede frenar, y por qué no, revertir los efectos de nuestras acciones en el planeta, al ser nosotros los guías de este cambio, es nuestro deber como sociedad y de quienes nos dirigen, orientarnos hacia estas prácticas, siendo los principales protagonistas nuestros gobernantes, pues solo con sus decisiones podremos acelerar este cambio, como ejemplo tenemos el protocolo de Kioto donde se consensuó que los países ricos emitirían un 5% menos de gases que causan el efecto invernadero, sin embargo lo que están haciendo es emitir un 10% más, En el informe del Club de Roma se mencionaba “se requiere que todas las acciones relacionadas con asuntos importantes en cualquier parte del mundo se tomen dentro de un contexto global y con consideración amplia de aspectos interdisciplinarios”. Es vital tener esta visión global de nuestras acciones, planteando soluciones a los problemas desde dos frentes: políticas sostenibles y concientización personal en materia de sostenibilidad.

Es importante citar una frase que mencionan Lorenzo Barno y Agnieszka Steopien en su ponencia ARQUITECTURA BAJO EL PRISMA DE LA ETICA en la Sustainable Building Conference (SB10mad) “La sostenibilidad es necesaria para salvar al hombre de sí mismo. La sostenibilidad es la única esperanza para humanizar la humanidad”.

2.4 Herramientas básicas para medir la sostenibilidad

La literatura proporciona muchísimos recursos que permiten valorar el desempeño ambiental de una edificación, en la Sustainable Building Conference realizada en España en el año 2010 se presentó una ponencia denominada: “Una aproximación a la evaluación de la eco-eficiencia en edificios. Herramientas básicas”³⁰, propone las siguientes clases de herramientas de diseño análisis y valoración.

- Guías y directorios de operaciones respetuosas al medio ambiente en el diseño y la construcción de edificios.
- Bases de datos de productos y sistemas caracterizados desde el punto de vista ambiental.

³⁰ “Una aproximación a la evaluación de la eco-eficiencia en edificios. Herramientas básicas”. Sustainable Building Conference. España 2010.



- Herramientas de análisis y valoración de la agresión al medio ambiente producida por el edificio.

2.4.1 Guías y directorios

El objetivo es crear manuales prácticos que permitan aportar con referencias y criterios medioambientales aplicables al sector de la construcción en una realidad específica, y por esta razón están configurados para un modelo constructivo concreto de la región donde es elaborada.

2.4.2 Bases de datos

Se refiere a listado de productos con características específicas en lo referente a parámetros ambientales, un aspecto clave en este tema es la norma ISO 14000 y específicamente la 14040 donde se establece el Análisis del Ciclo de Vida como un método viable para el estudio del impacto ambiental. Estas bases de datos se vuelven indispensables para la aplicación de los procedimientos de evaluación ambiental.

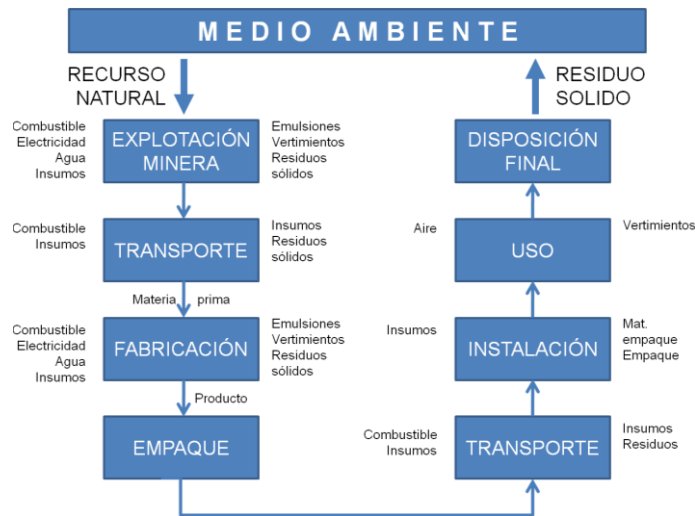
2.4.2.1 ISO 14000

Tras el gran éxito que alcanzó la norma ISO 9000 para sistemas de gestión de calidad, a partir del año 1996 empezaron aparecer la serie de normas ISO 14000 de gestión ambiental. Las normas ISO están basadas en la norma inglesa BS7750, que fue publicada por la British Standards Institution (BSI) en el año 1992.

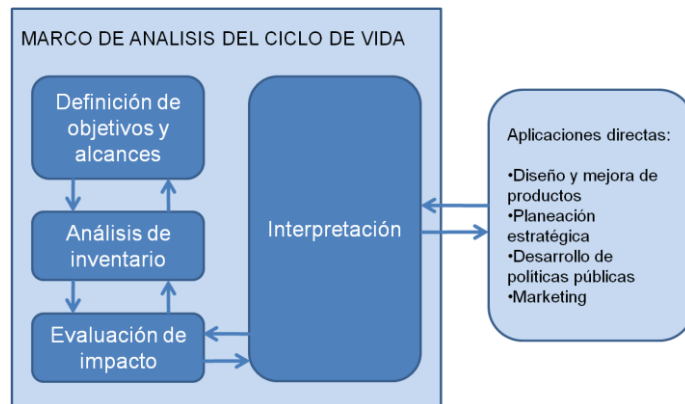
Es una norma a nivel internacional que determina como establecer un sistema de gestión ambiental (SGA), basada en principios ambientales, etiquetado ambiental, ciclo de vida del producto, programas de revisión ambiental, auditorias de gestión ambiental, etc. Es un referente mundial para mejorar el desempeño medioambiental de una industria o empresa. Su objetivo básico es promover la estandarización de formas de producir y prestar servicios que protegen el medio ambiente, están diseñados para promover un modelo eficaz de **Sistema de Gestión Ambiental (SGA)**. Un SGA identifica políticas, procedimientos y recursos que permiten un gerenciamiento ambiental efectivo.

La familia ISO 14000

- ISO 14001 -Especificación de sistemas de gestión medioambiental.

**Gráfico 03: Análisis del Ciclo de Vida**

Fuente CNPLM, 2001

Gráfico 04: Estructura del ACV

Fuente CNPLM, 2001

- ISO 14010 a la ISO 14015 - Auditoría medioambiental y actividades relacionadas.
- ISO 14020 a la ISO 14024 - Calificación medioambiental.
- ISO 14031 a la ISO 14032 - Evaluación del comportamiento respecto al medioambiente.
- ISO 14040 a la ISO 14043 - Evaluación del ciclo de vida.
- ISO guía 64 - Especificaciones del producto.

Se debe tener en cuenta que estas normas no fijan metas ambientales para prevenir la contaminación, sino establecen herramientas y sistemas que guían a los procesos de producción al interior de una empresa u organización.

Por el enfoque y los objetivos de la investigación, el presente documento se enfocará en las normas que se refieren al ciclo de vida del producto, que corresponde las ISO 14040 – 14044.

2.4.2.1.1 Ciclo de vida del producto

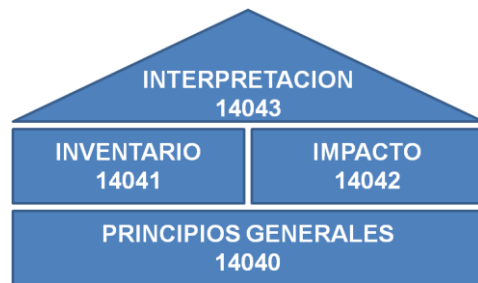
Generalmente para evaluar el rendimiento ambiental de un producto se toma en cuenta los impactos causados durante su fabricación, gracias a estas normas y su metodología se analiza el producto durante todo su ciclo de vida, y para esto se estima que el medioambiente es un consumidor, y los impactos ambientales se consideran como defectos de calidad del producto y deben ser reducidos.

El impacto ambiental que genera un producto inicia desde la extracción de las materias primas y termina cuando la vida útil finaliza, convirtiéndose así en un residuo que debe ser gestionado eficazmente. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una metodología que identifica, cuantifica y caracteriza los diferentes impactos ambientales asociados a cada etapa de vida del producto (ver gráfico 03 y 04), para esto es necesario rediseñar cualquier clase de producto bajo un criterio de que la energía y los recursos utilizados no son infinitos, por esta razón es necesario conservar los recursos y reducir la cantidad de residuos generados y manejarlos de forma sostenible y eficaz.

La norma ISO 14040:1997 establece que "El ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto, lo cual se efectúa recopilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e



Gráfico 05: Estructura del ACV



Fuente CNPLM, 2001

interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

Los siguientes puntos que se presentan a continuación sirven para verificar el ciclo de vida del producto, dichos puntos favorecen la competitividad ambiental de la empresa o producto.

- Contaminación del aire (sin emisiones aéreas, emisiones ocasionales o controladas)
- Contaminación del agua (sin efluentes líquidos, efluentes ocasionales o diluidos, efluentes tratados o biodegradables)
- Residuos sólidos (sin producción, reciclables o biodegradables)
- Materias primas (recursos renovables, obtención de MP que no causa impactos ambientales negativos)
- Producto (reciclable, biodegradable, larga vida útil, poco volumen, bajo peso, reduce el consumo de recursos no renovables, disminuye la contaminación)
- Utilidades (no es fuente de contaminación, no consume recursos no renovables)
- Empaque (materiales biodegradables, reciclables, reciclados, livianos, de poco volumen)

A continuación se presentan la serie detallada de las normas que permiten analizar el ciclo de vida del producto (ver gráfico 05).

- **ISO 14040 - Gestión medioambiental, ACV, Principios y estructura (1997).**

Ofrece una visión general de la práctica, aplicaciones y limitaciones del ACV en relación a un amplio rango de usuarios potenciales, incluyendo aquellos con un conocimiento limitado sobre el ACV. Aquí se expone el marco metodológico y se explica cada una de las fases, la preparación del informe y el proceso de revisión crítica. Esta normativa no describe la técnica de ACV en detalle.

- **ISO 14041 - Gestión medioambiental, ACV, Definición del objetivo y alcance y el análisis del inventario del ciclo de vida (1998).**

Recoge los requerimientos y directrices a considerar en la preparación, aplicación o revisión crítica del análisis del inventario de ciclo de vida (la fase del ACV referente a la recogida y cuantificación de los consumos y



emisiones relevantes que se producen en el ciclo de vida de un producto). En esta normativa se especifican las necesidades y procedimientos para elaborar los objetivos y alcance del estudio, para realizar, interpretar y elaborar el informe del análisis del ICV (Inventario del Ciclo de Vida).

- **ISO 14042 - Gestión medioambiental, ACV, Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida; Environmental management LCA-LCIA/Life Cycle Impact Assessment (2000).**

Ofrece una guía de la estructura general sobre la fase del Análisis del Impacto del Ciclo de Vida (AICV), consistente en la evaluación de impactos (que tiene por objeto la evaluación de los impactos ambientales potenciales y significativos a partir de los resultados del análisis de inventario). En esta norma se especifican los requerimientos para llevar a cabo un AICV y se relaciona con otras fases del ACV.

- **ISO 14043 - Gestión medioambiental, ACV, Interpretación del ciclo de vida. Environmental management, LCA-LCI (2000).**

Ofrece una guía sobre la interpretación de los resultados del ACV y los estudios de un AICV en relación con la definición de objetivos del estudio, incluyendo una revisión del alcance del ACV, así como del tipo y calidad de los datos utilizados. La norma no especifica metodologías determinadas para llevar a cabo esta fase.

Las fases activas son la dos y tres, pues aquí se recopilan y evalúan datos, en la primera y cuarta fase se pueden considerar estáticas. Dependiendo de los resultados de cada fase se pueden reconsiderar las hipótesis y seguir por un sendero distinto que ofrece el nuevo conocimiento adquirido, por esta razón el ACV es un proceso de retroalimentación que se enriquece a medida que avanza.

Después de treinta años el ACV ha tenido un avance impresionante, sin embargo, se reconoce que la técnica está en una etapa temprana de su desarrollo.

Con respecto al tema financiero el ACV puede ser útil para reducir los costos de fabricación, transporte y distribución, entre otros, gracias al nuevo sistema o diseño en base a la sostenibilidad, usando de mejor manera las materias primas, insumos y energía.



2.4.3 Herramientas de análisis y evaluación

Este tipo de herramientas nos ayudan a valorar el impacto ambiental que produce un edificio antes de ser construido, existe una muy amplia variedad de recursos que nos facilitan procedimientos como el eco-etiquetado para medir la calidad ambiental del producto hasta procedimientos informáticos para evaluar desarrollos urbanos desde un punto de vista global.

Una herramienta reconocida y de uso internacional que nos permite centrarnos en el proceso constructivo es LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

2.4.3.1 Herramientas básicas

Se muestra los criterios básicos, objetivos y procedimientos de la herramienta para la evaluación eco-eficiente de edificios de soporte no informático como es el caso de LEED, pues esta es de fácil aplicación sobre todo para viviendas, el cual es el principal objetivo de esta investigación

2.4.3.1.1 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)



Es un proceso de evaluación para edificios, donde se conceden certificaciones en función del nivel de impacto ambiental. Fue creado por el Consejo del Edificio Verde Americano (U.S. Green Building Council). El sistema evalúa el impacto ambiental que produce la construcción de edificios, y se obtienen créditos por los indicadores de sostenibilidad adoptados en diseño y construcción.

Es un sistema rígido, y por esta razón cada edificio debe reunir requisitos iguales para ser calificados en forma idéntica.

El sistema funciona mediante un cuestionario dividido en seis partes:

- Medio ambiente
- Eficiencia en el uso del agua
- Eficiencia energética
- Materiales y recursos
- Calidad ambiental interior
- Innovación y diseño



Este proceso de evaluación ha sido adoptado por distintos países alrededor del mundo que están interesados y se sienten responsables de ejecutar acciones para el desarrollo sostenible. A diferencia de la norma ISO, este se basa en un sistema de puntuación (Platinum, Gold, Silver o Certified) que abarca distintos criterios como los mencionados anteriormente, la USGBC desarrollo 6 estándares de calificación:

- **LEED-NC** para edificios nuevos o grandes renovaciones
- **LEED-H** para viviendas (actualmente en fase piloto)
- **LEED-EB** para edificios existentes, rehabilitados
- **LEED-CI** rehabilitaciones interiores
- **LEED-CS** estructura y envolvente
- **LEED-ND** desarrollos urbanísticos

El proyecto debe cumplir unos pre-requisitos para suscribirse y comenzar el proceso de certificación, para esto es necesario presentar a la USGBC una serie de documentos con un formato pre-determinado

Hay que presentarlo en la etapa del proyecto, pero la certificación se otorga una vez realizada la obra, donde se demuestre a lo largo de la misma que se cumple con cada pre-requisito y cada crédito que se declaró en el proyecto. Al finalizar la obra con un proceso exitoso, se está en condiciones de obtener el certificado. Para eso, como en cualquier sistema, existen una serie de procedimientos de auditoría e inspección, con acciones correctivas y aplicación de mejores prácticas, llamadas las BMP's (Best Management Practices).

Para alcanzar con éxito este camino, es necesario acompañarse de un profesional especializado en la materia y vinculado con la USGBC.

LEED-NC

Para edificios de nueva planta y grandes remodelaciones, el sistema permite clasificar los edificios sostenibles que fueron diseñados para oficinas, escuelas, residencias, edificios industriales, etc.

Los Cuatro Niveles de Certificación LEED-NC³¹

- | | |
|---------------|--------------|
| • Certificado | 26-32 puntos |
| • Plata | 33-38 puntos |

³¹ SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL, "Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles Para nueva Edificación y Grandes Remodelaciones". Versión 2.2. España, Octubre 2005.



- Oro 39-51 puntos
- Platino 52-69 puntos

Las dimensiones de acción de la certificación LEED_NC son las siguientes:

- | | | |
|--------|----------------------------|-----------|
| 1) PS | Parcela Sostenible | 14 puntos |
| 2) EA | Eficiencia en agua | 5 puntos |
| 3) EA | Energía y Atmósfera | 17 puntos |
| 4) MR | Materiales y Recursos | 13 puntos |
| 5) IEQ | Calidad Ambiental interior | 15 puntos |
| 6) ID | Innovación y Diseño | 5 puntos |

Además se considera la prioridad regional que suma 4 puntos.

Parcela Sostenible

Tabla 01: LEED Parcela sostenible

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
Prerrequisito: Prevención Contaminación Actividades de Construcción	PR	Reducir la contaminación procedente de las actividades de la construcción mediante el control de la erosión del terreno, la sedimentación en las vías de agua y la generación de polvo transportado por el aire
1. Selección de parcela	1	Evitar el desarrollo en parcelas inadecuadas y reducir el impacto ambiental generado por la localización del edificio en una parcela determinada.
2. Densidad del Desarrollo y la Conectividad de la Comunidad	1	Canalizar el desarrollo hacia áreas urbanas con infraestructura existente, proteger los terrenos cultivables y preservar el hábitat y los recursos naturales.
3. Redesarrollo de suelos Industriales Contaminados	1	Rehabilitar parcelas dañadas donde el desarrollo es complicado por contaminación medioambiental, reduciendo la presión sobre el terreno no desarrollado
4. Transporte Alternativo		
4.1. Acceso al transporte público	1	Reducir la contaminación y los impactos en el desarrollo del terreno debidos al uso del automóvil.
4.2. Estacionamiento para bicicletas y vestuarios	1	Reducir la contaminación y los impactos en el desarrollo debidos al uso del automóvil.
4.3. Vehículos de baja emisión y Combustible Eficiente	1	Reducir la contaminación y los impactos en el desarrollo del terreno debidos al uso del automóvil
4.4. Capacidad de Estacionamiento	1	Reducir la contaminación y los impactos en el terreno debido al uso de vehículos con un solo ocupante
5. Desarrollo de la Parcela		
5.1. Protección o restauración del hábitat	1	Conservar las áreas naturales existentes y restaurar las áreas dañadas para proporcionar hábitat y promover la biodiversidad.
5.2. Maximizar el espacio abierto	1	Proporcionar un alto grado de espacio abierto en relación con el desarrollo de la huella con el fin de promover la biodiversidad.



6. Diseño de Aguas Lluvia		
6.1. Control de cantidad	1	Limitar la perturbación de la hidrología de los cursos naturales de agua reduciendo la cubierta impermeable, incrementando la infiltración in-situ, reduciendo o eliminando la contaminación procedente del flujo de escorrentía, y eliminando los contaminantes.
6.2. Control de calidad	1	Limitar la perturbación y la contaminación de flujos de agua gestionando el exceso de escorrentía.
7. Efecto Isla de Calor		
7.1. Superficies no-techo	1	Reducir las islas de calor para minimizar el impacto en el micro clima y el hábitat humano y de la vida salvaje.
7.2. Superficies techo	1	Reducir las islas de calor para minimizar el impacto en el micro clima y el hábitat humano y de la vida salvaje.
8. Reducción de la contaminación luminica	1	Minimizar la luz que traspasa el límite del edificio y de la parcela, reducir el resplandor del cielo para incrementar el acceso a la visión del cielo nocturno, mejorar la visibilidad nocturna a través de la reducción del deslumbramiento, y reducir el impacto del desarrollo en el entorno nocturno.

Fuente: SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL, "Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles Para nueva Edificación y Grandes Remodelaciones". Versión 2.2. España, Octubre 2005.

Eficiencia en agua

Tabla 02: LEED Eficiencia en agua

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
1. Jardinería Eficiente en Agua		
1.1. Reducción del 50%	1	Limitar o eliminar el uso de agua potable, u otros recursos hidricos naturales disponibles de agua superficial o subterránea en o cerca del
1.1. Uso de Agua No potable o Sin Riego	1	Eliminar el uso de agua potable, o de otros recursos disponibles de agua natural en superficie o subterránea que estén en o cerca de la parcela del proyecto, para riego de la jardinería.
2. Tecnologías innovadoras en Aguas Residuales	1	Reducir la generación de aguas residuales y la demanda de agua potable, mientras se incrementa la recarga del acuífero local.
3. Reducción del Uso de Agua		
3.1. Reducción del 20%	1	Maximizar la eficiencia en agua en los edificios para reducir la carga del suministro municipal de agua potable y los sistemas de agua residuales.
3.2. Reducción del 30%	1	Maximizar la eficiencia en agua en los edificios para reducir la carga del suministro municipal de agua potable y los sistemas de agua residuales.

Fuente: SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL, "Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles Para nueva Edificación y Grandes Remodelaciones". Versión 2.2. España, Octubre 2005.



Energía y atmósfera

Tabla 03: LEED Energía y atmosfera

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
PREREQUISITOS		
1. Recepción de los Principales Sistemas de Energía del Edificio	PR	Verificar que los sistemas del edificio relacionados con la energía se han instalado, calibrado y tienen la eficiencia adecuada según requisitos del propietario para el edificio, las bases del proyecto y los documentos de construcción.
2. Mínima Eficiencia Energética	PR	Establecer el mínimo nivel de eficiencia energética para los sistemas y edificio propuesto.
3. Gestión de los Refrigerantes Principales	PR	Reducir el ozono, contribuir a su reducción drástica.
CREDITOS		
1. Optimización de la Eficiencia Energética	1-10	Conseguir un incremento en los niveles de eficiencia energética por encima de la línea base de la norma del prerrequisito para reducir los impactos económicos y medioambientales asociados con un uso excesivo de energía.
2. Energía renovable In-Situ	1-3	Favorecer y reconocer el incremento de niveles de auto-suministro de energía renovable in-situ para reducir los impactos medioambientales y económicos asociados con el uso de energía obtenida de combustibles fósiles.
3. Recepción Mejorada	1	Comenzar el proceso de recepción temprano durante la parte de proyecto y llevar a cabo actividades adicionales después de que se ha completado la verificación de la eficiencia de los sistemas.
4. Gestión Mejorada de los refrigerantes	1	Reducir el ozono, ayudar a su reducción drástica y apoyar el cumplimiento temprano del Protocolo de Montreal mientras que se minimizan las contribuciones directas al calentamiento mundial.
5. Medición y Verificación	1	Proporcionar medios para la continua contabilidad del consumo de energía del edificio a través del tiempo.
6. Energía Verde	1	Favorecer el desarrollo y el uso de tecnologías de energía renovable con fuente en la red eléctrica en base a conseguir contaminación cero en la red.

Fuente: SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL, "Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles Para nueva Edificación y Grandes Remodelaciones". Versión 2.2. España, Octubre 2005.

Materiales y recursos

Tabla 04: LEED Materiales y recursos

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
Prerrequisito: Almacenamiento y Recogida de reciclables	PR	Facilitar la reducción de residuos, generados por los ocupantes del edificio, que son transportados y depositados en vertederos.
1. Reutilización del Edificio		
1.1. Mantener el 75% de los Muros, Forjados y Cubiertas Existentes	1	Extender el ciclo de vida del parque de edificios existentes, conservar los recursos, mantener los recursos culturales, reducir los residuos y los impactos medioambientales de los edificios de nueva planta en lo que se refiere a fabricación y transporte de materiales.



1.2. Mantener el 95% de los Muros, Forjados y Cubierta existentes	1	Extender el ciclo de vida del parque de edificios existentes, conservar los recursos, mantener los recursos culturales, reducir los residuos y los impactos medioambientales de los edificios de nueva planta en lo que se refiere a fabricación y transporte de materiales.
1.3. Mantener el 50% de los Elementos Interiores No Estructurales	1	Extender el ciclo de vida del parque de edificios existentes, conservar los recursos, mantener los recursos culturales, reducir los residuos y los impactos medioambientales de los edificios de nueva planta en lo que se refiere a fabricación y transporte de materiales.
2. Gestión de Residuos de Construcción		
2.1. Desviación del 50% de Vertederos	1	Desviar los residuos de construcción, demolición y desbroce del terreno de su depósito en vertederos e incineradoras. Redirigir los recursos reciclables recuperados hacia el proceso de fabricación. Redirigir los materiales reutilizables a los lugares apropiados.
2.2. Desviación del 75% de Vertederos	1	Desviar los residuos de construcción y demolición de su depósito en vertederos e incineradoras. Redirigir los recursos recuperables reciclados hacia el proceso de fabricación. Redirigir los materiales reutilizables a lugares apropiados.
3. Reutilización de Materiales		
3.1. 5%	1	Reutilización de materiales y productos del edificio para reducir la demanda de materiales primas y para reducir los residuos, para lo cual se reducen los impactos asociados con la extracción y procesado de materias primas.
3.2. 10%	1	Reutilización de materiales y productos del edificio para reducir la demanda de materiales primas y para reducir los residuos, para lo cual se reducen los impactos asociados con la extracción y procesado de materias primas.
4. Contenido de Reciclados		
4.1. 10% (post-consumidor + 1/2 pre-consumidor)	1	Incrementar la demanda de productos para el edificio que incorporen materiales con contenido en reciclados, reduciendo así los impactos resultantes de la extracción y procesado de materias primas.
4.2. 20% (post-consumidor + 1/2 pre-consumidor)	1	Incrementar la demanda de productos para el edificio que incorporen materiales con contenido en reciclados, reduciendo así los impactos resultantes de la extracción y procesado de materias primas.
5. Materiales Regionales		
5.1. 10% Extraídos, Procesados y Fabricados en la Región	1	Incrementar la demanda de materiales y productos que se extraigan y fabriquen en la región, apoyando así el uso de recursos autóctonos y reduciendo los impactos medioambientales que resultan del transporte.
5.2. 20% Extraídos, Procesados y Fabricados en la Región	1	Incrementar la demanda de materiales y productos que se extraigan y fabriquen en la región, apoyando así el uso de recursos autóctonos y reduciendo los impactos medioambientales que resultan del transporte.
6. Materiales Rápidamente		
6.1. 10% Materiales Rápidamente Renovables	1	Reducir el uso y la disminución de materias primas limitadas y de materiales renovables de ciclo largo reemplazándolos con materiales rápidamente renovables.
7. Madera Certificada		
7.1. 10% Madera Certificada	1	Favorecer una gestión forestal medioambientalmente responsable.

Fuente: SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL, "Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles Para nueva Edificación y Grandes Remodelaciones". Versión 2.2. España, Octubre 2005.



Calidad Ambiental Interior

Tabla 05: LEED Calidad de ambiente interior

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
PREREQUISITOS		
1. Mínima Eficiencia CAI	PR	Establecer una eficiencia mínima de calidad del aire interior (CAI) para aumentar la calidad del aire interior en los edificios, contribuyendo así al confort y al bienestar de los ocupantes.
2. Control del Humo del Tabaco Ambiental (HTA)	PR	Minimizar la exposición de los ocupantes del edificio, de las superficies interiores y de los sistemas de distribución del aire de ventilación al Humo de Tabaco Ambiental (HTA).
CREDITOS		
1. Seguimiento de la Entrada de Aire Fresco	1	Proporcionar capacidad de seguimiento de los sistemas de ventilación para ayudar a mantener el confort y el bienestar de los ocupantes.
2. Incremento de la Ventilación	1	Proporcionar una ventilación con aire fresco exterior adicional para mejorar la calidad del aire interior y conseguir así un mayor confort, bienestar y productividad de los ocupantes.
3. Plan de Gestión de Construcción CAI		
3.1. Durante la Construcción	1	Reducir los problemas de calidad del aire interior resultantes del proceso de construcción/remodelación para ayudar a mantener el confort y el bienestar de los trabajadores durante la construcción y de los ocupantes del edificio.
3.2. Antes de la Ocupación	1	Reducir los problemas de calidad del aire interior resultantes del proceso de construcción/remodelación para ayudar a mantener el confort y el bienestar de los trabajadores durante la construcción y de los ocupantes del edificio.
4. Materiales de Baja Emisión		
4.1. Adhesivos y Sellantes	1	Reducir la cantidad de contaminantes del aire interior que tienen mal olor, son irritantes y/o perjudiciales para el confort y el bienestar de instalaciones y ocupantes.
4.2. Pinturas y Recubrimientos	1	Reducir la cantidad de contaminantes del aire interior que tienen mal olor, son irritantes y/o perjudiciales para el confort y el bienestar de instalaciones y ocupantes.
4.3. Pinturas y Recubrimientos	1	Reducir la cantidad de contaminantes del aire interior que tienen mal olor, son irritantes y/o perjudiciales para el confort y el bienestar de instalaciones y ocupantes.
4.4. Productos de Maderas Compuestas y de Fibras Agrícolas	1	Reducir la cantidad de contaminantes del aire interior que tienen mal olor, son irritantes y/o perjudiciales para el confort y el bienestar de instalaciones y ocupantes.
5. Control de Fuentes Interiores de Productos Químicos y Contaminantes	1	Minimizar la exposición de los ocupantes del edificio a contaminantes químicos y de partículas potencialmente perjudiciales.



6. Capacidad de Control de los Sistemas		
6.1. Iluminación	1	Proporcionar un alto nivel de control del sistema de iluminación por los ocupantes individualmente o por grupos específicos en espacios multi-ocupados (i.e. áreas de clases o conferencias) para promover la productividad, el confort y el bienestar de los ocupantes del edificio.
6.2. Confort Térmico	1	Proporcionar un alto nivel de control del sistema de iluminación por los ocupantes individualmente o por grupos específicos en espacios multi-ocupados (i.e. áreas de clases o conferencias) para promover la productividad, el confort y el bienestar de los ocupantes del edificio.
7. Confort Térmico		
7.1. Diseño	1	Proporcionar un ambiente térmico confortable que favorezca la productividad y el bienestar de los ocupantes del edificio.
7.2. Verificación	1	Realizar la valoración del confort térmico del edificio en el tiempo
8. Luz Natural y Vistas		
8.1. Luz Natural en el 75% de los Espacios	1	Proporcionar a los ocupantes del edificio una conexión entre los espacios interiores y los exteriores a través de la introducción de luz natural y vistas en las áreas habitualmente ocupadas del edificio.
8.2. Vistas para el 90% de los espacios	1	Proporcionar a los ocupantes del edificio una conexión entre los espacios interiores y los exteriores a través de la introducción de luz natural y vistas en las áreas habitualmente ocupadas del edificio.

Fuente: SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL, “Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles Para nueva Edificación y Grandes Remodelaciones”. Versión 2.2. España, Octubre 2005.

Innovación y diseño

Tabla 06: LEED Innovación y diseño

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
1. Innovación en el Diseño	1-4	Proporcionar a los equipos de diseño y proyecto la oportunidad de obtener puntos por una eficiencia excepcional por encima de los requisitos establecidos por el Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles LEED-NC y/o una eficiencia innovadora en categorías no específicamente reguladas por dicho Sistema LEED-NC.
2. Profesional Acreditado LEED	1	Para apoyar y favorecer la integración del diseño requerida por un proyecto de construcción sostenible LEED-NC y para el proceso de solicitud y certificación.

Fuente: SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL, “Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles Para nueva Edificación y Grandes Remodelaciones”. Versión 2.2. España, Octubre 2005.



2.4.3.1.2 Código Técnico Español (CTE)



Imagen 02: CTE

Dentro del sector de la construcción propiamente dicho, muchos países acogen dentro de sus códigos técnicos de construcción los principios sostenibles, para promover así un desarrollo orientado a la protección del medio ambiente, un referente mundial en materia de sostenibilidad es el Código Técnico Español.

El CTE es un marco normativo aprobado en el año 2006, que establece exigencias que deben cumplir los edificios dentro de aspectos técnicos, pero ocupándose también en cuestiones de accesibilidad. El código pretende dar respuesta a la demanda de una sociedad que exige mayor calidad de la edificación, mejorando la protección del usuario y fomentando el desarrollo sostenible. Consta de los siguientes documentos:

- **Real Decreto:** El CTE establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la LOE.
- **DB SE: Seguridad Estructural**
- **DB SI: Seguridad Caso de Incendio**
- **DB-SUA: Seguridad de Utilización y Accesibilidad**
- **DB HS: Salubridad**
- **DB HR: Protección frente al Ruido**
- **DB HE: Ahorro de Energía**

Todos estos documentos enuncian criterios a cumplir por los edificios pero deja abierta la posibilidad de buscar la forma de aplicarlos, y por esta razón es un cuerpo normativo muy flexible.

El código incluye requisitos para incrementar la calidad y la sostenibilidad de los edificios, y a la par alienta a la innovación constructiva de los mismos, todos los documentos inciden en el incremento de la sostenibilidad tanto desde la parte de los materiales, como de su empleo y puesta en obra para la construcción de edificios más seguros, confortables y económicos.



DB SE: Seguridad Estructural

Este documento establece las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural, cerciorando el comportamiento estructural del edificio frente acciones previsibles a las que puede estar sometido durante la construcción o su uso previsto.

Establece principios relacionados a resistencia mecánica y estabilidad del edificio, servicio (periodo de 50 años), durabilidad y describe también las bases del cálculo. Los preceptos son aplicables a todo tipo de edificio, incluso de carácter provisional.

El DB SE constituye la base para los siguientes documentos básicos:

- **DB-SE-AE: Acciones en la edificación**
- **DB-SE-C: Cimientos**
- **DB-SE-A: Acero**
- **DB-SE-F: Fábrica**
- **DB-SE-M: Madera**

DB SI: Seguridad Caso de Incendio

Este documento establece las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendios, consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características del proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

- **DB-SI 1: Propagación Interior.-** Se limitará el *riesgo* de propagación del incendio por el interior del *edificio*.
- **DB-SI 2: Propagación exterior.-** Se limitará el *riesgo* de propagación del incendio por el exterior, tanto en el *edificio* considerado como a otros *edificios*.
- **DB-SI 3: Evacuación de ocupantes.-** El *edificio* dispondrá de los medios de evacuación adecuados para que los ocupantes puedan abandonarlo o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad.
- **DB-SI 4: Instalaciones de protección contra incendios.-** El *edificio* dispondrá de los equipos e instalaciones adecuados para



hacer posible la detección, el control y la extinción del incendio, así como la transmisión de la alarma a los ocupantes.

- **DB-SI 5: Intervención de bomberos.-** Se facilitará la intervención de los equipos de rescate y de extinción de incendios.
- **DB-SI 6: Resistencia al fuego de la estructura.-** La estructura portante mantendrá su resistencia al *fuego* durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las anteriores exigencias básicas.

DB-SUA: Seguridad de Utilización y Accesibilidad

Este documento establece las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad y consisten en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos en el uso previsto de los edificios, favorece también el acceso y utilización no discriminatoria, independiente y segura de los mismos a las personas con discapacidad.

- **DB-SUA 1: Seguridad frente al riesgo de caídas.-** Se limitará el *riesgo* de que los usuarios sufran caídas, para lo cual los suelos serán adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad. Asimismo se limitará el riesgo de caídas en huecos, en cambios de nivel y en escaleras y rampas, facilitándose la limpieza de los acristalamientos exteriores en condiciones de seguridad.
- **DB-SUA 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento.-** Se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* puedan sufrir impacto o atrapamiento con elementos fijos o practicables del edificio.
- **DB-SUA 3: Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento.-** Se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* puedan quedar accidentalmente aprisionados en recintos.
- **DB-SUA 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.-** Se limitará el *riesgo* de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación de los *edificios*, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o de fallo del alumbrado normal.
- **DB-SUA 5: Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación.-** Se limitará el *riesgo* causado



por situaciones con alta ocupación facilitando la circulación de las personas y la sectorización con elementos de protección y contención en previsión del riesgo de aplastamiento.

- **DB-SUA 6: Seguridad frente al riesgo de ahogamiento.-** Se limitará el *riesgo* de caídas que puedan derivar en ahogamiento en piscinas, depósitos, pozos y similares mediante elementos que restrinjan el acceso.
- **DB-SUA 7: Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento.-** Se limitará el *riesgo* causado por vehículos en movimiento atendiendo a los tipos de pavimentos y la señalización y protección de las zonas de circulación rodada y de las personas.
- **DB-SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.-** Se limitará el *riesgo* de electrocución y de incendio causado por la acción del rayo, mediante instalaciones adecuadas de protección contra el rayo.
- **DB-SUA 9: Accesibilidad.-** Se facilitará el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad.

DB HS: Salubridad

El objetivo básico es establecer las reglas y procedimientos que permitan cumplir las reglas básicas de salubridad, pretende satisfacer las necesidades de higiene, salud y del medio ambiente, reduciendo a límites aceptables el riesgo de los usuarios dentro de edificios en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato.

- **DB HS 1: Protección frente a la humedad**
- **DB HS 2: Recogida y evacuación de residuos**
- **DB HS 3: Calidad del aire interior**
- **DB HS 4: Suministro de agua**
- **DB HS 5: Evacuación de aguas**

DB HR: Protección frente al Ruido

Este documento tiene por objetivo establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo



de molestias o enfermedades que el ruido pudiera producir a los usuarios como consecuencia de las características del proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

DB HE: Ahorro de Energía

El objetivo básico es el Ahorro de Energía, consiste en conseguir el uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo hasta los límites sostenibles su consumo y conseguir que una parte de estos consumos procedan de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características del proyecto, su construcción, su uso y mantenimiento.

Este documento especifica parámetros objetivos y procedimientos que aseguran satisfacer las necesidades básicas y superar los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

- HE1: Limitación de demanda energética
- HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas
- HE3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
- HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica



CAPITULO 3. LA CONSTRUCCIÓN

3.1 Sistemas constructivos

Luego del recorrido por los principios del desarrollo sostenible, es hora de llevar a la práctica todo este conocimiento transformándolo en maneras de construir, para ello es necesario analizar los materiales y sistemas constructivos, de manera que aporten estabilidad, confort y durabilidad a la edificación; En el presente trabajo enfatizare el análisis de los materiales y métodos más utilizados para la construcción de viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca.

Para que los sistemas constructivos anteriormente mencionados se comporten de una manera más eficiente dentro del campo medioambiental, es necesario que estén conformados por materiales que presenten un comportamiento ambientalmente amigable, ya sea por la baja emisión de agentes contaminantes (CO_2) o su bajo consumo energético durante su producción y vida útil, así como por su comportamiento como residuo, cuando su vida útil haya terminado.

Un proyecto de construcción es sostenible cuando el constructor comprende y ejecuta el concepto de sostenibilidad ambiental en todas sus fases: planificación, diseño, construcción, mantenimiento y demolición, de esta forma se establecen aspectos primordiales a tomar en cuenta que ayudarán a reducir costos energéticos y ambientales de dicho proyecto.

El presente documento está enfocado solamente en el análisis del proceso constructivo, pues el análisis de las fases restantes amerita una investigación por separado, para acercarse a una mayor sostenibilidad en la construcción.

Volviendo al tema que corresponde a esta investigación, la gran mayoría de textos consultados que tratan sobre sostenibilidad en la construcción, coinciden en que el pilar fundamental para alcanzar la sostenibilidad es la calidad y durabilidad del elemento a construir, dicha calidad y durabilidad está ligada principalmente a la estandarización e industrialización de los elementos y procesos constructivos, pues estos dos conceptos encierran dentro de sí aspectos como: optimización, certificación, garantía, economía, etc.

En forma muy general existen dos grandes sistemas constructivos para edificaciones, el sistema seco que consiste en el montaje e instalación



Imagen 03: Arg-é Bam



Fuente: Wikipedia

Imagen 04: Coliseo Romano



Fuente: Wikipedia

de elementos prefabricados y el sistema húmedo que consiste en el uso del agua como elemento primordial para realizar la construcción que generalmente es in situ, el sistema húmedo es conocido como Sistema Tradicional con el cual se han venido edificando una serie de edificios a lo largo de la historia demostrando durabilidad a través de los siglos, como son la ciudad de Arg-é Bam en Irán (Imagen 03), donde toda la ciudad está construida en tierra (adobe), el Coliseo Romano (Imagen 04) que fue construido con argamasa mezclando cal, arena y agua, y muchos ejemplos más. Pero es necesario aclarar que las edificaciones construidas con el sistema seco, los cuales están muy ligados al concepto de prefabricación, en la actualidad han logrado un avance significativo gracias al conocimiento y tecnología de la época, evidenciando que tienen muchos puntos a favor como el montaje, desmontaje, estabilidad dimensional, calidad y también durabilidad de sus componentes, disminuyendo así en un gran porcentaje los residuos generados en obra para la realización de la construcción.

Con el ánimo de enfocarnos en el desempeño ambiental, es necesario entender que los costos ambientales se reducirán si utilizamos elementos (ya sean estructurales o no estructurales) de fácil manejo y transporte, y que su mantenimiento no requiera operaciones de alta envergadura, ya sea por su durabilidad o por su fácil acceso que permita revisiones periódicas, para prolongar lo más posible su vida útil.

Un criterio importante para escoger un sistema constructivo es la flexibilidad que dicho sistema brinde para que los espacios puedan ofrecer usos distintos a lo largo de la vida útil. Dentro del plano estructural, un dimensionamiento estricto y adecuado nos ofrece las secciones requeridas minimizando el desperdicio y el aporte de material necesario, evitando así el sobredimensionamiento que conlleva una elevada producción de residuos y un sobrecosto financiero para la ejecución de cualquier construcción.

3.2 Materiales de construcción

En la sección de los sistemas constructivos identificaremos y analizaremos las fases y materiales necesarios para la construcción de viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca, en esta sección se analizará de forma general los materiales más utilizados en la construcción, tratando de esta manera aportar con información que permita el desarrollo sostenible de la construcción de viviendas unifamiliares.



“A lo largo de la historia se ha producido un cambio en el proceso de obtención de los materiales, hasta no hace mucho las mayoritarias sociedades rurales obtenían sus materiales en el entorno más próximo con un impacto sobre el territorio relativamente bajo. La aparición de medios de extracción y fabricación más eficientes y potentes, así como un transporte más globalizado por la abundante y barata disponibilidad de energía, hace que la producción de materiales pierda la inmediatez de lo cercano y se convierta en una actividad altamente impactante”³².

Para el análisis sostenible de las edificaciones, se debe tener en cuenta los impactos ambientales de los edificios y de sus materiales, antes, durante y después de su construcción.

Los flujos de materia y energía que entran o salen del sistema en estudio, contribuyen en forma diferente a un cierto impacto o efecto sobre el medio ambiente. Entre estos efectos se puede citar el efecto invernadero, la acidificación atmosférica, la destrucción de ozono estratosférico, la eutrofización (es el incremento de nutrientes inorgánicos en un ecosistema acuático), el agotamiento de los recursos naturales.

“Evaluar dentro de un sistema medioambiental a una construcción, es intentar cuantificar y calificar el peso de los impactos que se le asocian por el conjunto de su ciclo de vida desde la extracción de las materias primas hasta el final de su vida”³³.

El proceso de fabricación de los materiales de construcción ocasiona un impacto ambiental, el cual tiene su origen en la extracción de los recursos naturales necesarios para su elaboración, incluyendo el proceso de fabricación como tal y el consumo de energía necesario, esto se deriva en emisiones de gases tóxicos a la atmosfera como el CO₂. Por esta razón es necesario optar por criterios sostenibles para así disminuir el uso de materiales perjudiciales a la salud humana y del planeta, evitando también el aporte de residuos de construcción peligrosos para el medio ambiente.

³² BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. “*Guía de construcción sostenible*”. España: Paralelo Edición, 2005. Pág. 31.

³³ ALAVEDRA, Pere et al. La construcción Sostenible. El Estado de la Cuestión [en línea]: Instituto Eduardo Torroja, 1997. Pág. 44 [fecha de consulta: 30 Abril 2011]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.



Los principales efectos de los materiales utilizados en la construcción son:

- **Consumo de recursos naturales:** El consumo a gran escala de ciertos materiales puede llevar a su agotamiento. Una opción válida es el uso de materiales renovables y abundantes, por ejemplo la madera, la tierra, la piedra, las fibras naturales, etc.
- **Consumo de energía:** Una importante cantidad de energía se consume en la construcción, y su empleo aporta en gran medida al calentamiento global, a partir de las emisiones de CO₂. El uso de materiales de bajo consumo de energía es una muy buena opción, como ejemplo están los materiales naturales pétreos (tierra, arena, grava, piedra) que no requieren procesamiento alguno o un proceso mínimo de transformación, mientras que entre los más negativos están los metales, los materiales cerámicos, etc., pero dentro de estos materiales en la actualidad se está avanzando mucho en investigación, tratando de reducir el impacto de los mismos, haciéndolos cada vez más eficientes.
- **Emisiones generadas:** Las emisiones generadas por la mayoría de materiales utilizados para la construcción, pues estas emisiones producen el adelgazamiento de la capa de ozono, el aumento de la temperatura atmosférica, acortamiento de glaciares, aumento del nivel oceánico, etc.
- **Impacto sobre los ecosistemas:** Se deben evitar los materiales que provengan de ecosistemas sensibles, por ejemplo las maderas tropicales sin ninguna garantía de su gestión y procedencia, etc.
- **Comportamiento como residuo:** Todo material al finalizar su vida útil puede ocasionar problemas ambientales ya sean de mayor o menor envergadura, dependerá de su reutilización, reciclaje y su deposición en el vertedero.

Estos efectos se deben tomar en cuenta en el ciclo de vida del material, cuyas fases son:

1. Fase de extracción
2. Fase de producción
3. Fase de transporte
4. Puesta en obra
5. Fase de demolición



Se considera que un material es regional cuando el transporte del lugar de origen está entre los 100 y 500Km (rango que los distintos autores consideran como regional), esta distancia garantiza el desarrollo regional del lugar de construcción, favoreciendo al desarrollo local.

“En la selección de los materiales de construcción para una edificación, se debe tomar en cuenta la energía incorporada, sus propiedades térmicas, acústicas, químicas y la disposición final o reutilización de los mismos”³⁴.

3.2.1 Características exigibles a los materiales de construcción (Según NEC-11)

Se debe justificar que un 20% de los materiales de construcción usados en las edificaciones cumplen al menos un parámetro de los enunciados a continuación.

- Uso de materiales reciclados. Se debe garantizar la calidad del producto según normas INEN u otras normas internacionales.
- Uso de materiales locales. Se debe usar materiales cuyo lugar de fabricación no sea mayor a 100km. Se debe tomar en consideración su valor material y cultural.
- Construcción desmontable. La construcción debe tener un carácter modular que en el caso de desarmarse el material pueda ser recuperado en su mayoría y reutilizado en otro edificio.
- Materiales de alta tecnología eficientes en el ahorro de energía. Se debe considerar materiales que en el proceso de fabricación incluyan mejoras tecnológicas de sus propiedades energéticas, físicas y se prolongue la vida útil de los mismos.
- Materiales de baja toxicidad. Se debe utilizar materiales que contengan un bajo o nulo nivel de toxicidad desde el momento de su fabricación, operación, vida útil y disposición final.
- Materiales naturales renovables. Se debe usar materiales orgánicos renovables que no provengan de ecosistemas sensibles. Los materiales de este tipo deberán provenir de proveedores calificados que realicen un trabajo eficiente, efectivo y tengan compromiso con el medio ambiente.

³⁴ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 13: “Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador”. Ecuador, 2010. Pág. 15.



3.2.2 Materiales pétreos

Este tipo de materiales tiene un impacto relativamente pequeño por kilogramo de material empleado, el problema se encuentra en el uso masivo de estos. El principal impacto de estos materiales se encuentra en su fase de extracción, principalmente en la alteración que se produce en el entorno, modificando ecosistemas y paisajes, tanto la extracción como el transporte del material requieren un consumo de energía y por esta razón es aconsejable el uso de materiales locales para disminuir el uso de energía.

La mayor ventaja de estos materiales es la durabilidad, y recordemos que este concepto es un pilar fundamental de sostenibilidad. Como mencionamos anteriormente, el problema está en el uso masivo de estos materiales, pues son los principales responsables del colapso de los vertederos, sin embargo a nivel mundial existen iniciativas para comercializar los áridos reciclados para relleno y fabricación de morteros y hormigones.

3.2.3 Los metales

Los metales más utilizados en el sector de la construcción son el acero, el aluminio y el cobre, estos materiales como cualquier otro presentan beneficios y prejuicios para el medio ambiente, el principal impacto de los materiales metálicos se produce en la fase de transformación, en la fase de acabados y protección de dichos materiales, pues requieren de protección a base de pinturas férricas o galvanizados altamente impactantes.

Estos materiales al requerir mucho consumo energético para su fabricación y puesta en obra, perjudican al medio ambiente emitiendo así sustancias nocivas a la atmosfera como es el caso de CO_2 ; pero es conocido también que este tipo de material es muy apreciado en las demoliciones, pues la chatarra es muy cotizada en el mercado local y mundial.

3.2.4 La madera

Dentro de los materiales utilizados en la construcción, la madera es uno de los más sostenibles. La madera es el material sólido de los árboles que está cubierto por la corteza, este material homogéneo está formado por diversos tipos de células que forman tejidos para realizar funciones como: conducir la sabia, transformar, almacenar alimentos y formar la



estructura resistente y portante de un árbol, esta última función es la que más interesa al sector de la construcción.

A nivel de estructura celular se puede clasificar en dos grandes grupos:

- **Coníferas:** Constituidas esencialmente por células de característica homogénea, del grupo de las traqueidas, las cuales realizan función de conducción de la savia y de sostén del árbol.

Presentan un tronco recto, cónico hasta su ápice y revestido de ramas.

- **Latifoliadas:** Proviene del grupo de las angiospermas, constituidas especialmente por vasos, los cuales realizan la función de conducir la savia y fibras que son el sostén del árbol.

Presentan una copa ramificada bien definida y su tronco varía en dimensiones y formas.

Las coníferas tienen periodos de tiempo más corto para su crecimiento, un promedio de 15 a 30 años, en comparación a las latifoliadas que son superiores a los 30 años dependiendo de la especie. Por esta razón la madera más apropiada para la construcción son del grupo de las coníferas, pues su periodo de crecimiento es más corto lo cual permite una reforestación del bosque más eficiente, y las cualidades en su forma como su tronco recto que permite optimizar el material, minimizando el desperdicio y la energía necesaria para su transformación. De todos modos ambas especies son válidas para la industria de la construcción, pero debemos asegurarnos que la madera que utilizemos tenga un origen y una gestión sostenible, que permita minimizar el impacto ambiental en nuestras construcciones.

“El país consume actualmente 5 millones de metros cúbicos/año de madera rolliza para diferentes usos: tableros contrachapados, muebles, construcción en general, leña y carbón; cuya fuente principal de abastecimiento es el bosque nativo, que alcanza un 70% (3.5 millones de m³) y el restante 30% de plantaciones forestales.



Lamentablemente las estadísticas forestales del país son incompletas. Algunas fuentes oficiales expresan que existen aproximadamente tres millones de hectáreas de bosques nativos de producción³⁵.

“La madera proviene del recurso forestal (bosque nativo y plantaciones forestales), que tiene un carácter renovable, si se manejan bajo la concepción de sustentabilidad; caso contrario, éste se degrada y puede extinguirse. Adicionalmente, en los bosques primarios existe una amplia variedad de especies forestales potencialmente maderables de las que solo un limitado número han sido estudiadas y de las cuales existe información que permite ser usada en la industria de la construcción³⁶.”

En primer lugar, debe garantizar que la gestión del espacio forestal de donde proviene es sostenible (certificados):

La Autoridad Forestal Nacional, extenderá la correspondiente Patente de Proveedor de Madera Estructural, a los interesados que cumplan con los requisitos siguientes:

- a) Se abastezcan de madera proveniente de Programas de aprovechamiento y de corte, autorizados por el Ministerio del Ambiente, es decir de procedencia legal.
- b) Poseer una infraestructura de secado al horno y preservación a presión o inmersión.
- c) Estar dispuestos a asumir las responsabilidades civiles y penales que se deriven del uso de materiales defectuosos.

Toda persona natural o jurídica, responsable de la construcción de edificaciones con material estructural de madera, deberá proveerse del material, en los establecimientos de comercio de madera estructural, autorizados por la Autoridad Nacional Forestal³⁷.

En la actualidad la madera se puede recuperar al final de su vida útil para convertirla en tableros aglomerados o para su valorización

³⁵ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 7: *"Construcción con Madera"*. Ecuador, actualización septiembre 2010. Pág. 3.

³⁶ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 7: *"Construcción con Madera"*. Ecuador, actualización septiembre 2010. Pág. 4.

³⁷ Ibid.



energética como biomasa (“Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”³⁸).

Es necesario recordar que al momento de escoger un material para la construcción, siempre es necesario optar por el consumo y desarrollo local, para disminuir el costo energético de nuestra obra minimizando las emisiones de CO₂ causadas por el transporte.

Con respecto al mantenimiento, todo elemento constructivo que se realice con madera, aunque esté muy bien construida requiere revisiones, ajustes y reparaciones durante su vida útil.

Al entrar en uso el elemento constructivo probablemente sea necesario arreglar fisuras en las uniones de los miembros o piezas, cualquiera que estas sean, apretar tornillos o tuercas de pernos para corregir los desajustes efectuados por diversas razones, asentamientos, acomodamiento de la madera a la humedad del entorno, etc.

Entre las principales revisiones periódicas y ejecuciones a realizar para arreglos necesarios según la Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-11, Capítulo 7: Construcción con Madera tenemos:

- a) Reclavar los elementos que por la contracción de la madera, por vibraciones o por cualquier otra razón, se hayan desajustado; y, apretar las tuercas en uniones hechas con pernos y tornillos.
- b) Si se encuentran roturas, deformaciones o podredumbres en las piezas estructurales, se debe dar aviso al constructor.
- c) Repintar las superficies deterioradas por efectos del viento, de la humedad y del sol.
- d) Si la madera ha sido tratada con inmunizantes colocados con brocha, aplicar un nuevo tratamiento con la periodicidad y las precauciones que recomienda el fabricante del producto que se use.
- e) Revisar los sistemas utilizados para evitar las termitas aéreas y subterráneas.
- f) Fumigar por lo menos una vez al año para evitar la presencia de insectos domésticos y ratas.
- g) Mantener las ventilaciones de áticos y sobre cimientos sin obstrucciones.

³⁸ Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española* (22.^a ed.). Consultado en <http://www.rae.es/rae.html>



- h) Inspeccionar posibles humedades que puedan propiciar el crecimiento de hongos y eliminar las causas.
- i) Limpiar y, si es necesario, arreglar canales y desagües de los techos.
- j) Verificar la integridad de la instalación eléctrica.
- k) Verificar los sistemas especiales de protección contra incendios cuando los existan.
- l) En caso de construcciones sobre pilotes, se deben revisar el apoyo homogéneo de la estructura, su nivelación y el estado de ella.

Dentro de este mundo de los materiales para la construcción resulta un tanto complicado escoger cual es el que mejor se desempeña ambientalmente, y más aún si en nuestro mercado no existen muchas opciones, pero está en los constructores transformar esta realidad, pues al existir más demanda por estos materiales existirá más oferta y seguramente en un futuro no muy lejano empezaran a surgir las etiquetas ecológicas que nos garanticen que los productos tienen un bajo impacto ambiental en nuestro medio o región, es decir un etiquetado más nuestro, más local, pero garantizándonos el mismo comportamiento y función que los materiales a ser reemplazados.

3.3 Análisis de las fases constructivas y materiales

3.3.1 Estructura portante

La estructura representa el esqueleto o el elemento sustentante de un edificio, es lo que le permite estar erguido soportando los diferentes esfuerzos, cargas y sobrecargas, resultantes del propio edificio y su utilización, dichas cargas son transmitidas por medio de los cimientos hacia el suelo, pues estos son el elemento vinculante de la estructura con el suelo a cimentar.

Dentro de la etapa constructiva de la estructura portante, es absolutamente necesario un Estudio Geotécnico previo.

3.3.1.1 Estudio geotécnico

Definición: “Actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las



estructuras (superestructura y subestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que preserve la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas³⁹.

El estudio geotécnico es el primer requisito para aportar con sostenibilidad en un proyecto de construcción (*“El estudio geotécnico es el compendio de información cuantificada en cuanto a las características del terreno en relación con el tipo de edificio previsto y el entorno donde se ubica, que es necesaria para proceder al análisis y dimensionado de los cimientos de éste u otras obras”*⁴⁰), “El estudio geotécnico incluirá los antecedentes y datos recabados, los trabajos de reconocimiento efectuados, la distribución de unidades geotécnicas, los niveles freáticos, las características geotécnicas del terreno identificando en las unidades relevantes los valores característicos de los parámetros obtenidos y los coeficientes sismoresistentes, si fuere necesario”⁴¹.

“Los estudios geotécnicos en cualquiera de las etapas del proyecto son obligatorios para todas las edificaciones que se erijan sobre territorio ecuatoriano. Los estudios geotécnicos para cimentaciones de edificaciones deben ser dirigidos y avalados por Ingenieros Civiles, titulados y registrados.

Para el cumplimiento de este requisito todos los informes de los estudios geotécnicos y todos los planos de diseño y construcción que guarden alguna relación con estos estudios, deben llevar la aprobación del ingeniero director (responsable) del estudio. Los profesionales que realicen estos estudios geotécnicos deben poseer una experiencia mayor de tres (3) años en diseño geotécnico de cimentaciones, bajo la dirección de un profesional facultado para tal fin, o acreditar estudios de postgrado en geotecnia⁴².

El número mínimo de sondeos de exploración a efectuarse en el terreno donde se desarrollara el proyecto se definirán en la siguiente tabla:

³⁹ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 9: *“Geotecnia y Cimentaciones”*. Ecuador, actualización Noviembre 2010. Pág. 5.

⁴⁰ Código Técnico de la Edificación, *“Documento Básico SE-C: Seguridad estructural Cimientos”*. España, 2007. Pág. 11.

⁴¹ Código Técnico de la Edificación, *“Documento Básico SE-C: Seguridad estructural Cimientos”*. España, 2007. Pág. 16.

⁴² Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 9: *“Geotecnia y Cimentaciones”*. Ecuador, actualización Noviembre 2010. Pág. 4.

**Tabla 07:** Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción

CATEGORIA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCION			
Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad mínima de sondeos: 6m.	Profundidad mínima de sondeos: 15m.	Profundidad mínima de sondeos: 25m.	Profundidad mínima de sondeos: 30m.
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5
* El número mínimo de perforaciones serán tres.			
* Los sondeos realizados en la frontera entre unidades adyacentes de construcción de un mismo proyecto, se pueden considerar válidos para las dos unidades siempre y cuando domine la mayor profundidad aplicable.			

Nota: En los casos que se tengan rellenos sobre el nivel actual del terreno natural en zonas bajas, donde se esperan encontrar en el subsuelo depósitos de suelos blandos, se deberá realizar sondeos profundos para definir las fronteras drenantes y estratos de suelo comprensibles que participen en los asentamientos producto del incremento de esfuerzos geostáticos generados por los nuevos rellenos.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 9: "Geotecnia y Cimentaciones".

Tabla 08: Clasificación de las unidades de construcción por categorías

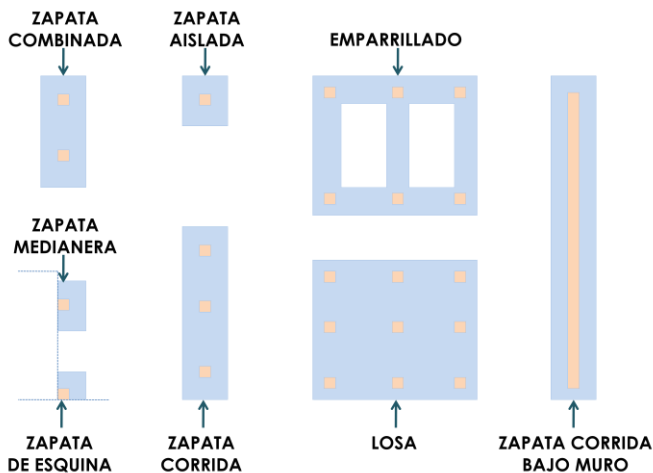
	SEGÚN LOS NIVELES DE CONSTRUCCIÓN	SEGÚN LAS CARGAS MÁXIMAS DE SERVICIO EN COLUMNAS (KN)
BAJA	Hasta 3 niveles	Menores de 800
MEDIA	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4000
ALTA	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4001 y 8000
ESPECIAL	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8000

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Capítulo 9: "Geotecnia y Cimentaciones".

Todos estos datos le facilitarán al Ingeniero Estructural obtener los criterios suficientes para realizar un análisis acertado y concreto de la vinculación entre la estructura y el suelo donde estará edificada; de esta manera el resultado del cálculo será el óptimo y necesario para la edificación, permitiendo así establecer las cantidades y volúmenes necesarios para su construcción, aminorando los residuos, sobrantes y hasta sobrepagos en la ejecución de la obra, pues con las cantidades exactas y necesarias se evitan sobredimensionamientos, y déficit en el diseño estructural, ya que el uno como el otro afectan en el presupuesto, la vida útil, el mantenimiento, etc.



Gráfico 06: Tipos de cimentaciones directas



Fuente: CTE DB SE-C

3.3.1.2 Cimentación

Según datos del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador) en del año 2009, el hormigón armado es el material más utilizado para la construcción de cimentaciones en nuevas estructuras, el 80% de los permisos de construcción para nuevas edificaciones de uso residencial en el país usan este material en sus cimientos y el 90% lo usan en las estructuras.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, clasifica las cimentaciones como superficiales o profundas.

Cimentaciones directas o superficiales, que se caracterizan por repartir las cargas de uno o varios pilares de la estructura en un plano de apoyo horizontal, las cuales habitualmente se construyen a poca profundidad bajo la superficie.

Cimentaciones profundas, este tipo de cimentación da soluciones para la transmisión de cargas a los sustratos de suelo mucho más profundos pues si el estrato superficial es de baja resistencia y elevada capacidad de deformación, la carga se transmite mediante pilotes que trabajan a fricción vertical entre la cimentación y el suelo.

En la ciudad de Cuenca las más utilizadas son las cimentaciones superficiales debido al tipo de suelo predominante en toda la ciudad, que en su mayoría es de muy buena calidad (el 85% del suelo de la ciudad son terrazas aluviales, que por sus características de resistencia es excelente suelo para cimentar).

3.3.1.2.1 Cimentaciones directas o superficiales

Definición: “Una cimentación directa es aquella que reparte las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal. Las cimentaciones directas se emplean para transmitir al terreno las cargas de uno o varios pilares de la estructura, de los muros de carga o de contención en los sótanos, de los forjados o de toda la estructura.”, se clasifican en los siguientes tipos:⁴³

⁴³ Código Técnico de la Edificación, “Documento Básico SE-C: Seguridad estructural Cimientos”. España, 2007. Pág. 19.

**Tipos:**

1. Zapata aislada: Pilar aislado, interior, medianero o de esquina.
2. Zapata combinada: 2 ó más pilares contiguos.
3. Zapata corrida: Alineaciones de 3 o más pilares o muros.
4. Pozo de cimentación: Pilar aislado.
5. Emparrillado: Conjunto de pilares y muros distribuidos, en general, en retícula.
6. Losa: Conjunto de pilares y muros.

Esta clase de cimentación es la más utilizada en la ciudad de Cuenca, por el suelo predominante, pues dadas sus características resistentes, en éstos tipos de suelos se presentan asentamientos pequeños o moderados.

Como ya mencionamos, la cimentación es el vínculo de la estructura con el suelo, y al ser este vínculo tan importante debemos tomar en cuenta muchos factores que inciden para que este sea un éxito o un fracaso, entre los aspectos a considerar están: la composición química del suelo, su granulometría, su resistencia, su plasticidad, etc., pues estos aspectos pueden alterar la calidad y durabilidad del elemento constructivo, además, en casos especiales será necesario el uso de adiciones al hormigón para minimizar dichos efectos mencionados. Estas adiciones en ocasiones incluyen compuestos lixiviables, como metales pesados, escorias, cenizas volantes, humo de sílice, etc., que podrían contaminar los suelos colindantes, especialmente las capas de agua acumuladas en el subsuelo. En este sentido es muy importante la calidad de la cimentación, en especial del hormigón y sus dosificaciones, pues es de vital importancia la puesta en obra, ejecución de este elemento constructivo tan importante como es la cimentación.

Otro insumo fundamental en este tipo de estructuras es el acero, y representa costos ambientales considerables, tomando en cuenta los consumos energéticos, la contaminación ambiental, la explotación de las materias primas, etc., todo el proceso de fabricación del acero repercute en una valoración ambiental negativa, a pesar de que la mayoría de acerías en el país cuentan con procesos de reciclado de chatarra y poseen sus certificados INEN, ISO 9000 e ISO 14000.



3.3.1.3 Estructura

La estructura es la disposición de los elementos que sustentan un edificio y están fijos al suelo para transmitir sus cargas, su función principal es la de sostener cualquier tipo de elemento.

Tipos de estructuras según su origen

- a) **Estructuras masivas o de gravedad:** son aquellas que están formadas por acumulación de materiales.
- b) **Estructuras abovedadas:** Son aquellas que están formadas por arcos y bóvedas que permiten que dichas estructuras sean más ligeras.
- c) **Estructuras reticuladas o entramadas:** Son aquellas que están formadas por elementos horizontales y verticales que dan varios niveles de altura.
- d) **Estructuras trianguladas:** Son aquellas que están formadas por barras unidas mediante tornillos, remaches o soldaduras constituyendo módulos en forma de triángulo.
- e) **Estructuras colgantes:** Son aquellas que están formadas por cables tensores para sustentar el peso de la estructura y su carga.
- f) **Estructuras laminares:** Son aquellas que están formadas por láminas unidas mediante tornillos, remaches o soldaduras.

El tipo de estructura más utilizada en el país y en la ciudad de Cuenca son las reticuladas o entramadas debido a su versatilidad y prestaciones que ofrece para la construcción de edificaciones, y principalmente para la construcción de viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca.

3.3.1.4 Materiales

3.3.1.4.1 Hormigón armado

Consiste en el uso de hormigón como material compuesto, reforzado con barras de acero, a estas barras se las llama armaduras, para que estos materiales trabajen conjuntamente es necesario que estén íntimamente unidos e interrelacionados por medio de fuerzas de adherencia que se desarrollan en las superficies de contacto, y para favorecer esta adherencia se utiliza acero corrugado; también existen como alternativa diferentes tipos de fibras de refuerzo de origen natural o de origen sintético, todo depende del nivel de esfuerzos y requerimientos a los que estén expuestos una estructura.



Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, en su Capítulo 4: Estructuras de Hormigón Armado, dentro de sus requisitos generales expone que: “Los elementos estructurales de hormigón armado deben cumplir con las especificaciones vigentes del Comité 318 del Instituto Americano del Concreto (Código ACI-318), excepto en lo referente a su capítulo “Estructuras Sismo Resistentes”⁴⁴.

3.3.1.4.1.1 Material cementante

3.3.1.4.1.1.1 Cemento

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción el cemento “Debe cumplir con cualquiera de las siguientes especificaciones NTE INEN 152, 490 o 2380, lo mismo que se demuestra a través de los ensayos de laboratorio. La muestra de cemento empleada para los ensayos de laboratorio debe ser representativa de todo el lote, y se la obtiene siguiendo las recomendaciones del procedimiento NTE INEN 153”⁴⁵.

“El cemento es el componente primordial del concreto, que a su vez es el segundo material más utilizado del planeta, requiere el equivalente de 60 a 130 kilogramos de combustible y 110kwh para producir una tonelada de cemento. La industria del cemento genera, a nivel mundial, el 5% del CO₂ antropogénico global, uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático”⁴⁶.

El hormigón, es el material resultante de la mezcla del cemento Portland (material conglomerante o cementante, del cual se producen alrededor de 600 millones de toneladas anuales a nivel mundial) con áridos (agregado fino y grueso) y agua como constituyentes principales. Las proporciones de estos componentes dependerán de las características específicas buscadas en la mezcla final, tomando en cuenta también las características medioambientales y de fabricación propias de la obra a construir. La principal característica del hormigón es su resistencia a los esfuerzos de compresión, pero con escasa resistencia a los esfuerzos de tensión, es aquí donde la alta resistencia a tensión del acero favorece al buen comportamiento de una estructura, de aquí nace el nombre de hormigón armado.

⁴⁴ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: “Estructuras de Hormigón Armado”. Ecuador, actualización Octubre 2010. Pág. 4.

⁴⁵ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: “Estructuras de Hormigón Armado”. Ecuador, actualización Octubre 2010. Pág. 22.

⁴⁶ Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, “La iniciativa para la sostenibilidad del cemento, nuestra agenda de acción”. Julio 2002. Pág.5.



Es por esto que se hace necesaria la búsqueda de materiales alternativos al cemento Portland que disminuyan el impacto ambiental que genera el uso de este material cementante y dentro de esta consideración es necesario voltear la mirada hacia materiales cementantes alternativos como las puzolanas, ya que son los que mayor aportan a la construcción sostenible.

3.3.1.4.1.1.2 Material cementante alternativo –Puzolanas-

Los materiales puzolánicos son: “aquellos materiales silíceos o sílico–aluminosos, los cuales pueden ó no tener propiedades cementantes por sí mismos, los que finamente molidos y en presencia de humedad, reaccionan químicamente con los hidróxidos de calcio a temperatura ambiente, para formar compuestos que poseen propiedades cementantes”⁴⁷.

Se pueden dividir en dos grupos: naturales, como cenizas volcánicas y diatomita; y artificiales, como arcillas calcinadas, cenizas pulverizadas de carbón de piedra y cenizas de residuos agrícolas quemados, los cuales pueden ser combinados con cal o cemento, mejorando considerablemente las propiedades de los morteros, concretos y enlucidos, haciéndolos más resistentes a los sulfatos, mejorando la trabajabilidad, resistencia final, durabilidad, etc., pero sobre todo reduciendo su costo económico, energético y medio ambiental, razón por la cual su aporte es muy grande y contundente para el desarrollo sostenible de la industria de la construcción.

Las puzolanas pueden reemplazar cerca de un 30% al cemento en aplicaciones estructurales y alrededor de un 50% en aplicaciones no estructurales, significando esto un ahorro considerable, y por mencionar algunas ventajas técnicas como:

- Mejor trabajabilidad
- Mejor retención de agua y menor exudación
- Mejor resistencia a los sulfatos
- Mejor resistencia a reacciones alcalinas de los agregados
- Mejor calor de hidratación
- Mayor resistencia a largo plazo, etc.

⁴⁷ Materiales puzolánicos [en línea]: Glosario [fecha de consulta: 20 Marzo 2012]. Disponible en <http://moduloproyectos.wikispaces.com/GLOSARIO>.



La única desventaja de algunas puzolanas es que retardan el tiempo de fraguado de la mezcla, quiere decir que el desencofrado de los elementos estructurales se puede retrasar un día o más, pero considerando esto las ventajas técnicas son mayores frente a dicho inconveniente.

El aporte de las puzolanas está principalmente como sustituto del cemento en las proporciones mencionadas, esto influye en la reducción del uso de energía y la contaminación causada para la producción, transporte y puesta en obra del cemento, sin dejar a un lado todas las ventajas técnicas mencionadas.

3.3.1.4.1.2 Agregados

Luego de esta pequeña introducción sobre los materiales cementantes alternativos como las puzolanas, retomamos al hormigón o concreto “tradicional” donde los agregados ocupan un papel muy importante en la fabricación del concreto, pues corresponden alrededor de las tres cuartas partes del volumen total, mientras que el restante está compuesto por pasta de cemento, agua y burbujas de aire, entre otros. En este sentido es necesario prestarle la suficiente atención a este componente del hormigón, “los áridos empleados en la construcción de estructuras de hormigón armado deben cumplir con la especificación NTE INEN 872 (ASTM C33)”⁴⁸.

“El árido fino y grueso para hormigón debe ser limpio, duro, sano y durable, con una distribución granulométrica que se mantenga razonablemente uniforme durante toda la producción. La presencia de sustancias nocivas como: terrones de arcilla y partículas desmenuzables, partículas menores a 75µm, carbón, lignito y chert se encuentran limitadas dependiendo del uso que tendrá el hormigón. En el documento NTE INEN 872 se detallan los ensayos que se deben ejecutar en el árido para su aceptación o rechazo”⁴⁹.

Dentro de esta discusión sobre los áridos, un tema importante es la escasez que se produce cada año de dicho material, pues constantemente la legislación y la normativa en el país es más estricta

⁴⁸ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: “Estructuras de Hormigón Armado”. Ecuador, actualización Octubre 2010. Pág. 23.

⁴⁹ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: “Estructuras de Hormigón Armado”. Ecuador, actualización Octubre 2010. Pág. 23.



con la minería, y con base en esto, el precio de los agregados en el país y en específico en la ciudad de Cuenca, se ha vuelto muy inestable en los últimos 6 años, donde los precios han subido de forma precipitada, tomando en cuenta que según la Cámara de Minería de Cuenca, existen 3 millones de metros cúbicos de áridos que urgen a Cuenca, pero que por falta de acuerdo de las autoridades no es posible extraer este material.

Todo lo mencionado anteriormente nos permite considerar la opción de incorporar hormigones con agregados reciclados en todas aquellas soluciones donde nos sea posible, siempre y cuando sean construidos técnicamente y sin que afecten la calidad, ni vida útil del elemento construido. Es necesario recordar que “anualmente en el mundo se producen cerca 11 billones de toneladas de hormigón, empleando para ello alrededor de 8 billones de toneladas de áridos naturales”⁵⁰, esto nos hace pensar en los esfuerzos que debemos hacer para minimizar el impacto ambiental que produce la industria de la construcción, específicamente en la fabricación de hormigón, aquí es donde juega un papel muy importante el profesional de la construcción, pues debe ser una opción muy valiosa la incorporación de agregados reciclados para la fabricación de hormigones, aportando así al desarrollo sostenible.

3.3.1.4.1.2.1 Agregado grueso

El agregado grueso es uno de los principales componentes del hormigón, y por esta razón debe tener una buena calidad para garantizar los buenos resultados del hormigón a preparar. El agregado grueso en nuestro medio está formado por grava o roca triturada de fuentes seleccionadas, es aquel que queda retenido en el tamiz #4 y debe cumplir la norma ASTM C-33. Este agregado debe ser limpio, resistente e inerte, evitando las formas planas o largadas.

3.3.1.4.1.2.2 Agregado fino

El agregado fino es aquel cuyo diámetro se encuentra entre 4,75 milímetros y 74 micrones, y el tipo más usual en nuestra zona es la arena natural y en baja proporción la manufacturada, las partículas

⁵⁰ SUAREZ M. et al. “ESTUDIO DE HORMIGONES ELABORADOS CON RESIDUOS DE LADRILLERAS Y DE DEMOLICIÓN”, Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI) Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe- Argentina, 2006. Pág. 2.



deben ser limpias, de perfiles angulares, duros compactos y resistentes, pero sobre todo libre de polvo y materia orgánica.

Para la obtención de los agregados tanto gruesos como finos, se utilizan fuentes naturales no renovables, para lo cual es necesaria la extracción y explotación minera, ya sea en canteras, ríos o quebradas, que como mencionamos cada vez son más escasas y restringidas. Por estas razones es necesario dar un giro y buscar otras opciones que sustituyan estos agregados tradicionales, que tanto impacto causan en el tema ambiental y económico, y el camino a tomar es el de la utilización de agregados reciclados provenientes en su mayoría de los desechos de la misma industria de la construcción.

3.3.1.4.1.2.3 Agregados reciclados

Los desechos en la construcción o escombros son una fuente importante para la obtención de agregados reciclados para la fabricación de hormigón, estos escombros provenientes de la construcción y demolición, superan significativamente a los residuos derivados de residencias, comercio y la industria.

“Los escombros son residuos inertes provenientes de distintas actividades de la construcción. En general, se puede decir que el escombro está compuesto por un 20% de hormigón, un 50% de material de albañilería, cerámico, tubería, uniones, etc.), un 10% de asfalto y un 20% de otros elementos como maderas”⁵¹. Como sabemos los materiales utilizados en la construcción son de distintos tipos y de distinta naturaleza, lo que determinara en el manejo y aprovechamiento diferenciado de los mismos, según el tipo, cantidad, costo e impacto que produzca al medio ambiente.

En la ciudad de Cuenca a partir del año 2003, el municipio y en particular la EMAC (Empresa Pública Municipal de Aseo) inicio un programa para le gestión de Escombros, para lo cual constantemente está abriendo al público escombreras temporales, entre las cuales está escombrera ubicada en la parroquia el Valle y otra ubicada en la parroquia Tarqui, según la propia EMAC, en sus escombreras recibe 30.000m³ de escombros al mes, este cifra nos hace dar cuenta del nivel de contaminación que produce la industria de la construcción en la ciudad

⁵¹ SERRANO, María y PEREZ, Diego. “Agregados no convencionales para la preparación de concretos Ecológicos”. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. Colombia 2011. Pág. 549.



de Cuenca, y también es el incentivo para pensar en la ayuda que le haríamos al medio ambiente y a nosotros mismos, si recicláramos un porcentaje alto de estos escombros, pues evitaríamos que estos dejen más huella en el medio ambiente, insertándolos nuevamente en el ciclo de vida de otro elemento constructivo.

Como se ha venido recalcando en varias ocasiones “La tendencia actual en la construcción es tener un ciclo de vida lo más cerrado posible; que actué de forma óptima con la economía y sea razonable con el medio ambiente.

Si se parte de un material de los llamados de primera generación y tras un proceso de transformación se genera un insumo, que posteriormente, agotada su vida útil tras un proceso de producción o servicio resulta en la generación de un material de desecho. Si dicho material de desecho, después de recorrer otro proceso de transformación, generara un material distinto (de los llamados de segunda generación); y éste es insertado nuevamente dentro de otro insumo (o en el más óptimo de los casos, dentro del mismo insumo del que proviene), el ciclo de vida de los materiales será más eficiente y acorde con el medio ambiente”⁵².

En el país no se tienen cifras sobre recuperación y reciclaje de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), seguramente es despreciable, pues solamente como referencia en España durante el año 2005 solamente el 5% de los RCD son destinados al reciclaje, aun así en España el porcentaje es demasiado bajo comparándolo con Alemania, Holanda o Bélgica que oscila entre el 20 y el 90%. “Este hecho es significativamente grave si tenemos en cuenta que más del 90% de los RCD’s podrían valorizarse y ser reintroducidos en el sector de la construcción o la industria”⁵³.

En la actualidad los estudios sobre concreto realizados con agregados reciclados de dicho material ofrecen un camino favorable para su fabricación, entre otras cosas por el ahorro de energía, mejoras del medio ambiente, etc. Su aplicación estructural está centrada en los estudios sobre su comportamiento y propiedades como la contracción y la fluencia, pues inciden en ellos a corto y largo plazo, provocando

⁵² GOMEZ, José. Et al. “*Cualidades Físicas y Mecánicas de los Agregados Reciclados de Concreto. Aplicación en Concretos*”. [en línea] UPC, [fecha de consulta: 16 enero 2012]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu>.

⁵³ MARTINEZ, Carlos. “*Gestión de residuos de construcción y demolición (RCDS): importancia de la recogida para optimizar su posterior valorización*”. Congreso Nacional del Medio Ambiente. España. 2008. Pág. 7.



variaciones en su comportamiento y restringiendo su aplicación con respecto a concretos convencionales.

Las principales variaciones del agregado reciclado provienen de las propiedades del concreto original, su estado de conservación y el proceso de construcción con el cual fueron elaborados; generalmente los agregados reciclados procedentes de concreto presentan un elevado nivel de poros, posibilidad de absorber más agua y una densidad más baja que los agregados usualmente utilizados.

3.3.1.4.1.3 Agua

El agua es uno de los elementos esenciales para la fabricación del hormigón o morteros, este elemento es el causante de que el cemento active sus propiedades ligantes mediante la hidratación del mismo. El agua representa entre el 10 y 25% del volumen del concreto y su calidad influirá en el comportamiento y propiedades de la mezcla, pues cualquier sustancia desfavorable que se encuentre en el agua, puede derivar en resultados desfavorables significativos en el concreto o mortero.

La práctica más común es el uso de agua potable para la fabricación de concretos o morteros, de tal manera que no se realiza ninguna verificación sobre la calidad del agua, suponiendo que toda agua potable es adecuada para elaborar concreto o mortero, pero se debe tomar en cuenta que el agua potable también podría contener citratos o azúcares que no afectan su potabilidad pero podrían comprometer la calidad y propiedades de una mezcla de concreto o mortero; en sí, el agua para fabricar concretos o morteros no debe ser necesariamente potable, sin embargo debe cumplir ciertos requisitos de calidad. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, cuando se tiene duda sobre la calidad del agua se deben aplicar los siguientes criterios para su aceptación:

1. Que la resistencia a la compresión de cubos de mortero (ASTM C109) fabricados con “agua dudosa” sea por lo menos el 90% de la resistencia a la compresión de cubos de mortero fabricados con agua aceptable para hacer hormigón, comparadas a la edad de 7 días.
2. Que la desviación del testigo en el ensayo de tiempo de fraguado (ASTM C191) se encuentre dentro del rango 1 hora antes hasta 1 hora 30 minutos después.



3.3.1.4.1.3.1 Requisitos de calidad

Los requisitos de calidad del agua para realizar mezclas de concreto o morteros no están ligados con el aspecto bacteriológico, sino más bien se refiere a características físico-químicas y a sus efectos en el comportamiento y propiedades de la mezcla. El agua empleada para la preparación del hormigón debe cumplir las disposiciones de la norma ASTM C 1602.

Características físico-químicas: En general se debe evitar en lo posible sales inorgánicas como cloruros y sulfatos, sólidos en suspensión, materia orgánica, dióxido de carbono disuelto, etc., se debe evitar también otras sustancias dañinas como grasas, aceites, azúcares y ácidos.

Al utilizar agua potable cabe suponer que sus características físico-químicas son las adecuadas para elaborar el concreto, sin contar que se adicionen saborizantes, lo cual se puede detectar al probarla.

Efectos en la mezcla: Se refiere a las consecuencias que produce en el concreto realizado debido a las sustancias indeseables e impurezas que podría aportar el agua, los efectos se pueden presentar en corto, mediano y largo plazo.

Los efectos a corto plazo se relacionan con el tiempo de fraguado y resistencias tempranas, los de mediano plazo con resistencias posteriores a los ocho días y los de largo plazo se evidencian en patologías que aparecerán de acuerdo al uso y al ambiente expuesto de la estructura.

En sí, el agua tiene dos aplicaciones para la elaboración de concretos o morteros: la primera como ingrediente para la fabricación y la segunda como compuesto curador de las mezclas realizadas, es recomendable emplear agua de igual calidad en las dos aplicaciones. El agua para curado tiene como objetivo mantener al concreto hidratado para mejorar su resistencia, permeabilidad y durabilidad.

Según la norma NTE INEN 1 855 2-2:2002 (Hormigones. Hormigón preparado en obra. Requisitos) establece los requisitos específicos que debe cumplir el agua que será adicionada para realizar el hormigón, textualmente dice:

Si el agua no es potable y proviene de fuentes naturales debe enviarse a un laboratorio químico para que verifique que no contiene concentraciones peligrosas de sulfatos u otras sustancias químicas que



puedan ser dañinas para el hormigón o el acero de refuerzo. El agua cuya calidad sea cuestionable debe sujetarse a los criterios de la tabla 1. Si la concentración de sulfatos solubles (SO_4) es mayor a 150ppm se debe seguir las recomendaciones del ACI 225R (ver tabla).

Tabla 09: Criterio de aceptación de aguas dudosas

Ensayos	Límites	Método de ensayo
Resistencia a la compresión % mínimo de control a 7 días	90	* INEN 488
Tiempo de fraguado, desviación del testigo h: min	Desde 1:00 antes Hasta 1:30 después	* INEN 158
* La comparación se hace con dos meclas elaboradas con proporciones fijas y con el mismo volumen de agua, una con el agua sometida a ensayo y la otra utilizando agua potable o agua destilada.		

Fuente: NTE INEN 1 855 2-2:2002

Tabla 10: Hormigón expuesto a la acción de sulfatos

TIPO DE CEMENTO Y RELACIÓN AGUA-CEMENTO RECOMENDADA*

Grado de Exposición	Sulfato Soluble en agua (SO_4) en el suelo, %.	Sulfato (SO_4) en el agua ppm	Tipo de cemento Pórtland o compuesto ASTM	Relación agua-cemento máxima**
Leve	0,00-0,10	0-150
Moderado	0,10-0,20	150-1500	Tipo II IP (MS) IS (MS) Tipo+puzolana ***	0,5
Severo	0,20-2,00	1500-10000	Tipo V Tipo II+escoria (>60%) Tipo II+puzolana	0,45
Muy severo	Sobre 2,00	Sobre 10000	Tipo V+puzolana Tipo V+escoria (>60%)	0,45

* Estos son aplicables para hormigones de densidades entre 2,0 y 2,6

** Una relación agua/cemento menor puede ser necesaria para prevenir la corrosión de elementos embebidos

*** Una puzolana que haya sido verificada por ensayos o por registro de seervicios, que mejora la resistencia a los sulfatos cuando se utiliza con el tipo de cemento a emplearse en la obra.

(MS) Moderada resistencia a los sulfatos

Fuente: NTE INEN 1 855 2-2:2002

Las principales características del concreto de cemento Portland son la resistencia a la compresión y la durabilidad. Ambas propiedades están íntimamente relacionadas con el grado de compactación del material, pues al tener menos vacíos, el material será más resistente y menos



permeable, disminuyendo la probabilidad de que ingresen en su interior sustancias agresivas que puedan deteriorarlo, aumentando de esta manera su durabilidad.

Una manera de modificar las características y comportamientos del hormigón o concreto es mediante la incorporación de aditivos que se utilizan con el propósito de mejorar el desempeño del material, en este sentido existe una gran cantidad de aditivos en el mercado como por ejemplo: acelerantes, retardantes de fraguado, plastificantes, súper plastificantes, incorporadores de aire.

Generalmente para la construcción de viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca, el hormigón es preparado en obra, con algunas excepciones en elementos de mayor tamaño y volumen como por ejemplo losas de entrepiso donde el hormigón premezclado está ganando espacio, las empresas dedicadas a la fabricación y distribución del hormigón premezclado ofrece las garantías del caso hasta el momento de puesta en obra del hormigón, basada en los ensayos hechos in-situ; luego de esto depende del constructor asegurar la calidad del hormigón puesto en obra a través de los cuidados necesarios como el curado, el cual es de vital importancia para la durabilidad de dicho hormigón.

Los requerimientos para la calidad del hormigón están establecidos en Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 855-2:2002 *Hormigones. Hormigón preparado en obra*. Pero en caso de ser necesario y cuando existan diferencias entre especificaciones, deben primar las que estén basadas en métodos de evaluación NTE INEN, en caso de no existir estas se tomaran las ASTM correspondientes, atendiendo siempre las recomendaciones del ACI (American Concrete Institute).

En esta norma se establecen los requisitos específicos con respecto a los materiales como: cemento, áridos, agua y aditivos; se establece también las tolerancias de asentamiento, resistencia a la compresión, hormigón con aire incorporado, incluye los requisitos para el diseño de la mezcla, información para la elaboración del hormigón, muestreo y ensayo. El cumplimiento de la norma garantiza un nivel de calidad para el hormigón, asegurando así la durabilidad dentro de los rangos aceptables para una edificación.



3.3.1.4.1.4 Aditivos

Los aditivos para concreto pueden ser componentes orgánicos e inorgánicos, los cuales son incluidos en la mezcla para modificar las propiedades de los materiales conglomerados en estado fresco. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, en el capítulo 4, Estructuras de Hormigón Armado, los aditivos para hormigón deben cumplir las siguientes normas:

- ASTM C494: Aditivos químicos para hormigón.
- ASTM C1017: Aditivos químicos para uso en la producción de hormigón fluido.
- ASTM C260: Aditivos incorporadores de aire utilizados en la elaboración de hormigón.
- ACI 212.3R: Aditivos químicos para Hormigón.
- ACI 212.4R: Aditivos reductores de agua de alto rango en el hormigón (súperplastificantes).

3.3.1.4.1.5 Acero de refuerzo

Según el diccionario de la Real Academia Española el significado del Acero es: Aleación de hierro y carbono, en diferentes proporciones, que, según su tratamiento, adquiere especial elasticidad, dureza o resistencia. El carbono generalmente no supera el 2% con respecto al peso de la composición de la aleación (normalmente en porcentajes 0,2 al 0,3%). En porcentajes mayores del 2% de carbono dan lugar a las fundiciones, aleaciones que al ser quebradizas y al no poderse forjar, se moldean; pues al aumentar el contenido de carbono, se incrementa la dureza y la resistencia del acero, más aumenta también su fragilidad y disminuye la ductilidad; es necesario saber que a menor contenido de carbono, el acero mejora la soldabilidad. El acero es un material dúctil, maleable, forjable y soldable, actualmente existen más de 2.500 clases de acero estándar en todo el mundo.

En el Ecuador la fabricación de varillas corrugadas de acero que se necesitan para la fabricación del hormigón armado están estandarizadas por la norma NTE INEN 2167:2003 *Varillas con resaltes de acero de baja aleación, soldables, laminadas en caliente y/o termotratadas para hormigón armado. Requisitos*. En esta norma se establecen los requisitos necesarios para la fabricación de este tipo de varillas para uso en hormigón armado en construcciones de diseño sismoresistente; las varillas consideradas en esta norma tiene un límite de fluencia mínimo de



41,2 daN/mm² designado como grado A42 de tracción controlada, además las varillas deben cumplir con requisitos de: material, manufactura, físicos, longitud, masa, mecánicos, químicos y de soldabilidad.

En el país existen empresas que fabrican y comercializan el acero en varillas corrugadas necesarias para elaborar el hormigón armado, dichas empresas garantizan la calidad del producto, razón por la cual depende en gran medida del conocimiento técnico del constructor garantizar la puesta en obra de dichos productos y asegurándose del cumplimiento de todas las normas del caso para fabricar un hormigón de calidad y poder así ofrecer garantía del elemento constructivo asegurando la durabilidad y aportando a la vida útil del producto terminado.

“Una especial consideración debe tener la verificación de la resistencia, grado, tamaño, dobleces, espaciamiento horizontal y vertical, ubicación, conveniencia de soportes, amarres y condición de la superficie de acero de refuerzo. La colocación inapropiada del acero de refuerzo puede conducir a agrietamientos severos, corrosión del refuerzo y deflexiones excesivas.

El refuerzo empleado en la construcción de estructuras de hormigón armado debe tener un diámetro nominal (d_b) comprendido dentro de los valores expresados en la siguiente tabla⁵⁴.

Tabla 11: Diámetros mínimos y máximos de las varillas de refuerzo.

Tipo	Diametro mínimo de barra, d_b	Diametro máximo de barra, d_b
Barras corrugadas	10mm	26mm
Alambre para mallas	4mm	10mm
Estribos	10mm	16mm
Barras lisas	10mm	16mm

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: “Estructuras de Hormigón Armado”

⁵⁴ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: “Estructuras de Hormigón Armado”. Ecuador, actualización Octubre 2010. Pág. 33.



3.3.1.4.1.6 Encofrado

El encofrado tiene como función dar al hormigón la forma requerida y necesaria para la forma proyectada, dar estabilidad al hormigón fresco, asegurar la protección y correcta colocación de las armaduras, protegerlo de golpes, protegerlo de las temperaturas extremas y de la pérdida de agua.

“Se debe inspeccionar los encofrados y apuntalamientos que soportan al hormigón, antes de la colocación y durante el proceso de hormigonado. La ubicación y dimensión de los encofrados después de ser llenados con el hormigón podrían no ser las mismas que cuando fueron construidos y colocados, debido a que el peso del hormigón, los trabajadores y el equipo empleado en la colocación pueden causar que estos se asienten o pandeen.

Los encofrados deben ser herméticos, deben estar correctamente alineados y completamente limpios antes de la colocación del hormigón, para lograr una superficie de hormigón sana y estética⁵⁵.

Es necesario colocar un agente desmoldante en el encofrado para asegurar una superficie expuesta visiblemente agradable, y si sumamos todo lo mencionado anteriormente obtendremos un elemento con las dimensiones, el alineamiento y el acabado requerido. En la siguiente tabla se muestra los tipos de superficie y las irregularidades permitidas para la superficie de hormigón.

Tabla 12: Irregularidades en superficies de hormigón

Clase	Descripción	Irregularidades permitidas (mm)
A	Superficies expuestas al público	3
B	Texturas rugosas que van a recibir estuco, yeso o paneles de madera.	6
C	Superficies expuestas permanentemente o cuando se especifica otro tipo de acabado	13
D	Superficies permanentemente ocultas o cuando no importa la rugosidad	25

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: “Estructuras de Hormigón Armado”

⁵⁵ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4:” Estructuras de Hormigón Armado”. Ecuador, actualización Octubre 2010. Pág. 30.



Tabla 13: Periodo mínimo de tiempo para desencofrar elementos verticales

Elemento	Tiempo
Muros	12 horas
Columnas	12 horas
Lados de vigas y trabes	12 horas
Casetones, ancho \leq 750mm.	3 días
Casetones, ancho $>$ 750mm.	4 días

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: "Estructuras de Hormigón Armado"

Tabla 14: Periodo mínimo de tiempo para desencofrar elementos horizontales (días)

Elemento	Carga viva menor que la carga muerta	Carga viva mayor que la carga muerta
Centros de arco	14	7
Vigas, viguetas		
Menos de 3m de luz	7	4
De 3 a 6m de luz	14	7
Más de 6m de luz	21	14
Losas en una dirección		
Menos de 3m de luz	4	3
De 3 a 6m de luz	7	4
Más de 6m de luz	10	7

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: "Estructuras de Hormigón Armado"

Los materiales más utilizados como cofres para el hormigón son el hierro y la madera, en la mayoría de los casos son reutilizables, lo cual minimiza el impacto ambiental de este recurso, pues tienen dimensiones estándar con las cuales, es posible acoplar para cualquier elemento a construir, sin embargo en ocasiones cuando existen elementos singulares que necesitan cofres especiales, estos cofres serán contruidos para utilizarlos un mínimo de veces y en ocasiones una sola vez, pero como mencionamos estos casos son la minoría, y en general los encofrados aportan a la sostenibilidad de la construcción.



3.3.1.4.1.7 Curado

El desarrollo de la resistencia del hormigón y su durabilidad se logran gracias a la reacción química del agua con el cemento, y por esta razón es necesario proteger al hormigón durante un determinado tiempo para que adquiera las características requeridas en condiciones de humedad y temperatura en un proceso continuo que se denomina curado. Mientras mayor es la cantidad de humedad retenida dentro del hormigón mayor es la eficiencia del curado.

En las estructuras de hormigón armado se permiten los siguientes métodos de curado:

Curado con agua: El método seleccionado debe proporcionar sobre el hormigón una cubierta completa y continua con agua que esté libre de sustancias perjudiciales. Los métodos aprobados para su utilización son:

Anegamiento o inmersión: La inmersión total en agua del elemento de hormigón ya fabricado es el método más completo. Se emplea principalmente en losas de piso, losas de puente, pavimentos y cubiertas planas. La temperatura del agua de curado no debe ser menor en 11°C a la temperatura del hormigón, ya que el posible desarrollo de esfuerzos por temperatura en la superficie puede causar agrietamiento.

Aspersión o rociado de niebla: Da excelentes resultados cuando la temperatura es bastante superior a la de congelación, mas requiere de equipo para bombeo.

Costales, mantas de algodón o alfombras: Todas las cubiertas de material absorbente retendrán agua sobre la superficie del hormigón. Las mantas de algodón y las alfombras retienen el agua durante más tiempo que los costales, con menos riesgo de secarse. Todos estos materiales deben estar libres de sustancias dañinas para el hormigón que puedan afectar su apariencia.

Tierra mojada: Recomendada para trabajos pequeños como losas o pisos sobre la rasante. El suelo que se utilice debe tener partículas menores a 25mm y debe estar libre de sustancias orgánicas.

Arena y Aserrín: Deben estar limpios y húmedos, su modo de empleo es similar al de la tierra mojada.

Paja o heno: Cuando se empleen estos materiales, la capa que se aplica debe tener por lo menos 150mm de espesor. Con estos materiales se



corre el riesgo de que el viento los levante, además pueden causar decoloración en el hormigón.

Materiales selladores: Son hojas o membranas que se colocan sobre el hormigón para reducir la pérdida de agua por evaporación y pueden ser:

Película plástica: Son de peso ligero y se las puede encontrar en tonalidades blanco, negro o transparente. Estas películas deben cumplir con la especificación ASTM C 171 y deben tener un espesor de 0,10mm. La película negra se debe evitar en clima cálido, excepto en interiores; sin embargo, tiene muchas ventajas en clima frío por su absorción de calor. El uso de película plástica está prohibido cuando la apariencia del hormigón es importante.

Papel impermeable: Está compuesto de dos hojas de papel kraft unidas entre sí mediante un adhesivo bituminoso e impermeabilizadas con fibras. El papel impermeable utilizado para el curado del hormigón debe cumplir con la especificación ASTM C 171.

Compuestos líquidos formadores de membrana: Estos compuestos consisten esencialmente en ceras, resinas naturales o sintéticas, así como solventes de volatilidad elevada a la temperatura atmosférica. Su fórmula debe ser tal que ayude a formar una película que retenga la humedad poco después de aplicarse y no ser perjudiciales para la pasta de cemento. Pueden llevar pigmentos blanco o gris para proporcionarles capacidad de reflejo del calor y para hacer visible el compuesto en la estructura confines de inspección. El compuesto se debe aplicar en una medida uniforme y según lo recomendado por el fabricante. Estos compuestos deben cumplir con la norma ASTM C309.

El compuesto de curado se puede aplicar a mano o con un aspersor de presión, a una presión aproximada de 5 a 7kg/cm². La superficie que recibe un compuesto de curado debe estar húmeda y por encima de los 4°C cuando se aplica la capa. La aplicación del compuesto de curado se debe hacer con un equipo mecánico de rociado en una capa lisa y uniformemente texturizada⁵⁶.

⁵⁶ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: "Estructuras de Hormigón Armado". Ecuador, actualización Octubre 2010. Pág. 39.



3.3.2 Mampostería

3.3.2.1 Elementos de Mampostería

Se denomina mampostería al sistema tradicional de construcción que consiste en el levantamiento de muros y paramentos, mediante la colocación manual de los elementos denominados mampuestos o materiales que lo componen, pueden ser: ladrillos, bloques, piedras, etc.

Los mampuestos se unen mediante pegantes, el más popular es el mortero de arena y cemento, el resultado final es un elemento monolítico (muro) capaz de resistir diferentes cargas. Los mampuestos pueden ser de dos tipos según su origen:

- Naturales: piedras de cualquier tipo con cierta resistencia mecánica.
- Artificiales: como los prefabricados, ladrillos o bloques

Las unidades prefabricadas de mampostería tienen una relativa ventaja con respecto a las naturales, por sus dimensiones y pesos estándares no necesita equipo pesado para su colocación o ensamblaje, pero requiere de arte y experiencia de parte de la persona encargada del trabajo.

3.3.2.2 Clasificación de los tipos de mampostería

Los tipos de muro a los que hace referencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, en su capítulo 6 sobre Mampostería son los siguientes:

- **Mampostería Reforzada:** “Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero.

El mortero de relleno puede colocarse en todas las celdas verticales o solamente en aquellas donde está ubicado el refuerzo⁵⁷.

- **Mampostería Parcialmente Reforzada:** “Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical,

⁵⁷ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 6: “Mampostería Estructural”. Ecuador, actualización Septiembre 2010. Pág. 6.



unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero”⁵⁸.

- **Mampostería Simple (No Reforzada):** “Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero y que no cumplen las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada”⁵⁹.
- **Mampostería de Muros Confinados:** “Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado construidos alrededor del muro o piezas de mampostería especiales donde se vacíe el hormigón de relleno logrando un confinamiento a la mampostería. Cuando se empleen estas piezas especiales, éstas pueden ser consideradas como parte del recubrimiento de los elementos de concreto reforzado”⁶⁰.

Para el desarrollo de la presente investigación se tomará el tema de Mampostería Simple (No Reforzada), pues es la más común en la ciudad de Cuenca y en el país en general, esta mampostería se utiliza principalmente para la delimitación de espacios más no como un elemento estructural. Para validar esta información, según datos suministrado por el INEC en el año 2009, alrededor del 73,05% de edificaciones para uso residencial en la provincia del Azuay usan el ladrillo para sus paredes.

3.3.2.2.1 Muros de mampostería simple

Son muros construidos con piezas de mampostería unidas por medio de mortero que no cumplen las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para el resto de mamposterías. Este sistema de muros se clasifica para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico según la norma colombiana NSR-98 Sec. D.2.1.4. El mismo código establece un espesor mínimo nominal de 12 cm para este tipo de muros.

⁵⁸ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 6: “Mampostería Estructural”. Ecuador, actualización Septiembre 2010. Pág. 7.

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ Ibid.



En el Ecuador está vigente el Código de Práctica Ecuatoriano, y dentro del consta el CPE INEN 5 Parte 4:1984 Código ecuatoriano de la Construcción. Mampostería de ladrillo; en este documento constan las especificaciones y recomendaciones necesarias para la correcta ejecución de los trabajos de mampostería de ladrillo.

Los ladrillos cerámicos deben cumplir las condiciones y requisitos de la norma NTE INEN 293 y 297, los morteros deben cumplir los requisitos del anexo A de este código.

3.3.2.3 El ladrillo

El ladrillo “Es una pieza de arcilla moldeada y cocida, en formato paralelepípedo o prisma regular que se emplea en albañilería”⁶¹.

Clasificación (Según NTE INEN 293)

- **Ladrillo común (mambrón):** Es el ladrillo moldeado a mano.
- **Ladrillo de máquina:** Es el ladrillo moldeado mecánicamente y en producción continua.
- **Ladrillo reprensado:** Es el ladrillo que se prensa entre el moldeo y la cochura.
- **Ladrillo macizo:** Es el ladrillo fabricado a mano o a máquina sin perforaciones en su interior, o con perforaciones celulares que pueden llegar hasta el 20% de su volumen.
- **Ladrillo hueco:** Es el ladrillo fabricado a máquina con perforaciones en su interior, que pasan el 20% de su volumen.

Sus aristas y caras toman los siguientes nombres:

- **Aristas**
 - **Soga:** Dimensión correspondiente al lado mayor o largo.
 - **Tizón:** Dimensión correspondiente al lado intermedio o ancho.
 - **Grueso:** Dimensión al lado menor o altura.

⁶¹ Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN 293 “LADRILLOS CERAMICOS: DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y CONDICIONES GENERALES”. Ecuador, 1977. Pág. 1.



- **Caras**
 - **Tabla:** Cara mayor de una pieza de mampostería (soga x tizón).
 - **Canto:** Cara mediana de una pieza de mampostería (soga x grueso).
 - **Testa:** Cara menor de una pieza de mampostería (tizón x grueso).

Los aparejos pueden ser de distintos tipos, pero los más importantes y conocidos son los siguientes:

- **Soga:** formado por piezas colocadas a soga, de manera que se ven los cantos.
- **Tizón:** formado por piezas colocadas a tizón, de manera que se ven las testas.
- **Sardinel:** formado por piezas dispuestas a grueso, de manera que se ven los cantos.

En la ciudad de Cuenca el ladrillo más utilizado para la construcción de viviendas unifamiliares es el Ladrillo Macizo o Panelón, con un aparejo a soga unidos mediante un mortero 1:3 (1 parte de cemento y 3 partes de arena), por medio de este sistema se construye tanto mampostería interior (particiones), como la exterior (cerramientos). Este sistema delimita los espacios de una forma demasiado rígida, y cualquier modificación futura obliga su demolición y deja heridas en suelos y techos, también obliga a una adaptación traumática de las instalaciones de gas, eléctricas y de agua potable.

La mampostería de fachadas, llamadas también cerramientos son de muchísima importancia, pues es necesario aislar térmica y acústicamente de manera eficiente los muros que corresponden a fachadas o cerramientos, ya que representan la frontera entre el espacio interior con el espacio exterior, y es aquí donde se producirá la transferencia energética con el exterior, su correcto y eficiente aislamiento incidirá de manera importante en el consumo energético y en la temperatura ambiental interior de una vivienda. Esto será más o menos exigente dependiendo del medio ambiente y las condiciones climáticas que rodeen a la edificación.



El ladrillo es un excelente material para la fabricación de mampostería, pues en la ciudad de Cuenca la mayoría de ladrilleras tienen procesos de producción artesanal, o semi-industrial, teniendo como resultado un costo energético considerable, susceptible de mejora; el material en sí presenta una baja conductividad térmica, lo cual permite aislar en interior de la edificación de altas o bajas temperaturas, evitando así grandes oscilaciones térmicas que afectarían el confort de los usuarios. Al fabricar el ladrillo prácticamente dentro del perímetro urbano de la ciudad, se apoya al desarrollo sostenible no solo de la construcción si no de la ciudad al promover la economía y el desarrollo local, minimizando también las emisiones de CO₂ y el consumo de energía derivado del transporte.

3.4 La calidad en la edificación

Durante los últimos años en el sector de la construcción ha ido creciendo el interés sobre la calidad, debido por una parte, a que los clientes y usuarios son cada vez más exigentes y buscan mejores productos (obras), por otra parte los constructores se han concienciado sobre los grandes beneficios de una obra de calidad; dicho de otra manera los constructores se dieron cuenta que los costos y retrasos generados por la no-calidad de la construcción (averías, fallos, demoliciones, repeticiones, etc.) eran elevados (entre un 5 a 10%) pues el corregir los errores constructivos son una pérdida de tiempo y dinero, de tal manera que priorizando la calidad desde un principio y en todas y cada una de las fases constructivas, es significativo el ahorro de dinero y tiempo, lo cual permite y en ciertos casos garantizar el éxito de un proyecto de construcción.

Para los constructores es de conocimiento general que asegurar la calidad de la construcción no es tarea fácil, pues depende de un sin número de factores, más es responsabilidad del profesional encargado del proyecto de construcción asegurar y dar las garantías para la satisfacción del cliente, y esto solo se logra con el conocimiento y la experiencia adecuada sobre el manejo de estos temas.

La calidad en las edificaciones se debe tomar como una parte estratégica para relanzar la industria de la construcción, y encontrar una oportunidad de negocio en las mejoras medioambientales y el ahorro de recursos energéticos. Este concepto abarca los materiales, mano de obra, equipos, sistemas constructivos y hasta estrategias urbanas que inciden en la calidad de una edificación, es decir comprende y sobre todo



involucra a todos y cada uno de los aspectos y personas que forman parte de un proyecto de construcción.

A continuación se muestran algunas propuestas por parte de diversos autores que contribuirán a mejorar la calidad y el desempeño ambiental de un proyecto de construcción:

- Optar por el etiquetado ecológico, tanto para edificios como para productos de construcción y favorecer un mecanismo de mercado que promueva el cambio hacia esta realidad
- Optar por proveedores y subcontratistas que tengan o se manejan con sistemas de control de calidad
- Contar con tecnología que permita un control de calidad eficiente y apegada a normas nacionales e internacionales
- Calificar y capacitar al personal que participara en la ejecución de la obra
- Reducir los costos constructivos dentro del ámbito económico y medioambiental, e introducir el concepto del menor costo posible en el mantenimiento del inmueble (durabilidad y calidad)
- Incrementar la estandarización de los diferentes componentes de la construcción
- Desarrollar sistemas apropiados de control de calidad
- Promover continuamente hábitos, costumbres y actitudes congruentes con los principios de calidad

La mayoría de profesionales y empresas constructoras que se interesan por la calidad han optado por implantar sistemas de calidad basados en los criterios de las normas ISO 9000, beneficiándose con la mejora continua en el desarrollo de su actividad y aumentando también al grado de satisfacción a sus clientes, la integración del concepto de calidad en los procesos constructivos, también los hace más eficientes y más competitivos frente a los constructores tradicionales para los cuales lo primordial es generalmente el cumplimiento de plazos y presupuestos dejando de lado el cumplimiento de la calidad y el desempeño ambiental.

3.5 La gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

En la actualidad el destino de los RCD son las conocidas escombreras o vertederos, pero el futuro colapso de estos depósitos es inminente, a pesar de los esfuerzos de los municipios para habilitar nuevos



vertederos, hace que los RCD se vuelvan más problemáticos con el paso del tiempo.

Un gran argumento para luchar contra los RCD es avanzar hacia una construcción que ahorre y reutilice recursos y materiales, y así reduciremos poco a poco hasta llegar a una gestión sostenible de los RCD en nuestra región y ciudad.

Los RCD se producen en 3 fases de ciclo de vida de cualquier construcción: en la excavación, construcción y en la demolición.

En la etapa de excavación es necesario realizar una adecuada programación y control para excavaciones y rellenos, minimizando el impacto ambiental.

En la etapa de construcción los RCD variaran de acuerdo al modelo constructivo y la forma de demolición que se emplee, por ejemplo si el tipo de construcción es la tradicional, es decir con materiales de naturaleza pétreo, estos generan una gran cantidad de desperdicios y sobrantes en el proceso de construcción así como también en el proceso de demolición, estos son los principales responsables del colapso de las escombreras y vertederos.

En la etapa de demolición es importante provocar la menor cantidad de RCD con una buena planificación, fomentando la recuperación y separación para tratamientos especiales de ciertos elementos y materiales constructivos.

El objetivo principal de la gestión de los RCD es minimizarlos, y buscar su reutilización o reciclaje, esto se logra con la selección y separación de los RCD para señalar los que pueden entrar en el circuito de reciclaje de los que necesariamente terminaran en el vertedero y en ocasiones en vertederos especiales. A pesar que la mayoría de RCD en nuestro medio son inertes y por lo tanto no peligrosos.

3.5.1 Posibilidades de reutilización y reciclaje de los RCD

En un principio todos los RCD son reutilizables, a excepción de los especiales que requieren de un tratamiento específico, pero hay que tomar en cuenta que los residuos producidos en los procesos de fabricación son más fácilmente reciclables que los originados en la demolición. Por esta razón es necesario realizar una pre-selección de los residuos durante el proceso de construcción, para de esta forma facilitar la reutilización en la misma obra, o de ser el caso enviarlos a lugares específicos para facilitar su reutilización y reciclaje.



3.5.1.1 Materiales pétreos

Este tipo de residuos son inertes y estables, permitiendo su reutilización principalmente para rellenos y en casos especiales pueden ser reintroducidos en el circuito de preparación de materia prima para la obtención de agregados para la fabricación de hormigón.

3.5.1.2 Materiales cerámicos

Este tipo de materiales son muy poco reactivos (inertes) y estables, por esta misma razón son altamente reciclables. Los residuos generados en cualquier fase de su fabricación pueden reincorporarse al circuito de preparación de materia prima.

Los residuos generados en obra generalmente van a parar en los vertederos, pero pueden ser reutilizados en rellenos y hasta en fabricación de hormigones. Entre los cerámicos están los ladrillos y las tejas que son frecuentemente reutilizadas, las baldosas también pueden ser recuperadas aunque es un poco costoso, los sanitarios son otro buen ejemplo de reutilización.

3.5.1.3 Madera

Este tipo de residuos pueden ser reutilizados en la medida de lo posible, dependiendo de su estado, logran ser reciclables o valorizables, en forma de tableros y como energía (biomasa), se debe reconsiderar los tratamientos de la madera que son potencialmente peligrosos en caso de incineración.

3.5.1.4 Materiales Metálicos

Son el ejemplo más representativo de recuperación de material (sostenibilidad), para su transformación en metal nuevo, pudiendo ser reciclado un número ilimitado de veces. De los 784 millones de toneladas anuales producidas de acero en el mundo, cerca del 43% proviene del reciclaje, ahorrando el equivalente a la energía requerida por 110 millones de hogares.

Es necesario recordar que uno de los principales fundamentos para la reutilización y el reciclaje es la separación de dichos materiales en el sitio donde se desarrolla un proyecto de construcción, y para esto es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:



- Mantener los contenedores o depósitos a lo largo de todo el proceso constructivo, estos deben ser totalmente visibles y de fácil acceso, evitando confusiones y contaminación mutua entre los RCD.
- Los contenedores deben ser considerados de acuerdo al volumen y al peso de los RCD, pues generalmente son los principales limitantes para el transporte, dichos contenedores deben estar cerca del lugar de trabajo, los residuos deben ser puestos en sus depósitos tan pronto como se generan, esto hará que la reutilización y reciclaje sea más eficiente y menos costoso.

Como ocurre en todas las etapas de la construcción, la planificación es el socio estratégico del buen funcionamiento de cada actividad, y en el caso de la gestión de residuos no tiene por qué ser distinto, la reutilización y el reciclaje se vuelve más sencillo si existe de por medio una planificación, que permita identificar los materiales reciclables y como los vamos a manejar durante el proceso de construcción, una buena planificación también permite evaluar los costos y reales beneficios del reciclado considerando también la posibilidad de desechar una parte de los RCD.

El plan de gestión de residuos es el documento que establece todas las estrategias de principio a fin para el reciclado y reutilización de los RCD, y entre los principales documentos tenemos:

- Tipos de estimación y cantidades de RCD generados durante cada fase del proyecto de construcción.
- Identificar el tipo de gestión para cada uno de los residuos generados, incluyendo el tipo de comercialización.
- Proporcionar una estimación de la tasa de empleo global que generará el reciclado.
- Diseño de estrategias para la formación, reuniones y los distintos tipos de comunicación relacionados con el plan de gestión de residuos el sitio de trabajo.
- Proporcionar instrucciones que permitan la solución de problemas que pueden presentarse durante el proceso, información y contactos.

Todos estos documentos aportan a mejorar la eficiencia de la gestión de residuos, mientras más detallados estén, más eficientes seremos.



CAPITULO 4.

ANÁLISIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente capítulo tiene el objetivo de contribuir al necesario cambio de costumbres y de pensamientos en el que hacer constructivo, donde todos los involucrados en un proyecto de construcción deben informarse y sobre todo entender las ventajas de la sostenibilidad aplicada al mundo de la construcción, de esta manera los conceptos de la sostenibilidad formarán parte de las decisiones que adopten los responsables técnicos de la construcciones de edificaciones tipo residencial en la ciudad de Cuenca.

La efectividad de dichas decisiones se verá reflejada en prácticas y acciones que nos permitan incorporar los principios básicos de la sostenibilidad en la construcción, aportando soluciones que respondan a la realidad específica de Cuenca.

El documento ha sido elaborado para aportar información, y en base a ellas, ofrecer recomendaciones prácticas, sirviendo como base para futuras investigaciones y aportes específicos sobre cada tema o área relacionada a los que se expondrán más adelante.

4.1 Conceptos básicos

4.1.1 Desarrollo sostenible

Al momento existen más de 150 definiciones de Desarrollo Sostenible, pero la más usada mundialmente es la que propuso en 1987 la primera ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland en la Asamblea General de la ONU, específicamente presidiendo la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, dicha comisión trabajó un poco más de tres años y logró redactar el informe final llamado: “Nuestro Futuro Común”, también conocido como “The Brundtland Report” que define el desarrollo sostenible como “el nuevo equilibrio capaz de responder a las necesidades del presente sin poner en entredicho la posibilidad de responder las necesidades de las generaciones futuras”.



4.1.2 La sostenibilidad en el mundo de la construcción

El tema de la sostenibilidad dentro del campo de la construcción, y específicamente en la ciudad de Cuenca, es relativamente nuevo, pues existen pocos aportes por parte de ciudadanos, profesionales, autoridades y gobierno en general, pues no existe documentación que ofrezca datos sobre la realidad específica del sector la construcción, razón por la cual empezaremos por entender la realidad mundial sobre este tema, para luego analizar con mayor detenimiento lo que sucede en Cuenca-Ecuador.

Con respecto a las actividades que aportan en gran medida a la contaminación de nuestro medio ambiente, “el entorno construido, donde pasamos más del 90% de la nuestra vida, es culpable de dicha contaminación. Los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como; madera, minerales, agua y combustibles fósil.”⁶² Esto nos da una idea de la realidad que vivimos, sin embargo en algunos países, donde ya hace algunos años se levanta información referente al tema y por lo tanto les permite ser más eficientes (sosteniblemente hablando), en sus actuaciones en el campo de la construcción; también se debe considerar el impacto de dichas edificaciones durante su vida útil, pues “si el consumo energético en edificios a nivel mundial continúa aumentando al ritmo actual, la edificación podría llegar a consumir la misma cantidad de energía que la industria y el transporte juntos en el 2050”⁶³.

La construcción es el mayor consumidor de recursos no renovables a nivel mundial, el mayor generador de residuos, contribuye en gran medida a la polución del agua y del aire; con respecto a este tema, existen muchas fuentes que respaldan esta información a nivel mundial y que están al alcance de todos en la red, por dicha información podemos darnos cuenta que la consecuencia de todas estas actividades en el mundo de la construcción, generan cambios irreversibles en el medio ambiente, en la sociedad y por supuesto en la economía de cualquier país.

⁶² RAMIREZ, Aurelio. “La construcción sostenible”, Física y sociedad, número 13. España. 2006. Pág. 31.

⁶³ Our vision. A world where buildings consume zero net energy. Energy efficiency in Buildings. WBCSD.



“Se calcula que más del 50% de las materias primas extraídas de la tierra son transformadas en materiales y productos de construcción”⁶⁴, lo que evidencia también que la construcción de edificaciones y su uso u operación “supone el 16 % del agua consumida en el mundo”⁶⁵.

Podemos notar que entre todas las actividades industriales, la construcción es una de las que más consume recursos, y urge realizar cambios importantes en las prácticas que tiene nuestra cultura constructiva.

“La experiencia ha demostrado que no resulta fácil cambiar el sistema de construcción de los edificios y de gestionar su funcionamiento. Para ello debe romperse con la rutina y los hábitos adquiridos por décadas por el actual sistema de construcción que no ha tenido en cuenta el papel finito de los recursos naturales”⁶⁶.

Todo lo mencionado nos permite llegar a la siguiente conclusión, “La importancia del sector constructivo nos da idea de los denodados esfuerzos que debemos llevar a cabo para conseguir avanzar hacia un modelo de construcción que no despilfarré energía, recursos naturales y, a su vez, no desborde nuestros vertederos con una avalancha de los denominados Residuos de Construcción y Demolición, en definitiva un modelo de construcción SOSTENIBLE”⁶⁷, además cabe recalcar, que no solamente se ajusta a nuestra realidad, sino a la realidad de muchos países donde las practicas constructivas son incluso más avanzadas y sofisticadas, sin embargo toda practica constructiva, cualquiera que esta sea, admite mejoras, sobre todo enfocados en aumentar su desempeño ambiental.

La construcción sostenible puede definirse a groso modo como: Buena Arquitectura, Buena Ingeniería y Buenas Prácticas Constructivas, todas estas prácticas dependen de un sin número de recursos, ya sean naturales, humanos, tecnológicos, etc. para alcanzar los objetivos constructivos de cada proyecto en particular, no se trata de alcanzar la perfección absoluta, sino más bien, de procurar encontrar el balance, el

⁶⁴ Worldwatch Institute <http://www.worldwatch.org>

⁶⁵ Report of the taskforce on sustainable construction composed in preparation of {COM (2007) 860 final} “A Lead Market Initiative for Europe” Accelerating the Development of the Sustainable Construction Market in Europe.

⁶⁶ RAMIREZ, Aurelio. “La construcción sostenible”, Física y sociedad, número 13. España. 2006. Pág. 30.

⁶⁷ BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. “Guía de construcción sostenible”. España: Paralelo Edición, 2005. Pág. 9.



equilibrio de los principales factores de la sostenibilidad que son: lo Económico, lo Social y lo Ambiental. La primera impresión que cualquier persona tiene sobre este tema es que aparenta ser complicado y en ocasiones lo es, sin embargo hay que hacerlo, y con el tiempo se convertirá en un hábito que nos permitirá convivir mejor con todo y todos los que nos rodean.

Los principales conceptos básicos a tomar en cuenta para alcanzar la sostenibilidad en los proyectos de construcción son los siguientes:

- **Respeto al entorno:** Al agua, la tierra, la flora, la fauna, el paisaje circundante, a la sociedad, a su cultura, etc.
- **Ahorro y conservación de recursos naturales y energéticos:** Priorizar el uso de materiales, equipo y herramientas con un bajo impacto ambiental y consumo energético, durante toda su vida útil, seleccionando solamente lo estrictamente necesario para disminuir la generación de residuos.
- **Análisis del ciclo de vida:** Todo elemento constructivo debe ser analizado durante toda su vida útil, es decir su durabilidad, su impacto en el medio ambiente, su comportamiento como residuo, etc.
- **Manejo de residuos:** Durante todo el proceso constructivo de una vivienda y su vida útil, se generan residuos, dichos residuos deben ser manejados de forma responsable y con conciencia ambiental, fomentando en la medida de lo posible su valorización, reutilización y reciclaje.
- **Aspecto social:** Recordemos que el principal beneficiario de un proyecto de construcción es el hombre, pues interviene en todas sus fases, desde su planificación, diseño, construcción, uso y demolición, aun que parece obvio, es necesario aclarar que los edificios son construidos por las personas y para las personas, para ser utilizados y habitados, por esta razón el ser humano es pieza fundamental en el engranaje de la construcción de edificaciones, en especial de viviendas, pues la vivienda debe satisfacer las necesidades específicas de cada familia.
- **Ética:** La responsabilidad profesional en temas medio ambientales, sociales y económicos son esenciales para alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible y encontrar el equilibrio y el acomodo del arte, técnica y ética.



4.1.3 Principales aspectos que permiten aproximarnos a la sostenibilidad

A continuación se muestran una serie de acciones (verbos) que están íntimamente relacionadas entre sí, y que puestas en práctica marcarán el camino que permita llegar a la tan ansiada sostenibilidad en el sector de la construcción.

- Racionalizar – Ahorrar
- Conservar – Mejorar
- Reusar – Reciclar

Estos verbos convertidos en acciones permitirán entender que el concepto ecológico primero se Adopta, luego se Define y por último se Refina; permitiendo de esta forma Reducir, Conservar y Mantener los recursos finitos de los que depende el sector de la construcción.

4.1.4 Principales recursos a considerar para una construcción sostenible

- **Energéticos:** Eficiencia energética.
- **Suelo y Biodiversidad:** Correcto uso del suelo y evitar impacto directo en la biodiversidad.
- **Naturales:** Uso eficiente de materias primas y recursos naturales.
- **Humanos:** Contar con personal capacitado e idóneo para ejecutar cada etapa constructiva.
- **Económicos:** Manejo responsable de los capitales.

Todos estos recursos mencionados son de vital importancia para alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible, y como es de suponer son temas muy amplios y complejos, pues generalmente están en constante lucha entre sí, más el constructor debe hacer las veces de un director de orquesta, e inteligentemente dirigir a sus asesores especializados en cada rama, para que bajo su dirección las piezas encajen y concuerden con los objetivos deseados, pues cada decisión debe formar parte de un todo, en este caso, de un proyecto sostenible.



4.1.5 Aspectos a tomar en cuenta para la puesta en práctica de los principios de la sostenibilidad

- Un gran reto representa una gran oportunidad.
- La construcción se debe adaptar a su entorno y responder a un momento histórico, a una realidad social, política y económica determinada.
- Dejar atrás el modelo constructivo depredador de recursos y de suelo.
- El usuario es una pieza clave para el desarrollo de un proyecto de construcción sostenible.

El mundo de la sostenibilidad consiste en ser astuto e inteligente para rodearse de profesionales y toda clase de recursos que nos permitan alcanzar un modelo sostenible de construcción, que involucre a la comunidad humana y el entorno natural, en busca de soluciones específicas e innovadoras, seleccionando y utilizando lo estrictamente necesario, fomentando la reutilización y el reciclaje, minimizando el impacto y promoviendo la conservación de energía en el proceso constructivo.

4.2 Análisis y aproximación al área de estudio: Cuenca-Ecuador

A continuación se muestra la realidad específica sobre la construcción de viviendas unifamiliares en el Ecuador y Cuenca, mediante estos datos se analizará la situación constructiva en específico, la cual nos permitirá evidenciar los principales problemas y las acciones para remediarlos.

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2009: **en el Ecuador** se emitieron 38.835 permisos de construcción, lo que representó un incremento del 12% respecto al año 2008 (4.182 permisos).

- El 88% para nuevas construcciones
 - 90% para uso residencial
 - 74,68% para construcciones residenciales unifamiliares
 - ❖ 44,10% para residencias entre 100 a 199 m² de construcción
 - 80% usan el hormigón armado en sus cimientos
 - 90% usan el hormigón armado en sus estructuras
 - 64% usan el bloque para sus paredes



En la provincia del Azuay el año 2009 se emitió un total de 2.999 permisos de construcción, que equivale a 1'225.059 m² de construcción.

- 91,56% para nuevas construcciones
 - 92,73% para uso residencial
 - 63,64% para residencias unifamiliares
 - ❖ 58,36% residencias entre 100 a 199 m² de construcción
 - 43,04% usan el hormigón armado en sus cimientos
 - 47,78% usan el hormigón ciclópeo en sus cimientos
 - 93,64% usan el hormigón armado en sus estructuras
 - 73,05% usan el ladrillo para sus paredes

Según datos de la Cámara de Construcción de Cuenca:

En el cantón Cuenca el año 2011 se emitió un total de 2.330 permisos de construcción, que equivale a 1'248.067 m² de construcción, donde según el desglose anterior tenemos que:

- 91,56% para nuevas construcciones
2133 permisos construcción = 1'142.730,15 m² construcción
- 92,73% para uso residencial
1978 permisos construcción = 1'059.653,66 m² construcción
 - 63,64% para residencias unifamiliares
1259 permisos construcción = 674.363,59 m² construcción

Estos datos preliminares muestran la cantidad de metros cuadrados que se construyeron para viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca en el año 2011, esto nos permitirá más adelante analizar en detalle la realidad que vive el cantón con respecto a la construcción de este tipo de edificación.

A continuación se realizara un análisis del proceso de certificación LEED en la ciudad de Cuenca-Ecuador.



4.3 Análisis de la certificación LEED (España) y su relación en la realidad constructiva de Cuenca-Ecuador

LEED, es un proceso de certificación que aún no se lo practica en el país, razón por la cual para aquellos profesionales que se interesan en este tema en particular, resulta una nueva experiencia y como nos sucede a diario, todo lo nuevo nos resulta muchas veces incomodo, difícil y de una u otra forma lo evitamos, sin embargo si estamos convencidos de sus beneficios, es suficiente incentivo para continuar con este análisis.

Entonces empecemos, al ser una actividad que no se practica en nuestro medio, el primer problema que surge es, Quien lo realiza? no existe evidencia, de un profesional que ejerza sus actividades dentro del cantón Cuenca este autorizado, certificado y especializado en este tema de certificación LEED-USGBC. Esto demuestra que no existe el recurso humano que lo elabore de la manera más estricta y profunda, sin embargo todo aquel que esté interesado en informarse, conocer y aplicar estos principios en nuestra realidad, no lo tomara como un impedimento, por el contrario lo visualizara como una oportunidad, y eso es lo esencial en este tipo de prácticas y en este tipo de entorno y realidad, es decir tomar todas estas referencias internacionales y enfocarlas a nuestras prácticas constructivas, obviamente no de forma textual y estricta, pero si entendiéndolas, sintiéndolas, visualizándolas y porque no escuchándolas como propias, recurriendo a nuestra experiencia, pues solo así encontraremos la mejor manera de hacerlas propias y asentarlas en nuestra realidad.

Nos enfocaremos solamente en aquella información que nos permita encontrar las mejores estrategias para la fase de construcción, dejando a un lado la etapa de planificación, diseño, vida útil y demolición de este tipo de edificaciones.



PARCELA SOSTENIBLE

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
Prerrequisito: Prevención Contaminación Actividades de Construcción	PR	Reducir la contaminación procedente de las actividades de la construcción mediante el control de la erosión del terreno, la sedimentación en las vías de agua y la generación de polvo transportado por el aire
1. Selección de parcela	1	Evitar el desarrollo en parcelas inadecuadas y reducir el impacto ambiental generado por la localización del edificio en una parcela determinada.
2. Densidad del Desarrollo y la Conectividad de la Comunidad	1	Canalizar el desarrollo hacia áreas urbanas con infraestructura existente, proteger los terrenos cultivables y preservar el hábitat y los recursos naturales.
3. Redesarrollo de suelos Industriales Contaminados	1	Rehabilitar parcelas dañadas donde el desarrollo es complicado por contaminación medioambiental, reduciendo la presión sobre el terreno no desarrollado
4. Transporte Alternativo		
4.1. Acceso al transporte público	1	Reducir la contaminación y los impactos en el desarrollo del terreno debidos al uso del automóvil.
4.2. Estacionamiento para bicicletas y vestuarios	1	Reducir la contaminación y los impactos en el desarrollo debidos al uso del automóvil.
4.3. Vehículos de baja emisión y Combustible Eficiente	1	Reducir la contaminación y los impactos en el desarrollo del terreno debidos al uso del automóvil
4.4. Capacidad de Estacionamiento	1	Reducir la contaminación y los impactos en el terreno debido al uso de vehículos con un solo ocupante
5. Desarrollo de la Parcela		
5.1. Protección o restauración del hábitat	1	Conservar las áreas naturales existentes y restaurar las áreas dañadas para proporcionar hábitat y promover la biodiversidad.
5.2. Maximizar el espacio abierto	1	Proporcionar un alto grado de espacio abierto en relación con el desarrollo de la huella con el fin de promover la biodiversidad.
6. Diseño de Aguas Lluvia		
6.1. Control de cantidad	1	Limitar la perturbación de la hidrología de los cursos naturales de agua reduciendo la cubierta impermeable, incrementando la infiltración in-situ, reduciendo o eliminando la contaminación procedente del flujo de escorrentía, y eliminando los contaminantes.
6.2. Control de calidad	1	Limitar la perturbación y la contaminación de flujos de agua gestionando el exceso de escorrentía.
7. Efecto Isla de Calor		
7.1. Superficies no-techo	1	Reducir las islas de calor para minimizar el impacto en el micro clima y el hábitat humano y de la vida salvaje.
7.2. Superficies techo	1	Reducir las islas de calor para minimizar el impacto en el micro clima y el hábitat humano y de la vida salvaje.
8. Reducción de la contaminación lumínica	1	Minimizar la luz que traspasa el límite del edificio y de la parcela, reducir el resplandor del cielo para incrementar el acceso a la visión del cielo nocturno, mejorar la visibilidad nocturna a través de la reducción del deslumbramiento, y reducir el impacto del desarrollo en el entorno nocturno.

- Planificación
- Construcción
- Demolición
- Diseño
- Vida útil

4.3.1 Parcela sostenible

Análisis

Aspecto Medioambiental

Los principales aspectos a tomar en cuenta para mejorar el desempeño ambiental, son la organización y planificación del proyecto de construcción, donde se busca principalmente:

- Minimizar el impacto en el sitio
- Controlar la erosión del suelo
- Conservar áreas naturales existentes
- Restaurar áreas naturales dañadas
- Limitar la perturbación y contaminación del agua

Es decir, se debe mantener un respeto especial por el entorno natural (Agua, Tierra, Flora y Fauna), donde se va emplazar un proyecto de construcción.

Aspecto Social

Toda organización y planificación de un proyecto de construcción, requiere de un recurso humano lo suficientemente capacitado y con la experiencia necesaria para aportar con las mejores recomendaciones, esta necesidad de apoyarse en personal especializado genera oportunidades de trabajo tanto para los organizadores, planificadores y ejecutores de este tipo de actividades.

Según aumente este tipo de emprendimientos, crecerá también la demanda por este tipo de profesionales y mano de obra específica, lo cual incentivará la oferta de programas de formación en los centros de estudios, beneficiando nuevamente al desarrollo local.

El promotor, constructor y usuario son piezas claves en este tipo de prácticas, pues de ellos dependerá el alcance y éxito de un proyecto sostenible, conjuntamente sabrán aportar con las mejores decisiones que beneficien a la comunidad en general; sin embargo es necesario aclarar que para el buen funcionamiento de este engranaje que existe entre el promotor, constructor y usuario, es absolutamente necesario que todos ellos estén lo suficientemente informados de los beneficios de un proyecto sostenible.

El principal actor que marca las políticas sociales y educativas es el estado, por lo tanto de él dependerá el éxito de políticas, leyes,



reglamentos y ordenanzas que nos guíen, obliguen e incentiven la práctica responsable del ejercicio de la construcción, sin dejar de lado la tan necesaria socialización de todos sus aportes para el bien común.

Aspecto económico

Como ya se mencionó, todas estas nuevas prácticas requieren apoyarse en recursos específicos y de cierta forma nuevos para nuestra realidad, y como consecuencia de esto, requieren inversiones extras, pero dichas inversiones siempre generan ventajas extras, lo cual permitirá ser más competitivos con respecto a los servicios tradicionales que existen en el mercado, generando así nuevas oportunidades de negocios para profesionales y empresas especializadas en el tema.

Estas prácticas de construcción sostenible no solo dinamizan sectores tradicionales del mercado, sino también nuevos y específicos como los mencionados en el párrafo anterior, sin embargo requiere que el responsable de la inversión, realice un manejo adecuado del capital.

Para los siguientes análisis de las etapas LEED nos enfocaremos en el Aspecto medioambiental, pues el Aspecto social y económico para las siguientes etapas coinciden en los mismos puntos tratados en esta sección

**EFICIENCIA EN AGUA**

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
1. Jardinería Eficiente en Agua		
1.1. Reducción del 50%	1	Limitar o eliminar el uso de agua potable, u otros recursos hídricos naturales disponibles de agua superficial o subterránea en o cerca del
1.1. Uso de Agua No potable o Sin Riego	1	Eliminar el uso de agua potable, o de otros recursos disponibles de agua natural en superficie o subterránea que estén en o cerca de la parcela del proyecto, para riego de la jardinería.
2. Tecnologías innovadoras en Aguas Residuales	1	Reducir la generación de aguas residuales y la demanda de agua potable, mientras se incrementa la recarga del acuífero local.
3. Reducción del Uso de Agua		
3.1. Reducción del 20%	1	Maximizar la eficiencia en agua en los edificios para reducir la carga del suministro municipal de agua potable y los sistemas de agua residuales.
3.2. Reducción del 30%	1	Maximizar la eficiencia en agua en los edificios para reducir la carga del suministro municipal de agua potable y los sistemas de agua residuales.

ENERGIA Y ATMOSFERA

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
PREREQUISITOS		
1. Recepción de los Principales Sistemas de Energía del Edificio	PR	Verificar que los sistemas del edificio relacionados con la energía se han instalado, calibrado y tienen la eficiencia adecuada según requisitos del propietario para el edificio, las bases del proyecto y los documentos de construcción.
2. Mínima Eficiencia Energética	PR	Establecer el mínimo nivel de eficiencia energética para los sistemas y edificio propuesto.
3. Gestión de los Refrigerantes Principales	PR	Reducir el ozono, contribuir a su reducción drástica.
CREDITOS		
1. Optimización de la Eficiencia Energética	1-10	Conseguir un incremento en los niveles de eficiencia energética por encima de la línea base de la norma del prerrequisito para reducir los impactos económicos y medioambientales asociados con un uso excesivo de energía.
2. Energía renovable In-Situ	1-3	Favorecer y reconocer el incremento de niveles de auto-suministro de energía renovable in-situ para reducir los impactos medioambientales y económicos asociados con el uso de energía obtenida de combustibles fósiles.
3. Recepción Mejorada	1	Comenzar el proceso de recepción temprano durante la parte de proyecto y llevar a cabo actividades adicionales después de que se ha completado la verificación de la eficiencia de los sistemas.
4. Gestión Mejorada de los refrigerantes	1	Reducir el ozono, ayudar a su reducción drástica y apoyar el cumplimiento temprano del Protocolo de Montreal mientras que se minimizan las contribuciones directas al calentamiento mundial.
5. Medición y Verificación	1	Proporcionar medios para la continua contabilidad del consumo de energía del edificio a través del tiempo.
6. Energía Verde	1	Favorecer el desarrollo y el uso de tecnologías de energía renovable con fuente en la red eléctrica en base a conseguir contaminación cero en la red.

● Planificación

● Construcción

● Demolición

● Diseño

● Vida útil

4.3.2 Eficiencia en agua**Análisis****Aspecto Medioambiental**

Esta etapa se enfoca en la reutilización del agua y el uso de fuentes naturales ya sean superficiales o subterráneas; dependerá de la realidad específica de cada lote a edificar, y de su ubicación geográfica en la ciudad, pues recordemos que la ciudad de Cuenca esta bañada por 4 ríos (Tomebamba, Yanuncay, Tarqui, Machangara) y de ser el caso, podríamos aprovechar esta ventaja para disminuir la demanda de agua potable en el proceso constructivo (en etapas donde no sea necesario el uso de agua potable).

Regresando a la importancia de la reutilización del agua, es fundamental recalcar que en ciertas épocas del año, en especial la época lluviosa en la ciudad podemos recolectar el agua lluvia para disminuir nuevamente el consumo de agua potable en la etapa constructiva de un proyecto, a pesar que durante todo el año tenemos lluvias esporádicas, las épocas marcadas son las siguientes: época lluviosa se encuentra entre los meses de octubre y mayo con un promedio de precipitaciones mensual de 76mm, la estación seca comprende el periodo entre junio y septiembre con un promedio mensual de 30mm.

4.3.3 Energía y atmosfera**Análisis****Aspecto Medioambiental**

Está enfocado a la gestión eficiente del recurso energético, donde una estrategia fundamental es el uso de contadores (lecturas) que permitan obtener información del consumo promedio y así controlarlo, hacerlo más eficiente, es decir gestionarlo de manera responsable.

Debemos controlar y minimizar la generación de ruido por parte de maquinaria y herramientas ya sean pesadas, medianas o livianas, destinando horarios y zonas específicas, buscando controlar y minimizar también la generación de polvo en la etapa constructiva.



MATERIALES Y RECURSOS

4.3.4 Materiales y recursos

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
Prerrequisito: Almacenamiento y Recogida de reciclables	PR	Facilitar la reducción de residuos, generados por los ocupantes del edificio, que son transportados y depositados en vertederos.
1. Reutilización del Edificio		
1.1. Mantener el 75% de los Muros, Forjados y Cubiertas Existentes	1	Extender el ciclo de vida del parque de edificios existentes, conservar los recursos, mantener los recursos culturales, reducir los residuos y los impactos medioambientales de los edificios de nueva planta en lo que se refiere a fabricación y transporte de materiales.
1.2. Mantener el 95% de los Muros, Forjados y Cubierta existentes	1	Extender el ciclo de vida del parque de edificios existentes, conservar los recursos, mantener los recursos culturales, reducir los residuos y los impactos medioambientales de los edificios de nueva planta en lo que se refiere a fabricación y transporte de materiales.
1.3. Mantener el 50% de los Elementos Interiores No Estructurales	1	Extender el ciclo de vida del parque de edificios existentes, conservar los recursos, mantener los recursos culturales, reducir los residuos y los impactos medioambientales de los edificios de nueva planta en lo que se refiere a fabricación y transporte de materiales.
2. Gestión de Residuos de Construcción		
2.1. Desviación del 50% de Vertederos	1	Desviar los residuos de construcción, demolición y desbroce del terreno de su depósito en vertederos e incineradoras. Redirigir los recursos reciclables recuperados hacia el proceso de fabricación. Redirigir los materiales reutilizables a los lugares apropiados.
2.2. Desviación del 75% de Vertederos	1	Desviar los residuos de construcción y demolición de su depósito en vertederos e incineradoras. Redirigir los recursos recuperables reciclados hacia el proceso de fabricación. Redirigir los materiales reutilizables a lugares apropiados.
3. Reutilización de Materiales		
3.1. 5%	1	Reutilización de materiales y productos del edificio para reducir la demanda de materiales primas y para reducir los residuos, para lo cual se reducen los impactos asociados con la extracción y procesado de materias primas.
3.2. 10%	1	Reutilización de materiales y productos del edificio para reducir la demanda de materiales primas y para reducir los residuos, para lo cual se reducen los impactos asociados con la extracción y procesado de materias primas.
4. Contenido de Reciclados		
4.1. 10% (post-consumidor + 1/2 pre-consumidor)	1	Incrementar la demanda de productos para el edificio que incorporen materiales con contenido en reciclados, reduciendo así los impactos resultantes de la extracción y procesado de materias primas.
4.2. 20% (post-consumidor + 1/2 pre-consumidor)	1	Incrementar la demanda de productos para el edificio que incorporen materiales con contenido en reciclados, reduciendo así los impactos resultantes de la extracción y procesado de materias primas.

- Planificación
- Construcción
- Demolición
- Diseño
- Vida útil

Análisis

Aspecto Medioambiental

Su enfoque se centra en la gestión de residuos de construcción y su reutilización dentro del proceso constructivo, pues el proceso de reciclaje requiere procedimientos muy complejos, que por su envergadura resulta imposible implementarlos en el tipo de construcción de edificaciones para uso residencial en nuestro cantón.

Los principales materiales utilizados para la etapa de cimentación, estructura y mampostería son: áridos, acero, cemento, ladrillo y la madera; el principal objetivo es priorizar su reutilización y como es conocido para los constructores resulta muy complicado evitar los residuos, sin embargo, los mismos se deben gestionar de manera responsable, redirigiéndolos a lugares adecuados para su reutilización, reciclaje o en su defecto dirigirlos a lugares legales y certificados donde los manejen responsablemente, como son el caso de escombreras y rellenos autorizados por la autoridad competente (EMAC).

Dentro de nuestro entorno es prácticamente nula la oferta de materiales que introduzcan compuestos reciclados, sin embargo tenemos ventajas, por lo menos en la etapa de obra gris o tosca (cimentación, estructura y mampostería) donde los materiales necesarios para su construcción son de fabricación nacional, promoviendo el desarrollo local y regional, evitando las importaciones y el impacto ambiental, social y económico que eso conlleva.

Con respecto a manejo y responsabilidad medioambiental de las empresas proveedoras del material necesario para la construcción de la obra gris, solamente el cemento y el acero cumplen con este tipo de normas (ISO 14001), mientras que los proveedores de áridos, ladrillo y madera no cuentan con este tipo de certificados, disminuyendo así el desempeño ambiental de estos materiales.

En este escenario, los colegios y gremios de profesionales que se dedican a la construcción juegan un papel importante, pues si llegan a un acuerdo que promueva la demanda de materiales con alto desempeño medioambiental, puede aumentar la oferta de dichos materiales y mejorar así la competitividad en el mercado, sin embargo nuevamente es necesario recalcar que el principal actor en este tipo de escenarios es el



5. Materiales Regionales		
5.1. 10% Extraídos, Procesados y Fabricados en la Región	1	Incrementar la demanda de materiales y productos que se extraigan y fabriquen en la región, apoyando así el uso de recursos autóctonos y reduciendo los impactos medioambientales que resultan del transporte.
5.2. 20% Extraídos, Procesados y Fabricados en la Región	1	Incrementar la demanda de materiales y productos que se extraigan y fabriquen en la región, apoyando así el uso de recursos autóctonos y reduciendo los impactos medioambientales que resultan del transporte.
6. Materiales Rápidamente		
	1	Reducir el uso y la disminución de materias primas limitadas y de materiales renovables de ciclo largo reemplazándolos con materiales rápidamente renovables.
7. Madera Certificada		
	1	Favorecer una gestión forestal medioambientalmente responsable.

estado, por medio de sus políticas, leyes, reglamentos e incentivos y sobre todo en el control del fiel cumplimiento de todas sus demandas.

CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
PREREQUISITOS		
1. Mínima Eficiencia CAI	PR	Establecer una eficiencia mínima de calidad del aire interior (CAI) para aumentar la calidad del aire interior en los edificios, contribuyendo así al confort y al bienestar de los ocupantes.
2. Control del Humo del Tabaco Ambiental (HTA)	PR	Minimizar la exposición de los ocupantes del edificio, de las superficies interiores y de los sistemas de distribución del aire de ventilación al Humo de Tabaco Ambiental (HTA).
CREDITOS		
1. Seguimiento de la Entrada de Aire Fresco	1	Proporcionar capacidad de seguimiento de los sistemas de ventilación para ayudar a mantener el confort y el bienestar de los ocupantes.
2. Incremento de la Ventilación	1	Proporcionar una ventilación con aire fresco exterior adicional para mejorar la calidad del aire interior y conseguir así un mayor confort, bienestar y productividad de los ocupantes.
3. Plan de Gestión de Construcción CAI		
3.1. Durante la Construcción	1	Reducir los problemas de calidad del aire interior resultantes del proceso de construcción/remodelación para ayudar a mantener el confort y el bienestar de los trabajadores durante la construcción y de los ocupantes del edificio.
3.2. Antes de la Ocupación	1	Reducir los problemas de calidad del aire interior resultantes del proceso de construcción/remodelación para ayudar a mantener el confort y el bienestar de los trabajadores durante la construcción y de los ocupantes del edificio.

- Planificación
- Construcción
- Demolición
- Diseño
- Vida útil

4.3.5 Calidad ambiental interior

Análisis

Aspecto Medioambiental

Como ya comentamos, durante el proceso constructivo se debe minimizar los problemas causados por el ruido y el polvo, destinando zonas específicas para polucionar el aire y generar ruido, que generalmente son causados por el uso de herramientas, entre las más comunes: taladros, amoladoras, sierras y de ser el caso soldadoras.

Debemos disminuir el consumo de materiales que podrían contaminar el sitio de trabajo, disminuyendo el confort, como por ejemplo olores fuertes, irritantes o cualquier otro material que perjudique el bienestar de las instalaciones o sus ocupantes, son el caso de aditivos para el hormigón, sellantes, pinturas, recubrimientos, etc. que regularmente no son muy utilizados para la construcción durante las fases de obra gris o tosca.



4. Materiales de Baja Emisión		
4.1. Adhesivos y Sellantes	1	Reducir la cantidad de contaminantes del aire interior que tienen mal olor, son irritantes y/o perjudiciales para el confort y el bienestar de instalaciones y ocupantes.
4.2. Pinturas y Recubrimientos	1	Reducir la cantidad de contaminantes del aire interior que tienen mal olor, son irritantes y/o perjudiciales para el confort y el bienestar de instalaciones y ocupantes.
4.3. Pinturas y Recubrimientos	1	Reducir la cantidad de contaminantes del aire interior que tienen mal olor, son irritantes y/o perjudiciales para el confort y el bienestar de instalaciones y ocupantes.
4.4. Productos de Maderas Compuestas y de Fibras Agrícolas	1	Reducir la cantidad de contaminantes del aire interior que tienen mal olor, son irritantes y/o perjudiciales para el confort y el bienestar de instalaciones y ocupantes.
5. Control de Fuentes Internas de Productos Químicos y Contaminantes	1	Minimizar la exposición de los ocupantes del edificio a contaminantes químicos y de partículas potencialmente perjudiciales.
6. Capacidad de Control de los Sistemas		
6.1. Iluminación	1	Proporcionar un alto nivel de control del sistema de iluminación por los ocupantes individualmente o por grupos específicos en espacios multi-ocupados (i.e. áreas de clases o conferencias) para promover la productividad, el confort y el bienestar de los ocupantes del edificio.
6.2. Confort Térmico	1	Proporcionar un alto nivel de control del sistema de iluminación por los ocupantes individualmente o por grupos específicos en espacios multi-ocupados (i.e. áreas de clases o conferencias) para promover la productividad, el confort y el bienestar de los ocupantes del edificio.
7. Confort Térmico		
7.1. Diseño	1	Proporcionar un ambiente térmico confortable que favorezca la productividad y el bienestar de los ocupantes del edificio.
7.2. Verificación	1	Realizar la valoración del confort térmico del edificio en el tiempo
8. Luz Natural y Vistas		
8.1. Luz Natural en el 75% de los Espacios	1	Proporcionar a los ocupantes del edificio una conexión entre los espacios interiores y los exteriores a través de la introducción de luz natural y vistas en las áreas habitualmente ocupadas del edificio.
8.2. Vistas para el 90% de los espacios	1	Proporcionar a los ocupantes del edificio una conexión entre los espacios interiores y los exteriores a través de la introducción de luz natural y vistas en las áreas habitualmente ocupadas del edificio.

INNOVACION Y DISEÑO

ASPECTOS	PTOS	PROPOSITO
1. Innovación en el Diseño	1-4	Proporcionar a los equipos de diseño y proyecto la oportunidad de obtener puntos por una eficiencia excepcional por encima de los requisitos establecidos por el Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles LEED-NC y/o una eficiencia innovadora en categorías no específicamente reguladas por dicho Sistema LEED-NC.
2. Profesional Acreditado LEED	1	Para apoyar y favorecer la integración del diseño requerida por un proyecto de construcción sostenible LEED-NC y para el proceso de solicitud y certificación.

- Planificación
- Construcción
- Demolición
- Diseño
- Vida útil

4.3.6 Innovación y diseño

No interviene en el proceso constructivo de un proyecto, solamente se enfoca en la etapa de diseño arquitectónico.



4.4 Análisis de los materiales constructivos utilizados para la construcción de cimentación, estructura y mampostería

La ISO (Organización Internacional de Normalización), promueve el desarrollo de normas de fabricación de productos y servicios a nivel internacional.

En nuestro medio muchas empresas que prestan servicios y productos cuentan con este tipo de normas, lo cual demuestra que no es imposible obtenerlas, por lo menos en nuestro entorno, estos certificados evidencian el compromiso por mejorar su desempeño y competitividad.

Bureau Veritas S.A. es una compañía multinacional que proporciona evaluación de conformidad, certificación y servicios de consultoría a la industria, gobiernos y clientes individuales. Es la más conocida y a la que la mayoría de empresas acude para obtener este tipo de certificaciones.

Sin embargo para aproximarnos al que hacer constructivo y la incidencia de los materiales en la industria es necesario acotar que “a lo largo de la historia se ha producido un cambio en el proceso de obtención de los materiales, hasta no hace mucho las mayoritarias sociedades rurales obtenían sus materiales en el entorno más próximo con un impacto sobre el territorio relativamente bajo. La aparición de medios de extracción y fabricación más eficientes y potentes, así como un transporte más globalizado por la abundante y barata disponibilidad de energía, hace que la producción de materiales pierda la inmediatez de lo cercano y se convierta en una actividad altamente impactante”⁶⁸.

Los principales efectos de los materiales utilizados en la construcción son:

- **Consumo de recursos naturales:** El consumo a gran escala de ciertos materiales puede llevar a su agotamiento. Una opción válida es el uso de materiales renovables y abundantes, por ejemplo la madera, la tierra, la piedra, las fibras naturales, etc.
- **Consumo de energía:** Una importante cantidad de energía se consume en la construcción, y su empleo aporta en gran medida al calentamiento global, a partir de las emisiones de CO₂. El uso de materiales de bajo consumo de energía es una muy buena

⁶⁸ BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. “*Guía de construcción sostenible*”. España: Paralelo Edición, 2005. Pág. 31.



opción, como ejemplo están los materiales naturales pétreos (tierra, arena, grava, piedra) que requieren un proceso mínimo de transformación, mientras que entre los más negativos están los metales, los materiales cerámicos, etc., sin embargo en la actualidad se está avanzando mucho en investigación, tratando de reducir el impacto de los mismos, haciéndolos cada vez más eficientes.

- **Emisiones generadas:** Las emisiones generadas por los procesos de explotación y producción de los materiales constructivos, en especial el CO₂, este gas en particular genera gran impacto en la atmósfera y en el planeta en general, entre sus principales efectos se encuentran: aumento de la temperatura, salinización de zonas costeras, aumento en frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos, etc. en general el aumento de los impactos producidos por el calentamiento global.
- **Impacto sobre los ecosistemas:** Se deben buscar alternativas al uso de materiales que provengan de ecosistemas sensibles, por ejemplo, las maderas tropicales sin ninguna garantía de su gestión y procedencia, la bauxita procedente de selvas tropicales para fabricar el aluminio, etc.
- **Comportamiento como residuo:** Todo material al finalizar su vida útil puede ocasionar problemas ambientales, ya sean de mayor o menor envergadura, dependerá de su reutilización, reciclaje y su deposición en el vertedero.

Efectos que se deben considerar para el análisis del ciclo de vida del material, cuyas fases son:

1. Producción
2. Transporte
3. Puesta en obra
4. Residuo

4.4.1 Materiales sostenibles

Para escoger un material que aporte a la sostenibilidad de la construcción debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Que procedan de fuentes renovables y abundantes;
- Que contaminen lo menos posible (rendimiento ambiental);
- Que consuman una baja cantidad de energía en su ciclo de vida;



- Que sean duraderos;
- Que puedan estandarizarse;
- Que sean fácilmente reusables y reciclables;
- Que procedan de una producción justa (dentro del ámbito social);
- Que tengan un bajo costo económico.
- Que la utilización de materiales REGIONALES sea como mínimo el 20%.

A continuación en la Tabla 16 se puede apreciar el impacto ambiental de ciertos materiales utilizados en la construcción de viviendas:

Tabla 15:

IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							
Material	Efecto Invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	*	*	*	*	*	*	***
Piedra	*	*	*	*	*	*	***
Acero	**	**	***	*	**	**	*
Aluminio	***	***	**	*	***	***	*
PVC	**	**	***	*	**	**	**
Poliestireno	**	***	***	**	***	***	**
Poliuretano	***	**	***	***	**	**	*
Pino	*	*	*	*	*	*	*

* impacto pequeño

** impacto medio

*** impacto elevado

Según el programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida
Fuente: "Guía de construcción sostenible". España: Paralelo Edición, 2005.

El tipo de impacto causado por ciertos materiales en comparación con otros más eficientes ambientalmente hablando, inclina la balanza del éxito en un proyecto de construcción, pues el aporte de los materiales es un aspecto importante para alcanzar la sostenibilidad en la construcción. Es importante también considerar que "En la selección de los materiales de construcción para una edificación, se debe tomar en cuenta la energía incorporada, sus propiedades térmicas, acústicas, químicas y la disposición final o reutilización de los mismos"⁶⁹.

⁶⁹ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 13: "Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador". Ecuador, 2010. Pág. 15.



A continuación se presentan algunos datos acerca de la energía incorporada de algunos materiales de construcción.

Madera aserrada burda.....	1.5 MJ/kg
Acero.....	35 MJ/kg
Hormigón.....	2 MJ/kg
Aluminio.....	435 MJ/kg

Fuente: (Forest & Wood Products Research & Development Corporation, 1998)

Además se presentan datos acerca de las emisiones correspondientes de los mismos materiales enunciados anteriormente.

Madera aserrada burda.....	-1.83 kgCO ₂ /kg
Acero.....	2.57 kgCO ₂ /kg
Hormigón.....	0.18 kgCO ₂ /kg
Aluminio.....	31.90 kgCO ₂ /kg

Fuente: (Forest & Wood Products Research & Development Corporation, 1998)

Nota: 1 Mejjulio (MJ)= 0,277777777777778 Kilovatio-hora (kWh)

1 Mejjulio (MJ)= 238845,8966275 Caloría (cal)

Toda esta información permitirá tomar las mejores decisiones que nos guíen o encaminen a desarrollar proyectos de construcción cada vez más sustentables.

4.4.2 Características exigibles para los materiales de construcción: Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11

Se debe justificar que un 20% de los materiales de construcción usados en las edificaciones cumplen al menos un parámetro de los enunciados a continuación.

- Uso de materiales reciclados. Se debe garantizar la calidad del producto según normas INEN u otras normas internacionales.
- Uso de materiales locales. Se debe usar materiales cuyo lugar de fabricación no sea mayor a 100km. Se debe tomar en consideración su valor material y cultural.
- Construcción desmontable. La construcción debe tener un carácter modular que en el caso de desarmarse el material pueda ser recuperado en su mayoría y reutilizado en otro edificio.



- Materiales de alta tecnología eficientes en el ahorro de energía. Se debe considerar materiales que en el proceso de fabricación incluyan mejoras tecnológicas de sus propiedades energéticas, físicas y se prolongue la vida útil de los mismos.
- Materiales de baja toxicidad. Se debe utilizar materiales que contengan un bajo o nulo nivel de toxicidad desde el momento de su fabricación, operación, vida útil y disposición final.
- Materiales naturales renovables. Se debe usar materiales orgánicos renovables que no provengan de ecosistemas sensibles. Los materiales de este tipo deberán originarse de proveedores calificados que realicen un trabajo eficiente, efectivo y tengan compromiso con el medio ambiente.

Actualmente en el mercado de materiales de construcción, son muy escasos los materiales que contengan componentes reciclados, solamente en el caso del acero, la mayoría de acerías en el Ecuador reciclan su materia prima, según MIPRO (Ministerio de Industrias y Productividad del Ecuador) anualmente se recuperan 390 Ton de metal para su reciclaje, mientras que en el caso del cemento resulta muy complicado su reciclaje, sin embargo es posible realizar hormigones con agregados reciclados, dichos agregados deben cumplir ciertos parámetros de calidad (no cualquier agregado o residuo puede ser reciclado), aún así en el mercado ninguna empresa oferta hormigones con agregados reciclados; con respecto a los áridos resulta fácil reusar y reciclar este tipo de material, pues de ser el caso se puede reintroducir al proceso de fabricación de hormigones, rellenos, para la fabricación de base, sub-base y distintos tipos de material de mejoramiento; en el caso de la madera utilizada para encofrados (tabla de monte, pingos y tiras) el reciclaje resulta complicado, pues como ya se mencionó depende del estado y calidad del material, mientras que su reutilización resulta más factible, sin importar su estado, se puede utilizar para trabillas, estacas, biomasa, etc.

En el caso de materiales utilizados para la construcción de cimentación, estructura y mampostería la gran mayoría son de fabricación local (100km), como los áridos, cemento, acero, madera.

Con respecto a la construcción de carácter desmontable, el sistema más utilizado (húmedo), permite un desmonte mínimo, pues de ser el caso, necesita mano de obra, herramientas y procesos especializados para el correcto desmonte de piezas estructurales y mampuestos,



necesariamente requiere inversiones altas para la recuperación de dichos materiales, este tipo de tareas se facilitan con la construcción de viviendas con el tipo de sistema seco, el cual es más industrializado.

Los materiales de tecnología eficiente y con altos niveles de ahorro de energía, no son usuales en las etapas analizadas, obtienen una elevada importancia en las etapas de instalaciones hidráulicas y eléctricas donde permiten un gran ahorro de recursos como el agua y la electricidad.

Los materiales de baja toxicidad son muy comunes en las etapas analizadas, pues en el caso del hormigón y el ladrillo no generan en el ser humanos efectos graves o tóxicos (tomando en cuenta la envergadura de la construcción) que alteren o modifiquen el buen estado de la salud.

Con respecto a los materiales renovales y que provengan de proveedores calificados que realicen un trabajo eficiente, efectivo y con un compromiso con el medio ambiente, se analizarán más adelante para cada caso y se ofrecerán recomendaciones para su uso.

4.4.3 Las etiquetas ecológicas

En nuestro entorno, no existe un control riguroso de la calidad en los materiales, tampoco un control ambiental sobre su comportamiento, un buen camino son las eco etiquetas, que no son más que sellos (certificados) otorgados por un organismo oficial que nos garantizan que dicho material posee un bajo impacto ambiental y, por lo tanto, es más respetuoso en comparación a otros que hacen la misma función. Este es un objetivo a mediano o largo plazo, pues el principal reto es exigir calidad de materiales y su puesta en obra, solamente cuando los constructores y nuestros proveedores garanticemos la calidad de los materiales y los elementos constructivos, el paso a las eco etiquetas será más eficiente y fácil de aceptar para los promotores de proyectos de construcción.



4.4.4 Principales materiales utilizados para la construcción de viviendas

En la presente atapa, el análisis de los materiales se lo hará con un enfoque en el análisis de ciclo de vida, cuyas principales fases son:

1. Producción
2. Transporte
3. Puesta en obra
4. Residuo

Para este caso en particular se analizará la producción (Emisiones de CO₂), transporte (Emisiones de CO₂), y puesta en obra (Recomendaciones técnicas), pues la incidencia del constructor dentro de la fase de extracción de los materiales es prácticamente nula, las decisiones del constructor se basa en la selección del material que está a su alcance y la información proporcionada por parte de sus proveedores con respecto a temas de producción, calidad y desempeño ambiental es escasa, pues generalmente la relación no es directa con el productor sino mediante un intermediario, que en este caso son las ferreterías.

4.4.4.1 Materiales pétreos

Este tipo de materiales tiene un impacto ambiental relativamente pequeño por tonelada de material producido en relación al resto de materiales empleados en la construcción de viviendas, el problema se encuentra en el uso masivo de estos.

El principal impacto de estos materiales se encuentra en su fase de extracción, principalmente en la alteración que se produce en el entorno, modificando ecosistemas y paisajes, tanto la extracción como el transporte del material requieren consumo de energía y por esta razón es aconsejable el uso de materiales locales para disminuir la contaminación generada por el consumo energético.

La mayor ventaja de estos materiales es su durabilidad, y recordemos que este concepto es muy importante para alcanzar la sostenibilidad, a nivel mundial existen iniciativas para comercializar los áridos reciclados para relleno y fabricación de morteros y hormigones.

A continuación se analizar el estado actual de este tipo de material en el cantón Cuenca:



Fase de producción

Recordemos que en el cantón Cuenca en el año 2011 se emitieron 1259 permisos construcción para nuevas edificaciones de uso residencial, esto equivale a 674.363,59 m² construcción.

Según la ARCOM (Agencia de Regulación y Control Minero), en el año 2011 el Ecuador produjo un total de 10 890.472 m³ de los cuales 817.928 m³ (7%) pertenecen a la provincia del Azuay, donde existen 123 concesiones para explotación y 99 en de ellas se obtienen materiales de construcción.

Ahora, según datos proporcionados por la Cámara de Construcción Cuenca en promedio, una casa de 100m² consume la siguiente cantidad de áridos:

$$\begin{aligned} \text{Arena: } & 37,00 \text{ m}^3 = 0,370 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 1600 \text{ kg/m}^3 * = 592,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Grava: } & 28,33 \text{ m}^3 = 0,283 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 1400 \text{ kg/m}^3 * = 396,66 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Piedra: } & 17,63 \text{ m}^3 = 0,176 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 1700 \text{ kg/m}^3 * = 299,71 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{TOTAL} = 0,829 \text{ m}^3/\text{m}^2 \qquad \qquad \qquad \text{1.288,33 kg/m}^2$$

* Peso específico

Según estos datos, resulta que en el cantón Cuenca en el año 2011 consumió un total de:

$$\text{559.452,03 m}^3 * = \text{868.802,84 ton} *$$

*Estos datos reflejan el consumo destinado solamente para la construcción de viviendas unifamiliares.

Los áridos utilizados para la construcción de viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca provienen de 2 lugares en especial, de la Cuenca del Rio Jubones (cantón Santa Isabel) y de la Cuenca del Rio Paute (cantón Paute).

Para la obtención de datos sobre la cantidad de CO₂ emitidos al medio ambiente por la producción de estos áridos, se trató de consultar a los concesionarios mineros sobre su proceso y consumo de energía necesaria para dicha producción, la cual lastimosamente no fue facilitada por distintos motivos, con excepción de la concesión minera MARATHON ubicada en el cantón Paute la cual muy gustosa colaboro con esta investigación proporcionando los siguientes datos:

Producción del año 2012

Arena: $29.923,49 \text{ m}^3 \times 1600 \text{ kg/m}^3 = 47.877.584,00 \text{ kg}$
Grava: $28.247,77 \text{ m}^3 \times 1400 \text{ kg/m}^3 = 39.546.878,00 \text{ kg}$
Piedra: $17.699,88 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 30.089.796,00 \text{ kg}$
Replanto: $10.417,83 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 17.710.311,00 \text{ kg}$
Rechazo: $55.261,39 \text{ m}^3 \times 1400 \text{ kg/m}^3 = 77.365.946,00 \text{ kg}$

La concesionaria MARATHON produjo en el año 2012 un total de:
 $141.550,36 \text{ m}^3 = 212.590,51 \text{ ton}$

Para alcanzar esta producción, dicha concesión consumió un total anual de los siguientes recursos:

Diesel: 60.048,00 galones

Energía eléctrica: 78.910,00 kilowatts hora

La combustión de 1lt de Diesel genera 2,64 kg de CO_2 ⁷⁰, y en el Ecuador en particular para producir 1 kwh se emiten 389 gramos de CO_2 ⁷¹.

1 lt Diesel = 2,64 kg CO_2

1 kwh = 0,389 kg CO_2

Con respecto a la generación de CO_2 por la combustión del Diesel tenemos que:

60.048,00 gal = 240.192,00 lt

240.192,00 lt x 2,64 kg CO_2 = 634.106,88 kg CO_2

Con respecto a la generación de CO_2 por parte del kwh:

78.910,00 kWh x 0,389 kg CO_2 = 30.695,99 kg CO_2

Por lo tanto para la producción de las **212.590,51 ton** de áridos de la concesionaria MARATHON se emitieron a la atmosfera un total de 664.802,87 kg de CO_2 lo que equivale a **664,80 ton de CO_2** .

1 ton de áridos produce un total de 0,0031 ton de CO_2

1 m3 de áridos produce un total de 0,0046 ton de CO_2

212.590,51 ton = 664,80 ton de CO_2

⁷⁰ http://www.sunearthtools.com/es/tools/CO2-emissions-calculator.php#txtCO2_9

⁷¹ International Energy Agency, CO_2 EMISION FROM FUEL COMBUSTION *Highlights* (2012 Edition). Page. 113.



Fase de transporte

Con respecto a este tema, es importante priorizar el uso de materiales locales, pues de esta forma se reduce las emisiones generadas por su transporte hasta el sitio de obra.

Como ya se mencionó, los áridos provienen de:

La cuenca del río Jubones (Santa Isabel) ubicado a 55 km aproximadamente del cantón Cuenca y de la cuenca del río Paute (Paute) ubicado a 28 km aproximadamente.

Según datos proporcionados por la concesionaria MARATHON, para transportar 1 m³ de árido la distancia de 1km, se necesita 0,006 gal de Diesel; por lo tanto:

1 m³ emite 0,1056 kg CO₂ por cada km recorrido

Esto nos permite calcular las emisiones generadas por el transporte dependiendo su procedencia:

Santa Isabel = 55 km = 5,808 kg CO₂ por m³ de árido transportado
Paute = 28 km = 2,956 kg CO₂ por m³ de árido transportado

Estos datos nos ayudan calcular el total de emisiones generadas, tanto por el proceso de producción, como por el proceso de transporte y en base a los datos obtenidos demostrar que árido puesto en obra genera menos CO₂.

Por m³

1 m³ en su proceso de producción genera = 0,0046 ton de CO₂
1 m³ transportado desde Santa Isabel genera = 0,0058 ton de CO₂
1 m³ transportado desde Paute genera = 0,0029 ton de CO₂

Por lo tanto

1 m³ de árido (Santa Isabel) genera un total de = 0,0104 ton de CO₂.

Mientras que

1 m³ de árido (Paute) genera un total de = 0,0075 ton de CO₂.



Los resultados muestran que el árido proveniente del cantón Paute genera un 27,88% menos CO₂ con respecto a los áridos proveniente del cantón Santa Isabel. A continuación se muestran los resultados con respecto al impacto general de la construcción de viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca:

En el año 2011 se consumieron 559.452,03 m³ de áridos.

Santa Isabel

$$559.452,03 \text{ m}^3 \times 0,0104 \text{ ton CO}_2 = \mathbf{5.818,30 \text{ ton CO}_2}$$

Paute

$$559.452,03 \text{ m}^3 \times 0,0075 \text{ ton CO}_2 = \mathbf{4.195,89 \text{ ton CO}_2}$$

En el año 2011 se habría emitido 1.622,40 ton CO₂ (27,88%) menos si los constructores de viviendas unifamiliares hubieran optado por los áridos provenientes del cantón Paute, aportando así al desarrollo sostenible de sus construcciones.

Fase de consumo

Analizaremos la calidad de los materiales, y las recomendaciones para su puesta en obra (construcción) serán tratados más adelante.

Con respecto a certificados de calidad ya sean nacionales (normas INEN) o internacionales (normas ISO) ninguna concesionaria cuenta con este tipo de certificaciones, sin embargo sus productos son utilizados tanto para la obra privada como pública, en ambos casos los áridos cumplen normas como las ASTM, “Los áridos empleados en la construcción de estructuras de hormigón armado deben cumplir con la especificación NTE INEN 872 (ASTM C33)”⁷².

Según las fuentes consultadas, como en el caso del Ing. Guillermo Vélez, reconocido profesional, gracias a su amplia experiencia como laboratorista dentro la ciudad y estudios de los áridos de la zona, recomienda el uso de cualquiera de los dos tipos (según su procedencia) para la construcción de viviendas unifamiliares, pues en base a los requerimientos por el tipo de estructura, a la cual considera simple, y al

⁷² Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: “Estructuras de Hormigón Armado”. Ecuador, actualización Octubre 2010. Pág. 23.



no estar expuesta a grandes esfuerzos y exigencias climáticas, cualquiera de los 2 áridos cumplen los requerimientos necesarios en cuanto a calidad, sin embargo para aportar con un beneficio extra, recomienda el uso de grava y piedra de Paute, y arena proveniente de Santa Isabel, aclarando enfáticamente que la calidad esta en gran medida ligada a los procesos constructivos, es decir la puesta en obra de estos materiales, apegándose estrictamente a las normas y códigos constructivos.

4.4.4.2 Cemento

El cemento Portland tipo IP es el más producido en el Ecuador, según el Instituto Ecuatoriano del Cemento y el Hormigón, en el año 2011, en el país se comercializaron 5 705.731 ton de cemento y solamente en la provincia del Azuay se comercializó 346.463 ton.

El cemento es el material primordial para la fabricación del concreto, y es el segundo material más utilizado del planeta. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción el cemento “Debe cumplir con cualquiera de las siguientes especificaciones NTE INEN 152, 490 o 2380, lo mismo que se demuestra a través de los ensayos de laboratorio. La muestra de cemento empleada para los ensayos de laboratorio debe ser representativa de todo el lote, y se la obtiene siguiendo las recomendaciones del procedimiento NTE INEN 153”⁷³.

Fase de producción

Los principales proveedores de cemento al cantón Cuenca son la empresa Holcim y Guapán, donde según el Instituto Ecuatoriano del Cemento y el Hormigón, en el año 2009 la empresa Holcim comercializó el 63,45% a nivel nacional y la empresa Guapán el 7,86%, no se pudo recopilar datos exactos de la comercialización del cemento en el cantón, pero históricamente la empresa Guapán es la principal comercializadora de cemento en el cantón, pues su fábrica se encuentra a escasos 25 Km de distancia, razón por la cual su costo es menor y favorece también al mercado local.

⁷³ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: “Estructuras de Hormigón Armado”. Ecuador, actualización Octubre 2010. Pág. 22.



Ahora, según datos proporcionados por la Cámara de Construcción Cuenca en promedio una casa de 100 m² consume la siguiente cantidad de cemento:

$$17.046,86 \text{ kg} = 170,46 \text{ kg/m}^2$$

Según estos datos, resulta que en el cantón Cuenca en el año 2011 consumió un total de:

114.957,81 ton*

*Estos datos reflejan el consumo destinado solamente para la construcción de viviendas unifamiliares.

Cada tonelada de cemento producido en Latinoamérica produce un promedio de 621 kg CO₂⁷⁴, por lo tanto en el año 2011 el consumo de cemento para la construcción de viviendas unifamiliares produjo un total de:

$$\underline{1 \text{ ton} = 0,621 \text{ ton CO}_2}$$

$$114.957,81 \text{ ton} = 71.388,80 \text{ ton CO}_2$$

Fase de transporte

Como ya se mencionó las principales empresas comercializadoras de cemento en el cantón son: Guapán cuya fábrica está ubicada a 25 km y Holcim cuya fábrica está ubicada a 130 km.

Según datos proporcionados por la concesionaria MARATHON, para transportar 1 ton de material la distancia de 1km, se necesita 0,01 gal de Diesel; por lo tanto:

$$1 \text{ ton emite } 0,0633 \text{ kg CO}_2 \text{ por cada km recorrido}$$

Las emisiones generadas por el transporte dependiendo su procedencia:

$$\begin{aligned} \text{Holcim / Guayaquil} &= 130 \text{ km} = 8,229 \text{ kg CO}_2 \text{ por ton transportada} \\ \text{Guapán / Azogues} &= 25 \text{ km} = 1,582 \text{ kg CO}_2 \text{ por ton transportada} \end{aligned}$$

⁷⁴ World Business Council for Sustainable Development, "The Cement Sustainability Initiative: Cement Industry Energy and CO₂ Performance "Getting the Numbers Right"". 2006. Page. 23.



Estos datos nos permiten calcular el total de emisiones generadas tanto por el proceso de producción como por el proceso de transporte y en base a los datos obtenidos demostrar que cemento puesto en obra genera menos CO₂.

Por tonelada

Producir 1 ton genera = 0,621 ton de CO₂

Transportar 1 ton desde Guayaquil (Holcim) genera = 0,0082 ton de CO₂

Transportar 1 ton desde Azogues (Guapán) genera = 0,0015 ton de CO₂

Por lo tanto

1 ton de cemento **Holcim** genera un total de = **0,6292 ton de CO₂**.

Mientras que

1 ton de cemento **Guapán** genera un total de = **0,6225 ton de CO₂**.

Por lo tanto el cemento Guapán proveniente del cantón Azogues genera un 1,06% menos CO₂ que el cemento Holcim proveniente del cantón Guayaquil. A continuación se muestran los resultados con respecto al impacto general de la construcción de viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca:

En el año 2011 se consumieron 114.988,55 ton de cemento, se analizará la cantidad de emisiones generadas según su procedencia:

Guayaquil (Holcim)

$114.957,81 \text{ ton} \times 0,6292 \text{ ton CO}_2 = \mathbf{72.331,45 \text{ ton CO}_2}$

Azogues (Guapán)

$114.957,81 \text{ ton} \times 0,6225 \text{ ton CO}_2 = \mathbf{71.561,23 \text{ ton CO}_2}$

Los resultados muestran que se pudo evitar emitir 770,21 ton CO₂ (1,06%) menos si los constructores de viviendas unifamiliares hubieran optado por el cemento Guapán, sin embargo, la diferencia no es tan amplia, solamente el 1,06%, razón por la cual se podría optar por cualquiera de los dos, pues no repercute en gran medida la diferencia de emisiones, por este motivo se deben tomar en cuenta otras consideraciones que veremos más adelante.



Fase de consumo

Con respecto a certificaciones de calidad tanto Guapán como Holcim cuentan con la norma **INEN**, sin embargo solamente Holcim cuenta con las normas **ISO 9001:2008** (Sistema de gestión de calidad), **ISO 14001:2004** (Sistema de gestión ambiental) y **OHSAS 18001:200** (Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional).

Esto evidencia el compromiso por parte de la empresa Holcim con temas como la calidad, medio ambiente y la seguridad y salud ocupacional de sus empleados (aspecto social).

4.4.4.3 Acero

Los metales más utilizados en el sector de la construcción son el acero, el aluminio y el cobre, estos materiales como cualquier otro presentan beneficios y prejuicios para el medio ambiente, el principal impacto de los materiales metálicos se produce en la fase de transformación.

Este material es muy apreciado en las demoliciones, pues la chatarra es muy cotizada en el mercado local y mundial.

Fase de producción

Los proveedores de acero son: Adelca, Andec, Novacero e Ideal Alambrec BEKAERT, según el portal de revista EKOS (<http://www.ekosnegocios.com>) en sus indicadores financieros del año 2011 la empresa Adelca (Acería del Ecuador C. A.) reporto ventas por el valor de \$ 277 900.409, la empresa Andec (Acerías Nacionales del Ecuador) por \$ 224 715.757, Novacero (Novacero S. A.) por \$ 217 407.290, Ideal Alambrec BEKAERT (Ideal Alambrec S. A.) por \$ 132 816.854, todas estas cifras nos ofrecen una idea de la comercialización del acero en el año 2011, que equivale a un promedio de 770.000 ton de acero.

Ahora, según datos proporcionados por la Cámara de Construcción Cuenca en promedio una casa de 100m² consume la siguiente cantidad de acero:

$$\text{Acero: } 1.612,88 \text{ kg} = 16,13 \text{ kg/m}^2$$



Según estos datos, resulta que en el cantón Cuenca en el año 2011 consumió un total de:

10.876,67 ton *

*Estos datos reflejan el consumo destinado solamente para la construcción de viviendas unifamiliares.

Cada tonelada de acero produce un promedio de 1.7 ton CO₂⁷⁵, por lo tanto en el año 2011 el consumo de acero para la construcción de viviendas unifamiliares produjo un total de:

1 ton = 1,7 ton CO₂
10.876,67 ton = 18.490,33 ton CO₂

Fase de transporte

A continuación se detallan las empresas que comercializan el acero, su ubicación y su distancia con respecto al cantón Cuenca:

EMPRESA	UBICACIÓN	DISTANCIA (km)
ANDEC	GUAYAQUIL	130
ADELCA	ALOAG	290
NOVACERO	GUAYAQUIL	130
IDEAL ALAMBREC	GUAYAQUIL	130

Según datos proporcionados por la concesionaria MARATHON, para transportar 1 ton de material la distancia de 1km, se necesita 0,01 gal de Diesel; por lo tanto:

1 ton emite 0,0633 kg CO₂ por cada km recorrido

Las emisiones generadas por el transporte dependiendo su procedencia:

Adelca / Alóag

290 km = 18,357 kg CO₂ por ton de acero transportado

Andec, Novacero, Ideal Alambrec / Guayaquil

130 km = 8,229 kg CO₂ por ton de acero transportado

⁷⁵ World steel Association, "INFORME DE SUSTENTABILIDAD de la Industria Siderurgica mundial 2008 ". 2006. Pág. 9.



Total de emisiones:

Por tonelada

Producir 1 ton genera = 1,7 ton de CO₂
Transportar 1 ton desde Alóag (Adelca) genera = 0,0183 ton de CO₂
Transportar 1 ton desde Guayaquil (Varios) genera = 0,0082 ton de CO₂

Por lo tanto

1 ton de acero proveniente de **Alóag** genera = **1,7183 ton de CO₂**.

Mientras que

1 ton de acero proveniente de **Guayaquil** genera = **1,7082 ton de CO₂**.

El acero Andec, Novacero e Ideal Alambrec provenientes de Guayaquil generan un 0,5% menos CO₂ que el acero Adelca proveniente de Alóag. A continuación se muestran los resultados con respecto al impacto general de la construcción de viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca:

En el año 2011 se consumieron 10.877,48 ton de acero, se analizará la cantidad de emisiones generadas según su procedencia:

Alóag (Adelca)

10.876,67 ton x 1,7183 ton CO₂ = **18.689,38 ton CO₂**

Guayaquil (Andec, Novacero e Ideal Alambrec)

10.876,67 ton x 1,7082 ton CO₂ = **18.579,52 ton CO₂**

En el año 2011 se hubiera emitido 109,86 ton CO₂ (0,5%) menos si los constructores de viviendas unifamiliares hubieran optado por acero Andec, Novacero e Ideal Alambrec proveniente de Guayaquil, en este caso la diferencia es aún menor 0,5% que en el caso del cemento, razón por la cual se podría optar por cualquiera tipo de acero (procedencia).

Fase de consumo

Con respecto a certificaciones de calidad todas las acerías cuentan con la norma **INEN** y norma **ISO 9001:2008** (Sistema de gestión de calidad), mientras que Adelca, Novacero e Ideal Alambrec cuentan con **ISO**



14001:2004 (Sistema de gestión ambiental) y **OHSAS 18001:200** (Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional).

Esto evidencia el compromiso por parte de las empresas Adelca, Novacero e Ideal Almagre con temas como el medio ambiente, la seguridad y salud ocupacional de sus empleados (aspecto social).

4.4.4.4 Ladrillo

Es una pieza de arcilla moldeada y cocida, de formato paralelepípedo empleado como mampuesto para la construcción de paredes tanto interiores como exteriores.

El más utilizado en el cantón Cuenca según la Cámara de la Construcción y Swisscontact (Proyecto EELA desarrollado conjuntamente con la Municipalidad de Cuenca) es el denominado panelón o macizo (Según clasificación norma INEN 293).

El ladrillo panelón que se comercializa localmente, tiene varios formatos, pues su fabricación es de forma artesanal y cada fabricante lo realiza bajo su propio formato, pero las medidas bordean los 28 cm de largo (soga), 8 cm de alto (grueso) y 14 cm de espesor (tizón) con variaciones entre un 5 y en ocasiones hasta un 9% en cada medida.

Fase de producción

Según Swisscontact⁷⁶ dentro del proyecto EELA (Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales) en el año 2011 en Cuenca existen 544 ladrilleras, de las cuales 499 son de tipo artesanal y 45 mecanizadas, anualmente producen 36.610 ton de arcilla cocida, las cuales generan 14.168 ton CO₂.

1 ton de arcilla cocida genera 0,387 ton CO₂

De las 36.610 ton producidas, el 63,90% son de ladrillo panelón y el 10% de tochano (pandereta), el restante corresponde a tejas, piezas para pisos, etc.

⁷⁶ Swisscontact, "PROGRAMA EELA: El sector ladrillero artesanal: estado actual, retos y potencialidades", Congreso de Intercambio de Experiencias Internacionales para el sector ladrillero de Latinoamérica. 2011.



Producción de ladrillo panelón = 23.393,79 ton
Producción de ladrillo tochano = 3.661,00 ton

Panelón

Densidad panelón: $1,3 \text{ gr/cm}^3$
Dimensión promedio (cm): $28 \times 8 \times 14$
Volumen promedio: 3.136 cm^3
Peso promedio: $3.136 \text{ cm}^3 \times 1,3 \text{ gr/cm}^3 = 4.076,8 \text{ gr} = 4,0768 \text{ kg}$

Unidades por m^2 de mampostería: $35,68 \text{ u} = 145,46 \text{ kg}$

Tochano

Densidad tochano: $0,7 \text{ gr/cm}^3$
Dimensión promedio (cm): $40 \times 20 \times 10$
Volumen promedio: 8.000 cm^3
Peso promedio: $8.000 \text{ cm}^3 \times 0,7 \text{ gr/cm}^3 = 5.600 \text{ gr} = 5,6 \text{ kg}$

Unidades por m^2 de mampostería: $11,20 \text{ u} = 62,76 \text{ kg}$

Para la construcción de 1 m^2 de mampostería de ladrillo tochano se necesita 83 kg menos (56,85%) que si fuese construido con ladrillo panelón. Ahora, según datos proporcionados por la Cámara de Construcción Cuenca en promedio una casa de 100 m^2 consume la siguiente cantidad de Ladrillos:

Panelón: $7.429 \text{ u} = 74,29 \text{ u/m}^2$

Según estos datos, resulta que en el cantón Cuenca en el año 2011 consumió un total de:

50 098.471,00 u*
204.197,29 ton *

*Estos datos reflejan el consumo destinado solamente para la construcción de viviendas unifamiliares.

Según este análisis podemos obtener la cantidad de ladrillos tochano necesarios para la construcción de la misma casa.



Si para la construcción de una vivienda de 100 m^2 se necesitan 7.429 unidades de ladrillo panelón lo que equivale a 30.286,54 kg de arcilla cocida, y si por cada m^2 de mampostería se necesitan 35,68 unidades, esto equivale a $208,21 \text{ m}^2$ de mampostería

Para la construcción de los mismos $208,21 \text{ m}^2$ de mampostería, pero en este caso con ladrillo tochano se necesitarían un total de 2.332 unidades, lo cual equivale a 13.059,20 kg de arcilla cocida, por lo tanto:

Para la misma casa de 100 m^2 (superficie) se necesitan un total de 2332 unidades.

$$\text{Tochano: } 2.332 \text{ u} = 23,32 \text{ u /m}^2$$

Según estos datos, resulta que en el cantón Cuenca en el año 2011 se pudo consumir un total de:

$$\begin{aligned} & \mathbf{15\ 726.150,00 \text{ u}^*} \\ & \mathbf{88.066,48 \text{ ton}^*} \end{aligned}$$

*Estos datos reflejan el consumo destinado solamente para la construcción de viviendas unifamiliares

El ladrillo utilizado para la construcción de viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca proviene de 2 lugares en especial, de Susudel (cantón Oña) y del cantón Cuenca. A continuación se muestra el tipo de incidencia por el uso de cada tipo de ladrillo para la construcción de viviendas unifamiliares en Cuenca:

Panelón

$$\mathbf{204.197,29 \text{ ton} = 79.024,35 \text{ ton CO}_2}$$

Tochano

$$\mathbf{88.066,48 \text{ ton} = 34.081,72 \text{ ton CO}_2}$$

Nota: La diferencia está a favor del ladrillo tochano con un ahorro de 44.942,63 ton CO_2 (56,85%).

Ahora nos enfocaremos a otro tema importante en la fase de producción del ladrillo que es la quema, pues es un aspecto preponderante en la calidad del material y en sus emisiones de CO_2 , según la misma Swisscontact el 78% del combustible utilizado para la quema, son troncos de eucalipto, mientras que el restante 22% son ramas, aserrín,



gas, diesel y en ocasiones llantas, pero nos enfocaremos en el contundente 78% que son los troncos de eucalipto.

Estos troncos de eucalipto son adquiridos en los aserraderos, y son el resultado del residuo concebido por la venta de metros lineales de los llamados pingos, pues de esta forma, el material utilizado como combustible por las ladrilleras no ejerce un impacto directo en la deforestación de este tipo de bosques, que en su gran mayoría son bosques locales, como lo veremos más adelante cuando analicemos la madera.

De todos modos no se puede negar el impacto forestal que ocasiona el consumo de este tipo de combustible, pues por cada quema se consumen entre 4,9 a 14,1 ton de leña (troncos de eucalipto). Recordando que cada ton de arcilla cocida genera 0,387 ton de CO₂ y el 78% del combustible es leña (troncos de eucalipto), quiere decir que de los 0,378 ton CO₂ emitidos, 0,294 ton CO₂ son a causa de la quema de leña; mientras que la quema de 1 m³ de leña genera 0,825 ton CO₂⁷⁷, por lo tanto para generar esos 0.295 ton CO₂ se requirió un total de 0,35 m³ de leña.

Para la quema 1 ton (ladrillo) se necesita 0.35 m³ de leña (eucalipto)

A continuación datos sobre el consumo de leña para una casa 100 m²:

Panelón: 7.429 u = 30,286 ton = 10,60 m³

Tochano: 2.332 u = 13,059 ton = 4,57 m³

Datos del consumo de leña para la fabricación de ladrillos para la construcción de viviendas unifamiliares en el 2011:

Panelón: 50 098.471,00 u = 204.197,29 ton = 71.469,05 m³

Tochano: 15 726.150,00 u = 88.066,48 ton = 30.823,26 m³

Para tener una idea sobre la forestación que produce este consumo de leña nos remitiremos a los siguientes datos:

⁷⁷ CAYETANO, Helidoro. "La leña: Su combustión y sus consecuencias a nivel mundial y en México". 2005. Pág 13.



El crecimiento promedio anual de del bosque natural de pino y eucalipto es de $15 \text{ m}^3/\text{ha}^{78}$, mientras que con un manejo responsable y con un máximo aprovechamiento de un bosque se lograría un crecimiento promedio anual de $150 \text{ m}^3/\text{ha}$, es decir, que para un manejo sostenible de un bosque se debe reforestar 10 veces más lo forestado; según estos datos obtenemos que:

Para la quema de las 204.197,29 ton de ladrillo panelón se necesitan $71.469,05 \text{ m}^3$ de leña (eucalipto) lo que equivale a la forestación de 4.764,60 ha de bosque natural y 476,46 ha de bosque sustentable. Mientras que para la quema de las 88.066,48 ton de ladrillo tochano se necesitan $30.823,26 \text{ m}^3$ de leña (eucalipto) lo que equivale a la forestación de 2.054,88 ha de bosque natural y 205,48 ha de bosque sustentable.

Tabla 16 Resumen del impacto en forestación de la producción de ladrillos

TIPO LADRILLO	PRODUCCION (ton)	LEÑA COMBUSTIBLE (m3)	FORESTACION BOSQUE NATURAL (ha)	FORESTACION BOSQUE SUSTENTABLE (ha)
Panelón	204.197,29	71.469,05	4764,60	476,46
Tochano	88.066,48	30.823,26	2054,88	205,48

Fase de transporte

Se debe priorizar el uso de materiales locales, pues de esta forma se reduce las emisiones generadas por su transporte hasta el sitio de obra.

Como ya se mencionó, el ladrillo utilizado para la construcción de viviendas unifamiliares en Cuenca provienen de:

Cuenca, específicamente de las zonas de Sinincay, Balzay, Racar, San Pedro del Cebollar y Chiquintad; provienen también del Catón Oña, parroquia Susudel que se encuentra a una distancia de 58 Km de Cuenca.

⁷⁸ BARRANTES, Gerardo, et al. "EL BOSQUE EN EL ECUADOR: Una visión transformada para el desarrollo y la conservación". 2000. Pág.19.



Según datos proporcionados por la concesionaria MARATHON, para transportar 1 ton de material la distancia de 1km, se necesita 0,01 gal de Diesel; por lo tanto:

1 ton emite 0,0633 kg CO₂ por cada km recorrido

Este dato nos permite calcular las emisiones generadas por el transporte dependiendo su procedencia:

Susudel = 58 km = 3,6714 kg CO₂ por ton de ladrillo transportado
Cuenca = 0 km = 0 kg CO₂ por ton de ladrillo transportado

Estos datos nos permiten calcular el total de emisiones generadas tanto por el proceso de producción como por el proceso de transporte y en base a los datos obtenidos demostrar que el ladrillo puesto en obra genera menos CO₂.

Por ton

Producir 1 ton genera = 0,3870 ton CO₂
Transportar 1 ton desde Susudel genera = 0,0036 ton CO₂

Por lo tanto

1 ton de ladrillo proveniente de **Susudel** genera= **0,3906 ton de CO₂**.

Mientras que

1 ton de ladrillo proveniente de **Cuenca** genera= **0,387 ton de CO₂**.

Por lo tanto el ladrillo proveniente de Cuenca genera 0,9% menos CO₂ que el proveniente del cantón Susudel. A continuación se muestran los resultados con respecto al impacto general de la construcción de viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca:

En el año 2011 se consumieron 204.241,44 ton de ladrillos panelón, se analizará la cantidad de emisiones generadas según su procedencia:

Susudel

204.197,29 ton x 0,3906 ton CO₂ = **79.759,46 ton CO₂**

Cuenca

204.197,29 ton x 0,3870 ton CO₂ = **79.024,35 ton CO₂**



En el año 2011 se pudo evitar la emisión 735,10 ton CO₂ (0,9%) si los constructores de viviendas unifamiliares hubieran optado por ladrillo proveniente de Cuenca, nuevamente la diferencia es mínima (0,9%), razón por la cual se podría escoger cualquiera de los dos tipos de ladrillo, recomendando tomar otras consideraciones, las cuales se describen más adelante.

Fase de consumo

Analizaremos la calidad de los ladrillos, y las recomendaciones para su puesta en obra (construcción) serán tratados más adelante.

Con respecto a certificados de calidad ya sean nacionales (normas INEN) o internacionales (normas ISO) ninguna ladrillera cuenta con este tipo de certificaciones, sin embargo las ladrilleras en Cuenca (544) están involucradas en el plan piloto EELA (Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales) que elabora Swisscontact y la Municipalidad de Cuenca, el cual busca incrementar la eficiencia energética de los hornos en un 30%, el manejo sostenible de los recursos (materia prima y combustible), implementar un modelo integral de gestión, incrementar el ingreso económico de los ladrilleros en un 10%, incrementar la demanda como respuesta a la mejora en calidad del producto, fortalecer la equidad de género y aumentar la asistencia de niños a escuelas.

Con respecto a la resistencia de los ladrillos provenientes de Susudel y Cuenca tenemos los siguientes resultados:

Tabla 17 Resistencia de pruebas individuales de ladrillo artesanal

MAMPUESTO	PROCEDENCIA	DIMENSIONES	ENSAYO	CARGA NETA DE FALLA	RESISTENCIA BRUTA	RESISTENCIA BRUTA PROMEDIO
Ladrillo panelón	Susudel	26,5 x 7,8 x 12,5	1	38371 kg.f	115,84 kg/cm ²	106,34 kg/cm ²
			2	40942 kg.f	123,60 kg/cm ²	
			3	26367 kg.f	79,60 kg/cm ²	
	Cuenca (Sayausi)	27,5 x 7,7 x 13,8	1	21380 kg.f	60,28 kg/cm ²	63,16 kg/cm ²
			2	25211 kg.f	71,08 kg/cm ²	
			3	20605 kg.f	58,10 kg/cm ²	

Fuente: ZALAMEA LEON, Esteban. (2012). "Mampostería post-tensada. Una alternativa constructiva para Ecuador", Tesis de Maestría, Cuenca, Universidad de Cuenca. Pág. 45.

Con respecto a la resistencia (medición de calidad) el ladrillo panelón de Susudel supera al fabricado en Cuenca con 43,18 kg/cm² (40,60%), lo



que demuestra la amplia diferencia con respecto a la calidad del material, y cabe destacar la estabilidad dimensional del ladrillo fabricado en Susudel, pues todos sus productores se remiten a un solo formato, lo contrario pasa con los productores de Cuenca, dificultando la tarea del constructor al momento de la compra, pues la mayoría de ventas las realizan intermediarios, lo cual obstaculiza conseguir el mismo formato, pues comercializan ladrillos de distintos productores.

Resulta muy complicado alterar el código simbólico de los promotores y constructores de viviendas unifamiliares con respecto a la preferencia del ladrillo panelón, a pesar de que el ladrillo tochano se comporta mucho mejor ambientalmente hablando, sin embargo, por la demanda de este tipo de ladrillo, su producción es 6 veces mayor en comparación con el ladrillo tochano.

Otra consideración adicional, es que el ladrillo panelón colabora en el sistema estructural de la vivienda, sin que esta particularidad afecte las cualidades del ladrillo tochano, pues el uso de cualquiera de los dos tipos es aceptable, siempre y cuando responda a un estudio estructural previo, donde se analizara el uso de cualquiera de los dos como soluciones constructivas.

4.4.4.5 Madera

Dentro de los materiales utilizados en la construcción, la madera es uno de los más sostenibles. La madera es el material sólido de los árboles que está cubierto por la corteza, este material homogéneo está formado por diversos tipos de células que forman tejidos para realizar funciones como: conducir la sabia, transformar y almacenar alimentos y formar la estructura resistente y portante de un árbol, esta última función es la que más interesa al sector de la construcción.

A nivel de estructura celular se puede clasificar en dos grandes grupos:

- Coníferas
- Latifoliadas

Las coníferas tienen periodos de tiempo más corto para su crecimiento, un promedio de 15 a 30 años, en comparación a las latifoliadas que son superiores a los 30 años dependiendo de la especie. Por esta razón la madera más apropiada para la construcción son del grupo de las coníferas, pues su periodo de crecimiento es más corto, lo cual permite



una reforestación del bosque más eficiente, y las cualidades en su forma como su tronco recto que permite optimizar el material, minimizando el desperdicio y la energía necesaria para su transformación.

El uso de madera para la construcción, debe provenir de un bosque manejado sustentablemente, “caso contrario, éste se degrada y puede extinguirse. Adicionalmente, en los bosques primarios existe una amplia variedad de especies forestales potencialmente maderables de las que solo un limitado número han sido estudiadas y de las cuales existe información que permite ser usada en la industria de la construcción”⁷⁹.

En la actualidad la madera se puede recuperar al final de su vida útil para convertirla en tableros aglomerados (depende de la calidad del residuo) o para su valorización energética como biomasa (“Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”⁸⁰).

El principal uso de la madera dentro de la fase de obra gris, es para encofrado de los elementos estructurales y en menor proporción para el trazo o replanteo del proyecto (estacas y trabillas), a continuación se analizara la realidad nacional y su impacto en Cuenca.

En 1992, “la industria forestal ecuatoriana estaba compuesta por 2.203 establecimientos, con una capacidad instalada para procesar 1,6 millones de metros cúbicos por año. Del total, 26% corresponde a aserraderos, 32% a industrias de muebles y 42% a otras industrias forestales”⁸¹. Según datos del Ministerio del Medio Ambiente la deforestación anual promedio entre el año 2.000 y 2.008 fue de 61.764,50 ha/año.

⁷⁹ Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 7: “*Construcción con Madera*”. Ecuador, actualización septiembre 2010. Pág. 4.

⁸⁰ Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española* (22.^a ed.). Consultado en <http://www.rae.es/rae.html>.

⁸¹ BARRANTES, Gerardo, et al. “*EL BOSQUE EN EL ECUADOR: Una visión transformada para el desarrollo y la conservación*”. 2000. Pág.17.



Según la Cámara de Construcción de Cuenca, una casa promedio de 100 m² consume la siguiente cantidad de madera para encofrado:

$$\begin{aligned} \text{Tablas: } 96,00 \text{ u } (0,02 \times 0,25 \times 3,00 \text{ m}) &= 1,44 \text{ m}^3 = 0,0144 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ \text{Pingos: } 88,40 \text{ u } (\varnothing: 0,12, \text{ l: } 3,00 \text{ m}) &= 2,99 \text{ m}^3 = 0,0299 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ \text{Tiras: } 49,60 \text{ u } (0,05 \times 0,04 \times 3,00 \text{ m}) &= 0,29 \text{ m}^3 = 0,0029 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ \hline &4,72 \text{ m}^3 = 0,0472 \text{ m}^3/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Cuenca en el año 2011 consumió un total de:

$$\mathbf{31.829,96 \text{ m}^3^*}$$

*Estos datos reflejan el consumo destinado solamente para la construcción de viviendas unifamiliares.

Para acerrar 1 m³ de madera burda se emite un total de 0,0809 ton CO₂⁸², de igual manera para acerrar 1 ton de madera burda se emite 0,1616 ton CO₂ al medio ambiente, estos datos demuestran que en el año 2011 la madera consumida para encofrados en la construcción de viviendas unifamiliares en Cuenca emitió un total de:

$$\begin{aligned} \mathbf{1 \text{ m}^3 = 0,0809 \text{ ton CO}_2} \\ \mathbf{1 \text{ ton} = 0,1616 \text{ ton CO}_2} \end{aligned}$$

$$\mathbf{31.879,96 \text{ m}^3 = 2.579,09 \text{ ton CO}_2}$$

Lo que equivale a la forestación de 2.125,33 ha de bosque natural, o 212,53 ha de bosque manejado sosteniblemente, adicionalmente es pertinente mencionar que los bosques capturan el CO₂ presente en la atmosfera mediante el proceso de fotosíntesis, y están en el orden de 3 hasta 40 ton CO₂ por hectárea anualmente, estudios realizados en Chile por la Corporación Nacional Forestal (Conaf) hizo un estudio a distintas especies chilenas y concluyó que el eucalipto tiene el mejor rendimiento de captura de CO₂, un bosque de eucalipto captura 29,9 ton CO₂ ha/año.

Por lo tanto las 2125,33 ha de bosque natural taladas para la obtención de 31.879,96 m³ de madera destinada a encofrado, dejaron de captar 63.547,39ton CO₂ anualmente, agravando los efectos del cambio climático a nivel local y mundial.

⁸² Forest & Wood Products Research & Development Corporation



Fase de transporte

Los principales recursos para el encofrado son las tablas de monte (sapan, capulí, doncel, etc.), y su especie varía de acuerdo a la disponibilidad en el mercado, es un tipo de madera de baja densidad (peso específico entre 300 a 350 kg/m³) proveniente del oriente y en su mayoría de la provincia de Morona Santiago; cosa distinta sucede con los pingos y tiras las cuales en ambos casos son de eucalipto (peso específico 700 kg/m³) y provienen de bosques locales dentro del cantón Cuenca, como es el caso de Solano, Paccha, Llacao, etc.

Según datos proporcionados por la concesionaria MARATHON, para transportar 1 ton de material la distancia de 1km, se necesita 0,01 gal de Diesel; por lo tanto:

1 ton emite 0,0633 kg CO₂ por cada km recorrido

Emissiones generadas por el transporte dependiendo su procedencia:

Tablas (Sevilla-Morona Santiago)

110 km = 6,963 kg CO₂ por ton transportada a Cuenca

Pingos y tiras (Cuenca-Azuay)

0 km = 0 kg CO₂ por ton transportada a Cuenca

Estos datos nos permiten calcular el total de emisiones generadas tanto por el proceso de producción como por el proceso de transporte.

Tablas

En el año 2011 se consumió un total de 9.710,83 m³ de tablas para encofrado.

9.710,83 m³ = 3.398,79 ton

1 ton de madera aserrada genera = 0,1616 ton CO₂

3.398,79 ton = 549,24 ton CO₂

1 ton de madera transportada (Morona Santiago) genera = 6,963 kg CO₂

3.398,79 ton = 23.665,77 kg CO₂ = 23,66 ton CO₂



Producir y transportar las 3.398,79 ton de tablas para encofrado utilizadas en el año 2011 para la construcción de viviendas unifamiliares generó un total de 572,90 ton CO₂.

Pingos y tiras

En el año 2011 se consumió un total de 22.119,12 m³ de tablas para encofrado.

$$22.119,12 \text{ m}^3 = 15.483,39 \text{ ton}$$

1 ton de madera aserrada genera = 0,1616 ton CO₂

$$15.483,39 \text{ ton} = 2.502,11 \text{ ton CO}_2$$

1 ton de madera transportada (Cuenca) genera = 0 kg CO₂

$$15.483,39 \text{ ton} = 0 \text{ kg CO}_2 = 0 \text{ ton CO}_2$$

Producir y transportar las 15.483,39 ton de pingos y tiras de eucalipto para encofrado utilizadas en el año 2011 para la construcción de viviendas unifamiliares generó un total de 2.502,11 ton CO₂.

En el año 2011 se emitió un total de 3.051,36 ton CO₂ por el uso de 31.829,96 m³ de madera destinada a encofrado, por lo tanto para mejorar el desempeño ambiental de este sistema de encofrado es preferible optar por sistemas alternativos como es el caso encofrados modulares que generalmente están compuestos por puntales y vigas de acero que cumplen el mismo rol que los pingos, los tableros pueden ser metálicos o de madera, en este caso el más utilizado son los de madera, pues su costo es mucho menor en comparación con el metálico, y cuyos módulos (0,60x1,20m) están constituidos por tiras y tablas; siguiendo con este análisis, nos damos cuenta que los elementos de fácil sustitución son los pingos, y en caso de llegar a sustituir todos los pingos por puntales y vigas de acero, evitaríamos el consumo de 20.163,47 m³ de madera, lo cual equivale a 1.344,23 ha de bosque natural, es decir, sustituyendo los 20.163,47 m³ de pingos por vigas y puntales de acero para encofrado, evitaríamos la emisión de 2.280,89 ton CO₂ al medio ambiente.



Fase de consumo

Con respecto a certificaciones de calidad ningún aserradero cuenta con certificaciones INEN y normas ISO 9001:2008 (Sistema de gestión de calidad), ISO 14001:2004 (Sistema de gestión ambiental), OHSAS 18001:200 (Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional), esto evidencia la falta de control de calidad y gestión ambiental de establecimientos que comercializan este tipo de madera, sin embargo es pertinente aclarar que toda esta madera está regulada por el Ministerio de Ambiente, tanto para su forestación como para su transporte.

La experiencia ha demostrado que este tipo de material se comporta satisfactoriamente dentro de las exigencias para su uso (encontrado), que conjuntamente con otras ventajas como su fácil transporte, bajos costos, su versatilidad para adaptarse a distintas formas, lo hacen muy competitivo frente a otros sistemas altamente tecnificados, los cuales no justifican su costo frente al tipo y envergadura de la estructura. Sin embargo es pertinente fomentar su reutilización dentro del proceso constructivo, una forma de optimizar su uso es optando por sistemas modulares que potencialicen su reutilización, minimizando también el desperdicio y en ocasiones mejorando la calidad del acabado de la estructura.

Toda la madera consumida dentro del proceso constructivo de viviendas unifamiliares en Cuenca durante el año 2011, provinieron de la tala de 2.125,33 ha de bosque natural, donde se obtuvo 31.879,96 m³, los mismos que generaron 3.051,36 ton CO₂ en su fase de producción y transporte hasta obra, sin embargo toda esta madera finalmente se convierte en residuo los cuales en su gran mayoría se utiliza para la obtención de energía como biomasa, misma que llegaría a generar 26.259,96 ton CO₂ durante su combustión, esto sumado a las 3.051,36 ton CO₂ producidas por su producción y transporte, nos da un total de 29.311,07 ton CO₂.

4.5 La gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD)

En la actualidad el destino de los RCD son las conocidas escombreras o vertederos, pero el futuro colapso de estos depósitos es inminente, a pesar de los esfuerzos de los municipios para habilitar nuevos vertederos, hace que los RCD se vuelvan más problemáticos con el paso del tiempo.



La principal estrategia para una buena gestión de los RCD son: un diseño eficiente, que engloba planos totalmente detallados y cálculos rigurosos, que permitan adquirir las cantidades estrictamente necesarias del material a utilizar, siendo los que menos impacto causaran; la supervisión técnica y la innovación en cada etapa de la construcción juega un papel preponderante para alcanzar los objetivos de la sostenibilidad.

Los RCD se producen en 3 fases de ciclo de vida de cualquier construcción: en la excavación, construcción y demolición.

En la etapa de excavación es necesario realizar una adecuada programación y control para excavaciones y rellenos, minimizando el impacto ambiental.

En la etapa de construcción los RCD variaran de acuerdo al modelo constructivo y la forma de demolición que se emplee, por ejemplo, en el tipo de construcción tradicional, es decir con materiales de naturaleza pétreo, estos generan una gran cantidad de desperdicios y sobrantes en el proceso de construcción y demolición, concluyendo así que estos materiales son los principales responsables del colapso de las escombreras y vertederos.

En la etapa de demolición es importante minimizar la cantidad de RCD con una buena planificación, fomentando la recuperación y separación para tratamientos especiales de ciertos elementos y materiales constructivos.

El objetivo principal de la gestión de los RCD es minimizarlos, y buscar su reutilización o reciclaje, esto se logra con la selección y separación de los RCD para señalar los que pueden entrar en el circuito de reutilización y reciclaje de los que necesariamente terminaran en el vertedero y en ocasiones en vertederos especiales. A pesar que la mayoría de RCD en nuestro medio son inertes y por lo tanto no peligrosos.

Según la EMAC (Empresa Pública Municipal de Aseo) las escombreras del cantón Cuenca reciben un promedio de 30.000 m³ de residuos de construcción, mientras que por cada metro cuadrado de construcción de vivienda se genera un promedio de 0,26 metros cúbicos de residuos⁸³, por lo tanto, si el año 2011 se construyeron 674.363,59 m² de construcción de viviendas unifamiliares y cada m² genera 0,26 m³,

⁸³ GONZALES Klever, ORELLANA Jorge, "Sistema integral de gestión de residuos de construcción para la ciudad de Cuenca". Tesis Ingeniería, 2003. Pág. 44.



durante el mismo año se generó un total de 175.334,53 m³ de residuos de construcción, de los cuales se obtiene la siguiente composición por tipo de material:

Tabla 18 Porcentaje de material receptado en escombreras

TIERRA	LASTRE PIEDRA	LADRILLO BLOQUE CONCRETO	VEGETACION	ASFALTO	ESTUCO MADERA	CERAMICA	OTROS
%	%	%	%	%	%	%	%
64,10	15,00	17,50	2,00	1,37	1,50	1,65	0,50

Fuente: GONZALES Klever, ORELLANA Jorge, "Sistema integral de gestión de residuos de construcción para la ciudad de Cuenca". Tesis Ingeniería, 2003. Pág. 74.

Esta información traducida en cantidades de residuos (metros cúbicos) receptados por las escombreras durante el año 2011 en Cuenca, por construcción de viviendas unifamiliares es la siguiente:

Tabla 19 Cantidad de material receptado en escombreras

TIERRA	LASTRE PIEDRA	LADRILLO BLOQUE CONCRETO	VEGETACION	ASFALTO	ESTUCO MADERA	CERAMICA	OTROS
m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
112389,43	26300,18	30683,54	3506,69	2402,08	2630,02	2893,02	87667,27

4.5.1 Manejo de residuos

En principio, los RCD generados en la etapa de obra tosca son en su gran mayoría inertes y menor proporción banales, por lo tanto no representan mayor peligro dentro del proceso constructivo.

Los residuos inertes

Por lo general se los puede dividir en dos secciones, una de tipo degradable como es el caso de la capa vegetal y el suelo, y la segunda de tipo no degradable como es el caso de la arena, grava, piedra, hormigón y ladrillos, en ambos casos son potencialmente reutilizables dentro del mismo proceso constructivo y son los principales causantes del colapso de los vertederos, pues dentro de nuestro medio, el nivel de reutilización y reciclaje de estos materiales es mínimo.



Los residuos banales

Por su composición, pueden ser gestionados de la misma manera que los residuos inertes, es decir pueden ser reutilizados en el proceso constructivo y reciclados, a pesar que la segunda opción requiere de procesos muy complejos y costosos que no pueden ser realizados en obra, son el caso del acero, la madera.

Los principales materiales reciclables son:

- Pétreos: pueden triturarse (en caso de ser necesario) para fabricar áridos o como material de relleno.
- Metales: la chatarra puede ser reciclada un gran número de veces, incluso permite su fusión con otros metales.
- Maderas: triturarse para tableros aglomerados o usarse como biomasa, en este caso el uso de biomasa es el más factible, puesto que para la fabricación de tableros las exigencias del estado y calidad del material son muy altas lo cual dificulta este tipo de reciclaje.
- Concretos de cemento portland: pueden ser reutilizados como agregados, al igual que para la madera, esta opción está ligada íntimamente al estado y calidad del concreto.

Tanto para reutilización como para el reciclaje, su éxito depende del estado de conservación de los elementos y las dimensiones del mismo, estos materiales están presentes en elementos como: cimentación, estructura y mampostería.

Es importante crear una nueva cultura de DEMOLICION entendiéndola como el conjunto de acciones de desmantelamiento de una edificación que hacen posible un alto nivel de recuperación de materiales. Para realizar una construcción sostenible es necesario incorporar criterios de construcción encaminados a minimizar los residuos y fomentar el empleo de materiales que originen residuos fácilmente reutilizables y de bajo impacto ambiental.

4.5.2 Posibilidades de reutilización y reciclaje de los RCD

En un principio todos los RCD son reutilizables, a excepción de los especiales que requieren de un tratamiento específico, sin embargo este tipo de residuo no se genera dentro de las etapas estudiadas, es



pertinente aclarar que todo tipo de residuo producido en los procesos de construcción son más fácilmente reciclables que los originados en la demolición. Por esta razón es necesario realizar una pre-selección de los residuos durante el proceso de construcción, para de esta forma facilitar la reutilización en la misma obra, o de ser el caso enviarlos a lugares específicos para facilitar su reciclaje.

Un punto clave para permitir la reutilización y el reciclaje en un proyecto de construcción es, una buena relación entre el propietario, el arquitecto y el constructor, pues como es de entender, el constructor solamente está concentrado en el cumplimiento de plazos y presupuestos, pero simultáneamente está interesado por la reutilización de los residuos y el manejo de los mismos, vinculado más el tema costos financieros que costos ambientales. Por esta razón el tema de los residuos ha sido históricamente una idea de último momento y entre las últimas preocupaciones de un constructor.

Entre los principales materiales que pueden ser reutilizados tenemos:

Suelo y capa vegetal

Los datos anteriores muestran que durante el 2011 las escombreras recibieron un total de 112.389,43 m³ de suelo o tierra y 3.506,69 m³ de vegetación, este tipo de residuo es inerte y estable, razón por la cual puede ser reutilizado como relleno para el caso de la tierra, y en el caso de la capa vegetal y vegetación en general puede ser reutilizado para la recuperación de área verde o como abono agrícola, en ambos casos la reutilización se la puede realizar en el mismo lote a edificar o en un entorno inmediato, sin embargo en el caso de rellenos, estos deben ser realizados y supervisados por profesionales capacitados y con la suficiente experiencia para garantizar su correcta ejecución, sin descuidar el rol que deben cumplir los órganos de control evitando el mal manejo de estos materiales sobre todo del destinado para relleno, evitando que se afecte zonas especiales como quebradas, orillas de ríos, etc.

Áridos

En este caso, con respecto a materiales pétreos en el año 2011 las escombreras recibieron 26.300,18 m³, este tipo de residuo es también inerte y estable, pudiendo ser reutilizado para rellenos y en casos especiales pueden ser reintroducidos en el circuito de preparación de materia prima para la obtención de agregados para la fabricación de hormigón.



Ladrillo y Concreto

Este tipo de materiales son muy poco reactivos (inertes) y estables, razón por la cual son altamente reciclables. Los residuos generados en cualquier fase de su fabricación pueden reincorporarse al circuito de preparación de materia prima.

Los residuos generados en obra frecuentemente van a parar en los vertederos, y en este caso en el año 2011 las escombreras recibieron 30.683,54 m³ de ladrillo, bloque y concreto, este tipo de material también puede ser reutilizado como relleno y hasta en fabricación de morteros y hormigones, dependiendo del estado y calidad del residuo.

Materiales Metálicos

Son el ejemplo más representativo de recuperación de material (sostenibilidad) para su transformación en metal nuevo, pudiendo ser reciclado un número ilimitado de veces. De los 784 millones de toneladas anuales producidas de acero en el mundo, cerca del 43 % proviene del reciclaje, ahorrando el equivalente a la energía requerida por 110 millones de hogares, este tipo de residuo puede ser 100% reutilizable y reciclable, según datos del MIPRO (Ministerio de Industrias y Productividad) anualmente se recupera 390.000 ton de metal para su reciclaje.

Madera

Este tipo de residuos, como la mayoría generados, pueden ser reutilizados en la medida de lo posible, dependiendo de su estado, y pueden ser reciclables o valorizables, en forma de tableros y como energía (biomasa), en el caso del reciclaje para tableros su proceso de reciclaje es complejo y depende del estado y calidad del material, y en el caso de la madera utilizada para encofrado el estado final del material es de muy baja calidad, pues contienen residuos de concreto, aditivos, clavos, etc. lo cual dificulta el reciclaje, sin embargo es muy recomendable su reutilización como leña (biomasa) sobre todo para los ladrilleros artesanales de la zona, pues ellos son los principales beneficiarios de este tipo de residuos, sin embargo en el año 2011 las escombreras recibieron 2.630,02 m³ de estuco y madera, lo cual refleja que un alto porcentaje de los residuos de madera generado en obra es reutilizado (pudiendo alcanzar un 45%), generalmente como biomasa.



Es necesario recordar que uno de los principales fundamentos para la reutilización y el reciclaje es la separación de dichos materiales en el sitio donde se desarrolla un proyecto de construcción, y para esto es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Mantener los contenedores o depósitos a lo largo de todo el proceso constructivo, estos deben ser totalmente visibles y de fácil acceso, evitando confusiones y contaminación mutua entre los RCD.
- Los contenedores deben ser considerados de acuerdo al volumen y al peso de los RCD, pues generalmente son los principales limitantes para el transporte, dichos contenedores deben estar cerca del lugar de trabajo, los residuos deben ser puestos en sus depósitos tan pronto como se generan, esto hará que la reutilización y reciclaje sea más eficiente y menos costoso.

Como ocurre en todas las etapas de la construcción, la planificación es el socio estratégico del buen funcionamiento de cada actividad, y en el caso de la gestión de residuos no tiene por qué ser distinto, la reutilización y el reciclaje se vuelve más sencillo si existe de por medio una planificación, que permita identificar los materiales reciclables y su forma de manejo durante el proceso de construcción, una buena planificación también permite evaluar los costos y reales beneficios del reciclado considerando también la posibilidad de desechar una parte de los RCD.

El plan de gestión de residuos es el documento que establece todas las estrategias de principio a fin para el reciclado y reutilización de los RCD, y entre los principales documentos tenemos:

- Tipos de estimación y cantidades de RCD generados durante cada fase del proyecto de construcción.
- Identificar el tipo de gestión para cada uno de los residuos generados, incluyendo el tipo de comercialización.
- Proporcionar una estimación de la tasa de empleo global que generará el reciclado.
- Diseño de estrategias para la formación, reuniones y los distintos tipos de comunicación relacionados con el plan de gestión de residuos el sitio de trabajo.



- Proporcionar instrucciones que permitan la solución de problemas que pueden presentarse durante el proceso, información y contactos.

Todos estos documentos aportan a mejorar la eficiencia de la gestión de residuos, mientras más detallados estén, más eficientes seremos.

4.6 Fases constructivas

4.7 Recomendaciones para una construcción sostenible

A continuación vamos a recorrer las principales etapas o fases de la construcción de viviendas, mostrando aquellos aspectos importantes a tomar en cuenta para introducir los criterios de sostenibilidad en la construcción, que aseguran la calidad del material y de la ejecución de la obra, mejorando el rendimiento sostenible de nuestras obras; dichas recomendaciones están basadas en el Código Técnico Español (CTE) y Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), muchas de estas recomendaciones requieren el uso de recursos tecnológicos, humanos y en ocasiones naturales, pero en este caso el fin justifica los medios, pues al poner en práctica estos conceptos los beneficiados somos todos quienes formamos parte de este entorno natural y constructivo tanto a nivel local como a nivel mundial.

4.7.1 Reconocimiento del terreno

Es vital realizar un reconocimiento previo del terreno donde se va a realizar un proyecto de construcción, pues de esta manera tendremos un primer acercamiento con una realidad específica que nos permitirá generar las primeras estrategias para alcanzar una construcción sostenible, a continuación se presentan los aspectos más importantes a tomar en cuenta:

4.7.1.1 Estrategias para el uso del suelo

- Control de la erosión y rehabilitación de suelos contaminados.
- Conservación y rehabilitación de áreas naturales existentes y promover la biodiversidad.



4.7.1.2 Estrategias para el uso del Agua

- Control de la contaminación del agua y limitación en la perturbación de la hidrología y sus cursos naturales.
- Reducir lo más posible el consumo de agua potable.
- Reuso del agua.
- Incorporación de tecnología para reducir la producción de aguas residuales.

4.7.1.3 Energía y atmosfera

- Establecer un mínimo requisito de eficiencia energética.
- Optar por tecnología que permita el auto-suministro de energía.
- Proporcionar medios y recursos que permitan una continua contabilidad del consumo de energía durante la construcción.
- Control de la generación de polvo y ruido.

4.7.1.4 Materiales y recursos

- Evitar materiales contaminantes.
- Reducir lo más posible la producción de residuos.
- Extender lo más posible la vida útil del material.
- Minimizar el rubro de transporte de los materiales.
- Promover la conservación de recursos.
- Clasificar los residuos para su tratamiento y desalojo a lugares específicos.
- Redirigir los materiales y recursos recuperables y reciclables a lugares apropiados.
- Maximizar la reutilización de materiales.
- Incrementar el uso de materiales que incorporen reciclados.
- Incrementar el uso de materiales regionales (máx. 500km).
- Reducir el uso de materiales con ciclos largos, priorizando el uso de materiales rápidamente renovables.
- Optar por proveedores responsables con el medio ambiente.

Recordemos que un proyecto de construcción sostenible es el resultado de una buena planificación, donde el éxito no está en buscar la perfección, sino más bien radica en encontrar el balance de los factores que engloba la sostenibilidad (aspecto social, económico y ambiental). En nuestro medio y en gran parte del planeta este tema suena y en ocasiones es complicado,



sin embargo es nuestra responsabilidad hacerlo y aportar a este movimiento que solamente pretende salvarnos de nosotros mismos.

4.7.2 Estudio geotécnico

El estudio geotécnico investiga y analiza el subsuelo para aportarnos con recomendaciones de ingeniería necesarias para el diseño y construcción de obras que estarán en contacto con el suelo, garantizando el comportamiento adecuado de las estructuras a proyectarse. Son de carácter obligatorio para todas las edificaciones que se erijan en el territorio ecuatoriano.

Existe un sin número de requisitos y recomendaciones a cumplir y tomar en cuenta para realizar conforme es debido un estudio geotécnico pero el responsable de un proyecto de construcción, debe prestar especial atención y verificar el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- ✓ El número mínimo de sondeos.
- ✓ La profundidad mínima.

A continuación en la Tabla 21 y 22 se puede apreciar el número de sondeos y la profundidad mínima de los mismos según la categoría de construcción.

Tabla: Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción

CATEGORIA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCION			
Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad mínima de sondeos: 6m.	Profundidad mínima de sondeos: 15m.	Profundidad mínima de sondeos: 25m.	Profundidad mínima de sondeos: 30m.
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5
* El número mínimo de perforaciones serán tres.			
* Los sondeos realizados en la frontera entre unidades adyacentes de construcción de un mismo proyecto, se pueden considerar válidos para las dos unidades siempre y cuando domine la mayor profundidad aplicable.			

Nota: En los casos que se tengan rellenos sobre el nivel actual del terreno natural en zonas bajas, donde se esperan encontrar en el subsuelo depósitos de suelos blandos, se deberá realizar sondeos profundos para definir las fronteras drenantes y estratos de suelo comprensibles que participen en los asentamientos producto del incremento de esfuerzos geostáticos generados por los nuevos rellenos.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 9: "Geotecnia y Cimentaciones".



Imagen 05: Replanteo



Fuente: Autor

Imagen 06: Movimiento de tierras



Imagen 07: Movimiento de tierras

Fuente: Autor



Fuente: Autor

Tabla: Clasificación de las unidades de construcción por categorías

	SEGÚN LOS NIVELES DE CONSTRUCCIÓN	SEGÚN LAS CARGAS MÁXIMAS DE SERVICIO EN COLUMNAS (KN)
BAJA	Hasta 3 niveles	Menores de 800
MEDIA	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4000
ALTA	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4001 y 8000
ESPECIAL	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8000

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Capítulo 9: "Geotecnia y Cimentaciones".

4.7.3 Replanteo

Es el proceso de trazado y marcado de puntos importantes en el terreno, tomando en consideración los planos definitivos del proyecto a construirse. Previo al replanteo se comprobará la limpieza total del terreno, con retiro de escombros, malezas y cualquier otro elemento que interfiera con su desarrollo.

Recomendaciones:

- ✓ Previamente se debe verificar la exactitud del levantamiento topográfico.
 - Forma
 - Linderos
 - Superficie
 - Ángulos
 - Niveles, etc.
- ✓ Asegurarse de obtener los planos definitivos.
- ✓ Evitar cambios de última hora en el diseño.
- ✓ El replanteo debe ser preciso, realizando todas las comprobaciones necesarias.
 - Se recomienda utilizar referencias permanentes.

4.7.4 Movimiento de tierras

Es el conjunto de actividades que se realiza en un terreno previo a la ejecución de una obra de construcción, puede ser de forma manual o mecánica. Esta fase es muy importante dentro de la sostenibilidad, pues es la primera pincelada sobre el entorno inmediato y específicamente sobre el suelo a edificar, por lo que de su correcta ejecución y gestión dependerá el nivel de impacto que causemos en el sitio y el ecosistema circundante.



Imagen 08: Movimiento de tierras



Fuente: Autor

Imagen 09: Estructura portante



Imagen 10: Estructura portante



Fuente: Autor

Fuente: Autor

Recomendaciones:

- ✓ Planificar el acceso de maquinaria si es necesario y la ubicación de los escombros, para de esta manera minimizar el impacto ambiental.
- ✓ Reutilizar en la medida de lo posible el suelo removido, para rellenos u otras actividades necesarias para la construcción.
- ✓ Con respecto al desalojo de los escombros se debe realizar un seguimiento del material desalojado a sitios permitidos y con gestión ambiental.

4.7.5 Estructura portante (Hormigón Armado)

El hormigón armado es el material más utilizado para la construcción de estructuras portantes, sus principales características son su durabilidad, resistencia a los esfuerzos de compresión y la diversidad de formas que se puede conseguir gracias al encofrado; mas es necesario mencionar que para mejorar la sostenibilidad del proyecto de construcción, se debe considerar muchos aspectos importantes como la calidad en la mano de obra y supervisión técnica constante; mas es preciso recalcar también que mientras la construcción este supervisada por un profesional capacitado se asegura en gran medida la calidad y durabilidad de la estructura.

Con el objeto de reforzar el concepto de vida útil, que quizá sea la característica más importante que nos brinda este material dentro del desarrollo sostenible, se muestra el Gráfico 07 tomado de un estudio de durabilidad de edificaciones en Nueva York, Estados Unidos⁸⁴. Donde se puede apreciar que la expectativa de vida útil de una edificación construida con hormigón es superior en relación a otros materiales como madera, acero, y mampostería; demostrándose así la razón por la cual el hormigón es el material más utilizado para la construcción de edificaciones no solo en la ciudad y el país, sino en países del primer mundo como Estados Unidos de Norte América.

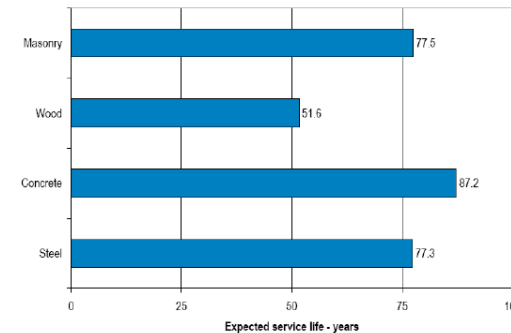
⁸⁴ Connor, J. *Survey on actual service lives for North American Buildings*. October 2004. Pág 5.

Imagen 11: Estructura portante



Fuente: Autor

Gráfico 07: Esperanza de vida útil comparada para diversos materiales

Fuente: Connor, J. (Octubre de 2004). *Survey on actual service lives for North American Buildings*.

El hormigón, es el material resultante de la mezcla del cemento Portland (material conglomerante o cementante) con áridos (agregado fino y grueso) y agua como constituyentes principales. Las proporciones de estos componentes dependerán de las características específicas buscadas en la mezcla final, tomando en cuenta también las características medioambientales y de fabricación propias de la obra a construir. La principal característica del hormigón es su resistencia a los esfuerzos de compresión, pero con escasa resistencia a los esfuerzos de tensión, es aquí donde la alta resistencia a tensión del acero favorece al buen comportamiento de una estructura, de aquí nace el nombre de hormigón armado.

Recomendaciones:

- ✓ Asegurarse de obtener los planos estructurales definitivos.
- ✓ Replanteo preciso.
- ✓ Excavaciones precisas.
- ✓ Desalojo
 - Seguimiento del material desalojado a sitios permitidos y con gestión ambiental.
- ✓ Verificación rigurosa de la calidad (cumplimiento de normas), cantidad del material necesario y sobretodo la gestión ambiental de fabricante para escoger el proveedor
- ✓ Verificar el cumplimiento de normas de ejecución de los elementos estructurales.
 - Realizar ensayos in-situ cuando sean necesarios.



Imagen 11: Estructura portante



Imagen 12: Material cementante

Fuente: Autor



Fuente: Autor

Imagen 13: Agregados



Fuente: Autor

- ✓ Asegurar la calidad de la estructura y realizar un análisis del ciclo de vida del elemento.
- ✓ Buscar la reutilización y reciclado de materiales.
- ✓ Mano de obra calificada y certificada.
- ✓ Uso de herramientas que cumplan normas de calidad y seguridad.

4.7.5.1 Material cementante

- ✓ El cemento debe cumplir la norma NTE INEN 152, 490, 2380.
 - Realizar ensayos de laboratorio si son necesarios.
- ✓ Considerar el uso de materiales cementantes alternativos.
 - Las puzolanas al reemplazar al cemento mejoran el desempeño ambiental de una construcción, pues recordemos que la industria del cemento es una de las mayores productoras de CO₂ del planeta. En la mayoría de los casos, las puzolanas pueden reemplazar cerca de un 30% al cemento en aplicaciones estructurales y alrededor del 50% en aplicaciones no estructurales.
 - Otra alternativa, que actualmente se encuentra en proceso de investigación, es el uso de concretos geopoliméricos, que son una buena alternativa de baja producción de CO₂ frente al cemento portland, generalmente usan residuos industriales como ceniza volante, escorias o metacaolín, estos materiales mejoran las propiedades de la mezcla como reducir las retracciones por secado, mejorar la resistencia al ataque de ácidos y sulfatos.

4.7.5.2 Agregados

Los agregados ocupan un papel muy importante en la fabricación del concreto, pues ocupan un volumen alrededor de las tres cuartas partes del total, mientras que el volumen restante está compuesto por pasta de cemento, agua y burbujas de aire, entre otros.

- ✓ Deben cumplir la norma NTE INEN 872 (ASTM C33).

Recomendaciones:

- ✓ Priorizar proveedores que garanticen su calidad y que cuenten con gestiones ambientales eficientes.
- ✓ Priorizar el desarrollo local, minimizando el impacto producido por transporte.
- ✓ Ejecutar acciones que permitan la reutilización y reciclaje.
- ✓ Priorizar el uso de agregados reciclados.



Imagen 14: Agregados



Fuente: Autor

Imagen 15: Agregado fino



Fuente: Autor

Imagen 16: Agregado grueso



Fuente: Autor

- Generalmente presentan un elevado nivel de poros, y poseen una densidad más baja y son capaces de absorber más agua que los agregados naturales.

Para la obtención de los agregados tanto gruesos como finos, se utilizan fuentes naturales no renovables, para lo cual es necesaria la extracción y explotación minera, ya sea en canteras, ríos o quebradas, que cada vez son más escasas y restringidas. Por estas razones es necesario dar un giro y buscar otras opciones que sustituyan estos agregados tradicionales, que tanto impacto causan en el tema ambiental y económico, siendo el camino a tomar el de la utilización de agregados reciclados provenientes en su mayoría de los desechos de la misma industria de la construcción.

4.7.5.2.1 Agregados Finos

Son aquellos cuyo diámetro se encuentra entre 4,75 milímetros y 74 micrones, se debe asegurar que el agregado este limpio de sustancias que afecten a la mezcla, e inerte para que no afecte la composición final de del concreto

4.7.5.2.2 Agregados Gruesos

Son aquellos retenidos hasta tamiz número 4, y también es necesario verificar que estén limpios, que sean durables e inertes para asegurar la calidad del concreto, generalmente los agregados reciclados se introducen a la mezcla como parte del agregado grueso, pero siempre realizándolo de forma técnica y cumpliendo los procesos necesarios para estos casos especiales.

El árido fino y grueso para hormigón debe ser limpio, duro, sano y durable, con una distribución granulométrica que se mantenga razonablemente uniforme durante toda la producción. La presencia de sustancias nocivas como: terrones de arcilla y partículas desmenuzables, partículas menores a $75\mu\text{m}$, carbón, lignito y chert se encuentran limitadas dependiendo del uso que tendrá el hormigón. En el documento NTE INEN 872 se detallan los ensayos que se deben ejecutar en el árido para su aceptación o rechazo.

4.7.5.3 Acero de refuerzo

En el país existen empresas que fabrican y comercializan el acero en varillas corrugadas necesarias para elaborar el hormigón armado, dichas empresas certifican la calidad del producto, razón por la cual depende en gran medida el conocimiento técnico del constructor garantizar la puesta en



Imagen 17: Acero de refuerzo



Imagen 18: Acero de refuerzo

Fuente: Autor



Fuente: Autor

obra de dichos productos y asegurarse de cumplir con todas las normas del caso para fabricar un hormigón de calidad y poder así ofrecer un elemento constructivo de calidad asegurando la durabilidad y aportando a la vida útil del producto terminado.

- ✓ Las varillas corrugadas de acero deben cumplir la norma NTE INEN 2167:2003.
- ✓ Las varillas consideradas en esta norma tiene un límite de fluencia mínimo de 41.2 daN/mm^2 designado como grado A42 de tracción controlada, además las varillas deben cumplir con requisitos de: material, manufactura, físicos, longitud, masa, mecánicos, químicos y de soldabilidad.

Verificación de la resistencia, grado, tamaño, dobleces, espaciamiento horizontal y vertical, ubicación, conveniencia de soportes, amarres y condición de la superficie de acero de refuerzo. La colocación inapropiada del acero de refuerzo puede conducir a agrietamientos severos, corrosión del refuerzo y deflexiones excesivas.

Recomendaciones:

- ✓ Priorizar proveedores que garanticen su calidad y que cuenten con gestiones ambientales eficientes.
- ✓ Priorizar el desarrollo local, minimizando el impacto producido por transporte.
- ✓ Ejecutar acciones que permitan la reutilización y reciclaje.

4.7.5.4 Agua

El agua es uno de los elementos esenciales para la fabricación del hormigón o morteros, este elemento es el causante de que el cemento active sus propiedades ligantes mediante la hidratación del mismo. El agua representa entre el 10 y 25% del volumen del concreto y su calidad influirá en el comportamiento y propiedades de la mezcla, pues cualquier elemento desfavorable que se encuentre en el agua, puede derivar en resultados perjudiciales en el concreto o mortero.

4.7.5.4.1 Para mezcla

Los requisitos de calidad del agua para realizar mezclas de concreto o morteros no están ligados con el aspecto bacteriológico, sino más bien se refiere a características físico-químicas y a sus efectos en el comportamiento y propiedades de la mezcla. El agua empleada para la



preparación del hormigón debe cumplir las disposiciones de la norma ASTM C 1602.

Recomendaciones

Características físico-químicas: En general se debe evitar en lo posible sales inorgánicas como cloruros y sulfatos, sólidos en suspensión, materia orgánica, dióxido de carbono disuelto, etc., se debe evitar también otras sustancias dañinas como grasas, aceites, azúcares y ácidos.

Al utilizar agua potable cabe suponer que sus características físico-químicas son las adecuadas para elaborar el concreto, sin contar que se adicione saborizantes, lo cual se puede detectar al probarla.

Tener especial cuidado con altas concentraciones de sulfatos y cloruros.

- ✓ No es necesario el uso de agua potable.
- ✓ Evitar el desperdicio.

Efectos en la mezcla: Se refiere a las consecuencias que produce en el concreto realizado debido a las sustancias indeseables e impurezas que podría aportar el agua, los efectos se pueden presentar en corto, mediano y largo plazo.

Los efectos a corto plazo se relacionan con el tiempo de fraguado y resistencias tempranas, los de mediano plazo con resistencias posteriores a los 8 días y los de largo plazo se evidencian en patologías que aparecerán de acuerdo al uso y al ambiente expuesto de la estructura.

4.7.5.4.2 Para curado

El desarrollo de la resistencia del hormigón y su durabilidad se logran gracias a la reacción química del agua con el cemento, y por esta razón es necesario proteger el mismo durante un determinado tiempo para que adquiera las características requeridas en condiciones de humedad y temperatura en un proceso continuo que se denomina curado. Mientras mayor es la cantidad de humedad retenida dentro del hormigón mayor es la eficiencia del curado.

Recomendaciones:

- ✓ Verificar que el agua genere una cubierta completa y continua al hormigón.
- ✓ El agua debe estar libre de sustancias nocivas.
- ✓ En forma general puede ser por inmersión o aspersion.

Imagen 19: Agua para curado



Fuente: Autor

Imagen 20: Agua para curado



Fuente: Autor



Se debe tomar en cuenta que el agua potable también podría contener citratos o azúcares que no afectan su potabilidad pero podrían comprometer la calidad y propiedades de una mezcla de concreto o mortero; en sí el agua para fabricar concretos o morteros no debe ser necesariamente potable, razón por la cual es posible utilizar agua de vertientes naturales, asegurándonos siempre que no comprometa la calidad, ni afecte a la vida útil del elemento constructivo.

4.7.5.5 Aditivos

Los aditivos para concreto pueden ser componentes orgánicos e inorgánicos, los cuales son incluidos en la mezcla para modificar las propiedades de los materiales conglomerados en estado fresco. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, en el capítulo 4, Estructuras de Hormigón Armado, los aditivos para hormigón deben cumplir las siguientes normas:

- ✓ ASTM C494: Aditivos químicos para hormigón.
- ✓ ASTM C1017: Aditivos químicos para uso en la producción de hormigón fluido.
- ✓ ASTM C260: Aditivos incorporadores de aire utilizados en la elaboración de hormigón.
- ✓ ACI 212.3R: Aditivos químicos para Hormigón.
- ✓ ACI 212.4R: Aditivos reductores de agua de alto rango en el hormigón (superplastificantes).

Recomendaciones:

- ✓ Se debe priorizar el uso de aditivos que no contengan residuos tóxicos.
- ✓ Los aditivos que contienen fibras de polipropileno son una buena opción para mejorar el desempeño y la durabilidad de elementos estructurales construidos de hormigón.

4.7.6 Encofrado

El encofrado tiene como función dar al hormigón la forma requerida y necesaria, dar estabilidad al hormigón fresco, asegurar la protección y correcta colocación de las armaduras, protegerlo de golpes, de temperaturas extremas y de la pérdida de agua.

Imagen 21: Encofrado



Fuente: Autor



Imagen 22: Encofrado



Imagen 23: Encofrado



Fuente: Autor

Fuente: www.google.com

Recomendaciones:

- ✓ Se deben inspeccionar los encofrados y puntales durante la colocación y el hormigonado de la estructura, para corregir asentamientos o el pandeo de los elementos.
- ✓ Los encofrados deben ser herméticos, estar correctamente alineados y completamente limpios antes de la colocación del hormigón, para lograr una superficie de hormigón sana y estética.
- ✓ Se debe tener presente que dependiendo del elemento constructivo y su ubicación, existe un periodo mínimo de tiempo para desencofrar los elementos horizontales y verticales.
- ✓ Pueden ser metálicos o de madera, en cualquiera de los casos se debe verificar la calidad, cantidad, gestión ambiental de fabricante para escoger el proveedor y por último tomar en cuenta el número de veces que podrían ser reutilizados estos elementos, mejorando así, su rendimiento medioambiental.

Tabla: Irregularidades en superficies de hormigón

Clase	Descripción	Irregularidades permitidas (mm)
A	Superficies expuestas al público	3
B	Texturas rugosas que van a recibir estuco, yeso o paneles de madera.	6
C	Superficies expuestas permanentemente o cuando se especifica otro tipo de acabado	13
D	Superficies permanentemente ocultas o cuando no importa la rugosidad	25

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: "Estructuras de Hormigón Armado"

Tabla: Periodo mínimo de tiempo para desencofrar elementos verticales

Elemento	Tiempo
Muros	12 horas
Columnas	12 horas
Lados de vigas y trabes	12 horas
Casetones, ancho \leq 750mm.	3 días
Casetones, ancho $>$ 750mm.	4 días

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: "Estructuras de Hormigón Armado"

Tabla: Periodo mínimo de tiempo para desencofrar elementos horizontales (días)

Elemento	Carga viva menor que la carga muerta	Carga viva mayor que la carga muerta
Centros de arco	14	7
Vigas, viguetas		
Menos de 3m de luz	7	4
De 3 a 6m de luz	14	7
Más de 6m de luz	21	14
Losas en una dirección		
Menos de 3m de luz	4	3
De 3 a 6m de luz	7	4
Más de 6m de luz	10	7

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 4: "Estructuras de Hormigón Armado"

Imagen 24: Mampostería



Fuente: Autor

4.7.7 Mampostería

Se denomina mampostería al sistema tradicional de construcción que consiste en el levantamiento de muros y paramentos, mediante la colocación manual de los elementos denominados mampuestos o materiales que lo componen y pueden ser: ladrillos, bloques, piedras, etc.

El tipo de mampostería más utilizado es la simple, este tipo de muros son construidos con piezas de mampostería unidas por medio de mortero que no cumplen las cuantías mínimas de refuerzo.

- ✓ Este sistema de muros se clasifica para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico según la norma colombiana NSR-98 Sec. D.2.1.4.
- ✓ El mismo código establece un espesor mínimo nominal de 12cm para este tipo de muros.
- ✓ En el Ecuador está vigente el Código de Práctica Ecuatoriano, y dentro del consta el CPE INEN 5 Parte 4:1984 Código ecuatoriano de la Construcción. Mampostería de ladrillo; en este documento constan las especificaciones y recomendaciones necesarias para la correcta ejecución de los trabajos de mampostería de ladrillo.



Imagen 25: Ladrillo (Susudel)



Imagen 26 Ladrillo (Cuenca)



Fuente: Autor

Fuente: Autor

4.7.7.1 Ladrillo

- ✓ Los ladrillos cerámicos deben cumplir las condiciones y requisitos de la norma NTE INEN 293 y 297, los morteros deben cumplir los requisitos del anexo A de dicho código.
- ✓ Este material de producción artesanal, su principal fuente de energía provienen de recursos naturales, como el uso de animales para la preparación de la mezcla y el uso de la madera para la quema, la cual se realiza en hornos rústicos y artesanales, y el gas generado por la combustión de la leña como el Dióxido de Carbono afectan directamente al ser humano así como al medio ambiente, ya que se considera un gas de efecto invernadero. La gran mayoría de la producción de este material está muy cerca del perímetro urbano, apoyando el desarrollo sostenible no solo de la construcción si no de la ciudad, al promover la economía y el desarrollo local, minimizando también la contaminación y el consumo de energía derivado del transporte.
- ✓ Este material es de baja conductividad térmica, permitiendo aislar el interior de la edificación de altas o bajas temperaturas, disminuyendo las oscilaciones térmicas.

En la ciudad de Cuenca el ladrillo más utilizado para la construcción de viviendas unifamiliares es el Ladrillo Macizo o Panelón, con un aparejo a soga unidos mediante un mortero 1:3 (1 parte de cemento y 3 partes de arena), por medio de este sistema se construye tanto mampostería interior (particiones), como la exterior (cerramientos).

- ✓ Este delimita los espacios de una forma demasiado rígida, y cualquier modificación futura obliga su demolición y deja heridas en suelos y techos.
- ✓ Obliga a una adaptación traumática de las instalaciones de gas, eléctricas y de agua potable.

Es necesario recalcar que los materiales y sistemas más sostenibles son aquellos, como el tapial y adobe, en los cuales su principal material es la tierra, la misma que tiene un costo energético muy por debajo de los sistemas actuales como ladrillos industriales, bloques de pómez, bloques de hormigón, etc.

Es recomendable el uso del sistema húmedo (mampuestos, que por cierto tiene un bajo nivel de transformabilidad para los cerramientos), pues tienen mejores niveles de aislamiento térmico y acústico.



4.8 La calidad en la edificación

Durante los últimos años en el sector de la construcción ha ido creciendo el interés sobre la calidad, debido por una parte, a que los clientes y usuarios son cada vez más exigentes al buscar productos (obras) con mayor calidad,; por otra parte los constructores se han concienciado sobre los grandes beneficios de una obra de calidad, dicho de otra manera los constructores se dieron cuenta de que los costos y retrasos generados por la no-calidad de la construcción (averías, fallos, demoliciones, repeticiones, etc.) eran elevados (entre un 5 a 10%), pues corregir los errores constructivos son una pérdida de tiempo y dinero, de tal manera que priorizando la calidad desde el inicio en todas y cada una de las fases constructivas, es significativo el ahorro, permitiendo en ciertos casos garantizar el éxito de un proyecto de construcción.

Para los constructores es de conocimiento general que asegurar la calidad de la construcción no es tarea fácil, pues depende de un sin número de factores, mas es responsabilidad del profesional encargado del proyecto de construcción asegurar y garantizar la satisfacción del cliente; esto solo se logra con el conocimiento y la experiencia adecuada sobre el manejo de estos temas.

La calidad en las edificaciones se debe tomar como una parte estratégica para relanzar la industria de la construcción, y encontrar una oportunidad de negocio en las mejoras medioambientales y el ahorro de recursos energéticos. Este concepto abarca los materiales, mano de obra, equipos, sistemas constructivos y hasta estrategias urbanas que inciden en la calidad de una edificación, es decir comprende y sobre todo involucra a todos y cada uno de los aspectos y personas que forman parte de un proyecto de construcción.

A continuación se muestran algunas propuestas por parte de diversos autores que contribuirán a mejorar la calidad y el desempeño ambiental de un proyecto de construcción:

- Optar por el etiquetado ecológico, tanto para edificios como para productos de construcción y favorecer un mecanismo de mercado que promueva el cambio hacia esta realidad.
- Optar por proveedores y subcontratistas que tengan o se manejan con sistemas de control de calidad.
- Contar con tecnología que permita un control de calidad eficiente y apegada a normas nacionales e internacionales.



- Calificar y capacitar al personal que participara en la ejecución de la obra.
- Reducir los costos constructivos dentro del ámbito económico y medioambiental, e introducir el concepto del menor costo posible en el mantenimiento del inmueble (durabilidad y calidad).
- Incrementar la estandarización de los diferentes componentes de la construcción.
- Desarrollar sistemas apropiados de control de calidad.
- Promover continuamente hábitos, costumbres y actitudes congruentes con los principios de calidad.

La mayoría de profesionales y empresas constructoras que se interesan por la calidad, han optado por implantar sistemas basados en los criterios de las normas ISO 9000, beneficiándose con la mejora continua en el desarrollo de su actividad y aumentando también al grado de satisfacción a sus clientes; la integración del concepto de calidad en los procesos constructivos también los hace más eficientes y competitivos frente a los constructores tradicionales para los cuales lo primordial es generalmente el cumplimiento de plazos y presupuestos dejando de lado la importancia de la calidad.

4.9 Impacto ambiental (emisiones CO₂) y económico de la construcción de viviendas unifamiliares

Todo lo enunciado anteriormente, nos permitirá tomar mejores decisiones con respecto a la planificación, y construcción de viviendas unifamiliares, todo esto dentro de un enfoque sostenible, pues los análisis efectuados con respecto a materiales desde un punto de vista ambiental y con respecto a calidad, evidencian cuales son los más apropiados para nuestra realidad; también se ofrecieron recomendaciones a considerar durante el proceso constructivo para cerciorar la calidad y durabilidad de los elementos constructivos, se puede notar que todas las recomendaciones están orientadas a minimizar los residuos y el impacto directo en el entorno inmediato, sin embargo es preciso evidenciar el impacto económico de este tipo de decisiones, con especial atención a los materiales, ya que dentro del proceso constructivo, asegurarse de la calidad de los elementos, no necesariamente supone costos extras, pues simplemente nos obliga a ser más eficientes y cautelosos con el apego estricto a las normas; con esta breve introducción, nos enfocaremos al análisis del impacto ambiental y financiero de los materiales.



A continuación se muestran tablas donde se puede apreciar la cantidad de emisiones generadas por los distintos materiales y los costos que los mismos generan, ya sea en una casa promedio (100 m²) o todo el impacto causado por la construcción a nivel cantonal durante un año.

Tabla 20: Costos ambientales (emisiones CO₂) y económicos de una vivienda tipo (100 m² de construcción) –ESCENARIO DESFAVORABLE-

TIPO DE MATERIAL	REFERENCIA	DETALLE	CANTIDAD VIV. (100 m2)	UNIDAD	EMISIONES ton de CO2	TOTAL ton de CO2	COSTO \$	TOTAL \$
PETREO (ARIDOS)	SANTA ISABEL	ARENA	37,00	m3	0,0104	0,385	\$ 15,52	\$ 574,24
	SANTA ISABEL	GRAVA	28,33	m3	0,0104	0,295	\$ 9,87	\$ 279,62
	SANTA ISABEL	PIEDRA	17,63	m3	0,0104	0,183	\$ 14,58	\$ 257,05
CEMENTO	HOLCIM	PORTLAND	17,05	ton	0,6291	10,724	\$ 154,00	\$ 2.625,22
ACERO	ADELCA	VARILLA	1,61	ton	1,7183	2,771	\$ 920,38	\$ 1.484,46
LADRILLO	SUSUDEL	PANELON	30,28	ton	0,3906	11,827	\$ 58,87	\$ 1.782,58
MADERA	MORONA	TABLAS	0,50	ton	0,1685	0,085	\$ 490,60	\$ 247,26
	CUENCA	TIRAS	0,20	ton	0,1616	0,033	\$ 415,20	\$ 84,29
	CUENCA	PINGOS	2,09	ton	0,1616	0,338	\$ 40,00	\$ 83,72

26,642

\$ 7.418,43

Tabla 21: Costos ambientales (emisiones CO₂) y económicos de una vivienda tipo (674363,59 m² de construcción) –ESCENARIO FAVORABLE-

TIPO DE MATERIAL	REFERENCIA	DETALLE	CANTIDAD CUENCA 2011	UNIDAD	EMISIONES ton de CO2	TOTAL ton de CO2	COSTO \$	TOTAL \$
PETREO (ARIDOS)	SANTA ISABEL	ARENA	249514,53	m3	0,0104	2594,951	\$ 15,52	\$ 3.872.465,48
	SANTA ISABEL	GRAVA	191047,21	m3	0,0104	1986,891	\$ 9,87	\$ 1.885.635,91
	SANTA ISABEL	PIEDRA	118890,30	m3	0,0104	1236,459	\$ 14,58	\$ 1.733.420,59
CEMENTO	HOLCIM	PORTLAND	114957,82	ton	0,6291	72319,963	\$ 154,00	\$ 17.703.503,83
ACERO	ADELCA	VARILLA	10876,68	ton	1,7183	18689,391	\$ 920,38	\$ 10.010.674,57
LADRILLO	SUSUDEL	PANELON	204197,30	ton	0,3906	79759,463	\$ 58,87	\$ 12.021.094,76
MADERA	MORONA	TABLAS	3398,79	ton	0,1685	572,697	\$ 490,60	\$ 1.667.447,60
	CUENCA	TIRAS	1368,96	ton	0,1616	221,224	\$ 415,20	\$ 568.391,40
	CUENCA	PINGOS	14114,43	ton	0,1616	2280,892	\$ 40,00	\$ 564.577,20

179661,931

\$ 50.027.211,33

Como se puede apreciar en la tabla 21 y tabla 22 donde se muestran las cifras del escenario desfavorable (materiales con mayor emisiones de CO₂) y del escenario favorable (materiales con menor emisiones de CO₂), es clara la diferencia, tanto en costos ambientales como económicos, donde a mayor costo ambiental (emisiones) mayor costo económico, pues su



relación es directamente proporcional (hablando del caso concreto de estudio, es decir en la realidad que se vive en el cantón Cuenca); en el caso de las emisiones de CO₂, el optar por materiales cuya fabrica o lugar de extracción se encuentre a mayor distancia del cantón Cuenca, genera un 1,83% más emisiones de CO₂, y un sobre costo del 2,05%.

Tabla 22: Costos ambientales (emisiones CO₂) y económicos de la construcción de viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca durante el año 2011 (100 m² de construcción) –ESCENARIO DESFAVORABLE-

TIPO DE MATERIAL	REFERENCIA	DETALLE	CANTIDAD VIV. (100 m2)	UNIDAD	EMISIONES ton de CO2	TOTAL ton de CO2	COSTO \$	TOTAL \$
PETREO (ARIDOS)	PAUTE	ARENA	37,00	m3	0,0075	0,278	\$ 18,48	\$ 683,76
	PAUTE	GRAVA	28,33	m3	0,0075	0,212	\$ 11,76	\$ 333,16
	PAUTE	PIEDRA	17,63	m3	0,0075	0,132	\$ 17,36	\$ 306,06
CEMENTO	GUAPAM	PORTLAND	17,05	ton	0,6225	10,612	\$ 145,40	\$ 2.478,61
ACERO	NOVACERO	VARILLA	1,61	ton	1,7082	2,755	\$ 925,70	\$ 1.493,04
LADRILLO	CUENCA	PANELON	30,28	ton	0,3870	11,718	\$ 51,51	\$ 1.559,72
MADERA	MORONA	TABLAS	0,50	ton	0,1685	0,085	\$ 490,60	\$ 247,26
	CUENCA	TIRAS	0,20	ton	0,1616	0,033	\$ 415,20	\$ 84,29
	CUENCA	PINGOS	2,09	ton	0,1616	0,338	\$ 40,00	\$ 83,72

26,163**\$ 7.269,62**

Tabla 23: Costos ambientales (emisiones CO₂) y económicos de la construcción de viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca durante el año 2011 (674363,59 m² de construcción) –ESCENARIO FAVORABLE-

TIPO DE MATERIAL	REFERENCIA	DETALLE	CANTIDAD CUENCA 2011	UNIDAD	EMISIONES ton de CO2	TOTAL ton de CO2	COSTO \$	TOTAL \$
PETREO (ARIDOS)	PAUTE	ARENA	249514,53	m3	0,0075	1871,359	\$ 18,48	\$ 4.611.028,48
	PAUTE	GRAVA	191047,21	m3	0,0075	1432,854	\$ 11,76	\$ 2.246.715,13
	PAUTE	PIEDRA	118890,30	m3	0,0075	891,677	\$ 17,36	\$ 2.063.935,62
CEMENTO	GUAPAM	PORTLAND	114957,82	ton	0,6225	71561,241	\$ 145,40	\$ 16.714.866,60
ACERO	NOVACERO	VARILLA	10876,68	ton	1,7082	18579,537	\$ 925,70	\$ 10.068.538,48
LADRILLO	CUENCA	PANELON	204197,30	ton	0,3870	79024,353	\$ 51,51	\$ 10.518.202,67
MADERA	MORONA	TABLAS	3398,79	ton	0,1685	572,697	\$ 490,60	\$ 1.667.447,60
	CUENCA	TIRAS	1368,96	ton	0,1616	221,224	\$ 415,20	\$ 568.391,40
	CUENCA	PINGOS	14114,43	ton	0,1616	2280,892	\$ 40,00	\$ 564.577,20

176435,834**\$ 49.023.703,19**

Mostrados los datos relacionados con la realidad a nivel del cantón y su impacto económico, destacan las siguientes cifras: en el caso de las emisiones de CO₂, con respecto a la vivienda tipo (Cámara de la



Construcción Cuenca), el escenario desfavorable emite 0,479 ton CO₂ extras, y a nivel cantonal durante el año 2011 se emitieron 3.226,096 ton CO₂ adicionales, las cuales se pudieron evitar si los constructores conscientemente hubieran optado por un escenario más favorable para el medio ambiente, el cual, está demostrado por las cifras anteriores, que también resulta más económico, ahorrando costos en un 2,05%, que en el caso de la vivienda tipo (Cámara de la Construcción Cuenca) el ahorro significa \$ 148,81 y a nivel cantonal durante el año 2011 el ahorro pudo haber sido de \$ 1.003.508,15, esta cifra es muy considerable pues sobrepasa el millón de dólares, cifra que no solamente mejora el desempeño económico del sector de la construcción, sino que simultáneamente, fomenta buenos hábitos constructivos que permiten mejorar el desempeño ambiental de las construcciones, específicamente en el caso de las viviendas unifamiliares en el cantón Cuenca.

4.10 Conclusiones y recomendaciones

Generales

- Las empresas son muy celosas con su información, en este caso, la mayoría se negó a colaborar, razón por la cual resultó complicado obtener información precisa sobre la producción y comercialización de sus productos, se recomienda la suscripción de convenios entre las principales empresas y las universidades, para que faciliten sus datos y de este modo se puedan realizar investigaciones más precisas y eficaces para resolver problemas con soluciones acordes a nuestra realidad.
- El aspecto decisivo en el tema de emisiones, es el transporte, pues como ya se menciona, la distancia es directamente proporcional a las emisiones generadas, por lo tanto, para disminuir el nivel de contaminación se debe optar por consumir materiales regionales, priorizando el desarrollo local y disminuyendo a la vez las emisiones de CO₂.
- Para garantizar la calidad y durabilidad de los elementos constructivos es necesario poner en práctica las recomendaciones y exigencias de las normas y códigos constructivos, los cuales en la actualidad no son de obligatorio cumplimiento, ni se garantiza o controla su ejecución.



- Se recomienda al constructor y promotor no enfocarse solamente en el cumplimiento de plazos y presupuestos, y poner más empeño en mejorar la gestión ambiental del proyecto, sin lugar a dudas estas acciones tienen costos extras, mas el ahorro de los costos ambientales también son considerables; se trata de que el trabajo sea más inteligente y no necesariamente más duro ni agotador.
- La mayoría de profesionales desconocen los principios del desarrollo sostenible y su aplicación en el sector de la construcción, razón por la cual no aplican estos conceptos al momento de desarrollar sus proyectos constructivos, por lo tanto como consecuencia se obtienen proyectos con bajo rendimiento medioambiental en todas sus fases, desde diseño, construcción, vida útil y su posterior demolición, pues para lograr que dicho proyecto sea sostenible, sus principios deben ser parte medular en cada fase.
- Todos los temas tratados, son relativamente novedosos dentro de nuestra realidad, razón por la cual debemos enfocarnos en aquellos aspectos básicos de la construcción y del desarrollo sostenible, promoviendo hábitos, costumbres y actitudes con principios de calidad y responsabilidad ambiental, cuando dominemos todos estos temas y sea el común denominador de las construcciones en la ciudad, estaremos en capacidad de dar el siguiente paso, abordar temas más complejos investigando temas profundos que nos aporten con soluciones específicas en cada fase constructiva.
- Como en toda sociedad organizada, el gobierno ocupa un papel fundamental, pues como es de dominio público, el gobierno implementa políticas de educación, legislación, control, etc. y depende de este, reorientar la educación, y en forma específica en los centros universitarios, pues en dichos centros se debe inculcar como un eje estratégico el tema de sostenibilidad, solamente así informaremos y educaremos a los ciudadanos sobre sus ventajas y sus formas de ponerlos en práctica en las distintas actividades y profesiones que ejercemos los ciudadanos. Con respecto a la legislación y control, el gobierno tiene la capacidad y la responsabilidad de que el tema del desarrollo sostenible deje de ser una opción y se convierta en obligación para todas las actividades de la sociedad y en específico para el sector de la construcción, efectuando los controles adecuados, con sanciones ejemplares pero



también con incentivos que permitan a la sociedad involucrarse de manera consciente y responsable con su entorno social, natural y construido.

Del proceso de certificación LEED

- Este tipo de estudios especializados, no son posibles realizarlos en la ciudad de Cuenca, pues no existe evidencia de profesionales capacitados, certificados ni especializados por la USGBC que permita aplicar así como estudiar de la manera más estricta y profunda todos estos conceptos a detalle, sin embargo es importante apropiarnos de los principios y conceptos básicos para luego de estudiarlos, buscar el modo de aplicarlos en nuestra realidad, para que en un futuro, basados en la experiencia adquirida con estas prácticas, podamos abordar temas más complejos y específicos que nos permitan pulir y perfeccionar estas prácticas; en este sentido, el estado juega un papel primordial, pues es el principal actor que permitirá impulsar e incentivar al cambio.
- Abordar este tema e insertarlo en nuestra realidad de forma rigurosa, requiere por el momento un equipo multidisciplinario, que permita obtener una visión más clara y concreta de nuestra realidad, por tal motivo es necesario rodearse de profesionales con el conocimiento requerido, para que su aporte al proyecto de construcción sea más eficaz, y de este modo lograr óptimos resultados que mejoren el desempeño ambiental de nuestros proyectos.
- Todo lo comentado y expuesto supone costos extras, pues son necesarios todo tipo de recursos (humanos, tecnológicos, naturales, etc.) para alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible y concretamente implantar este tipo de conceptos, como son los propuestos por la USGBC; todo esto es posible si los que intervienen en el proceso están informados de los beneficios que supone, y sobre todo consientes de que sus inversiones son para un beneficio mutuo, tanto del individuo como de la comunidad, de esta manera los involucrados comprenderán que los beneficios que nos brindan estas prácticas, están totalmente justificados con las inversiones que realizamos.



De los materiales utilizados

El proceso de producción de los materiales esta fuera de nuestro campo de acción, sin embargo de nosotros depende saber escogerlos y ponerlos a trabajar de forma eficiente. Seleccionar materiales con el menor impacto posible, asegurando su calidad y su fácil tratamiento como residuo. Los principales aspectos analizados son las emisiones generadas por su producción y transporte, adicionalmente los beneficios que ofrece la calidad de los distintos materiales.

Pétreos

- En el caso de los áridos, el origen de este material proviene de dos lugares en especial, del cantón Santa Isabel y del cantón Paute, las cifras demostraron que los áridos provenientes del cantón Santa Isabel son los que mayor emisiones generan, pues la cantidad de emisiones es directamente proporcional a la distancia de recorrido. Con respecto a la calidad, los dos tipos de áridos son recomendables para la construcción de edificaciones de uso residencial, por lo tanto el factor preponderante en este caso son las emisiones, razón por la cual se recomienda el uso de los áridos provenientes del cantón Paute pues de esta forma emitiremos un 27,88% menos CO₂, es necesario evidenciar que los áridos provenientes del cantón Paute tienen un costo extra del 11% aproximadamente.

Cemento

- En el caso del cemento, los dos principales proveedores son las empresas Holcim y Guapán, las cifras demostraron que el cemento Holcim emite 1% más CO₂ que Guapán, sin embargo la diferencia es mínima, por lo cual la recomendación está basada en la calidad ofrecida por parte de la empresa productora, en este caso Holcim, pues consta con normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, lo cual evidencia su mayor compromiso con los sistemas de gestión de calidad, ambiental, seguridad y salud ocupacional, es necesario evidenciar que el cemento Holcim tiene un costo extra de un 6% con respecto a Guapán.



Acero

- En el mercado local se puede distinguir dos grandes grupos de proveedores según su origen, en el grupo 1 está el fabricante Adelca cuya planta está ubicada en Alóag (290 km), y dentro del Grupo 2 los fabricantes Andec, Novacero e Ideal Alambrec, los tres ubicados en Guayaquil (130 km), en base a este análisis las cifras demostraron que el acero Adelca genera un 0,5% más emisiones de CO₂ con respecto a sus competidores; en el tema de calidad todas las acerías cuentan con normas ISO 9001, y solamente Adelca, Novacero e Ideal Alambrec cuentan con certificaciones ISO 14001 y OHSAS 18001, razón por la cual se recomienda el uso de cualquiera de estas tres, pues son las que menos impacto ambiental generan, acotando también que los productos Adelca son más económicos con respecto a sus competidores (entre un 6 al 10%).

Ladrillo

- Este tipo de material y su producción, es el más conflictivo con respecto a su impacto en el medio ambiente y la calidad del material propiamente dicho, pues su producción es artesanal e informal, ya que hasta hace poco no estaban siendo monitoreados ni regularizados por ningún ente de control estatal, sin embargo actualmente se está ejecutando un proyecto piloto, con el cual se está levantando información sobre su realidad y procurando la organización del gremio, de esta forma insertarlos dentro de un campo más formal y eficiente.
- Entre los principales problemas derivados de la producción artesanal están: la falta de un estándar básico de fabricación, lo cual se deriva en productos con diferencias exageradas tanto en medidas, color, textura, y resistencia a la compresión dentro de un mismo lote de producción, estas deficiencias están dadas principalmente por la falta de eficiencia de los hornos, pues según Swisscontact los hornos utilizados por los ladrilleros no distribuyen el calor uniformemente ni eficientemente dentro de toda la bóveda, razón por la cual la calidad de sus productos se ve alterada, incluso en una misma quema (lote). Otro aspecto notable en las ladrilleras del cantón Cuenca, es el hecho que cada una fabrica los ladrillos con diferentes medidas, razón por la cual la tarea del constructor se torna tediosa y en ocasiones complicada al momento de adquirir



este tipo de material, pues no cuenta con un mercado de ladrillos que le ofrezca un formato específico que le permita una planificación más eficiente, lo contrario sucede con el ladrillo que proviene de Susudel, el cual consta de una mayor estabilidad dimensional y superficies regulares, lo cual facilita la adquisición de este material en cualquier momento o etapa que se encuentre la obra, sin riesgo a retrasarla o de acoplar su obra a un distinto formato de mampuesto.

- Las cifras demostraron que construir con ladrillo tochano es más eficiente que construir con ladrillo panelón, pues se emite un 56,85% menos CO₂, sin embargo la producción del ladrillo panelón es 6 veces más que la del tochano, lo cual demuestra que la demanda del ladrillo panelón en el mercado es mucho mayor, ya que los promotores de construcciones en el cantón Cuenca prefieren este tipo de ladrillo, razón por la cual cambiar o alterar sus preferencias a corto plazo resulta muy complicado, basado en esto, la recomendación está guiada en mejorar el sistema de producción del ladrillo panelón, volverlo más eficiente y de esta manera disminuir su impacto ambiental, este es uno de los objetivos del proyecto EELA que lo ejecutan conjuntamente Swisscontact y el Municipio de Cuenca.
- Como ya se mencionó, el ladrillo utilizado para la construcción de viviendas en el cantón Cuenca provienen de ladrilleras locales y adicionalmente provienen del cantón Oña específicamente de la parroquia Susudel ubicado a 58 km, las cifras demostraron que el ladrillo proveniente de Susudel genera un 0,9% más emisiones de CO₂ que el ladrillo proveniente del cantón Cuenca, nuevamente la diferencia es mínima con respecto a emisiones, sin embargo la diferencia con respecto a la calidad es preciso aclarar que según la fuente consultada (Ing. Enrique García A. conocido ingeniero estructural) recomienda el uso de un mampuesto, en este caso ladrillo panelón, con una resistencia mínima de 40 Kg/cm² para que su aporte sea significativo a la estructura de la vivienda, este requerimiento cumplen los dos tipos de ladrillo, los ladrillos fabricados en Cuenca (resistencia bruta promedio de 63,16 Kg/cm²) y los fabricados en Susudel (resistencia bruta promedio de 106,34 Kg/cm²), sin embargo es preciso comentar que el ladrillo proveniente de Susudel es un 40% más resistente a la compresión en comparación al ladrillo proveniente de Cuenca, razón por la cual



basados en el concepto de calidad (resistencia a la compresión) se recomienda el uso del ladrillo proveniente de Susudel, el mismo que tiene un costo extra del 14,23% en comparación al fabricado en Cuenca.

Madera

- Resulta muy complicado sugerir otro tipo de material para encofrar elementos de hormigón armado, pues las demás opciones (metálicos o aglomerados) resultan muy costosas en comparación al encofrado tradicional de madera burda, y el tipo de estructura (sencilla) no justifica su inversión, ya que el nivel de reutilización es muy bajo (dos y hasta máximo tres veces), sin embargo se recomienda la planificación en su uso, para fomentar la reutilización y disminuir el desperdicio, procurando contar con personal capacitado y con experiencia suficiente para llevar a cabo el trabajo.
- El sistema tradicional a respondido de forma satisfactoria a las exigencias que requiere la construcción de viviendas unifamiliares en el cantón, es decir la forma de ejecutarla y los materiales utilizados, razón por la cual no urge un cambio de material en este sentido.
- Uno de los principales inconvenientes de este tipo de encofrado, es el aspecto rugoso del acabado de la estructura, pues el tipo de madera utilizado tiene muchas imperfecciones, las cuales quedan replicadas en los elementos estructurales, es recomendable el uso de aditivos que faciliten el desencofrado, pues de esta manera se lastimará lo menos posible el acabado de la estructura, un buen ejemplo de reutilización en esta actividad, es el uso del aceite quemado, al funcionar satisfactoriamente como desencofrante, aumentando el nivel de reutilización de los cofres y mejorando el desempeño ambiental de la construcción.
- Los principales elementos del encofrado son las tablas, las tiras y los pingos, siendo los últimos los de mayor consumo, los pingos son utilizados generalmente para puntales y vigas, los cuales pueden ser fácilmente sustituidos por elementos de acero, que generalmente se alquilan y permiten un grado muy alto de reutilización, esto ayudará a mejorar el desempeño ambiental de nuestras construcciones.



- Las tablas y tiras provienen de bosques locales, razón por la cual el impacto por transporte es mínimo, cosa contraria ocurre con las tablas de encofrado, que provienen del Oriente (Morona Santiago) y generan un mayor impacto por el transporte, este impacto podría disminuir, si estas tablas provenientes del Oriente se reemplazan por especies que puedan ser forestadas en el entorno local, es decir investigar si alguna de las especies madereras locales goza de las mismas propiedades de las que ofrecen las orientales, para de esta forma se las pueda reemplazar dentro de un costo similar al ofertado por las especies tradicionales.

De los residuos de construcción

- Los profesionales de la construcción o cualquier otra persona encargada de la obra, no está obligada a llevar registros sobre sus residuos, ni su nivel de reutilización, razón por la cual no existen datos específicos sobre la realidad que día a día se genera en el ámbito de los residuos de construcción, en este sentido los entes de control deben ser los principales actores que permitan mejorar el desempeño ambiental de las construcciones, creando ordenanzas que faciliten llevar un registro y control exhaustivo de los tipos de residuos generados por las actividades de construcción de viviendas.
- La falta de planificación y gestión de los residuos, da como resultado el mal almacenamiento en obra y en ocasiones no solo afecta la circulación dentro del lote a edificar, sino también en las vías públicas, convirtiéndose un problema para los peatones y vehículos que transitan por las vías de acceso, es recomendable acumular, almacenar debidamente y por separado cada tipo de residuo (áreas especiales) evitando la sobre acumulación realizando desalojos programados y planificados para evitar que los desperdicios afecten zonas restringidas y protegidas como lotes baldíos, quebradas, orillas de ríos y distintas áreas naturales.
- Un alto porcentaje de los residuos generados durante la construcción de la obra gris o tosca pueden ser utilizados como relleno, y de ser el caso, estos rellenos deben ser realizados y dirigidos por personal capacitado para evitar afectar a los predios



colindantes, obra pública, o sus entornos naturales, garantizando además su ejecución y estabilidad.

- En general se recomienda planificar y gestionar adecuadamente los residuos generados, facilitando su separación o selección, recuperación, manejo, reutilización y desalojo a lugares donde se les pueda dar un uso correcto y responsable.



BIBLIOGRAFÍA

- BAÑO NIEVA, Antonio, y Alberto Vigil-Escalera del Pozo. “*Guía de construcción sostenible*”. España: Paralelo Edición, 2005.
- BROTO, Carles y MINGUET, Josep. “*Arquitectura sostenible: Hightech housing*”. Barcelona. Instituto Monsa de Ediciones, 2003.
- CACERES TERAN, Johanna. “*Desenvolupament Sostenible*”. Revista Tracte, Número 66, Octubre del 1996.
- CASADO MARTÍNEZ, N. “*Edificios de Alta Calidad Ambiental*”. Ibérica. 1996.
- KIBERT, CHARLES et al. CIB-TG16, “*First International Conference on Sustainable Construction*”, Florida. 1994.
- KAMMERBAUER, Johann. “*Las dimensiones de la sostenibilidad: fundamentos ecológicos, modelos paradigmáticos y senderos*”. Caracas, 2005.
- LANTING, Roel. “*Sustainable Construction in The Netherlands -A perspective to the year 2010*”. Working paper for CIB W82 Future Studies in Construction. TNO Bouw Publication number 96-BKR-P007. 1996.
- LENNON, Mark. “*RECYCLING CONSTRUCTION AND DEMOLIION WASTES, A Guide for Architects and Contractors*”. Massachusetts, United States of America, 2005.
- MEADOWS DH, Meadows DL, Randers J, Behrens WIII (1972) Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Rororo-Verlag, Darmstadt, Alemania.
- MARTINEZ, Carlos. “*Gestión de residuos de construcción y demolición (RCDS): importancia de la recogida para optimizar su posterior valorización*”. Congreso Nacional del Medio Ambiente. España. 2008. Pág. 7.
- NAREDO, José y ROMERO, Juan. “*Crecimiento insostenible, desarrollo sostenible*”. Barcelona. Editorial Ariel, 2004.
- RAMIREZ, Aurelio. “*La construcción sostenible, Física y sociedad*”, número 13. España. 2006.



- SERRANO, María y PEREZ, Diego. *“Agregados no convencionales para la preparación de concretos Ecológicos”*. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. Colombia 2011.
- SLESSOR, Catherine. *“Arquitectura high-tech y sostenibilidad: eco-Tech”*. Barcelona. Editorial Gustavo Gili, 1997.
- SUAREZ M. et al. *“ESTUDIO DE HORMIGONES ELABORADOS CON RESIDUOS DE LADRILLERAS Y DE DEMOLICIÓN”*, Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI) Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe. Argentina, 2006.
- WWF. The Built Environment Sector, Pre-Seminar. 1993.

PUBLICACIONES

- ALARAMIREZ, Aurelio. La Construcción Sostenible [en línea]: Física y Sociedad, 30-33 [fecha de consulta: 30 Abril 2011]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.
- ALAVEDRA, Pere et al. La construcción Sostenible. El Estado de la Cuestión [en línea]: Instituto Eduardo Torroja, 1997. Pág. 44 [fecha de consulta: 30 Abril 2011]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.
- GOMEZ, José. Et al. *“Cualidades Físicas y Mecánicas de los Agregados Reciclados de Concreto. Aplicación en Concretos”*. [en línea] UPC, [fecha de consulta: 16 enero 2012]. Disponible en: <http://www.upcommons.upc.edu>
- KIRK-OTHMER. Collaboration Among Project Participants Towards Sustainable Construction – A Hong Kong Study [en línea]: The Open Construction and Building Technology Journal, 2008, 59-68 [fecha de consulta: 28 Mayo 2010]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.
- LONDOÑO GARCÍA, Julio César. Un edificio verde es un edificio inteligente [en línea]: Producción + Limpia, 2009. Vol.4, No.1, 61-75 [fecha de consulta: 28 Mayo 2010]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.
- KHALFAN, Malik. Managing sustainability within construction projects [en línea]: Journal of Environmental Assessment Policy and



Management, Vol. 8, No. 1 (March 2006) pp. 41–60 [fecha de consulta: 28 Mayo 2010]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.

- PLANK, Roger. The principles of sustainable construction [en línea]: The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering, Vol. 1, No. 4, November 2008, 301–307 [fecha de consulta: 28 Mayo 2010]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.
- PEAT, Matthew. Promotion of Materials and Products with Sustainable Credentials [en línea]: Architectural engineering and design management, Vol. 5, 2009, 46–52 [fecha de consulta: 28 Mayo 2010]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.
- THILMANY, Jean. Green decisions [en línea]: mechanical engineering, 2010, 40-42 [fecha de consulta: 28 mayo 2010]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.
- ZAINUL ABIDIN, Nazirah. Sustainable Construction in Malaysia – Developers’ Awareness [en línea]: Proceedings of world academy of science, engineering and technology volume 41, 2009 issn: 2070-3740, 807-814 [fecha de consulta: 28 Mayo 2010]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/>.
- BUSTAMANTE, Waldo. “Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social”, Santiago de Chile, 2009.
- ROMERO RODRIGUEZ, Blanca Iris. “ANALISIS DEL CICLO DE VIDA Y LA GESTION AMBIENTAL”. Boletín IIE, julio-septiembre del 2003.
- CONNOR, J. “Survey on actual service lives for North American Buildings”. Las Vegas EEUU. October 2004.
- Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, “*La iniciativa para la sostenibilidad del cemento, nuestra agenda de acción*”. Julio 2002.
- Foro para la edificación sostenible COMUNITAT VALENCIANA. “GUIAS DE SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACIÓN RESIDENCIAL”. España, 2009.
- REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000, Sección II, Título D, “*Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales*”. Colombia, Noviembre 2000.



- SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL, “Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles Para nueva Edificación y Grandes Remodelaciones”. Versión 2.2. España, Octubre 2005.
- Our vision. A world where buildings consume zero net energy. “Energy efficiency in Buildings”. WSCSD.
- Proposed Amendments to the International Building Code, 2009 edition, Relating to High Performance Building Requirements for Sustainability. Version 2.0 September 2010.
- Protecting Lives and Property: Making Green Buildings “Functionally Resilient”. Portland Cement Association.
- Report of the taskforce on sustainable construction composed in preparation of {COM (2007) 860 final} “A Lead Market Initiative for Europe” Accelerating the Development of the Sustainable Construction Market in Europe.

NORMAS

- Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-11.
- Código Técnico de la Edificación, CTE.
- American Concrete Institute, ACI.

PAGINAS WEB

- www.csostenible.net
- www.e-sostenible.com
- www.normaconstruccion.ec
- www.codigotecnico.org
- www.wbcscement.org