

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Maestría en Ecoeficiencia Industrial con mención en Eficiencia Energética

Trabajo de Titulación:

ECOEficiencia EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ECUADOR

Realizado por:

ING. MATEO ISMAEL SOTOMAYOR RECALDE

Director del proyecto:

Dr. JAVIER MARTÍNEZ GÓMEZ, Ph.D.

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL

Quito, septiembre de 2020

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, MATEO ISMAEL SOTOMAYOR RECALDE, con cédula de identidad No. 172140879-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado 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 INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



FIRMA

172140879-5

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

ECOEficiencia EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ECUADOR

Realizado por:

MATEO ISMAEL SOTOMAYOR RECALDE

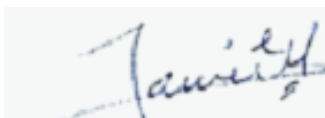
Como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL

Ha sido dirigido por el profesor:

Dr. JAVIER MARTÍNEZ GÓMEZ, PhD.

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Javier', is shown within a light gray rectangular box.

FIRMA

175717853-6

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

Ing. Msc. Mónica Delgado

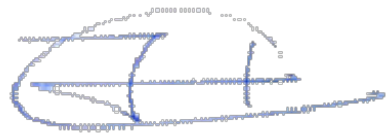
Dr. Jesús López PhD.

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral
ante el tribunal examinador



FIRMA

171358255-7



FIRMA

175479593-6

Quito, septiembre de 2020

RESUMEN

La industria de la construcción es uno de los principales contaminantes a nivel mundial, generando una huella hídrica y de carbono muy alta durante su proceso constructivo y sobre todo por el uso excesivo de materiales que implican elevadas emisiones de CO₂ durante su producción, adicionalmente los métodos lineales de abastecimiento de agua y energía conllevan notables perjuicios ambientales.

En el país, la situación actual del sector se caracteriza por el uso de materiales y métodos constructivos caducos, que conlleva gran consumo de recursos durante la construcción; adicionalmente el sector residencial es un gran consumidor de recursos y generador de residuos durante su vida útil y los métodos actuales de diseño ralentizan el proceso de construcción y perjudican al desarrollo del sector.

Es así como en base a la revisión bibliográfica y al ejercicio profesional se analizan cada uno de los aspectos que intervienen en el ciclo de vida de la construcción, en primera instancia el uso de materiales ecoeficientes los cuales permiten disminuir hasta un 75% del peso muerto de mampostería y técnicas constructivas modernas nos ayudan a bajar los tiempos de construcción hasta en un 50%.

Por otra parte, el país cuenta con los recursos naturales suficientes para abastecer de agua y energía a las viviendas; en la provincia de Imbabura se puede dotar de agua caliente sanitaria mediante paneles solares térmicos, mientras que la ciudad de Baños puede generar energía eólica residencial mediante turbinas eólicas y la ciudad del Puyo tiene potencial de agua lluvia para satisfacer las necesidades de una vivienda.

Adicionalmente la metodología BIM permitirá un mejor diseño de la construcción, al analizar todo el ciclo de vida y consolidar en un único modelo tridimensional todas las ingenierías que intervienen en una vivienda, mejorando su desempeño a lo largo del tiempo y disminuyendo los tiempos de construcción al evitar inconvenientes de obra.

Conjugar todas estas propuestas se puede realizar mediante la obtención de un parámetro de ecoeficiencia en la industria de la construcción del país, el cual permita cuantificar los impactos durante el ciclo de vida de la vivienda de forma que se minimicen los impactos y se aporte significativamente al desarrollo sostenible de la construcción del país.

Finalmente, la ecoeficiencia en la industria de la construcción permitirá la industrialización y tecnificación de la construcción, aportando significativamente a la economía circular de este sector, creando infraestructura sostenible, que minimice el consumo de recursos, optimice los materiales y mejore la calidad de vida de la población, priorizando el cuidado ambiental.

Palabras clave: ecoeficiencia, industrialización, tecnificación, desarrollo sostenible, economía circular en la construcción, autoabastecimiento, optimización de recursos.

ABSTRACT

The construction industry is one of the main pollutants worldwide, generating a very high water and carbon footprint during its construction process and especially by the excessive use of materials that involve high emissions of CO₂ during their production, additionally the linear methods of water and energy supply involve significant environmental damage.

In the country, the current situation of the sector is characterized by the use of expired materials and construction methods, which entails great consumption of resources during construction; additionally, the residential sector is a great consumer of resources and generator of waste during its useful life and the current design methods slow down the construction process and harm the development of the sector.

So, based on the bibliographic review and the professional practice, each one of the aspects that intervene in the construction life cycle are analyzed. In the first place, the use of eco-efficient materials which allow to reduce up to 75% of the dead weight of masonry and modern construction techniques help us to reduce construction times up to 50%.

On the other hand, the country has sufficient natural resources to supply water and energy to the houses; in the province of Imbabura it is possible to provide sanitary hot water by means of thermal solar panels, while the city of Baños can generate residential wind energy by means of wind turbines and the city of Puyo has rainwater potential to satisfy the needs of a house.

Additionally, the BIM methodology will allow a better design of the construction, by analyzing the whole life cycle and consolidating in a single three-dimensional model all the

engineering involved in a house, improving its performance over time and reducing construction times by avoiding work inconveniences.

Combining all these proposals can be done by obtaining a parameter of eco-efficiency in the country's construction industry, which allows quantifying the impacts during the life cycle of the housing in order to minimize the impacts and contribute significantly to the sustainable development of the country's construction.

Finally, ecoefficiency in the construction industry will allow the industrialization and technification of construction, contributing significantly to the circular economy of this sector, creating sustainable infrastructure, which minimizes the consumption of resources, optimizes materials and improves the quality life of people, prioritizing environmental care.

Keywords: eco-efficiency, industrialization, technification, sustainable development, circular economy in construction, self-supply, resource optimization.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
TABLA DE CONTENIDO	5
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABLAS	11
INTRODUCCIÓN	12
PROBLEMA	27
HIPÓTESIS	28
OBJETIVOS.....	29
DESARROLLO	33
SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL ECUADOR.....	33
MATERIALES ECOEFICIENTES EN EL PAÍS	44
<i>STEEL FRAME</i>	45
<i>PANELEGO</i>	55
<i>MADERAS PLÁSTICAS</i>	56
<i>LÁMINAS DE CAUCHO</i>	57

FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN EDIFICACIONES	58
<i>ENERGÍA ELÉCTRICA</i>	58
<i>CALENTAMIENTO DE AGUA</i>	66
<i>CLIMATIZACIÓN</i>	71
SANEAMIENTO AMBIENTAL	75
<i>CAPTACIÓN AGUAS LLUVIAS</i>	76
<i>REUTILIZACIÓN DE AGUA EN LA EDIFICACIÓN</i>	79
<i>TRATAMIENTO NATURAL DE AGUAS RESIDUALES</i>	80
<i>BUEN MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS</i>	82
METODOLOGÍA BIM	87
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	89
ECOEFICIENCIA EN LOS MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS	89
<i>PRINCIPALES VENTAJAS MATERIALES PROPUESTOS</i>	90
<i>BENEFICIOS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS</i>	93
<i>INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN</i>	99
EFICIENCIA ENERGÉTICA E HÍDRICA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL ECUADOR...101	
<i>ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA</i>	102
<i>ENERGÍA ELÉCTRICA EÓLICA</i>	106

<i>ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE AGUA LLUVIA</i>	113
<i>ECONOMÍA CIRCULAR EN LA CONSTRUCCIÓN</i>	117
EFICIENCIA EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	120
<i>BIM</i>	121
<i>TECNIFICAR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN</i>	125
PROPUESTA CALCULO PARÁMETRO DE ECOEFICIENCIA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	128
<i>PROPUESTA DE CALCULO</i>	129
<i>ANÁLISIS PROPUESTA</i>	137
<i>PLAN DE TRABAJO</i>	140
<i>BENEFICIOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN</i>	144
CONCLUSIONES	150
RECOMENDACIONES	155
BIBLIOGRAFÍA.....	157
ANEXOS.....	166

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Economía Lineal vs Economía Circular	14
Ilustración 2 Emisiones Globales por Sector	15
Ilustración 3 Participación del Consumo Final por Energético y Sectores: Ecuador - 2015 [10 ³ bep].....	17
Ilustración 4 Beneficios BIM	20
Ilustración 5 Parámetros de Certificación LEED	26
Ilustración 6 Personal Ocupado por Genero INEC 2010	28
Ilustración 7 Objetivos Desarrollo Sostenible ONU	30
Ilustración 8 Porcentaje de edificaciones a construir según material de construcción por etapas de la obra	34
Ilustración 9 Materiales a ser utilizados en cimientos.....	35
Ilustración 10 Materiales a ser utilizados en estructura	36
Ilustración 11 Materiales a ser utilizados en paredes	36
Ilustración 12 Materiales a ser utilizados en cubiertas.....	37
Ilustración 13 Porcentaje de participación de edificaciones a construir, por tipo de obra	39
Ilustración 14 Edificaciones a construir y permisos de construcción, serie 2008-2018	40
Ilustración 15 Parámetros de la matriz de ecoeficiencia Municipio de Quito	42
Ilustración 16 Marco integral para el suministro de infraestructura sostenible	43
Ilustración 17 Vivienda integra Steel Frame, 200 m2.....	46
Ilustración 18 Complejo multifamiliar integro Steel Frame	48
Ilustración 19 Tipos de tableros Ecopak	49

Ilustración 20 Nopal y panel aislante	53
Ilustración 21 Ladrillos ecológicos	54
Ilustración 22 PANELEGO.....	55
Ilustración 23 Madera plástica, varios usos	57
Ilustración 24 Pisos de caucho reciclado.....	58
Ilustración 25 Número de clientes regulados por grupo de consumo	59
Ilustración 26 Facturación de energía eléctrica por grupo de consumo (MUSD).....	59
Ilustración 27 Consumo de energía (GWh).....	60
Ilustración 28 Vivienda con paneles fotovoltaicos	62
Ilustración 29 Proyecto BIPV Mumbai	63
Ilustración 30 Aerogenerador domestico ISTA BREEZE	64
Ilustración 31 Vivienda autoabastecida mediante paneles fotovoltaicos y aerogeneradores.....	65
Ilustración 32 Panel solar térmico.....	67
Ilustración 33 Calentador solar casero	68
Ilustración 34 Esquema de funcionamiento de una bomba de calor	70
Ilustración 35 Instalación de geotermia de baja entalpia para climatización	72
Ilustración 36 Pozo canadiense	73
Ilustración 37 Equipo de aerotermia para climatización.....	74
Ilustración 38 ECO COOLER.....	75
Ilustración 39 Consumo de agua diario por persona según actividad en Cuenca, Ecuador.....	77
Ilustración 40 Sistema de captación de agua lluvia.....	78
Ilustración 41 Esquema humedal tipo	81

Ilustración 42 Porcentaje residuos sólidos quito	83
Ilustración 43 Ciclo de compostaje	85
Ilustración 44 Esquema biodigestor	86
Ilustración 45 Peso por metro cuadrado de mampostería	92
Ilustración 46 Instalaciones en Steel Frame y en ladrillo.....	96
Ilustración 47 Impulsores industrialización en la construcción	100
Ilustración 48 Planta Vivienda “JUNTOS POR TI”	101
Ilustración 49 Panel Solar Térmico con Tanque de Almacenamiento	103
Ilustración 50 Energía mensual generada, Imbabura, Ecuador	104
Ilustración 51 Subsidio GLP 2016	105
Ilustración 52 Velocidad media y frecuencia de viento, Baños, Ecuador	107
Ilustración 53 Aerogenerador TESUP ATLAS 2.0.....	109
Ilustración 54 Curva de Potencia Aerogenerador	109
Ilustración 55 Producción anual de energía eólica, Baños, Ecuador	112
Ilustración 56 Precipitación mensual acumulada, Puyo, Ecuador	114
Ilustración 57 Disponibilidad agua lluvia vs. Consumo agua potable, Puyo, Ecuador.....	116
Ilustración 58 Oportunidades de liderazgo metodología BIM	121
Ilustración 59 Monto adjudicado por tipo de compra publica, 2018-2019, Ecuador.....	122
Ilustración 60 Interacción Metodología BIM.....	123
Ilustración 61 Valor de la información, Metodología BIM vs. Construcción tradicional	124
Ilustración 62 Beneficios BIM	127
Ilustración 63 Salarios mínimos mano de obra 2020	134

Ilustración 64 Índices de precios de materiales, equipo y maquinaria de la construcción 2020..	135
Ilustración 65 Valor por el dinero	145
Ilustración 66 Soluciones basadas en la naturaleza.....	147
Ilustración 67 Importaciones materias primas, Ecuador	149

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Consumo de energía eléctrica por materiales de construcción, Sevilla, España.....	90
Tabla 2 Tipologías de vivienda	94
Tabla 3 Cronograma de obra para ambos sistemas constructivos.....	97
Tabla 4 Comparativa Steel Frame vs. construcción tradicional.....	98
Tabla 5 Velocidad viento, frecuencia y producción de energía, Baños, Ecuador.....	111
Tabla 6 Consumo estimado Vivienda "JUNTOS POR TI" y cocina de inducción.....	112
Tabla 7 Potencial agua lluvia, Puyo, Ecuador.....	115
Tabla 8 Consumo mensual medio de agua Vivienda “JUNTOS POR TI”	116
Tabla 9 Resumen ecoeficiencia en la construcción.....	128
Tabla 10 Propuesta de cálculo “ÉTICA AMBIENTAL”	132
Tabla 11 Propuesta de presupuestación de obras	138
Tabla 12 FODA Propuesta de calculo.....	141
Tabla 13 Aporte trabajo a ODS ONU	153

INTRODUCCIÓN

El petróleo no sólo constituye la piedra angular de la economía política contemporánea, sino, además, la brújula del actual escenario de conflictos internacionales y del paradigma energético vigente (UC, Pablo, 2008). No solo por su devastación durante la extracción sino por las emisiones durante su consumo.

La economía del petróleo, con su modelo lineal y extractivista, se ha encargado de provocar inconmensurables daños ambientales, generando lo que actualmente se denomina como “Emergencia Climática”, al incrementar desmesuradamente las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en particular durante las últimas décadas por el abuso de combustibles fósiles para todas las actividades antrópicas en aras de la tan ansiada Globalización.

Provocando así la extinción de centenares de especies de flora y fauna a nivel mundial, perjudicando rotundamente a la naturaleza con impactos naturales severos e irreversibles, destruyendo ciudades y comunidades enteras por el incesante incremento del nivel del mar e inundaciones, apoyados por Gobiernos incapaces e inconscientes de la problemática ambiental mundial y manipulados por Lobbies transnacionales.

Ningún otro recurso ha tenido tanto impacto en la geografía mundial, y en la forma en que interactúan y se organizan nuestras sociedades. Más que cualquier otra materia prima, el petróleo ha dado forma a nuestras vidas, e inevitablemente debido a su papel tan destacado ha hecho que sea el recurso más controversial del mundo (Romero A., Vera-Colina M., 2018).

Adicionalmente al detrimento ambiental que genera la economía del petróleo, se ha inducido a un subdesarrollo de los países dependientes de su explotación, usurpando el recurso con altos

márgenes de rentabilidad pero sin mejorar la calidad de vida de la población que habita las zonas aledañas, peor aún contaminando la tierra y los cursos de agua en las áreas de influencia, y además sin aportar a la transferencia de tecnologías lo que mantiene las condiciones de países subdesarrollados explotadores de crudo.

En general, la ilusión de bienestar social creada alrededor del petróleo se ha convertido en frustración, tanto para los países dependientes de su exportación, como para los consumidores de este, debido a los ciclos de los precios y de la producción, así como a la especulación sistemática (Romero A., 2018).

La heterogeneidad de las fuerzas productivas de una sociedad dependiente, que llevan marcas de todas las etapas de desarrollo técnico de la industrialización, originara una fuerte división sectorial de clases pues estas tienen cada una relaciones y posiciones diferentes ante el imperialismo y de esta forma garantizara la dependencia (Centro de Servicios Múltiples de Tecnologías Apropriadas, 1983).

En este contexto el modelo lineal, extractivista y consumista, se vuelve insostenible para el desarrollo de la humanidad, por lo que es vital crear modelos de desarrollo sostenibles, que busquen mantener el confort y calidad de vida de las actuales generaciones, pero sobre todo garantizar el desarrollo social, económico y ambiental de generaciones futuras, por lo que la economía circular se vuelve una herramienta indispensable para el desarrollo sostenible.

Ilustración 1 Economía Lineal vs Economía Circular



Fuente: prevencionintegral.com

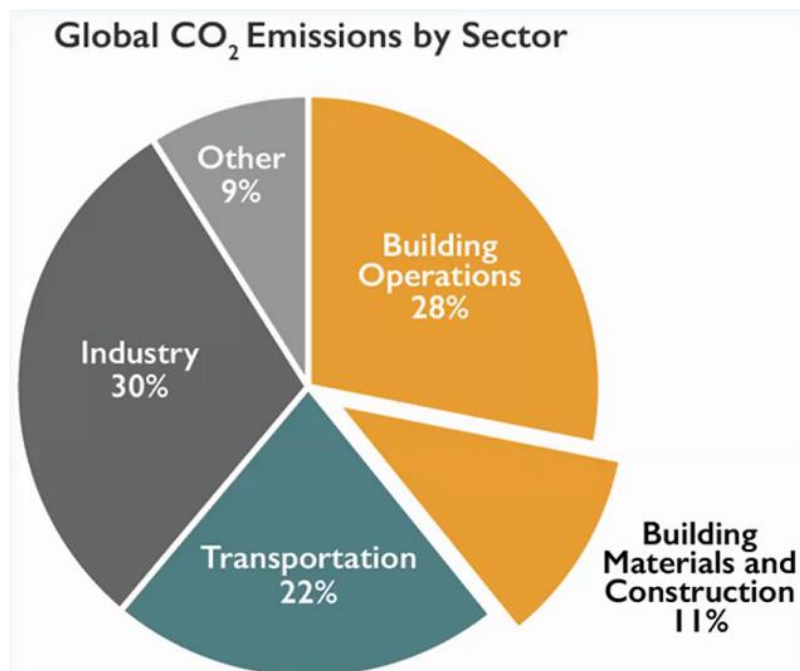
Si la sociedad global (mundial) no adquiere conciencia de que el modelo desarrollista está agotado, y que su perpetuación nos conduce al auto-ecocidio, es estúpido e inútil pensar en cómo transformar las ciudades para hacerlas más “ecológicas” (Gaja i Diaz F., 2008).

El agotamiento de los recursos no renovables, junto con el incesante detrimento ambiental que su uso generan, acompañado por otra parte por un empuje científico y un desarrollo tecnológico notable, ha generado alternativas ecoeficientes viables técnica y económicamente para la generación de energía, brindando así a los usuarios **soberanía energética**, lamentablemente se limita el acceso masivo a la población por parte de las compañías interesadas en perpetuar el consumo de combustibles fósiles, acompañados por políticas públicas inconscientes, escuetas y manipuladas.

La dinámica del sistema internacional en la primera década del siglo XXI acrecienta la necesidad de reconsiderar a las fuentes energéticas, en lo fundamental a los hidrocarburos, como variables determinantes en la reconfiguración de la geografía política mundial (UC, Pablo, 2008)

La construcción, no ajena al desarrollo lineal de la sociedad, se ha convertido en uno de los principales focos de contaminación a nivel mundial, más aun si analizamos el ciclo de vida de la construcción, es decir, desde la extracción de materiales hasta su derrocamiento, por lo que se ha vuelto uno de los mayores consumidores de energía y agua, actividades antrópicas de extracción de materiales de construcción han provocado el detrimento ambiental y es uno de los mayores productores de residuos sólidos.

Ilustración 2 Emisiones Globales por Sector



Fuente: Architecture 2030

Al mismo tiempo tiene un impacto ambiental tanto por la utilización de materiales provenientes de recursos naturales, como por el uso de grandes cantidades de energía que se necesita para fabricar los productos de construcción finales y para su instalación en obra. No se

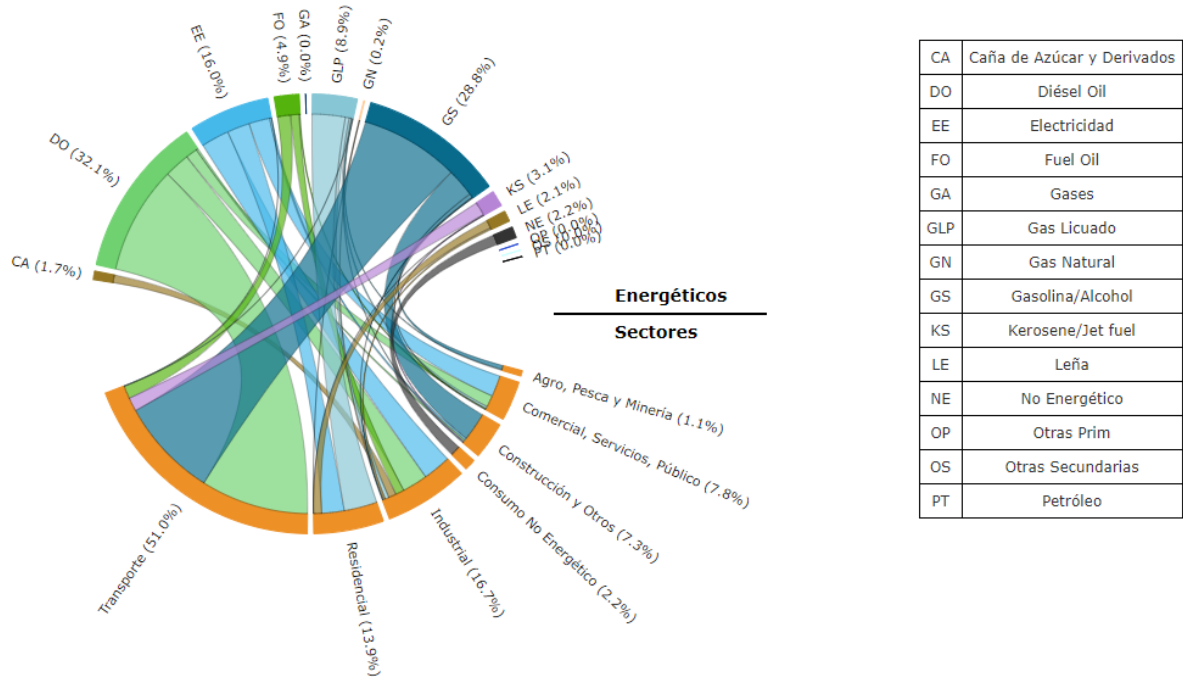
pueden olvidar también los costes ecológicos que suponen tanto la extracción de los recursos minerales como la deposición de los residuos originados en su fabricación (Ramírez A., 2002).

La construcción, y otros agentes intervinientes de forma directa o indirecta, tienen notables impactos ambientales en cuanto a consumo de recursos naturales y energía o emisión de gases de efecto invernadero, de ahí la necesidad de considerar la dimensión ambiental como clave en un enfoque de construcción sostenible (Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental, 2010).

La industria de la construcción no abarca únicamente las emisiones que genera para la elaboración de materiales, sino esta intrínsecamente relacionada con las emisiones excesivas del sector residencial, al no considerar el ciclo de vida de la vivienda ni los impactos que genera su uso; en este sentido el conjunto de construcción y residencia representa alrededor del 20% del consumo del país por energético.

Como parte también del paupérrimo desarrollo tecnológico del país, la construcción no ha tenido innovación y desarrollo en sus materiales ni en los procesos constructivos durante los últimos 50 años, careciendo incluso de normativa y formación en áreas afines a la construcción sostenible y provocando la informalidad en la mayoría de las construcciones del país ya que se limita el acceso a personas de escasos recursos económicos, por lo que se necesita la sinergia de todos los actores que forman parte de la construcción en el país, sean estos públicos, privados o académicos.

Ilustración 3 Participación del Consumo Final por Energético y Sectores: Ecuador - 2015 [10³ bep]



Fuente: OLADE, 2015

En una sociedad compleja, con mucha población y muchas instituciones y organizaciones manejando diversas responsabilidades para el sostenimiento de la comunidad, la eficiencia se logra cuando la organización está en capacidad de usar la tecnología de la información para buscar, analizar y distribuir información para respaldar la toma de decisiones y los aspectos públicos que requieren de acción conjunta (Cardona O., 2008).

Esto conlleva un cambio en la mentalidad de la industria –y las estrategias económicas- con la finalidad de priorizar el reciclaje, re-uso y recuperación de materiales frente a la tendencia

tradicional de la extracción de materias naturales y de fomentar la utilización de procesos constructivos y energéticos basados en productos y energías renovables (Ramírez A., 2002).

Como ya se mencionó, actualmente la construcción en el país mantiene materiales y procesos de construcción tradicionales, incluso no ha innovado en las fases de diseño, cálculo y modelación, lo cual se traduce en errores en obra entre las diversas áreas que intervienen en el proceso constructivo, provocando desperdicio de materiales e incremento en los costos de construcción; la construcción además durante su vida útil, mantiene un modelo lineal de consumo y abastecimiento de recursos, siendo a nivel mundial uno de los mayores consumidores de recursos.

En términos estadísticos, se puede decir que el sector de la construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida (incluyendo la energía en uso) y del 50% del total de los residuos generados. (...) Por ello, se hace necesario solucionar esta grave situación de problema ambiental, buscando la utilización racional de materiales que cumplan sus funciones sin perjuicio del medio ambiente (Maury Pertuz A., 2010).

El sector de la edificación es un sector caracterizado en los últimos años por un crecimiento desenfrenado, cada vez más ligado a motivaciones financieras y cada vez más desligado de su función social de creación de la habitabilidad socialmente necesaria (Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental, 2010).

Como parte de la problemática mundial que genera la sobrepoblación, la construcción ha crecido de la misma vertiginosa e inconsciente forma, no solo en el abuso de los recursos naturales, sino también al escaso control de calidad de los materiales de construcción y la mala

praxis al momento de la ejecución, por lo tanto, se deben delinear mecanismos de desarrollo de la construcción, que garanticen la seguridad y el confort de los usuarios, y fomenten el uso de materiales reciclados y energías renovables durante el ciclo de vida de la vivienda, así como también mantener especial cuidado en el saneamiento ambiental.

Las prácticas tradicionales contribuyen a pérdidas innecesarias y errores, lo que se deben adoptar nuevas formas de concebir las edificaciones, aprovechando la innovación tecnológica para modelar en conjunto la arquitectura y diversas ingenierías que intervienen, analizando el ciclo de vida de la edificación y garantizando los niveles de confort, pero con un uso racional y eficiente de los recursos.

El sector de la edificación representa el 40% del consumo final de energía, el 35% de las emisiones de gases de efecto invernadero, el 50% de todos los materiales extraídos, el 30% del consumo de agua y el 35% del total de los residuos generados, por lo que es, en gran parte, responsable del impacto ambiental (<https://neoblockmodular.com/10-razones-construirse-casa-modular-cumplir-nueva-normativa/>).

Ante esto la metodología BIM Building Information Modeling permite realizar modelaciones tridimensionales de la edificación íntegramente y además ingresar parámetros de los materiales a emplearse y su desempeño a lo largo del tiempo, de forma que se analiza el conjunto en tiempo real con las condiciones atmosféricas actuales, brindando una potente herramienta al diseñador para mejorar la eficiencia de la vivienda, además de minimizar los tiempos de diseño y garantizar la correcta ejecución en obra con su consecuente impacto económico.

Dicha metodología aporta un sin número de beneficios para los diversos actores que conforman la industria de la construcción. El objetivo final de la metodología BIM es evitar la pérdida de valor de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto con el método tradicional existente, y que obliga a un mayor esfuerzo de producción de información en las distintas fases del proyecto (EUBIM TASK GROUP, 2018).

Ilustración 4 Beneficios BIM

	ACTIVOS		SECTORES	
	Fase de ejecución	Fase de Explotación	Construcción	Digital
ECONÓMICO	Ahorro del 10 % en el plazo de ejecución ●●●●	Reducción de los costes de mantenimiento Reducción de los costes operativos ●●●●	Mejora de la competitividad del sector Aumento de la capacidad exportadora ●●	Crecimiento de la industria de servicios digitales Mercado único digital
MEDIOAMBIENTAL	Reducción del volumen de residuos en las obras	Optimización del consumo de energía operativo Evaluación a lo largo de todo el ciclo de vida ●	Eficiencia en la utilización de los recursos ● Economía circular	Eficiencia de los recursos de la infraestructura de datos
SOCIAL	Mayor nivel de seguridad y salud Mejora de las consultas y la participación	Mejores resultados sociales (atención a pacientes, aprendizaje de los estudiantes...) ●	Puestos de trabajo en la construcción más seguros Atracción de la siguiente generación al sector	Seguridad de los datos Atracción de talento digital hacia la construcción

Fuente: EUBIM TASK GROUP

Otro de los factores relevantes de la construcción y que repercute directamente en su impacto ambiental son los materiales a emplearse, lo cual está ligado directamente con el proceso constructivo, y en el país se utilizan casi en su totalidad materiales tradicionales, manteniendo así los procesos constructivos tradicionales también, caracterizados por su elevado consumo

energético y de agua, gran cantidad de desperdicios y aumento en los tiempos de ejecución, así como también el aumento excesivo de elementos estructurales por el elevado peso que tienen los materiales de construcción tradicionales como son el ladrillo y el bloque .

En este aspecto se debe hacer un uso eficiente de las materias primas (materiales que no perjudican el medio ambiente, materiales renovables y caracterizados por su desmontabilidad), generar unas mínimas cantidades de residuos y contaminación a lo largo de su vida (durabilidad y reciclabilidad) y adaptarse a las necesidades actuales y futuras de los usuarios (flexibilidad, adaptabilidad y calidad del emplazamiento) (Alavedra, 1997).

Otro aspecto fundamental a la hora de considerar la reducción del consumo energético durante la ocupación de la vivienda es la implementación de fuentes de energía renovables no convencionales, sin embargo el reconocimiento de la importancia del edificio como agente consumidor y emisor de contaminantes durante su vida operativa no está ampliamente difundido en nuestro país, o al menos no se han podido encontrar suficientes indicios de que ello esté bien establecido; otra barrera tecnológica que frena la producción de electricidad doméstica es la carencia de estándares uniformes acerca de la conexión a red, protecciones, seguridad y responsabilidades del micro generador (Lecuona A., 2005).

Por otra parte, debemos considerar el consumo lineal del agua que tienen las viviendas actuales como una problemática a la hora de analizar su ciclo de vida y repensar la manera de dotar de agua en cantidad y calidad, para lo que el buen manejo de agua se vuelve indispensable y se presentan las siguientes opciones:

- Captación, tratamiento primario y utilización de agua lluvia en inodoros y riego; de esta forma, dependiendo la zona, podremos cubrir alrededor del 40-60% del consumo de agua de la vivienda, ya que los inodoros son el principal consumidor de agua de vivienda.

- Reutilización de aguas grises previo tratamiento; de ser necesario en zonas remotas se puede tratar la propia agua que ya se utilizó en la vivienda y abastecer constantemente con su propia agua a la vivienda.

- Tratamiento y disposición final de aguas negras; en el caso de disponer de alcantarillado se puede descargar directamente en él, pero en zonas remotas se debe tratar dichas aguas y almacenarlas para evacuar los lodos convenientemente.

Se requiere incentivar la voluntad política para incluir el recurso pluvial en la planificación territorial, en las estrategias de prevención de desastres y de conservación de humedales, bosques y suelos. Estas acciones serán una base esencial para proyectos de adaptación al cambio climático y a la reducción de riesgos en la ciudad y la región (Pacheco M., 2008).

Otro aspecto fundamental y que mayor contaminación genera a lo largo de su vida útil en las viviendas son los residuos sólidos, debido al nivel cultural de las personas únicamente se mezclan todos los desechos y se disponen para su recolección, pero es vital concientizar a los usuarios y brindar las condiciones necesarias para que puedan realizar una correcta disposición de los residuos sólidos que generan, y en ciertos casos crear ingresos para quienes adopten un huerto urbano casero y aportar así a la soberanía alimentaria.

Si conjugamos todos los aspectos mencionados, desde un diseño óptimo y eficiente, utilizando materiales apropiados, fuentes de energía renovable no convencionales, buen manejo de agua y

residuos sólidos, estamos creando una vivienda auto sustentable, la cual si se considera de forma aislada no va a influir drásticamente en la Emergencia Climática que atravesamos, pero si extrapolamos y normamos cada una de las temáticas propuestas a todas las construcciones existentes y sobre todo a las nuevas, vamos a influir significativamente e introducimos en lo que se conoce como Desarrollo Sostenible, considerando que la construcción de pueblos y ciudades consume el 50% de todos los recursos mundiales y genera gran cantidad de residuos (Méndez T. 2008).

De acuerdo con la legislación ambiental del Ecuador, es indispensable realizar Estudios de Impacto Ambiental en proyectos que puedan significar un riesgo ambiental. Esto permite evaluar el proyecto desde el punto de vista ambiental y generar alternativas de procedimientos para alcanzar un desarrollo sustentable (Vélez-Aspiazú E., 2017).

Por lo que se debe analizar el impacto ambiental que genera cada vivienda, y aportar con mecanismos que ayuden a mitigar los impactos más severos y sobre todo disminuyan la huella hídrica y de carbono de la vivienda durante toda su vida útil. El impacto ambiental es ineludible al comportar la vivienda una transformación necesaria. Sin embargo, se trata de que este impacto, entendido a lo largo de todo el ciclo de vida, sea sostenible y no trascienda más allá de lo necesario, evitando la pérdida irreversible del patrimonio natural (Lecuona A., 2005)

Para poder implementar este cambio y avanzar de una forma sostenible se necesita de la concientización de cada uno de los actores que intervienen, principalmente del usuario final, ya que actualmente no existe ningún tipo de conciencia sobre los impactos que generan las formas de vida modernas, y asumimos como normal muchas actividades que contaminan abruptamente

al planeta, además si no se cuenta con el apoyo de los usuarios durante el uso de la vivienda serán en vano cualquier medida que se tome, ya que se continuara malgastando los recursos hídricos y energéticos y dando un manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos.

Los aspectos culturales son vitales para el Desarrollo Sostenible, ya que el cambio hacia un modelo de Desarrollo Sostenible es, ante todo, un cambio cultural. No es suficiente que una tecnología sea más ‘verde’ o ‘ecológica’ si se utiliza desde una mentalidad que ignora las interdependencias entre la Sociedad y la Naturaleza (Lozano S., 2018).

La ventaja principal es que las viviendas, al ser el lugar donde se pasa la mayor parte del tiempo para las personas, pueden servir como mecanismo de concientización y educación para los usuarios y visitantes, como menciona Sir Winston Churchill “nosotros le damos forma a nuestros edificios y luego ellos nos reforman”.

La influencia de crear espacios autosustentables y ecoeficientes, repercute en las formas de vida de la población y se vuelve clave para posicionar al usuario como foco de desarrollo y de esta manera contribuir significativamente a la construcción de Ciudades Inteligentes; al ser países subdesarrollados tenemos la obligación de aprender del error de otros países que ya tuvieron un crecimiento lineal desmedido y recién hoy después de su fracaso, están migrando hacia el desarrollo sustentable y la concepción de Ciudades Inteligentes.

Una Ciudad Inteligente es aquella que coloca a las personas en el centro del desarrollo, incorpora Tecnologías de la Información y Comunicación en la gestión urbana y usa estos elementos como herramientas para estimular la formación de un gobierno eficiente, que incluya procesos de planificación colaborativa y participación ciudadana. Al promover un desarrollo

integrado y sostenible, las Ciudades Inteligentes se tornan más innovadoras, competitivas, atractivas y resilientes, mejorando así vidas (Bouskela M., 2016).

La importancia y trascendencia de la industria de la construcción va de la mano con el impacto económico (hasta 15% del PIB), social (6-10% del empleo total) y ambiental que representa, por lo que es un sector de vital atención para el desarrollo de la sociedad de una manera sostenible, contribuyendo a la creación de espacios seguros, vivienda digna y servicios básicos de calidad y asequibles para toda la población.

La relevancia de esta industria sigue siendo transversal en todas las economías, pues moviliza una gran cantidad de insumos, impulsa significativamente la generación de empleos directos e indirectos, y contribuye en un porcentaje importante en la formación de capital de los países (Ortega K. 2016).

En este sentido internacionalmente se han adoptado certificaciones que permiten un control de las edificaciones, como la certificación LEED, que en castellano significa Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible, supone que el edificio o proyecto al que se refiere está construido con los estándares de ecoeficiencia y cumple con los requisitos de sostenibilidad. Es totalmente voluntario y se basa en el consenso del mercado para desarrollar construcciones centradas en la alta eficiencia energética (<https://www.certicalia.com/certificacion-leed/que-es-la-certificacion-leed>).

Ilustración 5 Parámetros de Certificación LEED



Fuente: LEED

Es así como, el presente trabajo pretende analizar las condiciones de ecoeficiencia disponibles en el país, considerando todos los parámetros que intervienen en el ciclo de vida de la construcción; si bien su estudio a profundidad corresponde a un análisis exhaustivo, se van a considerar los principales beneficios de los materiales ecoeficientes, el auto abastecimiento de agua y energía y el buen manejo de residuos sólidos.

Todo esto con la finalidad de plantear un parámetro de ecoeficiencia en la industria de la construcción del país que permita consolidar cada uno de los términos considerados en normativas internacionales, de forma que en base a la normativa vigente se puedan realizar proyectos ecoeficientes sin necesidad de aplicar ninguna certificación internacional que representa un costo adicional.

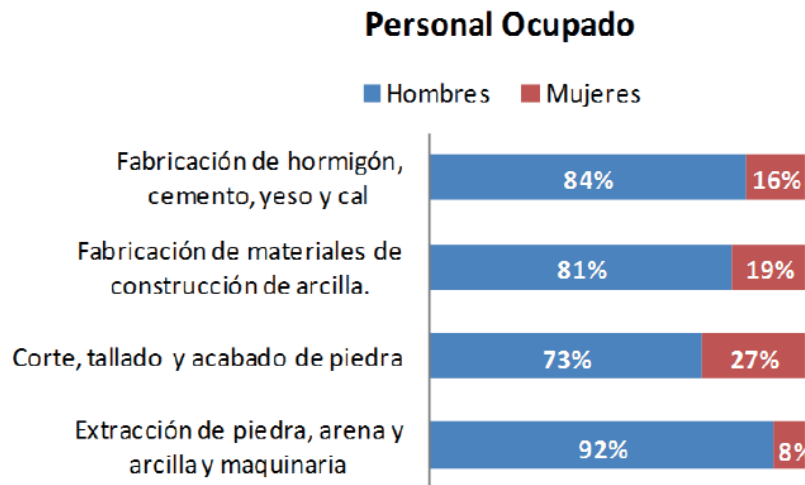
PROBLEMA

Con todos estos antecedentes se evidencia que el problema es la falta de desarrollo e innovación tecnológica en la industria de la construcción del Ecuador, misma que influye directamente en el desarrollo económico, social y ambiental del país; económico al no utilizar eficientemente los recursos disponibles tanto naturales como artificiales, social al no fomentar el empleo inclusivo, ya que es un sector netamente masculino, apenas el 6% de la población femenina económicamente activa se vincula a la construcción (INEC, 2018).

Otro aspecto social trascendente es la falta de transferencia de tecnología y riqueza a la mano de obra, pese a ser uno de los pilares fundamentales de la construcción su desarrollo socioeconómico nunca va ligado con el exponencial crecimiento de la construcción y de sus promotores inmobiliarios.

Ambiental al destruir los recursos naturales ya que actualmente no existe ningún control sobre los procesos industriales ni las emisiones que se generan para producir materiales de construcción, a más de que las grandes cantidades de residuos generadas contaminan considerablemente la naturaleza y el manejo actual de aguas servidas contamina los cursos de agua.

Ilustración 6 Personal Ocupado por Genero INEC 2010



Fuente: INEC, 2010

HIPÓTESIS

Del problema planteado surge la hipótesis que la ecoeficiencia en la industria de la construcción va a impulsar el Desarrollo Sostenible de la sociedad; este cambio implica transferir a la Sociedad en general la urgencia de una transformación del modelo de desarrollo y las posibles consecuencias de no producirse, implicar a los diferentes autores sociales en ese cambio de paradigma, y estudiar, desarrollar y proporcionar los mecanismos sociales necesarios para la realización efectiva del concepto de Desarrollo Sostenible (Lozano S., 2018).

Establecer parámetros de ecoeficiencia en la industria de la construcción permitirá el desarrollo social, ambiental, industrial y económico del país, por lo que se debe realizar un análisis multidisciplinario que abarque cada uno de los temas expuestos y cuantifique el potencial de implementar ecoeficiencia durante la vida útil de la construcción.

OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo es proponer un parámetro de ecoeficiencia en la industria de la construcción del país, que permita cuantificar el impacto que genera la construcción de obras civiles durante su vida útil.

Como objetivos específicos tenemos los siguientes:

- Determinar la influencia de los materiales y las técnicas de construcción en la industria de la construcción.
- Establecer parámetros ecoeficientes de abastecimiento de agua y energía en la construcción.
- Identificar los potenciales impactos de la eficiencia en el diseño de proyectos de construcción.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos. Se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia. Para no dejar a nadie atrás, es importante que logremos cumplir con cada uno de estos objetivos para 2030 (<https://www.un.org>).

Ilustración 7 Objetivos Desarrollo Sostenible ONU



Fuente: ONU

En este sentido el presente trabajo se alinea a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU:

- **ODS 6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO:** para esto se proponen métodos de recolección de agua lluvia que busquen satisfacer las necesidades de la población; adicionalmente se plantea un tratamiento de aguas grises mediante humedales, tratamiento natural mediante plantas y finalmente un buen manejo de residuos sólidos, aportando de forma significativa al saneamiento ambiental.

- **ODS 7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE:** fieles al cumplimiento de este objetivo se plantean fuentes de energía renovables no convencionales en uso residencial para satisfacer las necesidades de energía eléctrica, agua caliente sanitaria y climatización de la vivienda.

•ODS 8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO, ODS 9 INDUSTRIA INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA Y ODS 10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES: la industrialización de la construcción busca optimizar los materiales y métodos constructivos, con procesos tecnológicos innovadores; para que se pueda realizar dicha industrialización se deben crear fuentes de trabajo inclusivas, ya que actualmente no existen industrias especializadas en construcción sostenible, tanto para hombres como mujeres, de forma que se reduzca la actual desigualdad de género en este sector y se mejore la calidad de vida de la población.

•ODS 11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES: la construcción es indispensable para el desarrollo de la sociedad y es uno de los principales motores de desarrollo industrial a nivel mundial, al implementar materiales y métodos constructivos ecoeficientes se aporta significativamente a la construcción de ciudades y comunidades sostenibles.

•ODS 12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLE: como parte del presente trabajo se proponen materiales elaborados a partir de materiales reciclados; adicionalmente para disminuir la huella hídrica de la construcción se plantean métodos sostenibles de producción y consumo de agua; finalmente se propone también un buen manejo de residuos sólidos, que aporte al consumo responsable en las viviendas, abarcando así todo el ciclo de vida de la vivienda fomentando un consumo responsable.

•ODS 13 ACCIÓN POR EL CLIMA: la ecoeficiencia en la industria de la construcción del ecuador se vuelve una herramienta fundamental en la acción por el

clima, ya que sus campos de acción son muy amplios y diversos como se mencionó anteriormente.

- ODS 15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES: optimizar los materiales y las técnicas de construcción disminuirán notablemente la explotación de fuentes naturales conservando los ecosistemas terrestres, además al implementar un buen manejo residencial de residuos sólidos se crean huertos urbanos, los cuales aportan significativamente a la vida de ecosistemas terrestres y a la soberanía alimentaria.

- ODS 17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS: como aporte final se plantean alianzas publico privadas a fin de desarrollar proyectos de desarrollo sostenible, a más de fomentar la asociación entre los distintos actores que conforman la construcción sean estos públicos, privados y académicos para buscar soluciones innovadoras y acordes a las necesidades del país.

DESARROLLO

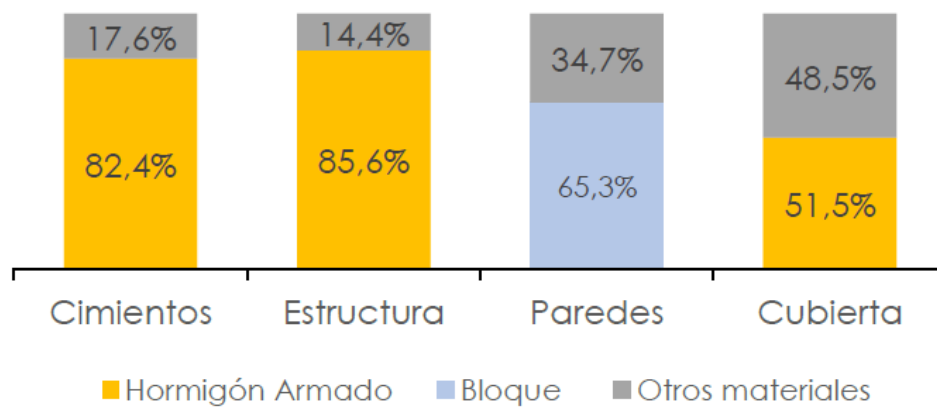
Desde el punto de vista metodológico, el presente trabajo aplica las técnicas de la investigación bibliográfica, pues sus alcances no incluyen en ningún caso el levantamiento de información primaria en base a experimentación ya que no se disponen de los recursos económicos necesarios para la elaboración de un modelo.

En primera instancia, se va a analizar la situación actual de la construcción en el país, después proponer materiales ecoeficientes, posteriormente se van a analizar las principales fuentes de energía renovables no convencionales aplicadas en residencias, manejo eficiente del agua y residuos sólidos y finalmente analizar la metodología BIM, todo esto con la finalidad de aportar a la construcción sostenible del país y proponer un mecanismo de cálculo que permitan regular el desarrollo ecoeficiente de la industria de la construcción.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL ECUADOR

Basta con ver las construcciones aledañas a nuestro lugar de residencia, sean nuevas o de los últimos 50 años, para darnos cuenta de la situación actual de la construcción en el país, donde preponderan las estructuras de hormigón armado y mampostería de bloque o ladrillo, como se evidencia en la siguiente imagen tomada de la Encuesta de Edificaciones 2018 del INEC.

Ilustración 8 Porcentaje de edificaciones a construir según material de construcción por etapas de la obra

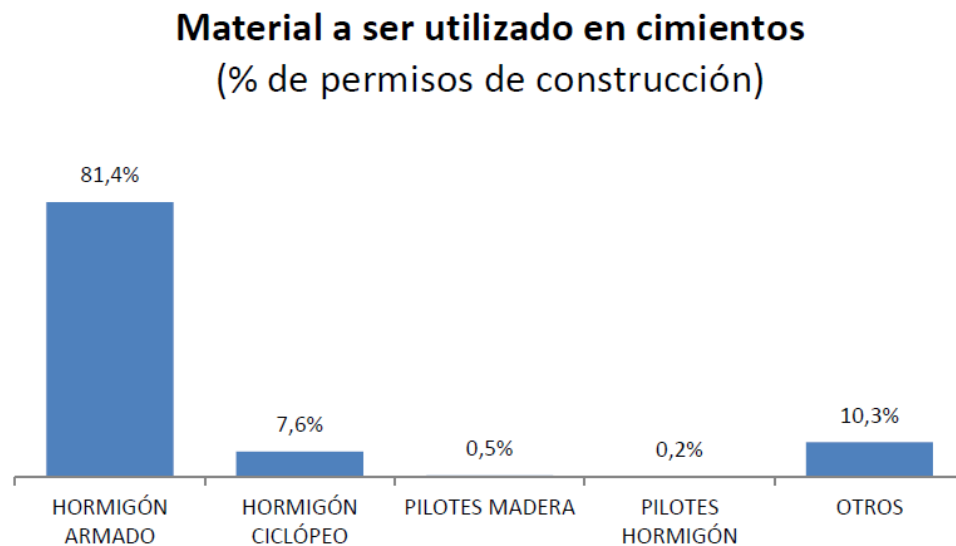


Fuente: INEC, 2018

Otros materiales incluyen:

- Para cimientos: hormigón ciclópeo, pilotes de madera.
- Para estructura: metálica, madera.
- Para paredes: madera, ladrillo, adobe, caña y prefabricada.
- Para cubierta: Eternit, teja, zinc y otros.

Para identificar mejor los porcentajes de otros materiales tomamos el mismo estudio, pero del año 2016, donde se presentan de forma clara dichos porcentajes:

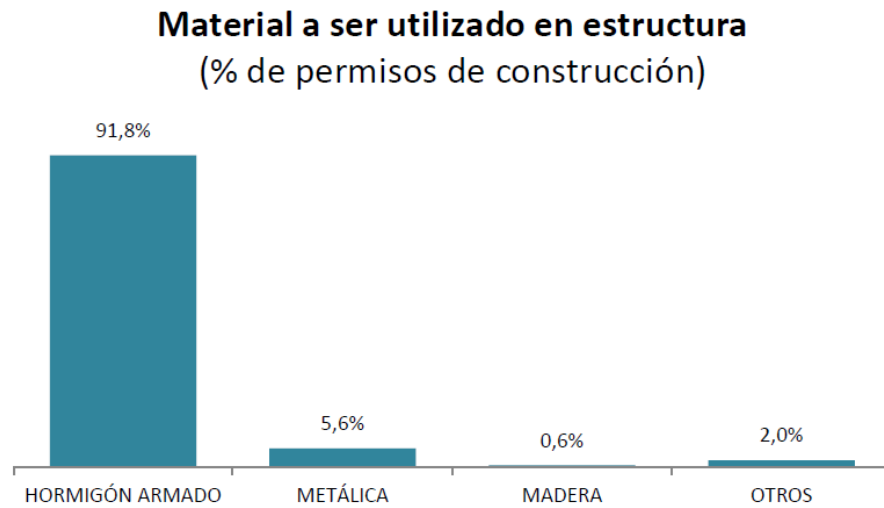


Fuente: INEC, 2016

En cimentaciones el hormigón en sus distintas presentaciones abarca el 90% de todas las construcciones que se registran, siendo su uso indispensable y muchas veces irremplazable para este propósito, debido a su composición, costo, beneficios y amplio conocimiento por parte de todos los constructores.

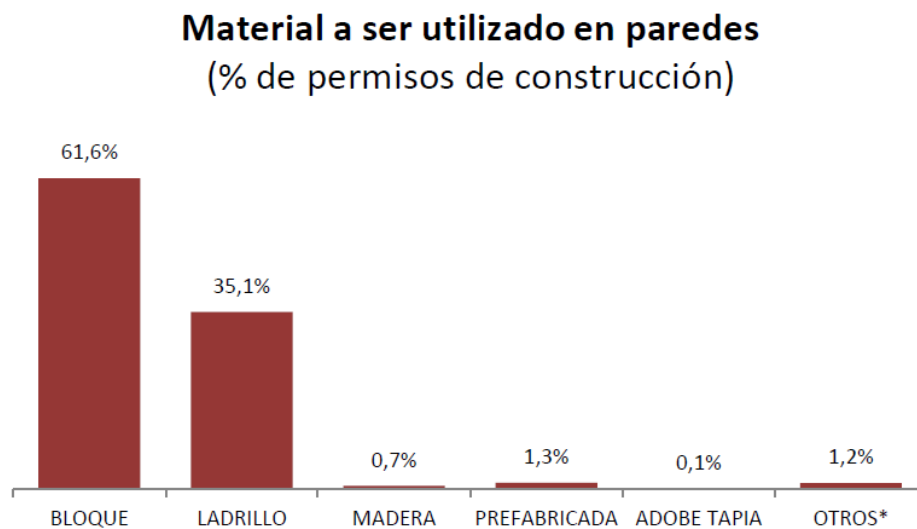
De la misma forma que para cimentaciones, el 90% de las estructuras de las construcciones del país están hechas con hormigón armado, lo cual implica elevados impactos ambientales al ser uno de los materiales más contaminantes de la industria de la construcción; se deben repensar en distintas alternativas que mejoren la eficiencia de la construcción y minimicen el uso estructural de hormigón ya que además consume gran cantidad de recursos para su ejecución.

Ilustración 10 Materiales a ser utilizados en estructura



Fuente: INEC, 2016

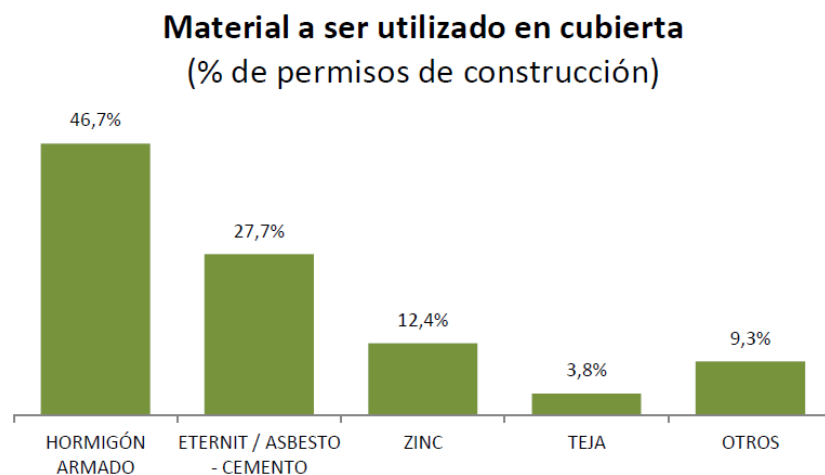
Ilustración 11 Materiales a ser utilizados en paredes



Fuente: INEC, 2016

La mampostería tradicional, sea bloque o ladrillo, abarcan en conjunto el 96% de las construcciones del país, sin considerar la cantidad de desechos que se generan al momento de colocar las instalaciones en este tipo de mampostería y el elevado peso muerto que transmiten a las estructuras, aumentando considerablemente las secciones de los elementos estructurales.

Ilustración 12 Materiales a ser utilizados en cubiertas



Fuente: INEC, 2016

En este punto el hormigón mantiene su uso mayoritario sobre otros materiales, en este caso con el 47%; vale mencionar que las cubiertas de asbesto cemento han sido prohibidas a nivel mundial en varios países ya que mantienen sustancias cancerígenas. En este tema se deben buscar alternativas ecoeficientes que aporten a la disminución el impacto ambiental de la construcción.

Desde hace 25 años, la Organización Mundial de la Salud (OMS) incluyó el asbesto como un elemento cancerígeno de primer orden, pues incide en el desarrollo de cáncer de pulmón, de laringe, de ovario y otras patologías del aparato respiratorio y recientemente alertó que las

enfermedades “siguen en aumento incluso en países donde fue vedado”

(<http://www.ecuadorenvivo.com>).

Como se pudo apreciar el hormigón armado es el material principalmente utilizado en la construcción del país, debido principalmente a su bajo costo y a la confianza que se ha transmitido generacionalmente sobre este material; sin embargo, actualmente existen distintos materiales mucho más eficientes y con similar desempeño, por lo que se deben buscar alternativas que prioricen el cuidado del ambiente y disminuyan la huella hídrica y de carbono de la construcción.

Los aspectos ambientales del ciclo de vida de un hormigón premezclado se asocian principalmente a una alta demanda de materias primas naturales (agregados pétreos, agua), así como materias primas procesadas (cemento, aditivos), junto con un alto consumo energético, utilizado tanto en el proceso de producción como en el de transporte a la obra.

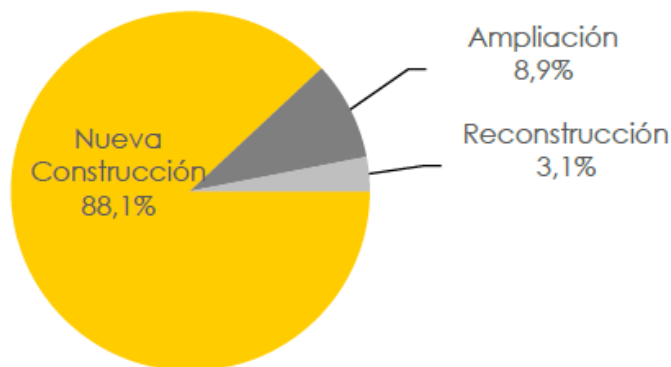
Otros importantes aspectos ambientales para tener en cuenta son la emanación de residuos sólidos (inertes) y líquidos (aguas residuales) y la generación de emisiones diversas (material particulado, CO₂, ruido, etc.), como también el impacto a la infraestructura vial (por traslado de materias primas y producto final) (Muñoz C., 2014).

Con respecto a los materiales utilizados en paredes prevalece ampliamente la mampostería tradicional, ya sea de bloque o ladrillo, ambas con notables impactos ambientales debido a su proceso constructivo que emplea gran cantidad de agua y cemento; generan grandes cantidades de desperdicios para poder realizar las instalaciones hidrosanitarias, eléctricas y mecánicas;

transmiten gran cantidad de peso muerto a la estructura, alrededor de 250 a 300 kg/m² lo que afecta también a su transporte.

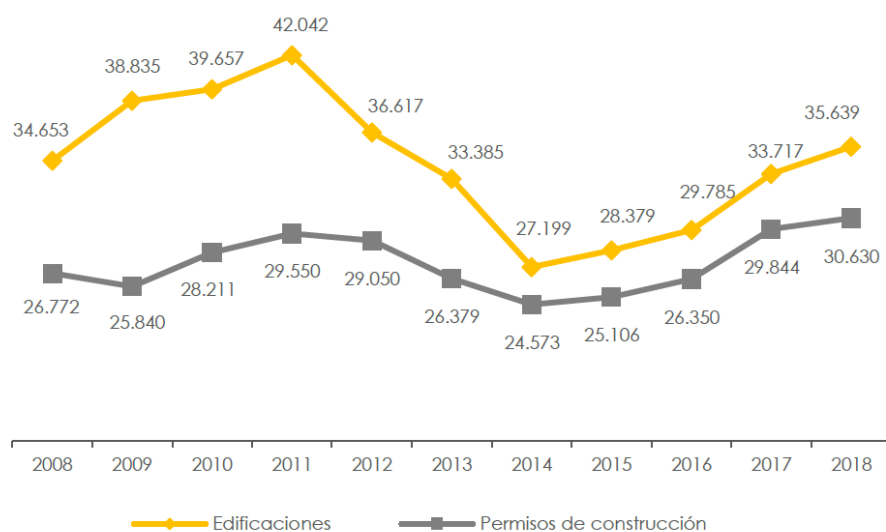
Otro aspecto por considerar de la construcción en el país es que la mayor parte de viviendas son nuevas con un 88%, generando un elevado consumo de materiales; adicionalmente existe una clara tendencia de que siga aumentando las construcciones en el país como se puede apreciar en la imagen siguiente, sin embargo el déficit de vivienda del país es muy elevado, por lo que es vital para el desarrollo sostenible de la industria de la construcción crear las condiciones idóneas para que se utilicen otros materiales y se optimice la construcción, evitando la informalidad que genera notables perjuicios estructurales ante eventos sísmicos.

Ilustración 13 Porcentaje de participación de edificaciones a construir, por tipo de obra



Fuente: INEC, 2018

Ilustración 14 Edificaciones a construir y permisos de construcción, serie 2008-2018



Fuente: INEC, 2018

Con respecto a la normativa existente, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI, publicó en febrero de 2018 la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (NEC-HS-EE); si bien dicha normativa debería ser el referente de eficiencia energética para las edificaciones del país, únicamente describe como exigencias prescriptivas a la envolvente de la edificación.

Por lo cual es limitada y escueta al no considerar fuentes de energía renovables no convencionales, la importancia de los materiales a emplearse, buen manejo de agua y residuos sólidos, ni analiza la huella hídrica y de carbono durante el ciclo de vida de la construcción, por lo que su implementación no garantiza ni promueve la ecoeficiencia en la industria de la construcción del país.

Por otra parte, la ciudad de Quito cuenta con el Programa Integral de Eficiencia Energética para el Distrito Metropolitano de Quito (PIEEQ), en el cual elaborado en conjunto entre el Municipio de Quito, Empresa Eléctrica Quito y CEPAL, además como parte de las Resoluciones de la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda (STHV), existe la herramienta de eco-eficiencia que permite el aumento de edificabilidad por sobre lo establecido en el Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS) (en un 50 % si el lote está una zona de influencia del Sistema Integrado de Transporte Metropolitano, conocido como “Bus Rapid Transit” (BRT), y hasta un 100% si el lote está en una zona de influencia de las estaciones del Metro) a proyectos inmobiliarios que incorporen estrategias relacionadas al consumo eficiente de agua y energía, y así como aportes paisajísticos, ambientales y tecnológicos colaborando con la protección del medio ambiente y la construcción de Resiliencia Urbana en la ciudad de Quito (<http://sthv.quito.gob.ec/portfolio/eco-eficiencia2/#>).

Con el fin de mejorar y ampliar los incentivos propuestos por la aplicación de estrategias de ecoeficiencia para promover su implementación en la ciudad, se pretende elevar la Resolución a nivel de ordenanza con los principios establecidos en la resolución vigente. El sistema de puntuación y las distintas estrategias a adoptar, según los Parámetros de la matriz de ecoeficiencia Municipio de Quito se exponen en la Ilustración 15.

Actualmente, ya se han aprobado varios proyectos urbanísticos que han cumplido con parámetros de Ecoeficiencia tales como recolección y reutilización de aguas lluvias, tratamiento y reutilización de aguas grises, generación y aprovechamiento de energía solar, terrazas y paredes verdes, aportes al espacio público (entrega del retiro frontal al espacio público), diversidad de usos en la edificación (ejemplo: vivienda, oficinas y comercio).

Ilustración 15 Parámetros de la matriz de ecoeficiencia Municipio de Quito



Fuente: GADDMQ

Adicional a los proyectos aprobados, se está dando seguimiento a más de 10 proyectos durante el primer año de la herramienta, desde su expedición, que buscan mayor edificabilidad en las zonas de influencia de transporte masivo (<http://sthv.quito.gob.ec/portfolio/eco-eficiencia2/#>).

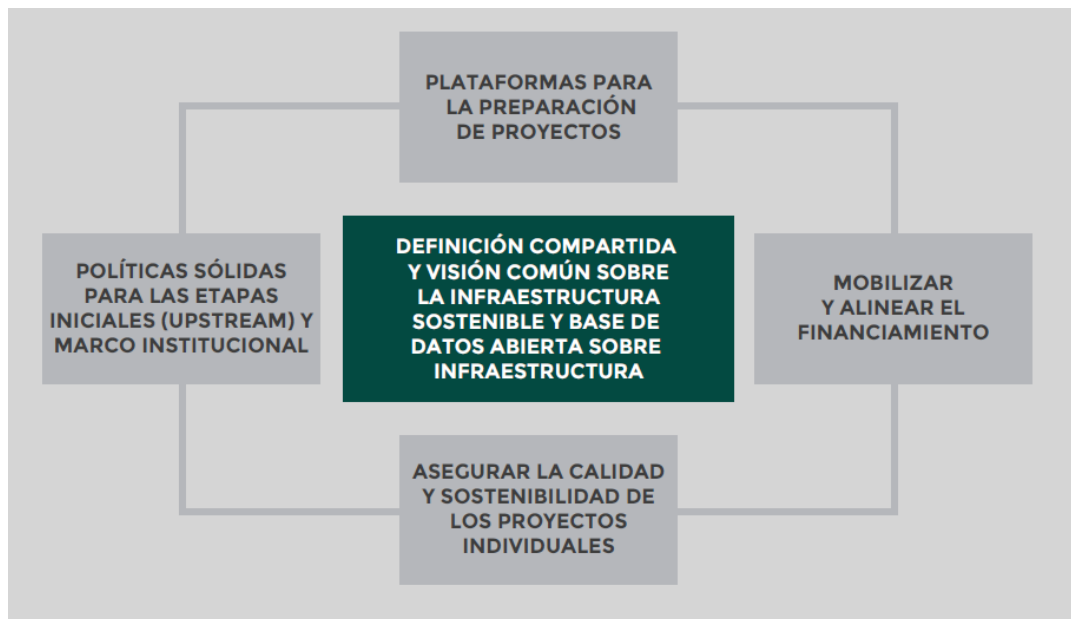
Pese a esta importante iniciativa pionera en el país, no se considera el uso y abuso de materiales tradicionales y métodos constructivos caducos en la implementación de dichos proyectos, lo que se traduce en un aumento en el consumo de materiales que perjudican al ambiente ya que se permite aumentar el número de pisos en dichas construcciones, por lo que es trascendental analizar la huella hídrica y de carbono durante el ciclo de vida de la construcción.

Principalmente las fases de ejecución y demolición, que consumen gran cantidad de recursos energéticos e hídricos, a más de ser una gran fuente de residuos sólidos, sin embargo no se contemplan dichas etapas ya que la mencionada herramienta se enfoca principalmente en el uso

de la vivienda; finalmente no se ha realizado la socialización respectiva ni la articulación pertinente para masificar dicha herramienta y únicamente se busca beneficiar a promotores inmobiliarios y grandes constructoras que acaparan el mercado de la construcción en la ciudad.

Como podemos apreciar en la siguiente imagen, no existen en el país las condiciones idóneas en cuanto a normativa que regule y fomente el desarrollo de infraestructura sostenible, ni siquiera se manejan dichos conceptos, lo cual limita considerablemente el desarrollo de la industria de la construcción y perjudica al ambiente ya que como se explicó dicho sector es uno de los principales consumidores de recursos y generadores de residuos sólidos.

Ilustración 16 Marco integral para el suministro de infraestructura sostenible



Fuente: BID, 2019

Finalmente, la única forma en que se transmite información relacionada a obras civiles en el país es mediante AutoCAD 2D en formato .dwg; este requerimiento se da desde instituciones de

educación superior, entidades colaboradoras de aprobación de proyectos en municipios, entidades contratantes públicas y privadas tanto para consultoría como para ejecución de obras.

Por lo expuesto se puede concluir que la construcción en el país mantiene modelos tradicionales tanto para el diseño y presentación, como también en sus materiales y procesos constructivos, adicionalmente carece de normativa que permita el desarrollo sostenible de este sector, por lo que es necesario buscar alternativas que disminuyan los impactos ambientales que genera este sector, regular su crecimiento y principalmente cambiar la mentalidad tanto del usuario como del constructor, a fin de que se busquen alternativas ecoeficientes durante el ciclo de vida de la edificación pero que sean accesibles para toda la población.

La aplicación de los criterios de sostenibilidad, que lleva a una utilización racional de los recursos naturales disponibles para la construcción, requerirá realizar unos cambios importantes en los valores que ésta tiene como cultura propia (Ramírez A., 2002).

MATERIALES ECOEFICIENTES EN EL PAÍS

Teniendo en cuenta la gran escala de materiales necesarios para el diseño y la operación de un activo de infraestructura, se deben definir estrategias especiales para minimizar el uso de los recursos, así como para integrar soluciones más eficientes. Estas estrategias deben tener en cuenta los principios de la economía circular, el uso de fuentes de energía renovables, planes adecuados para el reciclaje de materiales y la gestión de residuos de ciclo cerrado, entre otros (Bhattacharya A., 2019).

La Construcción Sostenible pretende conceptualmente racionalizar, ahorrar, conservar y mejorar (Gaja F., 2008), bajo esta premisa y con el antecedente del impacto que generan los

materiales tradicionales de construcción, surgen materiales ecoeficientes, considerados como tal al cumplir al menos uno de los siguientes criterios:

- Proceden de materiales reciclados.
- Permiten reutilizarse sin alterar sus propiedades.
- Minimizan el consumo de agua y energía durante su producción, instalación y disposición final.
- Mejoran el desempeño termoacústico de la vivienda.
- Optimizan la instalación, disminuyendo considerablemente los recursos empleados y los tiempos de ejecución.

A continuación, se describen una serie de materiales de construcción comerciales en el país que cumplen con alguno de los requisitos mencionados, sus propiedades principales y diversos usos que se pueden dar a fin de aportar nuevas técnicas de construcción y materiales para el desarrollo de la construcción sostenible en el país.

STEEL FRAME

Sistema constructivo en seco, conformado por perfiles de acero galvanizado conformados en frío, de muy bajo espesor y elevada resistencia estructural, utilizados para vivienda unifamiliar y mampostería estructural y divisoria; los perfiles se colocan espaciados convenientemente en función del recubrimiento a emplearse y en el interior de los perfiles se coloca un aislamiento termoacústico a fin de mantener el confort en el interior de la vivienda.

Una de las principales ventajas de este sistema constructivo es su simplicidad para la instalación, ya que llegan a obra paneles codificados y únicamente deben conectarse entre sí

mediante tornillos autoperforantes y anclados a la cimentación mediante pernos expansivos o anclajes epóxicos, dependiendo las necesidades; esto repercute directamente en los tiempos de ejecución y en los recursos a emplearse, llegando a ser significativamente inferiores a la construcción tradicional.

Este sistema optimiza los tiempos de entrega y garantiza la calidad tanto de los materiales como del diseño y proceso constructivo, al trabajar con una precisión del milímetro; gracias a la tecnología BIM que emplea para el diseño y fabricación de los paneles, se envían directamente de la fábrica perforaciones para el paso de tuberías y cableado, por lo que es vital un buen trabajo previo en el que se estipulen las necesidades del cliente en concordancia con las especificaciones de los perfiles.

Ilustración 17 Vivienda integra Steel Frame, 200 m2



Fuente: Autor

Otra de las ventajas de este sistema constructivo tanto para vivienda o como mampostería, es su bajo peso, para mampostería se tiene alrededor de 5 a 10 kg/m² de pared, mientras que para vivienda integra entre 20 a 30 kg/m² de planta construida; el bajo peso presenta sendas ventajas, para mampostería disminuye considerablemente el peso muerto de mampostería, hasta en un 75%, lo que representa menores secciones estructurales, disminuyendo el costo total del proyecto; mientras que el bajo peso estructural de la vivienda integra significa un mejor desempeño sísmico, ya que dichas fuerzas son directamente proporcionales al peso.

Adicionalmente los perfiles presentan una elevada vida útil de mínimo 25 años, se pueden reutilizar al fundirse nuevamente, son resistentes a plagas, hongos, moho y resiste al fuego; por todas estas ventajas este sistema constructivo ha tenido gran repercusión a nivel mundial, siendo ampliamente utilizado hace más de 50 años, cuenta con su normativa propia y a más de integrar la tecnología BIM busca industrializar la construcción, es decir, enviar directamente de una fábrica a obra desde paredes hasta viviendas integras con sus respectivas instalaciones, acabados y accesorios para acelerar los tiempos de entrega, manteniendo estándares de calidad y garantizando el confort, optimizando la construcción y el uso de materiales.

Ilustración 18 Complejo multifamiliar integro Steel Frame



Fuente: The Steel Network

RECUBRIMIENTOS

Como complementos al sistema constructivo en seco se necesita colocar recubrimientos tanto al interior como al exterior de la estructura, tradicionalmente se colocan al interior placas de yeso cartón, comúnmente llamado gypsum, y al exterior se colocan placas de fibrocemento, por su mejor desempeño a la intemperie; como parte de la revisión bibliográfica realizada se proponen a continuación recubrimientos ecoeficientes, como alternativa para optimizar este sistema constructivo.

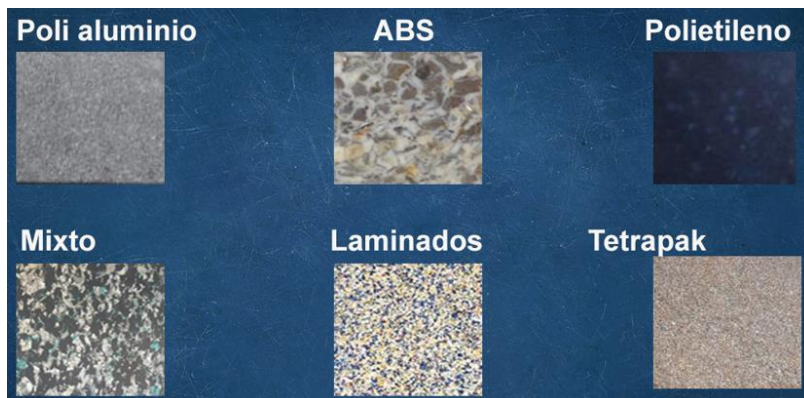
TABLEROS ECOPAK

ECUAPLASTIC está fabricando en el Ecuador un excelente sistema de Cubiertas y Tableros Ecológicos que se adapta a todo tipo de necesidades. Gracias a la tecnología de fabricación se logra crear una solución práctica y económica que brinda mayor confort, mayor durabilidad y resistencia.

Los tableros ECOPAK, son aglomerados en espesores de 2, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 mm con características de madera sintética en dos tipos de presentación:

1. Para EXTERIORES de POLI ALUMINIO, LAMINADOS, POLIETILENO DE BAJA Y ALTA DENSIDAD, ABS utilizado para paredes, pisos, divisiones, muebles soporta 100% la humedad.
2. Para INTERIORES elaborado con una mezcla de cartón, aluminio y polietileno (TETRA PAK), utilizado para paredes, pisos, muebles, cielos rasos y un sin número de aplicaciones.

Ilustración 19 Tipos de tableros Ecopak



Fuente: ECUAPLASTIC

El tablero ECOPAK es el producto de la compactación mediante termocompresión del componente plástico sin el uso de resinas fenólicas (urea-formaldehído), las cuales son de alto costo y de alto impacto ambiental, logrando un material totalmente resistente a la humedad y agentes químicos, cuyas principales propiedades son las siguientes:

- Libre de resinas y formaldehído
- Resistente a la expansión bajo fuertes condiciones climáticas
- Resistente a la rotura y el desgarre
- Buen agarre de tornillos en cara y en lados.
- Resistente a la humedad
- Inmune a hongos y bacterias
- Medianamente elástica
- Baja propagación de llamas en superficie
- Buenas cualidades de insonorización
- Buenas cualidades como aislante térmico
- Termo formable
- Puede ser aserrado, moldeado, pegado, atornillado

Como se puede apreciar dichos materiales presentan grandes ventajas, por lo que debe analizarse su comportamiento en conjunto a fin de establecer los parámetros básicos de desempeño térmico y acústico para posicionarse como una alternativa ecoeficiente en la industria de la construcción.

AISLAMIENTOS TERMOACÚSTICOS

Como complementos al sistema constructivo Steel Frame, se debe colocar aislamiento termo acústico para que se mantenga el confort acústico y térmico dentro de la vivienda; tradicionalmente para este fin se emplea lana mineral de vidrio o roca, con un buen desempeño para estos fines.

La lana mineral de vidrio se produce mediante un proceso de fibración: empieza mezclando arena, vidrio reciclado y aditivos y fundiéndolos en un horno para formar vidrio. Después, un proceso de fibración de alta velocidad separa el vidrio fundido en millones de filamentos, que tras ser rociadas con una solución aglutinante se acumulan sobre una cinta transportadora. El producto resultante se transporta a través de un horno de curado y se corta a la medida correspondiente. En algunos casos, a la lana mineral de vidrio se le adhieren revestimientos (<https://www.ecured.cu>).

La lana de roca es un aislamiento mineral, que se forma por dos materias primas que son:

- las rocas basálticas (de origen volcánico)
- el mineral coque (carbón)

Estos dos minerales se funden en unos hornos especiales que permanecen constantemente a una temperatura superior a 1500 ° c, una vez que llegan a la temperatura de fusión y están en estado líquido, se deshilan en forma de fibras, para posteriormente ser transformado en diferentes formatos (placas, rollos, a granel) y densidades que le conferirán a cada producto su prestaciones térmicas o acústicas (<https://ecogreenhome.es>).

Si bien ambas fibras emplean materiales reciclados en su proceso de fabricación, como son el vidrio y el mineral de coque respectivamente, se necesitan excesivas cantidades de energía para su elaboración, por lo que se propone a continuación materiales ecoeficientes que buscan mantener un buen desempeño termo acústico, pero con un menor impacto ambiental durante su fabricación.

En este sentido existen fibras vegetales con grandes prestaciones termoacústicas, y de las cuales se forman paneles que se colocan como aislamiento en las viviendas, la fibra de cáñamo industrial ha sido empleada desde la antigüedad ya que, desde el punto de vista ecológico, su cultivo es altamente beneficioso para la agricultura y el medio ambiente y no precisa pesticidas, ni herbicidas. El tallo es libre de proteínas, por ello, separado de las semillas (un alimento muy completo y equilibrado) no se necesitan aplicar sustancias protectoras para su almacenamiento o su uso en la construcción. Pudiera dar soluciones integrales en proyectos inmobiliarios (http://www.cannabric.com/bioconstruccion/constuir_con_canamo).

El Opuntia ficus-indica planta arbustiva de la familia de las cactácea, vulgarmente conocida como Nopal, que se utiliza con fines agrícolas y con basta presencia en la parroquia de Malchinguí, perteneciente al cantón Pedro Moncayo de la provincia de Pichincha a 28 km al norte de la ciudad de Quito, en la subcuenca del río Guayllabamba (<https://www.pichincha.gob.ec/pricing/94-eventos/143-parque-recreacional-y-bosque-protector-jerusalem>).

Los prototipos de paneles aislantes realizados a partir de los residuos muestran la posibilidad de utilizar este material en diversas aplicaciones en la industria de la construcción al ser una

materia prima de fácil obtención y su producción implica bajo consumo de energía, lo que lo posiciona como una alternativa válida a los productos que existen actualmente en el mercado (Cascone, 2019).

Ilustración 20 Nopal y panel aislante



Fuente: Cascone, 2019

Otro material que se plantea utilizar son los llamados “ladrillos ecológicos”, que se forman al colocar dentro de una botella PET (Tereftalato de polietileno) —como aquellas de gaseosa o de agua— se introducían los residuos, principalmente bolsas plásticas, compactándolas, y así formar un material solido que no permite el paso del sonido.

Para rellenar los vacíos que se forman y mantener un buen aislamiento térmico, se plantea utilizar espuma de poliuretano, la cual es de fácil utilización, su costo es asequible y por su composición garantiza que se cubran los vacíos de una forma aceptable y brindar en conjunto un buen desempeño termo acústico.

Ilustración 21 Ladrillos ecológicos



Fuente: Universidad de Medellín, 2017

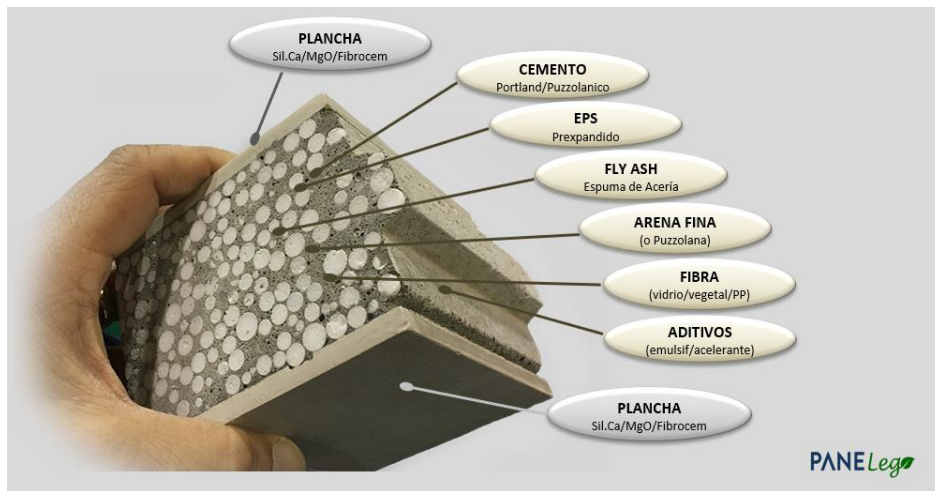
La principal desventaja de este material es que no se encuentran dichos “ladrillos ecológicos” comúnmente, sino son el resultado de intervenciones aisladas de personas particulares, por lo que para fomentar su implementación y desarrollo se deben crear políticas públicas e incentivos a los consumidores para que se norme su realización a fin de disminuir la cantidad de desechos plásticos en el mundo, lo que se ha vuelto una problemática mundial.

Otra alternativa que presenta buen desempeño para aislamiento termo acústico es el poliestireno expandido, el cual se puede colocar directamente entre los recubrimientos y puede provenir también de materiales reutilizados; sin embargo, es complicada su implementación masiva ya que actualmente en el país no se clasifican los residuos sólidos, pero es una alternativa viable que puede generar fuentes de empleo tanto para su obtención como para la puesta en obra.

PANELEGO

Son paneles prefabricados de hormigón alivianado con esferas de poliestireno expandido recubiertos en ambas caras por placas de fibrocemento de 4 o 6 cm, por lo que viene en módulos de 2,44x0,61 m, los anclajes se hacen mediante uniones machimbradas entre paneles y con varillas dobladas a las losas, vigas o demás elementos estructurales donde se coloquen, reforzados con tratamientos epóxicos y distintos morteros dependiendo el acabado.

Ilustración 22 PANELEGO



Fuente: KUBIEC

Estos paneles se pueden usar como mampostería y también como soluciones de vivienda integra; en el primer caso sus principales ventajas son que disminuyen la carga muerta considerablemente por su bajo peso, aumentan el rendimiento al colocar 0,39 m² por panel y disminuyen considerablemente los desperdicios principalmente cuando se ha considerado esta alternativa desde la fase de diseño, todo esto lo vuelve una alternativa ecoeficiente para el sector de la construcción.

Al emplearse como vivienda integra también optimiza la construcción ya que disminuye la estructura de cimentación y el movimiento de tierra que implica la construcción tradicional, además de acortar el cronograma de ejecución y minimizar los desperdicios habituales de obra, siendo una alternativa técnica y económicamente viable, principalmente para vivienda de interés social.

MADERAS PLÁSTICAS

A partir de residuos plásticos provenientes de residuos sólidos urbanos se obtiene madera plástica, la cual presenta un mejor desempeño que la madera convencional ya que por su composición no se pudre, no se apolilla, ni se astilla, por lo que es más resistente a la intemperie y además puede ser reutilizable. Todas estas propiedades junto con su origen lo convierten en un material ecoeficiente, ya que reincorpora en la cadena de producción residuos sólidos plásticos, aportando significativamente al cambio climático y la conservación de bosques.

La presentación de dicho material varía en función del fabricante, pero se acostumbra a presentar en listones de espesor variable, de acuerdo con su uso, entre los que se destacan principalmente los siguientes:

- Recubrimiento de estructura metálica liviana
- Pisos
- Puertas
- Marco de ventanas
- Barandas
- Mesas

- Sillas
- Masetas

Ilustración 23 Madera plástica, varios usos



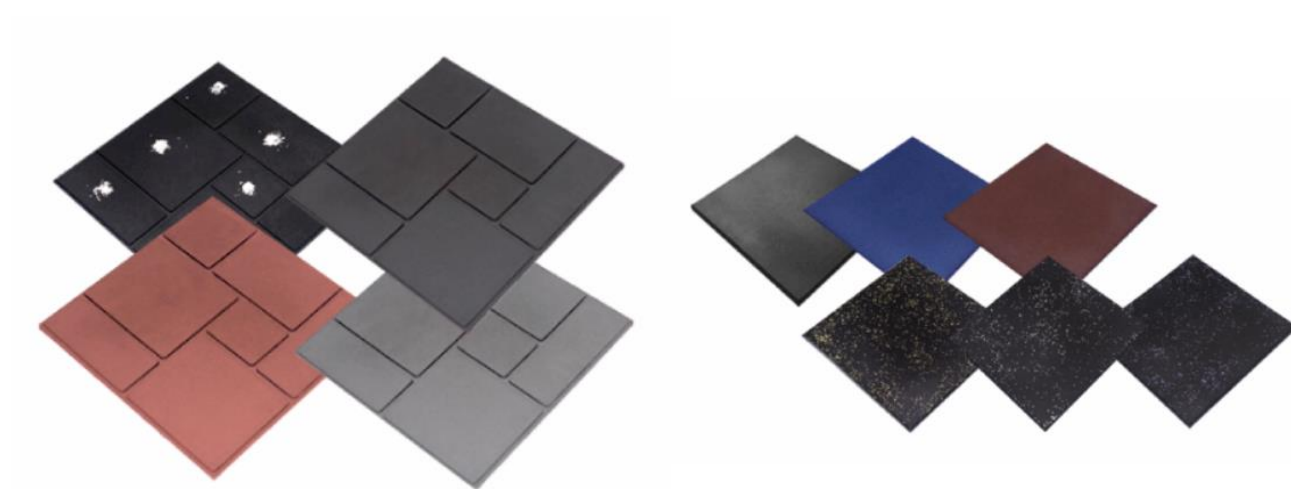
Fuente: Recicladora Barahona

LÁMINAS DE CAUCHO

Otro material ecoeficiente considerado son láminas de caucho provenientes de neumáticos reciclados, con lo que se disminuye considerablemente estos residuos y se inserta nuevamente en la cadena productiva pero con otro uso; este material presenta un excelente desempeño para exteriores ya que no se modifica su composición al contacto con el agua, además resiste impacto considerablemente por lo que se ha popularizado su uso en zonas deportivas, es resistente a

plagas, son acústicos, térmicos y antideslizantes, su uso versátil permite varias aplicaciones y no necesitan mantenimientos constantes.

Ilustración 24 Pisos de caucho reciclado



Fuente: ECOCAUCHO

FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN EDIFICACIONES

ENERGÍA ELÉCTRICA

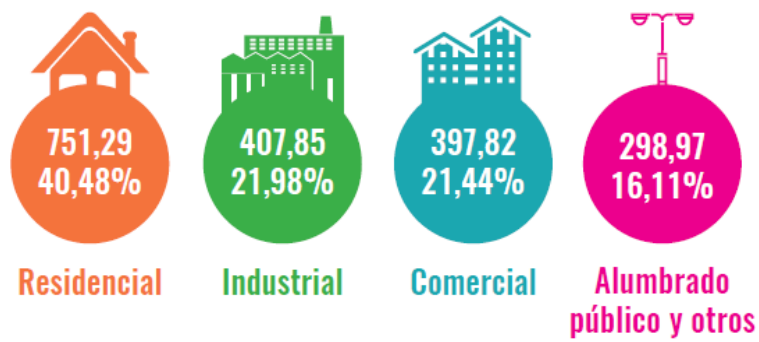
Según la ESTADÍSTICA ANUAL Y MULTIANUAL DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO 2018 publicado por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), el Sector Residencial cuenta con el mayor número de clientes regulados al ser el principal consumidor y por ende quien más factura con alrededor del 40% de la facturación total del país, conforme se puede apreciar en las siguientes figuras:

Ilustración 25 Número de clientes regulados por grupo de consumo



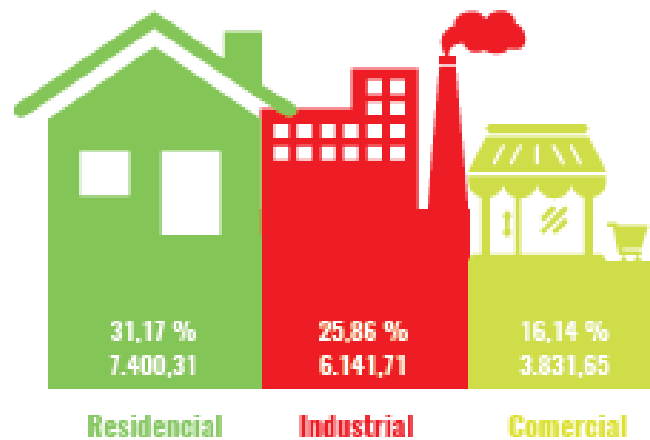
Fuente: ARCONEL, 2018

Ilustración 26 Facturación de energía eléctrica por grupo de consumo (MUSD)



Fuente: ARCONEL, 2018

Ilustración 27 Consumo de energía (GWh)



Fuente: ARCONEL, 2018

Por otra parte, según el mismo reporte las pérdidas de energía eléctrica en los sistemas de distribución alcanzan el 11,39%, lo que nos obliga a repensar la forma en que se está abasteciendo de energía el país y enfocarnos en el mayor consumidor como es el sector residencial nos permitirá aportar significativamente al desarrollo sustentable del país.

Como alternativa al abastecimiento tradicional de energía eléctrica que capta la misma del sistema interconectado y que muchas veces se originan con combustibles fósiles, surgen fuentes de energía renovables no convencionales que aprovechan los recursos naturales disponibles para generar energía eléctrica y abastecer directamente a la vivienda, disminuyendo considerablemente la demanda de la red y las pérdidas por conducción ya que la energía se genera en el propio sitio; en este caso particular se van a analizar la energía fotovoltaica y eólica ya que son las más factibles de implementar en el sector residencial sin necesidad de obras civiles adicionales que encarecen este tipo de proyectos.

FOTOVOLTAICA

La energía solar es aprovechada por todos los seres vivos del planeta e interviene en todos los fenómenos naturales por lo que es considerada como la fuente de energía de la vida al ser indispensable su presencia; pese a que se conoce su potencial y se experimenta en su aprovechamiento hace más de 200 años, lamentablemente una vez más debido a los intereses económicos de las cúpulas petroleras extractivistas en su afán por acaparar la generación de energía, han boicoteado de distintas maneras las tecnologías que implican la producción de energía fotovoltaica.

Sin embargo, con la vorágine de la globalización es inevitable que surjan tecnologías emergentes y actualmente la energía solar se posiciona cada vez más como una de las energías renovables no convencionales más utilizadas a nivel mundial, aprovechando la energía solar mediante celdas fotovoltaicas para generar energía eléctrica o para calentar fluidos ya sea para uso doméstico, industrial y generación de energía eléctrica.

Mediante paneles solares fotovoltaicos se puede transformar la energía solar en energía eléctrica para el consumo; para dimensionar un sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Recurso: disponibilidad solar a lo largo del día y su potencia, normalmente en W/m^2 ; varía en función de la ubicación y las condiciones atmosféricas.
- Demanda: cantidad de energía necesaria para satisfacer a la edificación, se deben optimizar los sistemas eléctricos a fin de disminuir dicha demanda.

- Tipo de panel: capacidad de generación del equipo en función de las condiciones atmosféricas.

Una vez establecidos estos datos se procede a diseñar el sistema de abastecimiento de energía eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos, mismo que puede ser autónomo es decir abastece de forma única a la vivienda lo que implica mayores equipos y baterías de almacenamiento de energía, o también interconectado a la red de servicio eléctrico y emplearse para disminuir el consumo lo que disminuye la cantidad de equipos a emplearse y el tamaño de las baterías de almacenamiento.

Ilustración 28 Vivienda con paneles fotovoltaicos



Fuente: bioguia.com

Internacionalmente los precios de las energías renovables han disminuido y la eficiencia de los paneles solares mejora, por lo que se han dado las condiciones para incrementar la generación de energía no contaminante, y en edificios de gran altura se considera implementar energía solar

fotovoltaica integrada en edificios en instalaciones de verticales, recubriendo la fachada de la edificación y generando energía eléctrica, contribuyendo significativamente al desempeño energético de la edificación. En 2019, U-Solar Clean Energy Solutions instaló el mayor sistema solar fotovoltaico vertical integrado en un edificio de la India en un centro de datos en Mumbai.

El sistema, con una capacidad de aproximadamente 1 MW, se instaló integrando paneles solares en los cuatro lados de la fachada del edificio, cubriendo más de 465 metros cuadrados de área de fachada (<https://ecoinventos.com/mayor-sistema-solar-vertical-integrado-en-fachada-india/>).

Ilustración 29 Proyecto BIPV Mumbai



Fuente: ecoinventos.com

EÓLICA

En este caso se emplea la energía cinética del viento para generar energía eléctrica mediante aerogeneradores, colocados convenientemente en función de las mediciones de viento realizadas. El tamaño de los aerogeneradores varía en función del recurso, la demanda y el tipo de generador, al igual que en el caso anterior.

Ilustración 30 Aerogenerador domestico ISTA BREEZE



Fuente: amazon.com

Tanto para el caso de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos o aerogeneradores, la producción de estos varía en función de las condiciones atmosféricas, por lo que es necesario contar con el respectivo almacenamiento de la energía que se genere a fin de que se pueda consumir en el momento necesario, además se recomienda considerar parámetros de eficiencia energética en las instalaciones eléctricas de la vivienda de forma que se disminuyan los consumos y también se pueden combinar ambas fuentes de generación para tener un respaldo para cada una de estas.

Ilustración 31 Vivienda autoabastecida mediante paneles fotovoltaicos y aerogeneradores



Fuente: renovablesverdes.com

La importancia de la autogeneración mediante fuentes de energía eléctrica renovables no convencionales radica en la disminución de la dependencia de combustibles fósiles que hasta el momento son la principal fuente de energía a nivel mundial, siempre y cuando se masifique la implementación de este tipo de proyectos mediante beneficios arancelarios y la normativa pertinente que exija el cambio de la matriz energética; adicionalmente se disminuyen considerablemente las cargas de las redes que, principalmente en las ciudades importantes del país, al momento se encuentran saturadas por el caótico crecimiento.

Desafortunadamente como es una mala costumbre en el país las instituciones encargadas de la medición de dichos recursos en este caso el INAMHI, no cuenta con información fidedigna y de libre acceso para diseñadores, por lo que es recomendable previo a la implementación de cualquiera de estas alternativas realizar mediciones in situ que van a variar de acuerdo con las necesidades del proyecto y así determinar las características particulares del sector donde se plantea emplearse.

CALENTAMIENTO DE AGUA

Actualmente en el país, debido a los subsidios, el Gas Licuado de Petróleo GLP constituye la principal fuente de energía para calentamiento de agua, pese a ser un producto importado lo que perjudica la balanza comercial del país al perpetuar el modelo extractivista exportador de crudo e importador de derivados, además su uso perjudica considerablemente el ambiente con sendas emisiones de CO₂, y pone en riesgo a los usuarios ya que se comercializa en bombonas de 15 kg sin ningún control de calidad ni mantenimiento.

Por lo expuesto surge la necesidad de dotar a la población de fuentes alternativas para calentamiento de agua, que no generen emisiones durante su uso y garanticen la seguridad y confort de los usuarios mediante un diseño óptimo, por lo que a continuación se describen las tres principales fuentes de calentamiento de agua para uso residencial disponibles en el país.

SOLAR TÉRMICA

Otra forma de aprovechamiento de la energía proveniente del sol es a través de paneles solares térmicos, los cuales concentran el calor proveniente del sol en el panel y transfieren mediante tuberías al fluido que pasa por el mismo, principalmente se usa para generar Agua Caliente

Sanitaria y surtir a las viviendas de esta; al igual que el sistema fotovoltaico se deben considerar los mismos parámetros, es decir, el recurso, la demanda y el tipo de panel a emplearse.

Ilustración 32 Panel solar térmico

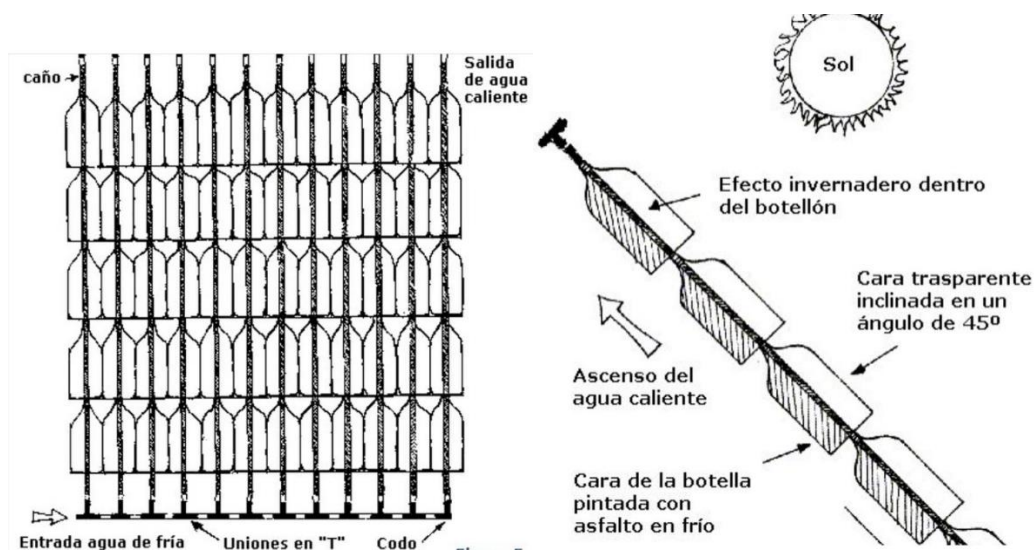


Fuente: autosolar.es

La simplicidad de dichos sistemas ha permitido desarrollar modelos caseros elaborados con botellas plásticas PET y cartón Tetrapak reciclados, disminuyendo considerablemente los costos y permitiendo que cualquier persona lo pueda realizar sin ningún conocimiento técnico específico; en Brasil en el estado de Santa Catarina el ingeniero mecánico José Alano a masificado la implementación de este tipo de calentadores de agua y más de 7000 personas se están beneficiando de su uso

(<http://www.ideassonline.org/public/pdf/PannelloSolarePlasticaENG.pdf>).

Ilustración 33 Calentador solar casero



Fuente: ecoinventos.com

Pese a la sencillez para elaborar estos colectores y los buenos resultados que presentan, en el país su aplicación es nula, ni siquiera en estratos sociales bajos, debido a la falta de educación y desinterés por parte de las autoridades, por lo que es vital para el desarrollo ecoeficiente de la sociedad que los usuarios busquen alternativas y sean ellos los generadores e implementadores de

dichas soluciones con el apoyo de la academia, para desarrollar una sociedad incluyente y garantizar la tan necesaria transferencia tecnológica que permita una mejora socio económica de la gente de escasos recursos.

BOMBAS DE CALOR

Dichos sistemas se encargan de calentar el agua mediante un intercambio de calor con el uso de energía eléctrica, de forma inversa a un refrigerador convencional, es decir, evaporan y condensan un refrigerante extrayendo el calor del ambiente y trasladándolo al interior para calentar el agua en un circuito cerrado, expulsando el frío remanente ya que el refrigerante se encuentra en menor temperatura que el exterior.

Debido a su mecanismo tiende a enfriar el ambiente donde se coloque dicho equipo por lo que su localización es clave para mejorar su desempeño, por lo que se recomienda un mínimo de 20 metros cúbicos para que el intercambio del aire sea eficiente, permitiendo en condiciones favorables un importante ahorro de energía eléctrica con un buen desempeño e importantes niveles de confort para el usuario. Pese a esto, una vez más debido a los infructuosos subsidios del GLP no se ha proliferado su uso.

Ilustración 34 Esquema de funcionamiento de una bomba de calor



Fuente: sanigrif.es

CALEFONES ELÉCTRICOS

En este caso se calienta el agua a través de una resistencia eléctrica de manera inmediata, por lo que no necesita un tanque de almacenamiento de agua caliente sanitaria, generando una importante ventaja frente a las opciones descritas anteriormente, adicionalmente su instalación es sencilla y se puede colocar en cualquier sitio, dependiendo de la capacidad de este se debe seleccionar la distancia máxima a las salidas de agua. Por otra parte, en función de su uso, se tiene un mayor consumo de energía eléctrica, por lo que en el país pese a existir un incentivo de 20 kWh/mes no se ha masificado su uso, ya que en la mayoría de los casos se excede este consumo lo que implica elevados costos en las planillas, incomparables con el precio subsidiado del GLP.

CLIMATIZACIÓN

Pese a las favorables condiciones climatológicas del país que no presenta estaciones marcadas y sus respectivas temperaturas extremas, en ciertos casos se emplean dispositivos de climatización para mejorar el confort de los usuarios principalmente mediante aires acondicionados y calderos en instalaciones de mayor envergadura. A continuación, se detallan dos formas de climatizar ambientes que no han sido empleadas de forma masiva en el país pese a su importancia a nivel mundial.

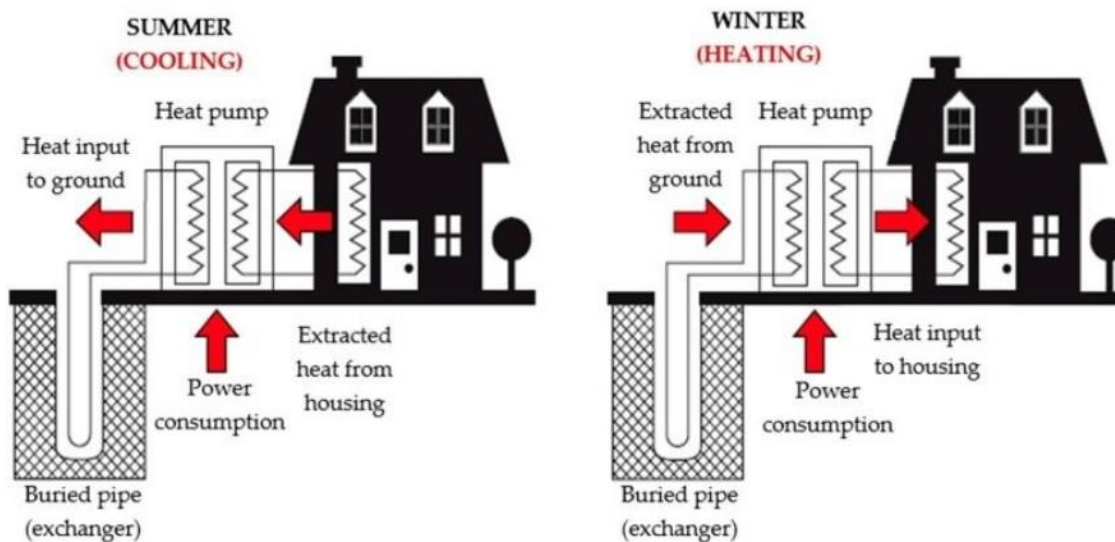
GEOTERMIA DE BAJA ENTALPIA

A cierta profundidad en la tierra, la temperatura es constante y agradable a lo largo del tiempo, por lo que se puede realizar un intercambio de temperatura entre el aire que se encuentra en la vivienda y el que se encuentra en la tierra mediante las mencionadas bombas de calor que se encargan de realizar este proceso como se explicó anteriormente, todo esto con la finalidad de mantener climatizada la vivienda a lo largo del día; el intercambio de calor entre el suelo y la vivienda se puede realizar a través del aire mediante aires acondicionados o mediante fluidos mediante suelo radiante, es decir, tuberías embebidas en el piso de la vivienda que transportan un fluido y así regulan la temperatura y garantizan el confort térmico de la vivienda.

Mediante esta tecnología también se puede dotar la vivienda de agua caliente sanitaria al igual que con las bombas de calor, adicionalmente con el mismo principio pero en una escala mayor la geotermia de alta entalpia se encarga de aprovechar la energía contenida en la tierra para generar energía eléctrica; medidas fiscales adecuadas que promuevan la instalación de este tipo de

sistemas de climatización permitirían que las instalaciones de intercambio geotérmico contribuyeran significativamente a la descarbonización de edificios y de industrias (APPA, 2018)

Ilustración 35 Instalación de geotermia de baja entalpia para climatización

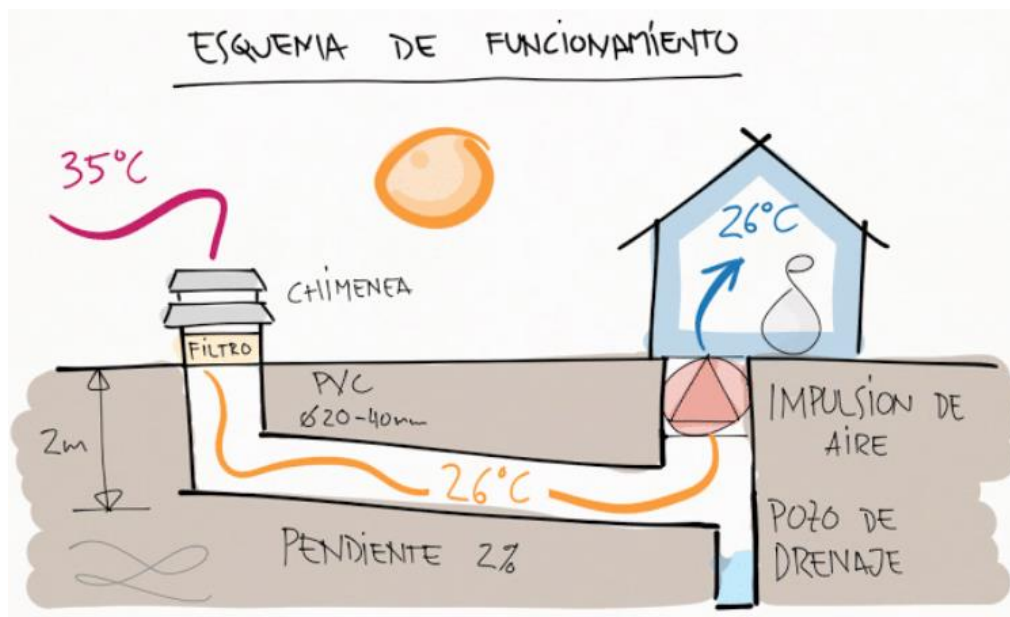


Fuente: e-ficiencia.com

Lejos de ser una tecnología innovadora, se conoce su uso hace cientos de años y en Europa principalmente existen plantas de generación de energía eléctrica de hace más de medio siglo que continúan funcionando; en el plano residencial también existen tecnologías usadas desde hace varias décadas como el llamado pozo canadiense o también conocido como provenzales que son sencillos sistemas de climatización geotérmica, formados por tuberías ubicadas en el subsuelo y trabajan bajo el principio de inercia térmica para regular la temperatura del aire al interior de la vivienda.

Su principio de funcionamiento es sencillo, el aire que se acumula en las tuberías soterradas se encuentra más frío que el aire de la casa en el verano, pero más caliente en el invierno. Tenemos, sin ningún consumo eléctrico, un intercambio de calor que aprovecharemos para calentar en invierno y refrescar en verano. Lo más efectivo y económico es instalar el pozo canadiense durante la construcción de la vivienda, ya que la instalación posterior puede resultar cara (<https://ecoinventos.com/pozos-canadienses/>).

Ilustración 36 Pozo canadiense



Fuente: ecoinventos.com

AEROTERMIA

Con el mismo principio de las bombas de calor de intercambios de calor pero en este caso para climatizar la vivienda, la aerotermia aprovecha la energía contenida en el aire del ambiente para climatizar y también dotar de agua caliente sanitaria a la vivienda lo que lo convierte en un

sistema multifuncional y aunque necesitan de energía eléctrica para su funcionamiento presentan un buen desempeño y la ventaja principal es que no generan ningún tipo de residuo ni emisiones contaminantes a la atmosfera, lo que da buenas expectativas de esta tecnología pese al desconocimiento de la misma.

Ilustración 37 Equipo de aerotermia para climatización



Fuente: ecoinventos.com

Con el mismo concepto se ha creado un climatizador con botellas recicladas, las cuales se cortan en dos partes y se colocan en un tablero que va en una ventana con los cuellos de las botellas hacia dentro de la vivienda, y así de esta simple forma se refresca la vivienda de forma natural por la diferencia de presión; la empresa Grameen Intel Social Business ha desarrollado estos dispositivos en Bangladesh con los cuales han logrado disminuir hasta 5°C en pocos minutos (<https://ecoinventos.com/eco-cooler-climatizador-ecologico-gratuito-y-sin-electricidad/>). Idea

práctica y asequible para personas de escasos recursos de zonas cálidas, además de amigable con el ambiente al emplear materiales reciclados en su implementación.

Ilustración 38 ECO COOLER



Fuente: ecoinventos.com

SANEAMIENTO AMBIENTAL

Como aporte significativo para la construcción sostenible se debe considerar los aspectos fundamentales del saneamiento ambiental, como son el abastecimiento de agua para consumo, tratamiento de aguas residuales y manejo de residuos sólidos, durante el ciclo de vida de la vivienda a fin de minimizar la huella hídrica que produzca la vivienda y aportar a los objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU como se mencionó anteriormente e introducir los conceptos de eficiencia hídrica en la construcción.

En relación específica con el agua y el saneamiento, en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de la ONU este objetivo era parte de garantizar la sostenibilidad del medio

ambiente (objetivo 7). La meta específica para agua y saneamiento era “reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento” (meta 7C). En otros términos, esta meta era alcanzar el 88% de la población con fuentes mejoradas de agua, y el 77% con instalaciones mejoradas de saneamiento (INEC/UNICEF 2018).

El acceso al agua es un derecho de la población por lo que ha sido considerado primordial dentro de los ODM, por lo que se debe repensar el abastecimiento lineal principalmente para comunidades aisladas que no cuentan con redes cercanas de abastecimiento y su ejecución es realmente costosa, pero en muchos casos disponen del recurso agua en diferentes circunstancias, pero no es aprovechado por desconocimiento y falta de incentivos a la población de escasos recursos para autoabastecer de agua.

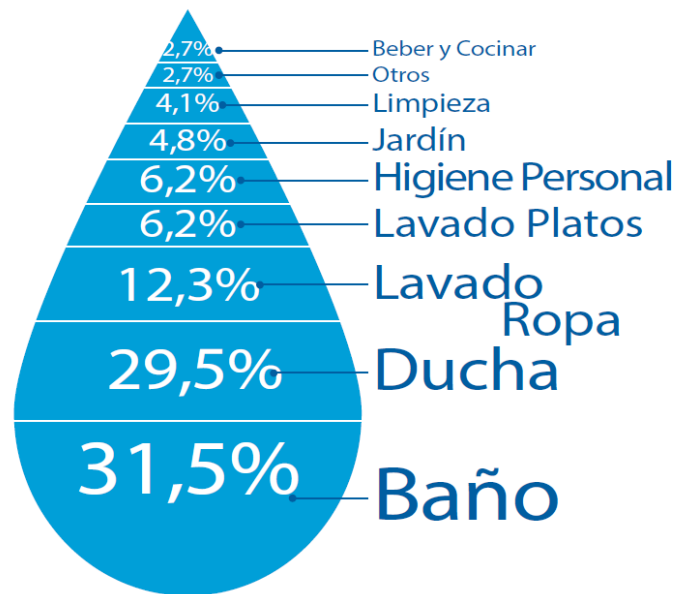
El ser humano extrae un 8% del total anual de agua dulce renovable y se apropia del 26% de la evapotranspiración anual y del 54% de las aguas de escorrentía accesibles. El control que ejerce la humanidad sobre las aguas de escorrentía es ahora global y desempeña hoy día un papel importante en el ciclo hidrológico (Castillo Avalos, 2013). Como consecuencia de las actividades antrópicas y el desarrollo masivo de centros poblados se ha alterado el ciclo hidrológico, y contaminando los cursos de agua, por lo que es necesario considerar este parámetro de ecoeficiencia en la industria de la construcción.

CAPTACIÓN AGUAS LLUVIAS

En este sentido se plantea la captación de agua lluvia en la vivienda, la cual previo un tratamiento primario (filtración), se deposita en una reserva donde se coloca un hipo clorador a

fin de evitar la proliferación de bacterias y posteriormente mediante un equipo de bombeo, de ser necesario, se distribuye el agua captada ya sea para riego y principalmente en inodoros, que son el principal consumidor de agua de una residencia estándar, al consumir cerca del 30% del agua de la vivienda tipo en el país.

Ilustración 39 Consumo de agua diario por persona según actividad en Cuenca, Ecuador



Fuente: Baquero, 2013

Previo a realizar la captación se deben realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de lluvia a fin de conocer sus propiedades y en base a estas determinar el tipo de tratamiento necesario a realizar; a fin de dimensionar el depósito de almacenamiento se debe conocer las necesidades de la vivienda y la disponibilidad del recurso, para mediante un análisis técnico y económico definir el porcentaje vamos a abastecer con nuestro sistema de captación de agua lluvia en la vivienda.

Ilustración 40 Sistema de captación de agua lluvia



Fuente: ecoinventos.com

En relación con el acceso, el Programa de Monitoreo de Provisión de Agua y Saneamiento propone que la fuente o suministro de agua está “cerca” cuando se encuentra en la vivienda, lote o terreno (INEC/UNICEF 2018). Aprovechar el agua lluvia captada directamente en la vivienda disminuye considerablemente las necesidades de consumo de agua y su implementación masiva puede aportar considerablemente para disminuir las cargas de las tuberías de abastecimiento que están actualmente saturados por el crecimiento poblacional exponencial al igual que en los sistemas eléctricos, de forma que se aporta de forma eficiente a la tan necesaria transición del tradicional modelo lineal de consumo hacia un autoabastecimiento de agua.

REUTILIZACIÓN DE AGUA EN LA EDIFICACIÓN

El agua constituye un recurso vital para el hombre y como tal ha ocupado y ocupa un lugar destacado dentro de la política ambiental europea, donde se ponen en juego múltiples sectores, el institucional, el socioeconómico, el financiero, el cultural y, en particular, el de la capacidad de gestión hídrica (Saldívar V., 2013). La importancia de este recurso no ha permitido concientizar sobre su uso, pero hasta el momento se mantiene un modelo lineal de consumo considerando que se tiene un acceso ilimitado al agua dulce pero cada vez más se van agotando las reservas de agua al alterar drásticamente el ciclo hidrológico.

En la actualidad, la mayoría de las viviendas están diseñadas de manera que se destina el uso de agua potable para todas las actividades, sin valorar este recurso como no renovable y que está en peligro de agotarse. Por eso es necesario plantearse la implementación de un sistema que evite el consumo desmesurado de agua potable en actividades domésticas que no requieran tal cantidad de ella, y la reutilización del agua proveniente del lavamanos, ducha, cocina (aguas grises) en usos que no requieran agua potable, como por ejemplo las cisternas de los inodoros (Baquero M., 2013).

En general, se puede tratar toda el agua servida de la vivienda e introducir de nuevo para el consumo, mientras mayor sea su contaminación será más costoso su tratamiento a fin de garantizar las condiciones idóneas para el consumo, pero mientras no exista el interés político ni la conciencia social el consumo seguirá creciendo indiscriminadamente y agotando el recurso agua ya que cada vez más se limita su ciclo y adicionalmente se contaminan todos los cursos de agua, por tal la FAO en marzo de 2017 a través de su Oficina Regional de la FAO para América

Latina y el Caribe establece que la “Reutilización de aguas residuales urbanas puede favorecer a la agricultura y disminuir presión sobre los recursos naturales”.

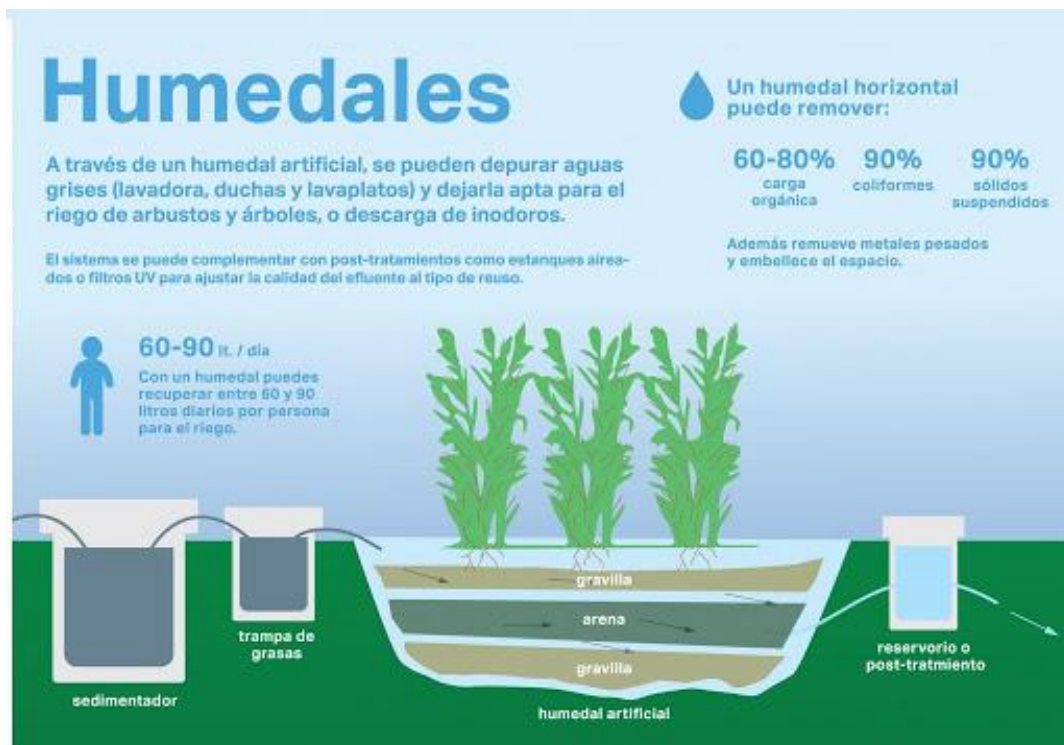
TRATAMIENTO NATURAL DE AGUAS RESIDUALES

El incremento en la generación de aguas residuales ha obligado a la Ingeniería a buscar, encontrar y aplicar alternativas de tratamiento de depuración eficientes, autónomas y económicamente viables. Entre las soluciones más atractivas se encuentran los tratamientos que emulan los fenómenos que ocurren espontáneamente en la naturaleza. Estos sistemas se denominan tratamientos naturales de aguas residuales y cada día es más frecuente el uso de lagunajes, de sistemas de infiltración, de humedales artificiales de toda la variedad de sistemas, pues producen efluentes de buena calidad, al mismo tiempo que presentan bajos costos de inversión, operación y mantenimiento y no requieren de personal altamente capacitado. El uso de humedales para depurar aguas se ha incrementado durante los últimos veinte años y, hoy por hoy, son una opción de tratamiento de aguas residuales reconocida y recomendada (Izasa C., 2005).

Desafortunadamente en el país, casi todas las ciudades evacúan las aguas servidas directamente a los cursos naturales de agua sin ningún tratamiento previo, contaminando considerablemente este recurso, creando en muchos casos ríos muertos donde no se puede desarrollar ninguna forma de vida, causando enfermedades de origen hídrico y perjudicando significativamente al ciclo del agua, agotando las reservas de agua subterránea al no permitir su escorrentía natural por el aumento masivo de zonas urbanas, contaminando los cursos de agua superficial al descargar aguas servidas sin tratamiento y contaminando la lluvia por la contaminación atmosférica.

Por esto se plantea una forma natural de tratamiento de aguas residuales, misma que puede ser empleada en viviendas a un módico costo, en relación con el beneficio ambiental que genera. Este tratamiento consiste en colocar las aguas residuales en un canal con una muy baja pendiente, en el mismo que se colocan plantas especiales, las mismas que absorben las partículas del agua y en un proceso biológico natural purifican y clarifican el agua contaminada a la vez que obtienen nutrientes, creando un proceso simbiótico en el que las plantas se alimentan de los microorganismos del agua contaminada, purificándola de forma natural en el proceso.

Ilustración 41 Esquema humedal tipo



Fuente: traesure.com

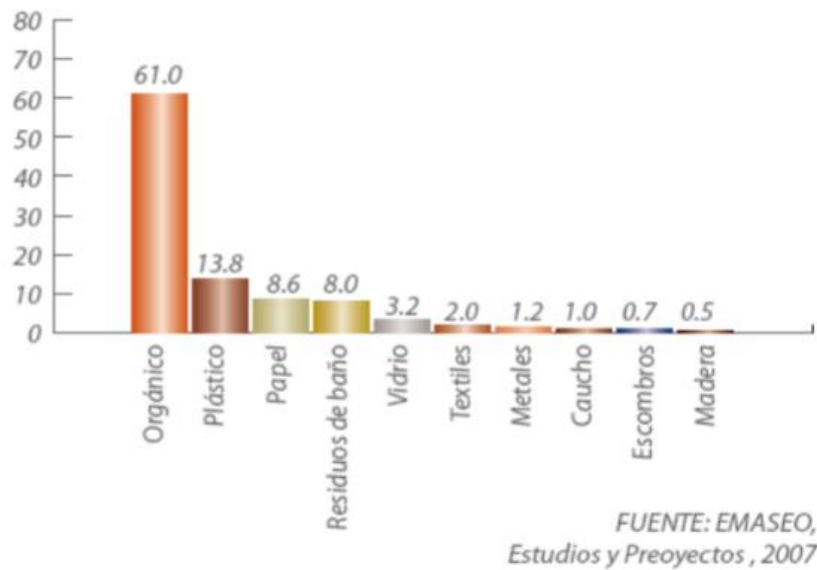
La principal ventaja de este tipo de tratamiento radica en su bajo impacto ambiental ya que se realiza mediante un proceso natural, de forma que evita el uso de peligrosos químicos contaminantes usados habitualmente para el tratamiento del agua, por lo que se posiciona como un sistema de sostenible de tratamiento de aguas residuales permitiendo autonomía en la vivienda ya que se puede emplear de forma descentralizada, modificando las condiciones actuales de consumo y disposición lineal de agua y reintroduciendo el efluente para el uso de la vivienda, disminuyendo el consumo durante la vida útil de la vivienda.

BUEN MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS

Como complemento para optimizar el impacto ambiental que generan las edificaciones durante su ciclo de vida, en especial en la etapa de uso, se plantea un buen manejo de residuos sólidos, lo que implica separación de los mismos en primera instancia en orgánicos e inorgánicos, para a partir de esto revalorizar los residuos sólidos urbanos y en lo posible reintroducirlos a la cadena de consumo o darles un nuevo uso, modificando el tradicional modelo lineal de consumo y desecho, que tantos inconvenientes ha causado al ambiente y en muchas ciudades se ha vuelto un grave problema ambiental.

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) informa que cada habitante del Ecuador produce en promedio alrededor de 0,58 kilogramos de residuos sólidos en el área urbana, según la Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, correspondiente al año 2016; en Quito alrededor del 61% son orgánicos, 14% pasticos y el resto se divide según la siguiente gráfica:

Ilustración 42 Porcentaje residuos sólidos quito



Fuente: EMASEO, 2007

Separar los residuos sólidos urbanos en la vivienda aporta significativamente al ambiente, pese a que la mayoría de ciudades del país no diferencian su recolección y disposición final al colocar en botaderos de basura a cielo abierto en la mayoría de ciudades del país, sin embargo, en la mayor parte de ciudades del país existen recicladores base que se encargan de separar los residuos y aprovechar los que pueden ser reciclados, por lo que es responsabilidad del usuario de la vivienda realizar dicha separación y contribuir al buen manejo de residuos sólidos urbanos.

Con respecto a los plásticos se pueden separar con gran facilidad y adicionalmente elaborar los denominados “Ladrillos Ecológicos”, los cuales se pueden usar directamente en la construcción o a su vez procesarse para obtener materiales de construcción como los mencionados anteriormente, para lo que se debe concientizar al usuario sobre los efectos ambientales adversos

que tiene el manejo actual de la basura para el planeta, y cambiar las costumbres de la población ya que es la única manera de mitigar el incesante daño ambiental que generan los residuos sólidos.

HUERTOS URBANOS

Como se pudo apreciar alrededor del 60% de residuos sólidos urbanos son orgánicos, lo que nos da un potencial para aprovechar dicho recurso en nuestra propia vivienda. Una forma práctica y de bajo costo es realizar compostaje, es decir, colocar los residuos sólidos orgánicos triturados en recipientes con tierra y gusanos que ayudarán a descomponer dicha materia orgánica y podrán crear abono para cultivos. Este procedimiento se complementa con la implementación de huertos urbanos, los mismos que a más de contribuir al ornato de las ciudades y las viviendas pueden aportar significativamente a la soberanía alimentaria, principalmente de personas de escasos recursos.

Otra ventaja significativa de implementar huertos urbanos es aportar al desarrollo de la economía circular ya que se transforma el actual manejo lineal de residuos que únicamente se basa en disponer los residuos en sitios determinados, sin revalorizar este recurso, siendo un constante gasto para los municipios quienes son los encargados del manejo en el país y contaminando el ambiente considerablemente. Es importante analizar a fondo la importancia de implementar estas medidas para el manejo de residuos sólidos a gran escala, ya que en principio se puede disminuir considerablemente la cantidad de residuos sólidos a ser transportada lo que afecta directamente a la capacidad de los sitios de disposición final, que en muchos casos como Quito ya se encuentran saturados.

Finalmente se puede disminuir la huella de carbono de la vivienda ya que como se sabe las plantas absorben dióxido de carbono en su proceso de fotosíntesis, a más de mejorar la calidad de vida de la población al permitir una fuente inagotable de alimentos, libres de pesticidas y transgénicos, ya que los mismos residuos orgánicos generados se reintroducen en el proceso de compostaje manteniendo la sustentabilidad del sistema.

Ilustración 43 Ciclo de compostaje

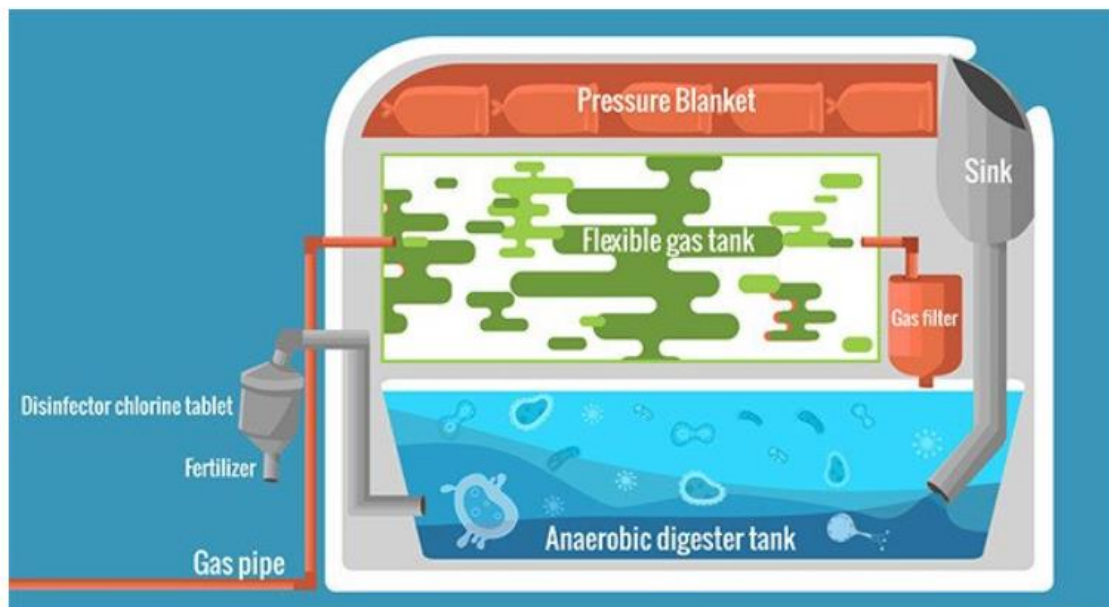


Fuente: labasura.net

BIOGÁS Y FERTILIZANTES

Otra manera para tratar los residuos sólidos orgánicos se da mediante un biodigestor el cual en un proceso anaerobio de descomposición de materia orgánica genera gas que puede ser aprovechado para cocinar o calentar agua y también genera fertilizantes orgánicos para los cultivos; dicho sistema se puede elaborar de forma casera o también adquirir equipos íntegros que realizan dicho procedimiento. Para que se puedan implementar estos sistemas se debe realizar una correcta separación de residuos sólidos urbanos para introducir residuos orgánicos y no otro tipo de residuos sólidos; por otra parte, también se pueden colocar estiércol de animales ya que por su composición permite la generación de biogás para su futura aplicación en usos residenciales.

Ilustración 44 Esquema biodigestor



Fuente: ecoinventos.com

METODOLOGÍA BIM

La mayoría de los proyectos de construcción terminan con sobrecostos debido principalmente a las inconsistencias entre arquitectura e ingenierías, lo que implica que casi ninguna obra civil termina en el plazo considerado; por otra parte la mayoría de los profesionales de la construcción considera insuficiente la información proporcionada por diseñadores para la ejecución, así se ralentiza el proceso y actualmente no se permite interactuar ya que cada área realiza su análisis en un plano en el que sus dos dimensiones carecen de características y de interoperabilidad.

La metodología BIM (Building Information Modeling) se ha posicionado a nivel mundial como la nueva forma de concebir obras civiles ya que mediante la modelación tridimensional engloba en un mismo archivo todas las áreas que intervienen como son arquitectura, estructura, instalaciones sanitarias, eléctricas, electrónicas y mecánicas, permitiendo la interacción constante de todas las áreas lo que brinda a los diseñadores optimizar los diseños y disminuir considerablemente las inconsistencias al momento de ejecutar la obra. Otra ventaja notable sobre el diseño tradicional es que en el mismo archivo se permite ingresar parámetros del tipo de materiales, lo que nos permite realizar un análisis en conjunto del proyecto y obtener con facilidad las cantidades de obra y el presupuesto referencial, agilizando el procedimiento y mejorando significativamente la presentación de los proyectos.

La implantación de la metodología BIM representa un impulso del sector de la construcción hacia su digitalización (EUBIM TASK GROUP, 2018), por lo que es vital para el desarrollo de la industria de la construcción del país migrar a una forma de diseño que optimice los materiales, agilite el cálculo y permita la interacción entre ingenierías. Para esto debe impulsarse en primera

instancia la capacitación y formación en esta área ya que actualmente el país no cuenta con muchos profesionales con experticia en el tema, para después estandarizar los formatos de presentación de los proyectos civiles de forma que todo el país trabaje en el mismo sistema y de a poco se involucre en el desarrollo que existe internacionalmente, ya que como menciona en el Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo se prevé que BIM se convertirá en la norma para la ejecución de proyectos de infraestructura pública en todo el mundo.

Diversos informes estiman la oportunidad financiera que ofrece la digitalización de los procesos de ingeniería, construcción y explotación en torno a un 10-20 % del gasto en construcción de los proyectos de construcción vertical (edificación) y de infraestructura (BCG, 2016), en este sentido las formas tradicionales de elaboración de obras civiles perjudican económicamente al país ya que tardan tiempo considerable en su realización, no permiten interacción entre diversas áreas lo que se traduce en errores recurrentes al momento de ejecución y finalmente no realizan un análisis integral del proyecto lo que no permite optimizar el mismo, así BIM ofrece diferentes beneficios económicos, medioambientales y sociales a diversas partes interesadas del sector público (EUBIM TASK GROUP, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez establecido el marco referencial acerca de la situación de la construcción y plantear algunas soluciones ecoeficientes en el país, a continuación se va a analizar el potencial y el impacto en la industria de la construcción del país de adoptar medidas de ecoeficiencia tanto en los materiales, métodos constructivos, abastecimiento de servicios y uso de la vivienda, desde la fase de diseño hasta su demolición, a través de la revisión bibliográfica y el ejercicio profesional, para finalmente elaborar una propuesta de cálculo de un parámetro de ecoeficiencia en la industria de la construcción, con el que podremos mejorar dicho sector en múltiples propósitos priorizando el cuidado de la naturaleza y el desarrollo inclusivo de la sociedad.

ECOEficiencia EN LOS MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

Como se pudo apreciar la construcción en el país mantiene materiales y procesos constructivos de hace más de 50 años, lo que conlleva a un notable perjuicio para el ambiente ya que se devasta totalmente la naturaleza para la explotación de la mayoría de los materiales de construcción, además su excesivo peso encarece a las estructuras y su imprecisa ejecución genera gran cantidad de residuos sólidos.

También es una realidad que en la construcción se consume grandes cantidades de recursos naturales en los procesos constructivos, tales como agua, energía, materiales pétreos, metales, madera y otros. Tal consumo requiere que se implemente políticas de gestión y administración en el desarrollo de los proyectos para optimizar el consumo de recursos y mejorar los procesos. (Hernández, 2008).

PRINCIPALES VENTAJAS MATERIALES PROPUESTOS

A continuación, podemos observar una comparativa de consumo energético entre distintos materiales de construcción realizada en España, precisamente en Sevilla, donde en primera instancia se define el material consumido (Componente Material Base CBM), después la relación de material empleado por metro cuadrado de construcción (R^*), posteriormente el consumo de energía por kg de material (Consumo Energético por Material CE), para así relacionar la energía consumida por metro cuadrado de construcción (Consumo Energético de los CBM, CEC) y finalmente la incidencia en porcentaje de cada material en un primer caso para viviendas unifamiliares adosadas (MCH1) y también para bloques residenciales en altura (MCH2), ambos casos realizados en estructura tradicional de hormigón armado y mampostería liviana de gypsum (Mercader, 2012):

Tabla 1 Consumo de energía eléctrica por materiales de construcción, Sevilla, España

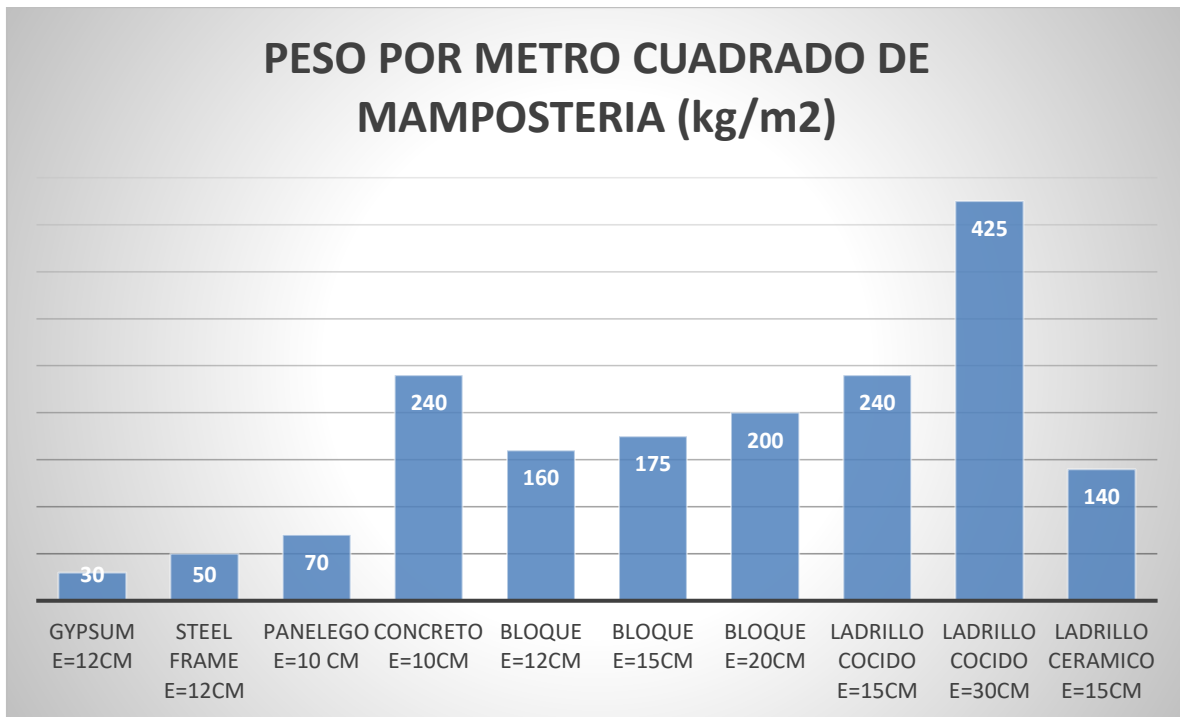
Recurso material consumido (CBM) / Resource material consumed (BMC)	R* (Kg/m²)		CE / EC (MJ/Kg)	CEC / ECC (MJ/m²)		% CEC / ECC	
	MCH ₁ / CCM ₁	MCH ₂ / CCM ₂	MCH _{1,2} / CCM _{1,2}	MCH ₁ / CCM ₁	MCH ₂ / CCM ₂	MCH ₁ / CCM ₁	MCH ₂ / CCM ₂
Acero / Steel	47.25	39.70	35.00	1679.70	1.439.01	16.06	16.27
Agua / Water	106.33	126.24	0.00	5.32	6.31	0.05	0.07
Aluminio / Aluminium	0.57	0.70	218.00	124.47	152.15	1.19	1.72
Áridos / Aggregates	1174.41	529.55	0.01	120.43	103.47	1.15	1.17
Asfaltos y betunes / Asphalt&Bitumen	0.30	1.19	45.43	13.51	121.18	0.13	1.37
Cementos / Cements	47.24	30.68	4.36	205.97	131.82	1.97	1.49
Gres, porcelana / Glazed Ceramics	70.37	1.15	8.35	601.52	31.22	5.75	0.35
Hormigón / Concrete	1006.43	1071.23	2.30	2314.78	2463.83	22.13	27.86
Madera / Wood	5.88	4.42	2.10	12.34	14.30	0.12	0.16
Materiales cerámicos / Ceramic material	342.90	168.95	2.32	794.34	451.52	7.59	5.11
Otros metales (cobre, bronce, latón, plomo) / Other metals (copper, bronze, brass, lead)	0.77	1.97	160.00	124.70	251.34	1.19	2.84
Pinturas y sellantes / Paints&Sealants	0.35	2.40	20.00	6.96	59.99	0.07	0.68
Plásticos y resinas / Plastics&Resins	11.01	5.16	102.00	1.226.74	306.56	11.73	3.47
Hormigón prefabricado / Precast Concrete	20.75	100.77	111.40	2149.56	1668.51	20.55	18.87
PVC / PVC	3.56	1.38	70.00	249.12	96.88	2.38	1.10
Sintéticos y aceites / Synthetics&Oils	5.51	12.70	100.00	549.42	1.193.89	5.25	13.50
Vidrio / Glass	3.66	1.28	15.90	58.17	21.39	0.56	0.24
Yeso, limos / Gypsum, Lime	86.73	48.14	2.57	223.98	330.54	2.14	3.74
Totales / Total	2934.00	2147.61		10461.02	8843.90	100.00	100.00

Fuente: Mercader, 2012

Como se puede apreciar el hormigón es el material que mayor consumo de energía representa, por lo que también el que más emisiones emite al ambiente, adicionalmente si desglosamos los materiales que intervienen en su elaboración tenemos agua, cemento, arena y ripio, por lo que podemos concluir que es también el mayor consumidor de agua, además la elaboración de cemento representa un elevado consumo de energía en su proceso industrial como se conoce; por lo que el análisis propuesto nos permitiría definir con claridad dichos parámetros, siempre y cuando se disponga de la información por productos de parte de cada industria, lo cual representa el principal desafío en la actualidad.

Como podemos apreciar paneles de Gypsum representan un menor consumo energético, por lo que se debe reconsiderar su uso en el país, ya que actualmente el uso de bloque como mampostería prepondera en la construcción del país con más del 65%; dichos sistemas a más de disminuir el consumo energético disminuyen su tiempo de ejecución y el consumo de agua, al caracterizarse por ser sistemas constructivos en seco, y finalmente presentan un menor peso muerto para la estructura, lo que implica disminuir las secciones de las estructuras considerablemente tanto de vigas como de columnas y sobre todo cimentación ya que recibe mucha menor carga total por peso muerto, lo que en definitiva aportan al diseño sismorresistente tan necesario en el país ya que como se conoce las fuerzas sísmicas están directamente relacionadas con el peso de las estructuras.

Ilustración 45 Peso por metro cuadrado de mampostería



Fuente: Autor

Pese a la notable disminución de peso por metro cuadrado de mampostería corresponde un análisis particular de cada una de las situaciones de carga para las distintas configuraciones arquitectónicas y las variables del sitio a implementar el proyecto para definir con claridad la incidencia de dicha disminución. De este modo no es fácil hacerse una idea general de la incidencia del peso en función del tipo de estructura, su forma, su tamaño, o el material de que esté compuesta, hasta que ésta no está diseñada (Cervera, 1990). Por lo que corresponde a cada diseñador realizar el ejercicio en función de las condiciones particulares y los materiales disponibles en el mercado, a fin de determinar la solución más eficiente de forma técnica, económica y preservando el ambiente.

BENEFICIOS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

A continuación, vamos a analizar el impacto de las técnicas de construcción en el tiempo de ejecución, para lo que vamos a comparar la vivienda tipo del gobierno denominada Tipología de Vivienda “JUNTOS POR TI” de 49.77 m² con accesibilidad universal, según el Informe Técnico para Validación de Tipologías para el programa “Casa Para Todos” (ANEXO A), del MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA (MIDUVI), que cuenta con un área de 49,77 m² y un valor total de \$12488,08 diseñada para la región costa y amazónica.

Se analiza dicha vivienda debido al déficit que existe en el país de vivienda de interés social que alcanza alrededor de 325.331 casas según la proyección de demanda del INEC de 2016 (MIDUVI, 2019), que por la tendencia de decrecimiento económico del país profundizada por la crisis mundial y la nula participación del gobierno central habrá aumentado considerablemente; a continuación, describimos cada una de las tipologías de vivienda en la Tabla 2.

Se toman en cuenta dichos sistemas constructivos ya que ambos se encuentran validados en el MIDUVI como tipologías constructivas y adicionalmente presentan similitudes importantes en cuanto al sistema estructural como son la cimentación de hormigón armado, muros portantes y estructura de cubierta metálica, únicamente variando en el tipo de materiales y el sistema constructivo.

Las tipologías de vivienda seleccionadas varían en los acabados a emplearse, debido principalmente al tipo de construcción, considerando para la construcción tradicional cerámica en pisos y paredes, mientras que para la vivienda de Steel Frame se han seleccionado paneles hidrófugos de Tetrapak y pisos de madera plástica, con lo a continuación podemos comparar los

cronogramas de obra de ambos sistemas constructivos, de acuerdo a la información disponible por el MIDUVI y la elaboración del autor.

Tabla 2 Tipologías de vivienda

ELEMENTO	TRADICIONAL	STEEL FRAME
CIMENTACIÓN	Zapata corrida de hormigón armado y losa maciza	Zapata corrida de hormigón armado y losa maciza
ESTRUCTURA	Muros portantes de mampostería reforzada	Muros portantes de perfiles de acero galvanizado
PAREDES	Revocadas y pintadas	Placas Tetrapak hidrofuga, aislamiento lana de vidrio
CUBIERTA	Galvalume prepintado e=0,40 mm, rociado 12 mm poliuretano sobre estructura metálica de acero pesado	Galvalume prepintado e=0,40 mm, rociado 12 mm poliuretano sobre estructura metálica de acero liviano
PISO	Cerámica antideslizante piso vivienda	Madera plástica
ACABADOS	Cerámica baños y cocina	No aplica
VENTANAS	Aluminio, vidrio claro 4 mm	Aluminio, vidrio claro 4 mm
PUERTAS	Accesos metálicos; interiores madera	Accesos metálicos; interiores madera

Fuente: Autor

Como se puede apreciar el cronograma para la ejecución de la vivienda en análisis nos demuestra una reducción del 50% del tiempo total de construcción únicamente al modificar el sistema constructivo, garantizando la estabilidad de la vivienda y su confort, al ser ambos sistemas constructivos validados por el MIDUVI, únicamente se modificaron los acabados, mismos que no representan ningún inconveniente con el desempeño estructural ni la durabilidad de la vivienda.

Tan drástica disminución de los tiempos totales de construcción radica en la metodología de construcción y en los materiales seleccionados, lo que demuestra que la construcción en seco a más de disminuir considerablemente el uso de recursos y energía disminuye considerablemente los tiempos de ejecución.

Con respecto a los muros portantes existe una de las principales diferencias de tiempo de ejecución y una de las claves de la eficiencia del sistema constructivo en seco, toda vez que a obra llegan paneles ensamblados listos para colocarse en obra debidamente codificados, con las respectivas perforaciones para instalaciones y aberturas para puertas y ventanas, además todos los paneles incluso la estructura de cubierta se unen entre si con tornillos autoperforantes y placas y ángulos de reforzamiento y pernos expansivos a la cimentación, optimizando considerablemente el tiempo de instalación, disminuyendo la cuadrilla mínima necesaria para la labor ya que el bajo peso de cada panel permite la maniobrabilidad entre 2 personas.

Con respecto a la estructura de cubierta hay una diferencia trascendental toda vez que el sistema tradicional emplea tres semanas en elaborar en sitio cada una de las partes de soporte, por lo que debe esperar los respectivos tiempos de fraguado de los morteros de recubrimiento para

tomar las medidas respectivas, y una vez montadas colocar la lámina de cubierta; mientras que la estructura en Steel Frame al igual que las paredes viene prefabricada y lista para colocarse, lo que permite colocar directamente la lámina de cubierta previo al montaje y optimizar el tiempo de ejecución a dos días.

Con respecto a los acabados y a las instalaciones existe otra importante diferencia entre ambos cronogramas, principalmente porque el sistema tradicional debe picar las paredes para introducir las instalaciones eléctricas y sanitarias y después corchar dichos orificios con mortero de base cemento, mientras que en las paredes de Steel Frame se consideran las instalaciones previo a la producción de los paneles por lo que llevan de fabrica las perforaciones para cada tubería, adicionalmente permite trabajar de mejor manera las conexiones al estar los vanos descubiertos de cada panel y finalmente generan mucho menos escombros.

Ilustración 46 Instalaciones en Steel Frame y en ladrillo



Fuente: [pinterest.com](https://www.pinterest.com)

Tabla 3 Cronograma de obra para ambos sistemas constructivos

DESCRIPCIÓN	SEMANAS																											
	1							2							3							4						
Preliminares																												
Estructura de hormigón armado																												
Mampostería estructural																												
Recubrimientos																												
Pisos																												
Cubiertas																												
Acabados																												
Instalaciones hidrosanitarias																												
Instalaciones eléctricas																												

	TRADICIONAL Fuente: MIDUVI
	STEEL FRAME Fuente: Autor

Fuente: MIDUVI; Elaboración: Autor

Por otra parte, las estructuras integras de Steel Frame presentan mayor área útil ya que sus paredes portantes de 12 cm dejan mayor espacio aprovechable que la construcción tradicional con mampostería de bloque; otra consideración importante es la buena respuesta sísmica de las estructuras de acero liviano por lo que su implementación puede aportar de forma significativa en el país principalmente en zonas de escasos recursos donde la construcción informal representa el mayor peligro ante eventos telúricos. Con respecto al aislamiento acústico entre ambos sistemas son similares, mientras que el sistema constructivo en seco presenta aislamiento térmico al colocar lana de vidrio en todas las paredes y cubierta, conforme podemos apreciar otras de las características ya mencionadas en el siguiente cuadro comparativo:

Tabla 4 Comparativa Steel Frame vs. construcción tradicional

CARACTERÍSTICA	STEEL FRAME	TRADICIONAL
Peso	50 kg/m ²	250 kg/m ²
e pared	12 cm	15 cm
Aislamiento Acústico	45 STC	48 STC
Aislamiento Térmico	SI	NO
Incombustible	SI	SI
Prefabricación	SI	NO
Simplicidad Instalación	SI	NO

Fuente: Autor

INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

El uso apropiado de los materiales implica una necesaria industrialización de la construcción del país, de forma que brinde soluciones eficientes, accesibles y comprobadas a nivel mundial durante décadas como la expuesta anteriormente, de forma que se optimicen los tiempos de construcción mediante elementos prefabricados lo que nos da cronogramas cortos y predecibles, se disminuya el uso de agua, energía, mano de obra y producción de escombros durante el proceso constructivo, aportando de forma eficiente a la industria de la construcción del país. Los procesos industriales, con elementos prefabricados producidos en serie, parecen ser una de las alternativas. Reducción de plazos y hasta costos, son sus principales ventajas. Todo para mejorar la productividad. Una verdadera necesidad para el mercado (Pávez, 2012).

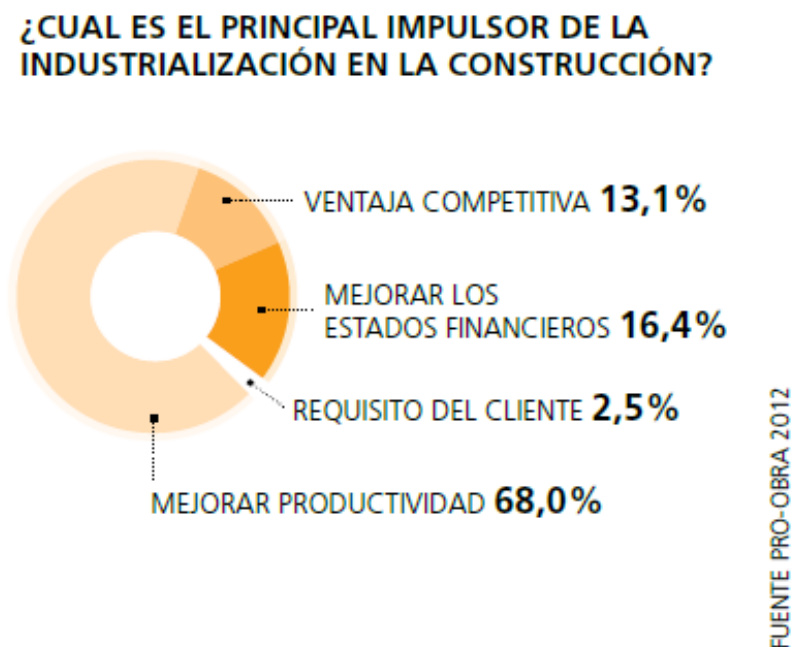
Dicha industrialización debe estar enfocada en el desarrollo sostenible de forma que permita la inclusión social, el cuidado de la naturaleza y el desarrollo económico de toda el área de influencia de este sector tan importante para cualquier nación; la disminución de mano de obra para la instalación de elementos prefabricados estará ligada con el aumento de mano de obra capacitada para la producción industrial, para lo que se debe priorizar el empleo inclusivo ya que apenas el 6% de mujeres en capacidad de trabajar se vincula a este sector conforme se definió como uno de los problemas planteados. Esta formalidad en la mano de obra permitirá sin duda mejorar sus condiciones socioeconómicas, al garantizar estabilidad laboral en las fábricas con la respectiva capacitación.

El desarrollo industrial de la construcción debe estar guiado por los objetivos de desarrollo sostenible, de forma que se utilicen eficientemente los recursos disponibles y se optimicen los

procesos industriales para garantizar una mejora de la productividad, la cual va a impulsar el desarrollo económico de dicho sector, siempre y cuando se analicen las condiciones particulares del país y en base a la transferencia de tecnología se permita el desarrollo conjunto de cada uno de los involucrados en esta industria.

Los niveles de industrialización manejados en países desarrollados no pueden, por el solo hecho de haber tenido en ellos buenos resultados, transferirse sin la menor criba y adecuación a países en desarrollo. La inobservancia de esta situación tiene asidero quizás en la idea superficial de suponer que los logros de la ciencia, pura y aplicada, sobre el cual se cifra su alto nivel de desarrollo técnico y económico, se encuentran en los aparatos y máquinas realizados, y no, en la acumulación de conocimiento que su elaboración conlleva (Escorcia, 1987).

Ilustración 47 Impulsores industrialización en la construcción



Fuente: PRO-OBRA, 2012

EFICIENCIA ENERGÉTICA E HÍDRICA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL ECUADOR

A continuación, se van a analizar los potenciales energéticos y sanitarios de la vivienda anteriormente mencionada para diversas condiciones geográficas, para lo que vamos a considerar que la vivienda en mención es para 2 personas conforme la planta amoblada del MIDUVI, dicha vivienda cuenta con un área total de 50 m², dos habitaciones, sala-comedor, cocina y piedra de lavar. Para poder analizar el aprovechamiento energético e hídrico se debe considerar la ubicación geográfica a fin de delimitar los recursos disponibles, lo cual va a variar en función de cada alternativa planteada, ya que justamente un diseño eficiente se realiza en función de los recursos naturales disponibles en la zona de ejecución.

Ilustración 48 Planta Vivienda “JUNTOS POR TI”



Fuente: MIDUVI

Al respecto se va a realizar un análisis bibliográfico de las principales potenciales energéticos e hídricos en el país y su aplicación práctica en dicha vivienda, de acuerdo a las distintas condiciones geográficas disponibles, lo que en definitiva aportara a la ecoeficiencia en la industria de la construcción del país al establecer fuentes alternativas de abastecimiento de energía y agua a la vivienda y dar un uso apropiado a los residuos generados durante la vida útil, lo que modifica los habituales consumos lineales de la vivienda e introduce en la economía circular de la construcción.

El sector de la construcción se presenta como uno de los sectores claves de nuestra economía, que movilizan más recursos naturales, especialmente no renovables, por la que es clave su reconversión a una economía circular, dado que su optimización y menor uso de recursos, va a colaborar a generar un sistema económico menos dependiente, más competitivo y resiliente ante crisis económicas y ambientales (CONAMA, 2018).

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA

Actualmente existen en el mercado calentadores solares térmicos con su respectivo termotanque eléctrico que permite dotar de agua caliente sanitaria a la vivienda cuando se disponga del recurso solar a través del panel térmico y cuando no a través de un termostato eléctrico, lo que en conjunto si se dispone convenientemente puede significar importantes ahorros energéticos. La ubicación del Ecuador permite que nuestro país pueda aprovechar el recurso solar durante todo el año con un nivel de radiación promedio de 4574,99 Wh/m²/día, según el ATLAS SOLAR DEL ECUADOR elaborado por el Consejo Nacional de Electricidad – (CONELEC, 2008).

Ilustración 49 Panel Solar Térmico con Tanque de Almacenamiento



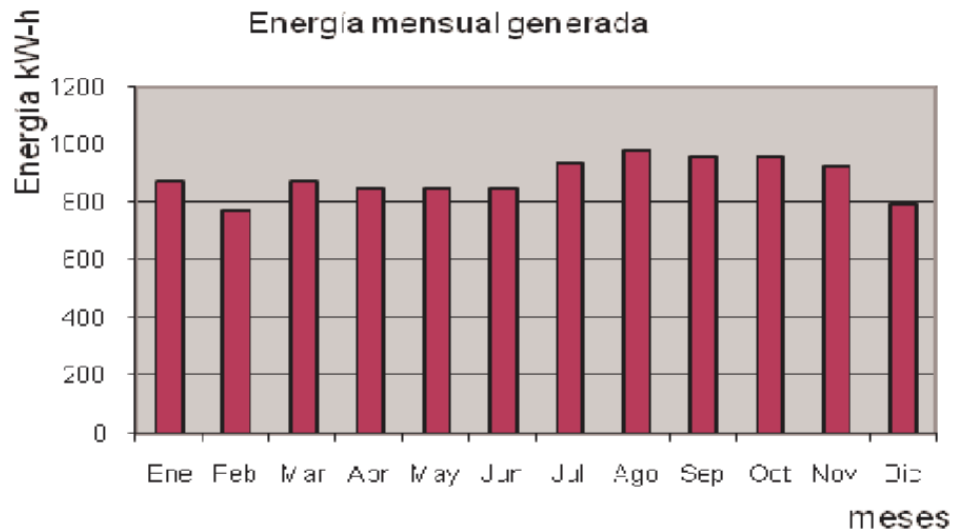
Fuente: ECOIMPORT

Para la vivienda en análisis y para los requerimientos de agua caliente se puede dotar de un calentador solar de agua de 100 lts disponible en el mercado el cual tiene un costo total incluido instalación de \$700.00. Dicho termotanque según el fabricante tiene un consumo mensual de 350 kWh/mes, que deben ser suplidos por el colector solar térmico o por el termostato según las condiciones meteorológicas (ANEXO B). Si ubicamos convenientemente dicho sistema se pueden suplir las necesidades mensuales del dispositivo totalmente, conforme podemos apreciar en el estudio elaborado por Velasco y Cabrera sobre generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura, donde se establece la energía mensual generada por la irradiación solar diaria promedio de la zona.

Al ser muy superior a la necesidad media del dispositivo, incluyendo potenciales pérdidas, se concluye que es factible la implementación de paneles termo solares en dicha zona, para lo que

previamente se debe corroborar los análisis con medidas en sitio y en función de las condiciones de cada vivienda definir la capacidad del sistema; a continuación, podemos apreciar la estimación de energía mensual generada por irradiación solar en la provincia de Imbabura.

Ilustración 50 Energía mensual generada, Imbabura, Ecuador



Fuente: Velasco, 2009

Pese a ser un dispositivo asequible y de fácil instalación los subsidios del GLP impiden que estas tecnologías se masifiquen, principalmente en viviendas de escasos recursos que no cuentan con la capacidad de invertir, por lo que el estado debería aportar desarrollo eficiente de las comunidades e impulsar el cambio de la matriz energética. El cilindro de GLP tuvo un subsidio para 2016 de 426 millones de dólares lo que representa un notable gasto para el país y además es insostenible en el transcurso del tiempo, por lo que es indispensable reconsiderar dicho subsidio de forma que no se afecte a las personas que más lo necesitan (Sánchez, 2013).

Ilustración 51 Subsidio GLP 2016

NACIONAL				IMPORTADO				TOTAL UNIDADES	TOTAL SUBSIDIO
PRECIO	UNIDADES	SUBSIDIO POR UNIDAD	SUBTOTAL SUBSIDIO NACIONAL	PRECIO	UNIDADES	SUBSIDIO POR UNIDAD	SUBTOTAL SUBSIDIO NACIONAL		
6,00	27803000	4,40	122333200	15,00	22687000	13,40	304005800	50490000	426339000

Fuente: Sánchez, 2013

Si asumimos que dicha vivienda para el uso de un calefón eléctrico consumirá un cilindro de 15 kg de GLP por mes y considerando para el caso más desfavorable del cilindro importado el gasto en subsidio para el estado corresponde a \$13,40 por mes, lo que al año representa \$160,80, más el valor de \$2,50 que se paga por el GLP en viviendas (1,60 PVP + Servicio transporte) se tiene un aporte del usuario de \$30,00 por año. Sin considerar la depreciación de los equipos y los costos por mantenimiento, considerando el aporte que realiza el gobierno y el usuario en total se tiene \$15,90, lo que permitirá pagar el equipo en 44 meses.

Considerando que el dispositivo tiene una vida útil de 15 años y el estado puede acceder a precios preferenciales para importación de dichos dispositivos, y al masificar su uso los costos totales disminuyen considerablemente, se debe repensar en alternativas como la planteada ya que la mayor parte del tiempo el subsidio no beneficia al usuario de escasos recursos, sino fomenta el mal uso de dicho cilindro y facilita el acaparamiento del producto por las principales distribuidoras, que al ser intermediarios ya ganan sobre el precio subsidiado, distorsionando el mercado y perjudicando al consumidor.

Como se puede apreciar es inconcebible que se mantengan dichos subsidios en vez de invertir estos recursos en eficiencia energética y realizar la necesaria transición del modelo extractivista a

un modelo autosustentable ecoeficiente, de manera que se garantice el desarrollo social al dotar de dispositivos seguros y no contaminantes a la población, y se mejore la balanza comercial del país, mediante innovación tecnológica y aprovechando los recursos naturales disponibles. Por ello, resulta clave romper las inercias de nuestro legado histórico e impulsar nuevas concepciones colectivas de lo que significan la asignación y el ejercicio del gasto público (Scott, 2011).

ENERGÍA ELÉCTRICA EÓLICA

Con relación a este tipo de fuente de energía vamos a analizar la factibilidad de remplazar una cocina de gas por una de inducción alimentada completamente por el viento, para lo cual vamos a considerar como zona de estudio la ciudad de Baños y la estación meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) número M0029, y tomamos los datos de viento para los años 2011, 2012 y 2013, periodo del cual se dispone los datos suficientes de velocidad de viento y frecuencias para poder estimar la energía eólica generada en el sector durante un año.

Con respecto a la información disponible vamos a considerar únicamente los datos de las direcciones NE y SE ya que son las de mayor velocidad y frecuencia, y descartamos el resto por su baja probabilidad de producción de energía eléctrica, y para los datos consolidados procedemos a tomar los correspondientes al año 2013 y completar los meses que falten con los años respectivos.

Ilustración 52 Velocidad media y frecuencia de viento, Baños, Ecuador

MES	EVAPORACION (mm)			NUBOSIDAD MEDIA (Oclas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)				
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs	en dia		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS										
ENERO	114.0	7.0	18	6	0.0	0	9.6	50	3.3	3	10.2	14	0.0	0	8.0	2	0.0	0	5.3	3	28	93	20.0	NE
FEBRERO	100.8	6.3	20	6	2.0	1	9.1	42	2.0	6	8.5	16	0.0	0	4.0	2	0.0	0	2.7	4	30	84	18.0	NE
MARZO	117.7	7.0	2	6	0.0	0	8.6	40	3.0	7	10.2	24	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.5	4	26	93	20.0	NE
ABRIL	105.5	6.0	25	6																				
MAYO	79.9			5																				
JUNIO	72.0	5.2	6	6																				
JULIO	54.8			7																				
AGOSTO	88.1			5																				
SEPTIEMBRE	74.7	5.3	23	6																				
OCTUBRE	145.0	8.0	25	6																				
NOVIEMBRE	124.3	6.0	5	6	0.0	0	9.2	38	2.0	2	10.1	21	0.0	0	6.7	3	0.0	0	7.7	7	29	90	20.0	NE
DICIEMBRE	101.2	5.4	6	6	0.0	0	8.5	44	2.0	1	9.1	23	0.0	0	4.0	2	0.0	0	0.0	0	30	93	18.0	SE
VALOR ANUAL	1178.0			6																				
MES	EVAPORACION (mm)			NUBOSIDAD MEDIA (Oclas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)				
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs	en dia		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS										
ENERO	93.8	5.2	11	6	0.0	0	9.8	48	2.0	3	8.0	18	0.0	0	4.0	1	0.0	0	18.0	1	28	93	20.0	NE
FEBRERO	69.0			5																				
MARZO	76.2			5																				
ABRIL	96.6			6																				
MAYO	68.7			6	2.0	1	9.7	43	2.0	2	10.8	14	0.0	0	5.0	2	0.0	0	6.3	7	31	93	20.0	NE
JUNIO	74.4	5.0	12	5	0.0	0	8.6	50	0.0	0	8.3	16	0.0	0	5.6	6	0.0	0	18.0	1	28	90	20.0	SE
JULIO	58.7			5																				
AGOSTO	78.2	6.0	23	6	2.0	1	9.2	42	2.0	2	8.0	25	0.0	0	5.7	7	0.0	0	4.0	1	23	93	18.0	NE
SEPTIEMBRE	83.7			6																				
OCTUBRE	122.9	6.0	11	6	0.0	0	8.7	42	0.0	0	9.7	20	0.0	0	5.0	2	0.0	0	4.0	1	34	93	20.0	NE
NOVIEMBRE	129.3	7.1	16	6	0.0	0	9.3	39	2.0	1	10.4	20	0.0	0	8.0	6	0.0	0	9.3	3	31	90	20.0	SW
DICIEMBRE	110.4	7.0	3	6	0.0	0	9.4	41	0.0	0	11.0	26	0.0	0	7.3	3	0.0	0	9.6	5	25	93	20.0	NE
VALOR ANUAL	1061.9			6																				
MES	EVAPORACION (mm)			NUBOSIDAD MEDIA (Oclas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)				
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs	en dia		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS										
ENERO	82.4	6.0	12	6	0.0	0	9.3	55	0.0	0	10.9	14	0.0	0	4.0	1	0.0	0	0.0	0	30	93	20.0	NE
FEBRERO	62.7	6.4	11	7	0.0	0	9.0	36	7.1	8	9.1	11	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	44	84	20.0	NE
MARZO	90.6	6.1	20	7																				
ABRIL	115.8	7.0	27	6	0.0	0	8.9	52	2.0	1	11.1	18	0.0	0	2.0	1	0.0	0	8.7	3	24	90	20.0	NE
MAYO	95.7	6.4	3	7	0.0	0	7.7	46	8.0	3	9.9	19	0.0	0	2.0	1	6.0	1	14.0	1	28	93	18.0	SE
JUNIO	66.2	4.0	6	7	0.0	0	8.5	61	2.0	1	10.7	14	0.0	0	3.0	2	0.0	0	9.0	2	19	90	20.0	NE
JULIO	55.4	5.3	1	7	0.0	0	7.9	59	2.0	2	10.5	16	0.0	0	8.0	3	0.0	0	9.5	4	15	93	18.0	NE
AGOSTO	72.5	5.0	9	7																				
SEPTIEMBRE	90.5	6.0	2	6	0.0	0	9.4	47	0.0	0	11.0	16	0.0	0	6.2	10	0.0	0	10.0	2	26	90	20.0	NE
OCTUBRE	109.8	6.7	1	6	6.0	1	9.7	45	2.0	1	14.0	20	0.0	0	6.0	1	0.0	0	5.2	5	26	93	20.0	NE
NOVIEMBRE	130.5	8.0	1	5	0.0	0	9.4	48	0.0	0	12.0	19	18.0	1	9.5	4	0.0	0	5.0	2	26	90	20.0	NE
DICIEMBRE	127.0	7.0	18	6	0.0	0	9.1	46	2.0	1	10.9	16	0.0	0	10.0	2	0.0	0	9.7	8	27	93	20.0	SE
VALOR ANUAL	1099.1	8.0		6																				

Fuente: INAMHI

Con respecto al equipo vamos a considerar una turbina eólica TESUP Atlas2.0, que tiene un precio en Estados Unidos de \$870.00 ya que se dispone de las curvas características del equipo (ANEXO C). A continuación, se detallan algunas de las características del equipo y se muestra una imagen de esta:

- TESUP Atlas2.0 2000W Turbina eólica (Totalmente optimizada para hogares)
- Potencia máxima a 49.2 ft/s = 2020 W.
- Potencia nominal de 23.0 ft/s = 530 W.
- Cuando la velocidad del viento es de más de 9.8 ft/s, la turbina girará libremente superando este par de retención.
- Incluye controlador de carga de viento TESUP.

1ft/s=0.3m/s

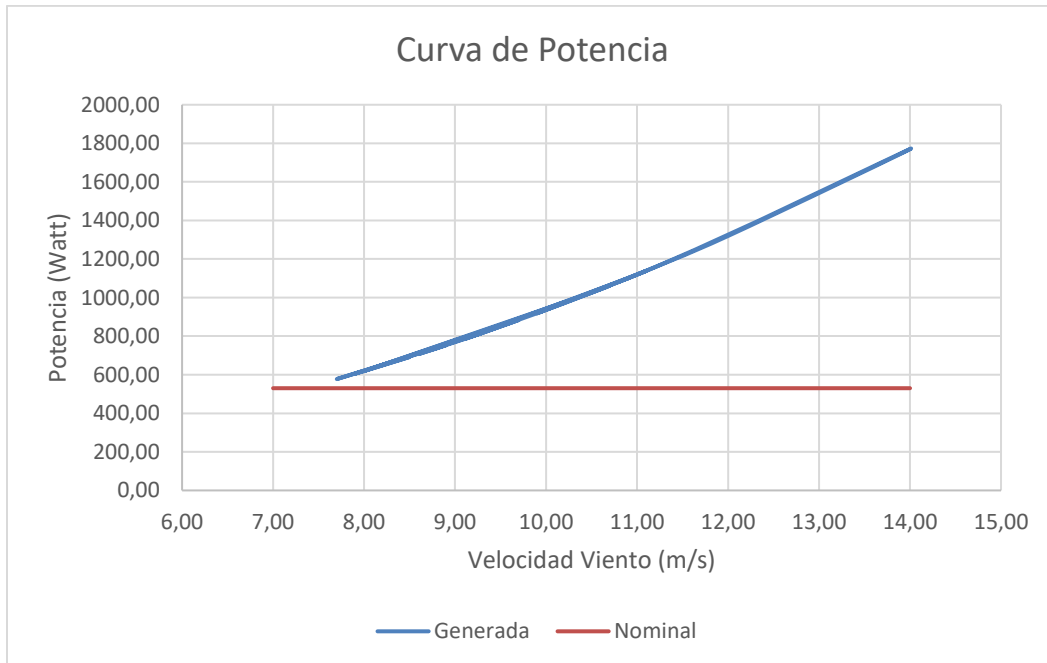
La curva de potencia de un aerogenerador es un gráfico que indica cuál será la potencia eléctrica disponible en el aerogenerador a diferentes velocidades del viento (www.windpower.org). Una de las ventajas principales del equipo seleccionado es que para las velocidades medias representativas del periodo en análisis en cada mes la potencia generada es superior a la nominal, lo que favorece notablemente a la producción de energía, lo que demuestra la influencia de la selección del sitio y del equipo, además en ningún caso se supera la potencia máxima, lo que mantiene un desempeño optimo del equipo.

Ilustración 53 Aerogenerador TESUP ATLAS 2.0



Fuente: amazon.com

Ilustración 54 Curva de Potencia Aerogenerador



Fuente: Autor

Con la curva de poder del equipo obtenemos la producción para cada velocidad del viento, y con las frecuencias mensuales disponibles podemos obtener la producción mensual para cada dirección seleccionada anteriormente conforme las siguientes tablas; vale recalcar que de ninguna manera corresponde la metodología de cálculo para la instalación de un sistema de este tipo, ya que se debe corroborar la información disponible en los anuarios meteorológicos con mediciones en sitio y así determinar las condiciones particulares del sitio a emplazarse lo cual no corresponde al presente trabajo, sin embargo nos permite demostrar que existen en el país sitios privilegiados para aplicar fuentes de energía renovable no convencionales para abastecer hogares.

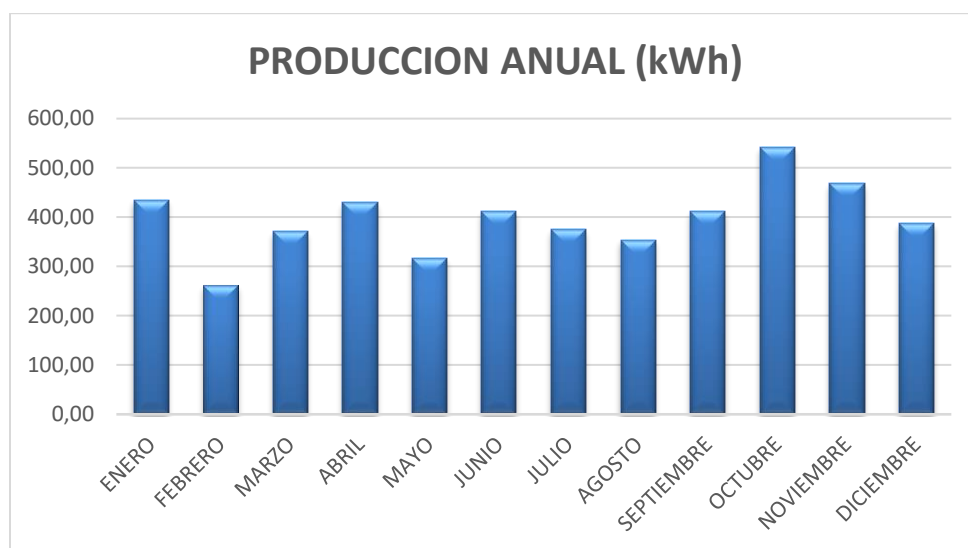
Con los valores de producción mensual para cada dirección representativa del sector procedemos a elaborar la gráfica de producción mensual y como se puede apreciar existe gran potencial para una vivienda de interés social como la planteada, considerando que tendrá un consumo medio de 150 kWh/mes en condiciones estándar; o también podría suplir las necesidades de una cocina de inducción a plena capacidad que representa un consumo promedio mensual de 165 kWh/mes; \$304.005.800,00 se gastó en subsidio al gas importado en el año 2016 el estado, lo que hubiera permitido adquirir alrededor de 300.000 equipos como los mencionados, satisfaciendo las necesidades de energía de todas las viviendas de interés social que faltan por construirse en el país.

Tabla 5 Velocidad viento, frecuencia y producción de energía, Baños, Ecuador

NE							
MES	AÑOS			CONSOLIDADO	FRECUENCIA		PRODUCCIÓN
	2011	2012	2013	m/s	%	h/mes	kWh/mes
ENERO	9,60	9,80	9,30	9,30	55	396,00	323,62
FEBRERO	9,10		9,00	9,00	36	259,20	199,32
MARZO	8,60			8,60	40	288,00	203,63
ABRIL			8,90	8,90	52	374,40	282,02
MAYO		9,70	7,70	7,70	46	331,20	191,27
JUNIO		8,60	8,50	8,50	61	439,20	303,92
JULIO			7,90	7,90	59	424,80	257,06
AGOSTO		9,20		9,20	42	302,40	242,22
SEPTIEMBRE			9,40	9,40	47	338,40	282,10
OCTUBRE		8,70	9,70	9,70	45	324,00	286,38
NOVIEMBRE	9,20	9,30	9,40	9,40	48	345,60	288,11
DICIEMBRE	8,50	9,40	9,10	9,10	46	331,20	259,96
SE							
MES	AÑOS			CONSOLIDADO	FRECUENCIA		PRODUCCIÓN
	2011	2012	2013	m/s	%	h/mes	kWh/mes
ENERO	10,20	8,00	10,90	10,90	14	100,80	110,88
FEBRERO	8,50		9,10	9,10	11	79,20	62,16
MARZO	10,20			10,20	24	172,80	167,79
ABRIL			11,10	11,10	18	129,60	147,54
MAYO		10,80	9,90	9,90	19	136,80	125,61
JUNIO		8,30	10,70	10,70	14	100,80	107,08
JULIO			10,50	10,50	16	115,20	118,11
AGOSTO		8,00		8,00	25	180,00	111,45
SEPTIEMBRE			11,00	11,00	16	115,20	128,93
OCTUBRE		9,70	14,00	14,00	20	144,00	254,97
NOVIEMBRE	10,10	10,40	12,00	12,00	19	136,80	180,50
DICIEMBRE	9,10	11,00	10,90	10,90	16	115,20	126,72

Fuente: Autor

Ilustración 55 Producción anual de energía eólica, Baños, Ecuador



Fuente: Autor

Tabla 6 Consumo estimado Vivienda "JUNTOS POR TI" y cocina de inducción

EQUIPO	POTENCIA	CANTIDAD	CONSUMO
	W		ESTIMADO kWh/mes
Refrigerador	400	1	60
Televisor	80	2	10
Focos led	10	10	15
Equipo sonido	100	1	3
Ducha eléctrica	3300	1	50
Otros	1500	5	11
TOTAL			149
Cocina inducción	4500	1	165

Fuente: Autor

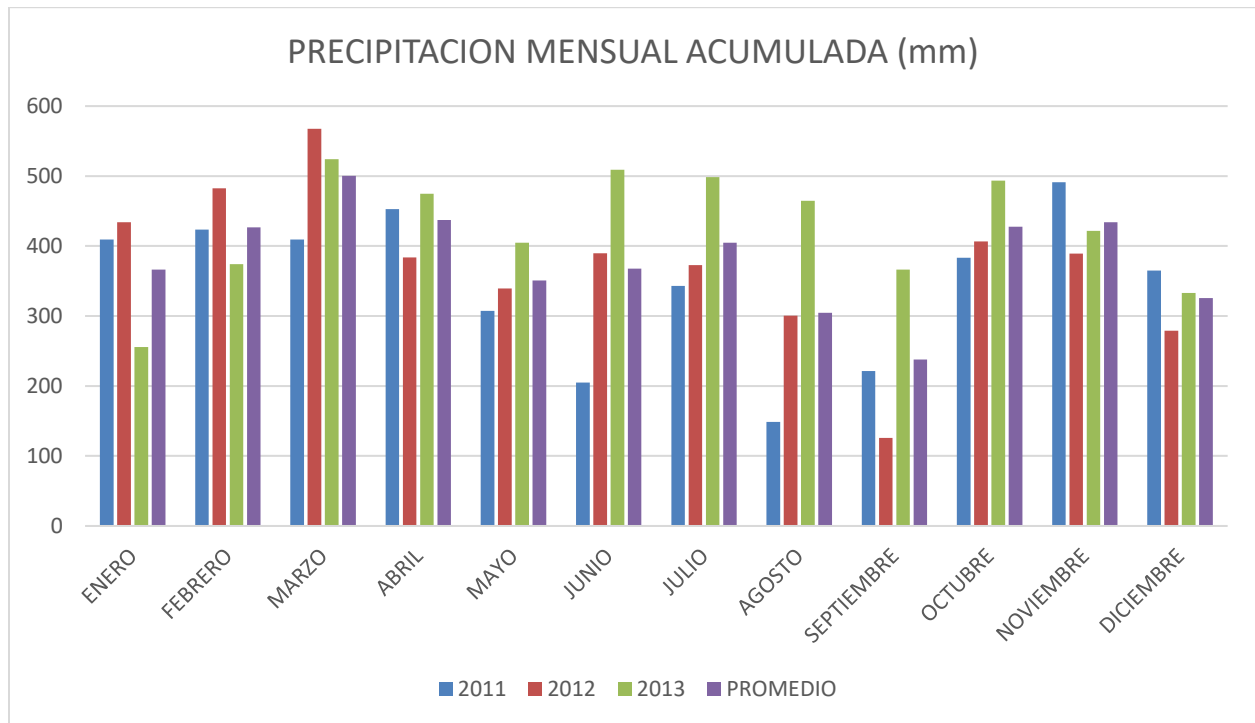
Como pudimos apreciar si seleccionamos un sitio adecuado podemos aprovechar el recurso eólico disponible para suplir las necesidades de una vivienda de interés social, por lo que se debe considerar el autoabastecimiento energético e incluir en la construcción de la vivienda a fin de ubicar convenientemente las viviendas en función del recurso disponible; además el estado debe cambiar de forma urgente su matriz energética y remplazar el uso de GLP en consumo doméstico.

En el país existe un alto potencial de energía eólica y su uso más intenso puede contribuir a la diversificación de la matriz de generación eléctrica. Por otro lado, la energía eólica puede contribuir también a balancear otras fuentes de energía renovable a través de la integración con sistemas, por ejemplo, fotovoltaicos (Peláez, 2015).

ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE AGUA LLUVIA

En el mismo sentido que los apartados anteriores vamos a analizar el potencial de agua lluvia disponible en la ciudad del Puyo, sitio considerado de pluviosidad alta en el país, y en este caso analizaremos la estación meteorológica del INAMHI M008, para el mismo periodo anteriormente considerado ya que se dispone de la información de completa de años consecutivos, y en este caso procederemos a realizar el promedio del periodo para obtener la precipitación mensual promedio en mm, según la siguiente figura:

Ilustración 56 Precipitación mensual acumulada, Puyo, Ecuador



Fuente: Autor

Considerando que la vivienda en mención tiene una cubierta a dos aguas con un área total de 50 m², se puede aprovechar todo esto y captar directamente de los canalones de agua lluvia; la precipitación mensual acumulada no es más que la cantidad de lluvia por m² sumada en dicho periodo, y al tener el promedio de 3 años consecutivos podemos estimar el potencial de agua lluvia disponible por una vivienda como la mencionada ubicada en la ciudad del Puyo, conforme la siguiente tabla:

Tabla 7 Potencial agua lluvia, Puyo, Ecuador

MES	PRECIPITACIÓN	ÁREA	POTENCIAL
	l/m2	m2	m3/mes
ENERO	366	50	18,32
FEBRERO	427		21,34
MARZO	500		25,02
ABRIL	437		21,85
MAYO	351		17,53
JUNIO	368		18,39
JULIO	405		20,23
AGOSTO	305		15,23
SEPTIEMBRE	238		11,89
OCTUBRE	428		21,39
NOVIEMBRE	434		21,70
DICIEMBRE	326		16,28
TOTAL			229,16

Fuente: Autor

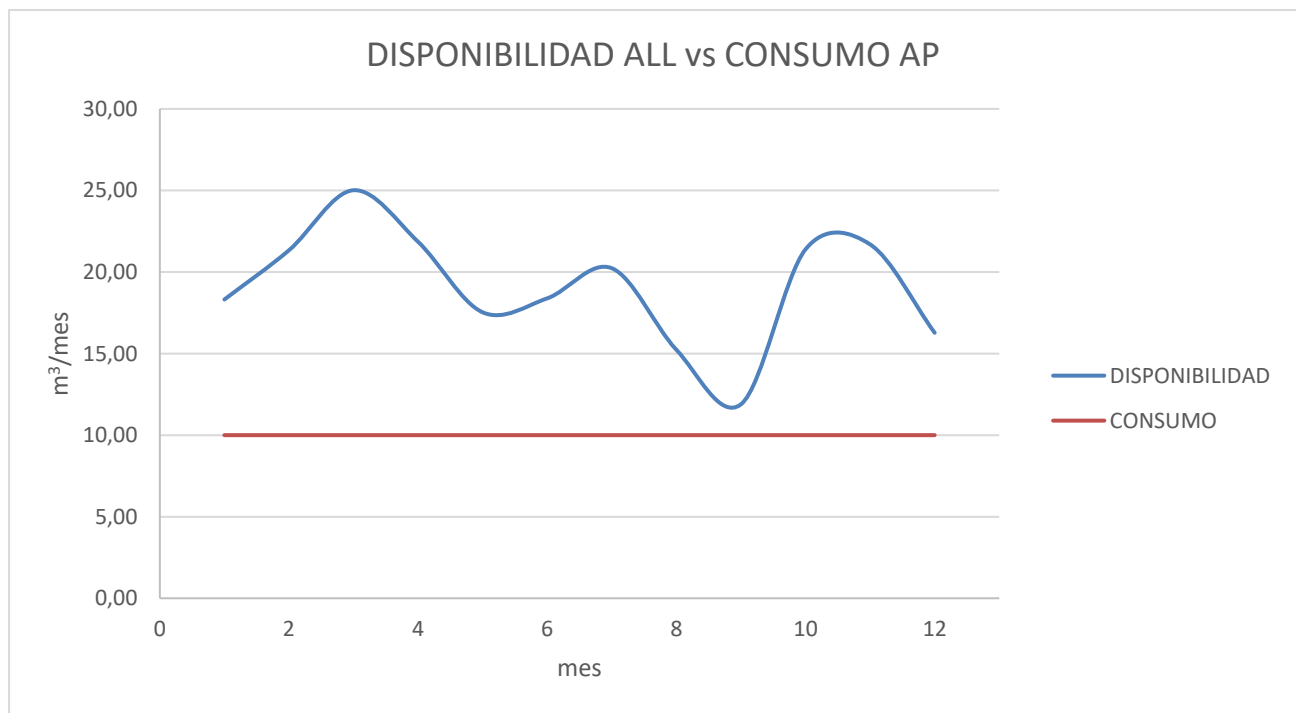
Considerando la dotación recomendada por la Secretaria Nacional del Agua en la NORMA CO 10.7 - 602 – REVISIÓN para un nivel de servicio Ib y clima cálido, asumimos una población total de 5 hab (2 vivienda+3flotante), y procedemos a calcular el consumo medio mensual que en este caso es 9,75 m³/mes, conforme la siguiente tabla:

Tabla 8 Consumo mensual medio de agua Vivienda “JUNTOS POR TI”

NIVEL DE SERVICIO	DOTACIÓN CLIMA CÁLIDO	HABITANTES	CONSUMO MEDIO MENSUAL
			m3/mes
Ib	65	5	9,75

Fuente: Autor

Ilustración 57 Disponibilidad agua lluvia vs. Consumo agua potable, Puyo, Ecuador



Fuente: Autor

Comparando el consumo medio mensual con el potencial de agua lluvia podemos concluir que para todos los meses del año se pueden satisfacer las necesidades de agua de la vivienda únicamente con captación de agua lluvia, lo que demuestra el potencial del sitio seleccionado; sin embargo para un diseño definitivo deben analizarse las condiciones del sitio principalmente el tipo de materiales de cubierta para definir el coeficiente de escorrentía y la intensidad de lluvia, para determinar el caudal con el cual se deberá elaborar el dimensionamiento del sistema y también se debe realizar los respectivos análisis físico, químicos y microbiológicos del agua captada para realizar el tratamiento necesario para que sea apta para el consumo humano.

Al igual que el sitio analizado, el país dispone de varios lugares con pluviosidad igual o mayor, lo que representa un gran potencial hídrico, principalmente en zonas del oriente ecuatoriano que históricamente no cuentan con servicios básicos pese a tener varios recursos disponibles; en este sentido es responsabilidad del estado dotar de este recurso, para lo que se debe repensar la manera actual de abastecimiento y considerar a los hogares como generadores de recursos, y se debe realizar el análisis técnico económico para definir si el abastecimiento actual con captación, conducción, reserva, tratamiento y distribución, o el autoabastecimiento resulta más conveniente, principalmente en vivienda social ubicada en zonas que actualmente carecen del servicio.

ECONOMÍA CIRCULAR EN LA CONSTRUCCIÓN

Como se pudo apreciar existen en el país las condiciones naturales para dotar de agua y energía a una vivienda de forma eficiente, aprovechando el potencial natural de las distintas zonas del país, por lo que la eficiencia hídrica y energética aportan a la transición de abastecimiento lineal

de recursos a la economía circular de la construcción, autoabasteciendo a la vivienda mejorando directamente la calidad de vida de los usuarios.

La transición del sector de la construcción hacia una economía circular no sólo implicará una importante reducción de los recursos naturales y del impacto ambiental, sino que significará una oportunidad económica derivada de la ventaja competitiva, además también significará una mejor restitución y regeneración del capital natural, si se desarrollan los procesos de restauración necesarios (CONAMA, 2018).

Es indispensable para el país una transición de los actuales formas de abastecimiento de agua y energía en el sector residencial, por lo que se deben focalizar soluciones plausibles y que apunten a los problemas de fondo, como el déficit de 300.000 viviendas de interés social en el país mencionado; si se canalizan los recursos convenientemente la eficiencia hídrica y energética en la construcción del país puede aportar significativamente al cambio de la matriz energética e introducir a la economía circular en la construcción.

Nuestro sistema energético se encuentra sumido en una gran crisis: desde hace siglos, la dependencia de las fuentes de energía de origen fósil ha causado graves daños medioambientales. Al mismo tiempo, ha generado estructuras centralizadas de generación, distribución y propiedad de las que se benefician sólo unos pocos. Al mismo tiempo, amplios sectores de la sociedad carecen de acceso a la energía eléctrica (Kofler, 2014).

Dicha tendencia no solo debe considerarse en el abastecimiento de recursos para la vivienda, sino también en su uso; si abastecemos de agua y energía de forma eficiente sin emisiones, debemos analizar únicamente los residuos sólidos generados durante el uso de la vivienda, lo cual

puede mitigarse separando los mismos en primera instancia, para posteriormente reciclar y elaborar compostaje con los residuos orgánicos. Uno de los mayores retos, además de los analizados anteriormente en la minimización de usos de recursos naturales y su uso eficiente, es poder convertir los residuos que se han sido capaces de recoger en materias primas secundarias que, a su vez, contribuyan a utilizar menos recursos naturales (CONAMA, 2018).

Dadas las carencias de infraestructura para la recolección y el tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios generados en América Latina, la recuperación de materiales reciclables tiene una gran importancia en la disminución de residuos que se dirigen a los rellenos sanitarios y otros sitios de disposición final (BID, 2018). Masificar un buen manejo de residuos sólidos a más de aportar significativamente al desarrollo social y fortalecer la soberanía alimentaria mediante huertos urbanos, presenta notables aportes económicos y ambientales para el estado.

En síntesis, la economía circular en la construcción modifica todos los mecanismos tradicionales lineales de abastecimiento, uso y disposición final de recursos, a un modelo autosustentable en el que se genere in situ el agua o energía según los recursos disponibles y se revaloricen los residuos sólidos orgánicos, por lo que es vital la sinergia del sector público, privado y sociedad civil.

Finalmente, la economía circular en la construcción al analizar el ciclo de vida de la vivienda permitirá la creación de dispositivos de aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos, y también nuevos materiales de construcción, ambos de origen local y tratando de reincorporar residuos sólidos revalorizados en la cadena productiva, como los descritos en el desarrollo,

mejorando en conjunto la sostenibilidad del país y aportando alternativas al agotado modelo petrolero extractivista.

EFICIENCIA EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

La baja innovación tecnológica de materiales, métodos de construcción, formas de abastecimiento de recursos y manejo de residuos sólidos en la construcción del país está directamente relacionada con el manejo actual de información como se mencionó anteriormente, por lo que es indispensable buscar eficiencia desde el diseño de los proyectos de construcción del país.

El modelo tradicional que actualmente impera en el país, donde se realizan todos los diseños en dos dimensiones, cada ingeniería aislada una de otra y sin ninguna facilidad para obtener información adicional, ralentiza los diseños, crea conflictos en obra y su respectivo aumento de los tiempos de construcción con su influencia en el costo total de la obra.

En este sentido es necesario adoptar a un sistema que mejore los procesos de diseño al consolidar todas las ingenierías en un solo archivo, con información paramétrica de materiales y el entorno, en un modelo tridimensional que a través de análisis computacional nos permite calcular las distintas necesidades de la vivienda.

Este modelo además permite la interacción durante todas las fases de la obra, obteniendo cantidades de obra directamente y actualizar las mismas de acuerdo con la ejecución del proyecto, optimizando los tiempos de ejecución y permitiendo la tecnificación de la construcción en el país; así la metodología BIM se ha posicionado a nivel mundial en el área de la construcción como la manera más eficiente de diseñar, ejecutar y monitorear obras civiles.

BIM

A continuación, vamos a analizar algunos de los beneficios de esta metodología en base a revisión bibliográfica disponible; en primera instancia vamos a analizar el potencial de implementar esta metodología en el sector público, según el Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo del EUBIM TASKGROUP, aquí podemos apreciar los motivos principales para posicionar el liderazgo de esta metodología:

Ilustración 58 Oportunidades de liderazgo metodología BIM

Motivo del liderazgo	Descripción de la motivación
Mejora de la rentabilidad de las inversiones públicas	El promotor perteneciente al sector público tiene la responsabilidad de maximizar la rentabilidad económica de las inversiones públicas. La introducción de BIM puede ofrecer unos costes de construcción más precisos y más bajos, así como reducir los retrasos en la ejecución de proyectos de construcción de activos públicos.
La contratación pública como impulsora de la innovación	Los gobiernos, como los mayores contratistas de construcción con un gasto público de, aproximadamente un 30 % de la producción constructora total, pueden influir en la innovación y alentarla. Este es uno de los objetivos recogidos en la Directiva de la Unión Europea sobre contratación pública (2014).
Efecto de la interconexión entre organismos: apoyo a las PYMEs	Dada la elevada fragmentación del sector de la construcción —un 95 % de las empresas que operan en él son pequeñas y medianas (PYMEs)— su capacidad para organizarse y caminar en una sola dirección es limitada. El logro de todos los beneficios económicos que entraña BIM solo será posible mediante una adopción más amplia de esta en toda la cadena de valor.
Agenda de digitalización	Los gobiernos, los responsables políticos y la industria están reconociendo los beneficios de promover la digitalización de los sectores industriales. Esta es una agenda especialmente importante en Europa; así lo demuestra la iniciativa de la Comisión Europea para el mercado único digital.

Fuente: EUBIM TASK GROUP

Pese a la notable reducción del gasto público en obras en el último año, como se puede apreciar en el Tipo de Compra Publica elaborado por el Servicio Nacional de Contratación Pública SERCOP, se destinó en 2019 cerca del 22% de todos los montos de contratación pública ejecutados a OBRAS, lo que demuestra el potencial del gobierno de implementar herramientas que permitan mejorar la rentabilidad de las inversiones públicas, interrelacionar a los diferentes actores y permitiendo la digitalización del sector mediante políticas públicas.

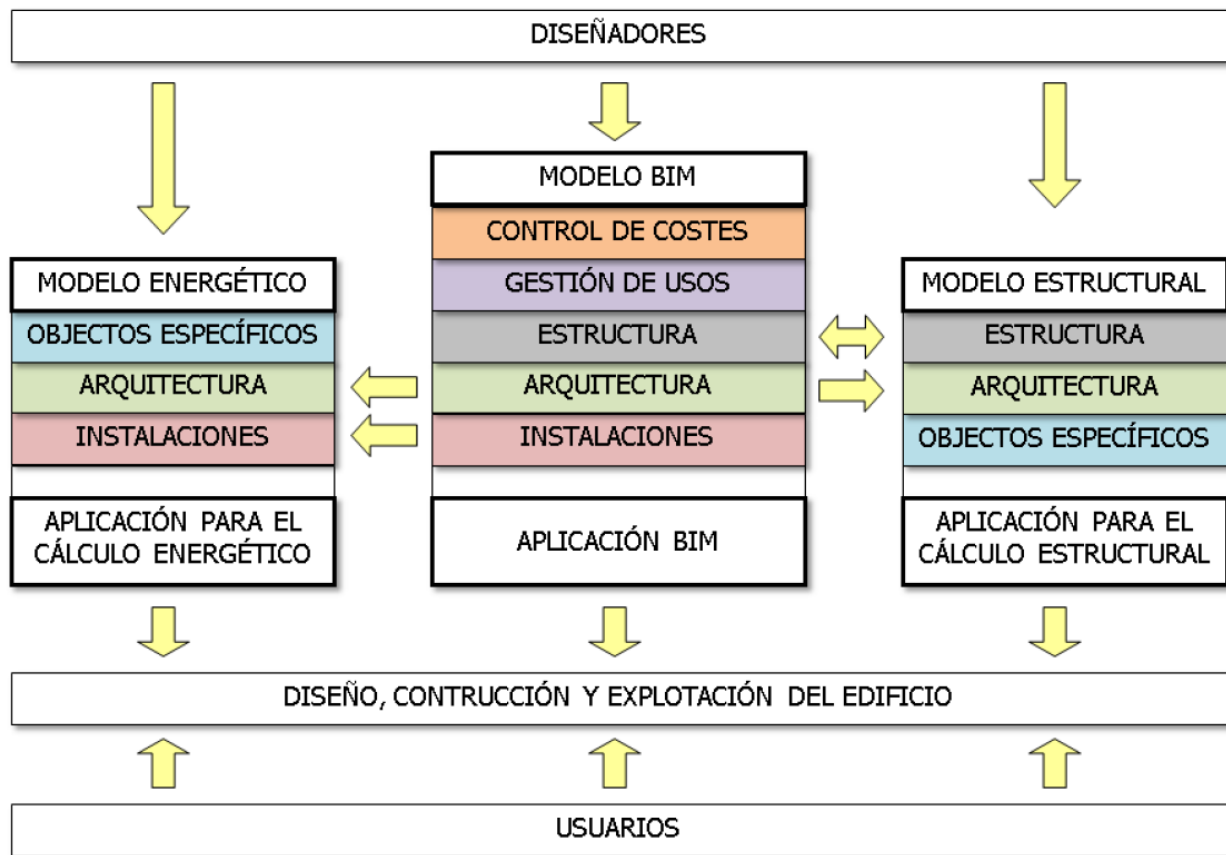
Ilustración 59 Monto adjudicado por tipo de compra publica, 2018-2019, Ecuador

TIPO DE COMPRA	MONTO ADJUDICADO		% DE VARIACIÓN EN MONTO ADJUDICADO
	2018*	2019*	
SERVICIO	2.323,8	2.393,8	3,0%
BIEN	2.080,8	1.874,3	-9,9%
OBRA	2.243,9	1.372,8	-38,8%
CONSULTORÍA	170,3	163,2	-4,2%
FÁRMACOS	148,9	159,2	7,0%
SEGUROS	32,9	102,7	212,1%
TOTAL	7.000,6	6.066,0	

Fuente: SERCOP, 2019

Es vital para el desarrollo estatal la articulación con todos los sectores que intervienen en la construcción, ya que una herramienta tan potente requiere la capacitación constante y modernización del sector, ya que los nuevos modelos tridimensionales permiten adicionalmente un análisis energético de la vivienda, impulsando así la eficiencia energética en la construcción. A continuación, podemos apreciar toda la integración que permite un modelo BIM en un mismo archivo consolidado:

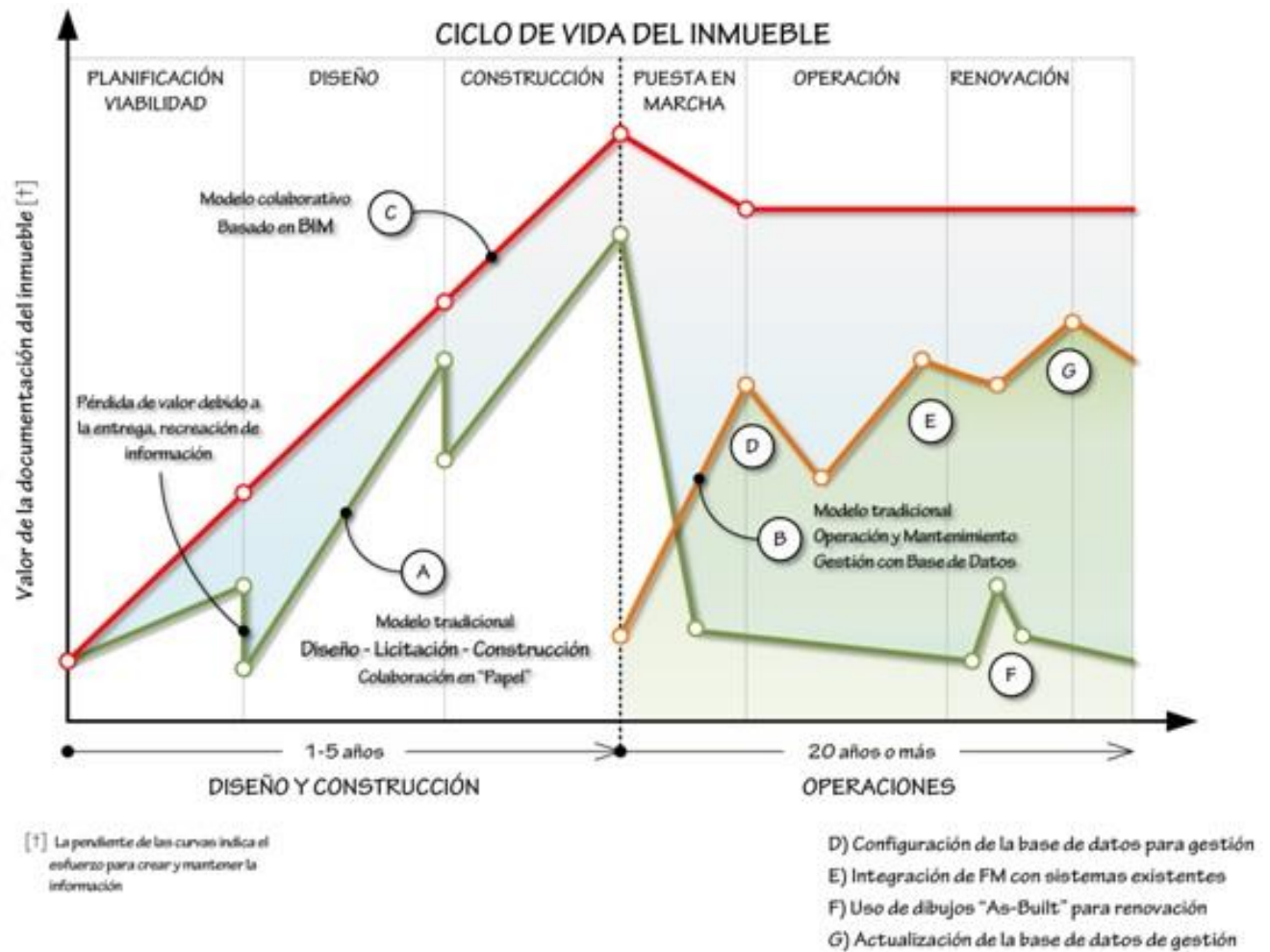
Ilustración 60 Interacción Metodología BIM



Fuente: Coloma, 2008

Toda esta interacción permite un análisis eficiente de la vivienda en el que se engloba cada uno de los aspectos para su óptimo desempeño, y adicionalmente se mantiene un control constante durante la obra y también durante el uso de la vivienda, revalorizando la información proporcionada por los diseñadores y evitando las constantes pérdidas de valor de los datos en los modelos tradicionales de diseño, conforme podemos apreciar a continuación:

Ilustración 61 Valor de la información, Metodología BIM vs. Construcción tradicional



Fuente: Eastman, 2011

Durante la primer etapa del ciclo de vida de una vivienda la información obtenida por el metodo BIM no presenta ninguna pérdida de valor ya que mantiene los datos constantes de planificación, diseño y construcción, mientras que el modelo tradicional presenta notables pérdidas de valor en el transcurso de cada fase mencionada debido a la entrega de información en

distintos archivos y variando a las personas que ejecutan cada fase, perdiendo datos importantes para la operación y renovación.

El modelo tradicional de diseño al no considerar el ciclo de vida del inmueble una vez concluida la construcción toda la documentación obtenida hasta ahí se desvaloriza rotundamente, de tal forma que para aportar a operación, mantenimiento o renovación del inmueble se requiere realizar nuevamente los estudios respectivos; mientras que el modelo colaborativo BIM mantiene un control constante durante estas fases con el mismo modelo ya creado con anterioridad, con el notable impacto económico que esto representa.

TECNIFICAR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Implementar esta metodología permitirá importantes ahorros económicos al país, al minimizar los tiempos y mejorando el análisis de la construcción, optimizando el uso de materiales y la eficiencia en las instalaciones, pero el mero hecho de implementar un modelo no garantiza el éxito, si dicha implementación no involucra a cada uno de los actores y capacita apropiadamente a fin de romper los paradigmas tradicionales de la construcción.

Esto, siguiendo con la analogía de la Revolución Industrial, supone un cambio cultural y sociológico en la manera de entender el ciclo de vida del proceso constructivo. Esta última afirmación es vital para entender que no solo estamos hablando de nueva tecnología o de evolución de la ya existente, estamos hablando de nuevos procesos de trabajo o necesidad de adaptación de los existentes. Existe una cita para explicar este hecho: “BIM es 10% tecnología y 90% sociología”. (Márquez, 2014)

Pese a los notables beneficios que se pueden obtener la implementación sin duda representa un desafío para el país por la poca innovación tecnológica del sector, sin embargo, es también la oportunidad para integrar políticas públicas de calidad con el apoyo del sector privado y sociedad civil, que permitan tecnificar la industria de la construcción y garantizar el desarrollo sostenible del país.

La tecnificación del país debe estar alineada con la respectiva base legal que impulse el desarrollo y a su vez brinde los recursos necesarios para modernizar este sector; capacitar a la mano de obra debe ser el principal objetivo ya que tradicionalmente ha sido el sector más despreciado, desde los salarios, pese a su importancia trascendental para el desarrollo del sector.

Por otra parte, la academia debe actualizar las mallas curriculares de carreras técnicas e incluir en las mismas el uso y aplicación de paquetes computacionales que permitan la innovación tecnológica en la construcción; además la industria debe alinearse a este desarrollo y actualizar sus bibliotecas de materiales a la metodología BIM y así poder incluir directamente en los diseños cada material con sus propiedades.

Implementar esta innovadora metodología en el país a más de incentivar a la tecnificación de la industria de la construcción permitirá la transformación digital de la misma, al manejar de forma magnética en un solo archivo consolidado toda la información del proyecto, evitando el actual papeleo con cada estudio por separado y los respectivos planos impresos, mejorando así el manejo de la información y adoptando disposiciones legales vigentes como el uso de firma electrónica.

Ilustración 62 Beneficios BIM



Fuente: EUBIM TASK GROUP

PROPUESTA CALCULO PARÁMETRO DE ECOEFICIENCIA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Como se ha podido observar existen en el país alternativas ecoeficientes tanto para los materiales, como para el abastecimiento de energía y agua, manejo de residuos sólidos y diseño de proyectos de construcción, con su respectivo impacto en el sector, a más de las mencionadas se debe revisar también otras propuestas tanto en el tipo de materiales como en abastecimiento de energía y manejo de agua, de acuerdo con las condiciones geográficas propias de cada proyecto.

Tabla 9 Resumen ecoeficiencia en la construcción

SITUACIÓN ACTUAL	MATERIALES Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS CADUCOS	ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA Y AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS SERVIDAS Y RESIDUOS SOLIDOS DE FORMA LINEAL		DISEÑO Y PRESENTACIÓN DE PROYECTOS EN 2D SIN INFORMACIÓN
PROPUESTA	ECOEFICIENCIA EN MATERIALES Y MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN	ECOEFICIENCIA EN ABASTECIMIENTO Y MANEJO DE RECURSOS	EFICIENCIA EN EL DISEÑO Y MANEJO DE INFORMACIÓN	
BENEFICIOS	INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	ECONOMÍA CIRCULAR EN LA CONSTRUCCIÓN	TECNIFICAR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	

Fuente: Autor

Pese a esto no existe en el país una herramienta que permita conjugar el beneficio de cada alternativa ecoeficiente en la construcción y parecen elementos aislados de la misma, por lo que a continuación se describe una propuesta de cálculo de un parámetro de ecoeficiencia en la industria de la construcción del país para permitir consolidar toda la información pertinente en cada proyecto y analizar las ventajas en cada proyecto de implementar parámetros de ecoeficiencia.

PROPUESTA DE CALCULO

En este sentido, surge la necesidad de implementar un parámetro de ecoeficiencia en la industria de la construcción del Ecuador, que permita un análisis a cabalidad durante el ciclo de vida de la vivienda y permita a los diseñadores contrastar las alternativas propuestas y así minimizar la huella hídrica y de carbono desde la ejecución hasta la demolición de la vivienda, para lo que a continuación se realiza una propuesta de cálculo para cuantificar dichos impactos, y así las posibles oportunidades de mejorar la construcción del país mediante mecanismos de compensación que garanticen el desarrollo económico, social y ambiental del país.

Las Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado (CGE) en su número 408-11 establece que para calcular un presupuesto de obra se elaborará por unidad de obra o rubro de trabajo, es decir, para cada una de las partes que componen el proceso de construcción, bajo la siguiente estructura: cada precio unitario se subdividirá en costos directos, costos indirectos, utilidad e imprevistos.

Por tal es una práctica habitual en la construcción tanto pública como privada realizar el respectivo Análisis de Precios Unitarios (APU) en el cual se calcula el costo por unidad de cada

rubro que interviene en una obra civil, para lo que se desglosa los materiales, equipos, mano de obra y transporte que intervienen en cada rubro, junto con su rendimiento y precio unitario se obtiene el costo total de cada rubro, lo que multiplicado por su cantidad nos da el presupuesto total de una obra.

El Análisis de Precios Unitarios engloba información fundamental para la ejecución de obras civiles, como son el Equipo Mínimo necesario, Mano de Obra, Personal Técnico y Materiales a emplearse, por lo que el antiguo Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) implemento la desagregación tecnológica en obras civiles a fin de determinar el porcentaje de Valor Agregado Ecuatoriano (VAE) de cada rubro de obra civil para determinar de forma global el origen de cada elemento y fortalecer la industria nacional exigiendo que se emplee mano de obra local, así como materiales y equipos en lo posible elaborados en el país.

Para dar cumplimiento a esto el Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP) elaboró el denominado Anexo 3 de la Codificación de Resoluciones del SERCOP en el que establece la forma de calcular la desagregación tecnológica de cada rubro para lo que usa el APU mencionado anteriormente, ya que como se explicó dicho análisis permite desglosar todos los componentes que intervienen en una construcción y así obtener el porcentaje de desagregación tecnológica de cada rubro y finalmente de una obra en general, para así conocer las fortalezas y debilidades en cuanto a la industria de la construcción del país.

En este sentido, y como aporte del presente trabajo de titulación se plantea un cálculo anexo al análisis de precios unitarios, similar a la desagregación tecnológica descrita, en el cual se obtenga la huella hídrica y de carbono de cada ítem que interviene en un rubro, y así cuantificar de forma

bastante aproximada y manteniendo los formatos establecidos por CGE, al cual denominaremos ÉTICA AMBIENTAL al ser un parámetro que permita tomar decisiones en cuanto a la parte ambiental de los materiales de construcción que pese a su importante perjuicio en la mayoría de los casos no son considerados ni mucho menos cuantificados.

Como se puede apreciar, la metodología propuesta se acopla tanto al análisis de precios unitarios exigido por CGE como a la metodología de determinación del valor agregado ecuatoriano para segregación tecnológica elaborado por SERCOP, así de forma práctica se podrá obtener la huella hídrica y de carbono de cada rubro que intervenga en cualquier obra civil, para posteriormente sumar todos los rubros que intervengan en un presupuesto referencial y obtener así el total de huella hídrica y de carbono de la ejecución de cualquier proyecto de construcción.

La ética ambiental consiste en el estudio de las cuestiones y principios normativos relacionados con las interacciones de los seres humanos con el ambiente natural, y con sus contextos y consecuencias (UNESCO, 2010). En este sentido se introduce el concepto de ética ambiental en la construcción, al determinar de forma concreta el impacto generado por todos los rubros que intervienen en la ejecución de una obra civil, y al desglosar el análisis de precios unitarios se considera en dicha propuesta de cálculo el impacto tanto de equipos como de materiales, mano de obra y transporte, parámetros que en la actualidad no son considerados en ninguna normativa del país, lo que repercute en un desmesurado impacto ambiental que ni siquiera es cuantificado.

Tabla 10 Propuesta de cálculo “ÉTICA AMBIENTAL”

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						DETERMINACIÓN DEL VAE DEL RUBRO					ÉTICA AMBIENTAL			
EQUIPOS						Peso Relativo	CPC	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%)	Huella Hídrica Unitaria	Huella Hídrica Total	Huella Carbono Unitaria	Huella Carbono Total
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Total	Elemento (%)	Elemento			Elemento	lt	lt	kgCO2	kgCO2
T	A	B	C=AxB	R	D=CxR	PRT=Td/Q	?	?	%	VAEt=PRTxVi	HHi	HHt=HHixR	HCi	HCt=HCixR
Subtotal de Equipo:					M	Subtotal de Equipo:				ΣVAEt	Subtotal de Equipo:	ΣHHt	Subtotal de Equipo:	ΣHCt
MANO DE OBRA						Peso Relativo	CPC	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%)	Huella Hídrica Unitaria	Huella Hídrica Total	Huella Carbono Unitaria	Huella Carbono Total
Descripción	Cantidad	Jornal / HR	Costo Hora	Rendimiento	Total	Elemento (%)	Elemento	NP/EP/ND		Elemento	lt	lt	kgCO2	kgCO2
X	A	B	C=AxB	R	D=CxR	PRX=Xd/Q	?	?	%	VAEx=PRTxVi	HHi	HHx=HHixR	HCi	HCt=HHixR
Subtotal de Mano de Obra:					N	Subtotal de Mano de Obra:				ΣVAEx	Subtotal de Mano de Obra:	ΣHHx	Subtotal de Mano de Obra:	ΣHCt
MATERIALES						Peso Relativo	CPC	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%)	Huella Hídrica Unitaria	Huella Hídrica Total	Huella Carbono Unitaria	Huella Carbono Total
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio	Total	Elemento (%)	Elemento	NP/EP/ND		Elemento	lt	lt	kgCO2	kgCO2
Y			A	B	C=AxB	PRY=Yd/Q	?	?	%	VAEy=PRTxVi	HHi	HHy=HHixR	HCi	HCt=HHixA
Subtotal de Materiales:					O	Subtotal de Materiales:				ΣVAEy	Subtotal de Materiales:	ΣHHy	Subtotal de Materiales:	ΣHCt
TRANSPORTE						Peso Relativo	CPC	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%)	Huella Hídrica Unitaria	Huella Hídrica Total	Huella Carbono Unitaria	Huella Carbono Total
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Total	Elemento (%)	Elemento	NP/EP/ND		Elemento	lt	lt	kgCO2	kgCO2
Z			A	B	C=AxB	PRZ=Zd/Q	?	?	%	VAEz=PRTxVi	HHi	HHz=HHixR	HCi	HCt=HHixA
Subtotal de Transporte:					P	Subtotal de Transporte:				ΣVAEz	Subtotal de Transporte:	ΣHHz	Subtotal de Transporte:	ΣHCt
TOTAL COSTO DIRECTO					Q=M+N+O+P	ΣPRi=100%				VAE rubro=ΣVAEi	Huella Hídrica Total	HH rubro=ΣHH	Huella Carbono Total	HC rubro=ΣHC
INDIRECTOS Y UTILIDADES					S									
COSTO TOTAL DEL RUBRO					U=Q+S									

Fuente: SERCOP; Elaboración: Autor

Se introdujeron los conceptos de huella de carbono y agua hace aproximadamente una década, simultáneamente, pero independientemente el uno del otro. La Huella de Carbono (HC) surgió del debate sobre cambio climático, como herramienta para medir las emisiones de GEI. La Huella Hídrica (HH) se introdujo en el campo de gestión de los recursos hídricos, como herramienta para medir el uso del agua en relación con los patrones de consumo. En ambos casos, la terminología elegida fue inspirado por la Huella Ecológica (HE) (UNESCO, 2012).

Pese a ser conceptos con más de 20 años empleados a nivel mundial con diversos propósitos, en el país recién se están introduciendo dichos conceptos, pero no de forma masiva ya que no existen políticas públicas al respecto, pese a su importante repercusión para cuantificar la contaminación ambiental generada por las actividades antrópicas.

La HC mide las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al calentamiento global por actividades antropogénicas, se expresa en unidades de masa equivalente de CO₂ por unidad de tiempo o por unidad de producto; mientras que HH mide el consumo y contaminación del recurso agua dulce, se expresa en unidades de volumen de agua por unidad de tiempo o por unidad de producto; en ambos casos se obtienen estos valores mediante un análisis de ciclo de vida ya sea de un bien o un servicio, en ambos casos se cuenta con la respectiva metodología internacional como son ISO 14067-HUELLA DE CARBONO e ISO 14046-HUELLA HÍDRICA.

Como se mencionó el análisis de precios unitarios en el país lo establece CGE ya que ellos fijan los Salarios Mínimos para Mano de Obra cada año, mediante una publicación que es de cumplimiento obligatorio para las entidades contratantes del país a fin de estandarizar los salarios

en los análisis y así se hagan respetar los derechos de los trabajadores garantizando que se pague al menos el mínimo establecido por la ley; dicho análisis también beneficia al estado ya que evita sobrepagos, no solo al establecer los salarios de mano de obra, sino al permitir identificar el costo detallado de todos los materiales y equipos que intervienen en cada rubro, desglosando así el presupuesto referencial de cualquier obra civil.

Ilustración 63 Salarios mínimos mano de obra 2020

CONTRALORÍA GENERAL DEL ESTADO DIRECCIÓN NACIONAL DE AUDITORÍA DE TRANSPORTE, VIALIDAD, INFRAESTRUCTURA PORTUARIA Y AEROPORTUARIA ENERO A -----> DE 2020 (SALARIOS EN DÓLARES)									
REAJUSTE DE PRECIOS SALARIOS MÍNIMOS POR LEY									
CATEGORÍAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DÉCIMO TERCER	DÉCIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
REMUNERACIÓN BÁSICA UNIFICADA MÍNIMA	400,00								
CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS Y ARQUITECTÓNICOS									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2									
Peón	410,40	410,40	400,00		598,36	410,40	6.743,96	28,82	3,60
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Albañil	415,75	415,75	400,00		606,16	415,75	6.826,66	29,17	3,65
Operador de equipo liviano	415,75	415,75	400,00		606,16	415,75	6.826,66	29,17	3,65
Pintor	415,75	415,75	400,00		606,16	415,75	6.826,66	29,17	3,65
Pintor de exteriores	415,75	415,75	400,00		606,16	415,75	6.826,66	29,17	3,65
Pintor empapelador	415,75	415,75	400,00		606,16	415,75	6.826,66	29,17	3,65
Fierro	415,75	415,75	400,00		606,16	415,75	6.826,66	29,17	3,65
Carpintero	415,75	415,75	400,00		606,16	415,75	6.826,66	29,17	3,65

Fuente: CGE, 2020

La Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON) cuenta con un Manual de Análisis de Precios Unitarios Referenciales en el que se establecen rendimientos tipo tanto para maquinaria, equipos, mano de obra y materiales para los rubros más comunes de la construcción del país, permitiendo con facilidad acceder a dicha información para elaborar los análisis respectivos.

Finalmente, el INEC establece el Índice de Precios de la Construcción (IPCO), un indicador que mide mensualmente la evolución de los precios, a nivel de productor y/o importador, de los

materiales, equipo y maquinaria de la construcción para ser aplicados en las fórmulas polinómicas de los reajustes de precios de los contratos de la obra pública, de acuerdo a lo que dispone el Art. 83 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, vigente a partir del 4 de Agosto del 2008 (INEC, 2020).

Ilustración 64 Índices de precios de materiales, equipo y maquinaria de la construcción 2020



ÍNDICES DE PRECIOS DE MATERIALES, EQUIPO Y MAQUINARIA DE LA CONSTRUCCIÓN - NIVEL NACIONAL

[Contenido.](#)

DENOMINACIÓN	INDICES			VARIACIONES PORCENTUALES	
	JUNIO/19	MAYO/20	JUNIO/20	MENSUAL	ANUAL
Aceites, lubricantes, hidrául. y afines *	353.07	351.30	351.30	0.00	-0.50
Acero en barras *	264.42	264.42	264.42	0.00	0.00
Acero estructural para puentes	389.73	399.29	396.57	-0.68	1.76
Acetileno *	226.22	242.84	242.84	0.00	7.35
Aditivos para hormigones asfálticos 3/	211.28	191.99	190.98	-0.53	-9.61
Alambres de metal *	281.75	281.75	281.75	0.00	0.00
Alambres y cables para Inst. telefónicas					
Exteriores (I) 2/	182.36	178.14	177.33	-0.45	-2.76
Interiores *	263.09	256.51	256.51	0.00	-2.50
Alambres y cables para Instalaciones eléctricas *	204.09	203.03	203.03	0.00	-0.52

Fuente: INEC, 2020

En obras publicas existe la obligatoriedad por parte de las entidades contratantes de elaborar el estudio de desagregación tecnológica estudio según el artículo 23 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública que en su parte pertinente establece: “Los estudios y diseños incluirán obligatoriamente como condición previa a su aprobación e inicio del proceso

contractual, el análisis de desagregación tecnológica o de Compra de Inclusión, según corresponda, los que determinarán la proporción mínima de participación nacional o local de acuerdo a la metodología y parámetros determinados por el Servicio Nacional de Contratación Pública”.

Por otra parte, el mismo SERCOP en su número 10 del artículo 6 de la LOSNCP define a Desagregación Tecnológica como: Estudio pormenorizado que realiza la Entidad Contratante en la fase pre contractual, en base a la normativa y metodología definida por el Servicio Nacional de Contratación Pública en coordinación con el Ministerio de Industrias y Productividad, sobre las características técnicas del proyecto y de cada uno de los componentes objeto de la contratación, en relación a la capacidad tecnológica del sistema productivo del país, con el fin de mejorar la posición de negociación de la Entidad Contratante, aprovechar la oferta nacional de bienes, obras y servicios acorde con los requerimientos técnicos demandados, y determinar la participación nacional.

Al ser obligación de las entidades contratantes elaborar dicho estudio el SERCOP ha estandarizado el formato de cálculo para determinar el Valor Agregado Ecuatoriano (VAE) de cada rubro paralelo al análisis de precios unitarios, definiendo los valores de VAE para materiales, equipos, mano de obra y transporte y asignando un código de acuerdo a la Clasificación Central de Productos CPC del INEC que cuenta con su respectiva enciclopedia virtual (<https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/index.html>).

De manera que se estandarizan cada uno de los elementos que intervienen y mediante un apoyo articulado se disponen para los usuarios las herramientas informáticas que permiten un

correcto estudio, mientras que para el estado “la finalidad de estos instrumentos de homogeneización estadística es garantizar la comparabilidad de la información en el espacio y en el tiempo” (INEC, 2012).

Como se evidencio en los párrafos anteriores políticas públicas articuladas permiten el desarrollo de la industria de la construcción, pero desafortunadamente en la actualidad solo consideran el costo y la desagregación tecnológica, sin tomar en cuenta el perjuicio ambiental que dicho sector genera al país, tanto para equipos como para materiales, mano de obra y transporte.

De forma que la metodología propuesta complementa las políticas públicas de la construcción para lo que es indispensable la participación activa de todos los actores ya sean públicos, privados y sociedad civil, ya que al momento no se dispone de datos concretos de fuentes oficiales u organizaciones privadas de huella de carbono e hídrica de materiales, equipos, mano de obra y transporte en el país, lo que representa el principal limitante del presente trabajo, pero a su vez permite establecer las directrices necesarias en base a la normativa vigente del país y las respectivas normas ISO mencionadas.

ANÁLISIS PROPUESTA

Al igual que el estado exige a las industrias que determinen el VAE de cada material que produzcan, debe establecer los lineamientos para que cada industria determine la huella hídrica y de carbono de los materiales producidos, lo cual corresponde a un ejercicio particular en función de las condiciones de cada fabrica y de sus procesos industriales.

Así como SERCOP ha estandarizado el porcentaje de VAE para obras, se deben estandarizar los valores de HH y HC para poder aplicarlos en la construcción; de la misma forma que para

materiales importados el VAE es cero ya que no existe transferencia tecnológica alguna, se puede asumir valores de HH y HC cero para materiales importados, ya que dicho estudio busca determinar el impacto de la industria de la construcción del país.

El presupuesto tradicional de obra únicamente incluye todos los rubros necesarios para ejecutar una vivienda, sin considerar su uso, lo que deja un vacío para cuantificar consumo durante la vida útil de la vivienda, por lo que a fin de complementar la metodología propuesta se plantea que se incluya al presupuesto de construcción el presupuesto de uso, para que con la misma metodología podamos cuantificar la huella hídrica y de carbono de todo el ciclo de vida.

Tabla 11 Propuesta de presupuestación de obras

ETAPAS	PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN	PRESUPUESTO USO
CARACTERÍSTICAS	OBRA CIVIL	ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA
	ARQUITECTURA	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
	ESTRUCTURA	MANEJO AGUAS SERVIDAS
	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS	MANEJO RESIDUOS SOLIDOS
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
	INSTALACIONES MECÁNICAS	
	Costo total \$/m2	Costo total \$/m2
PARÁMETROS	HH/m2	HH/m2
	HC/m2	HC/m2

Fuente: Autor

Es inevitable que cualquier actividad antrópica genere impactos en el ambiente, de forma que debe ser obligación de los diseñadores minimizar los mismos y priorizar un uso eficiente de los recursos; en este sentido al analizar el uso de la vivienda podemos contrastar la influencia de implementar parámetros de ecoeficiencia en la industria de la construcción según la tabla que antecede.

Como es evidente todo el presupuesto de construcción tendrá parámetros de HH y HC negativos, al consumir recursos, usar materiales y equipos y generar residuos; mientras que la única manera de que la vivienda genere huellas positivas es implementando parámetros de ecoeficiencia en su uso, para que de forma global se disminuyan los impactos al minimizar las emisiones totales.

De esta forma la metodología propuesta a más de permitir determinar huella hídrica y de carbono de la construcción, permitirá determinar las mismas huellas del uso de la vivienda, lo que permitirá comparar de forma práctica y certera la influencia de los métodos de abastecimiento y disposición final de recursos con el costo de implementación de dichas medidas, analizando el ciclo de vida de la vivienda.

Mientras no existan las políticas públicas y estadísticas de fuentes oficiales que permitan la implementación de dicha propuesta es responsabilidad de los diseñadores de todos los elementos que intervienen en la construcción brindar a los usuarios las mejores alternativas técnicas y económicas, pero además garantizar el cuidado del medio ambiente, de forma que se incentiven nuevas técnicas de construcción ecoeficientes.

Pese al momento no disponer de la información suficiente para elaborar en su totalidad un análisis de precio unitario con su respectivo cálculo de Ética Ambiental, podemos cuantificar el consumo energético e hídrico de los materiales y las técnicas de construcción lo que nos permitirá obtener un panorama mucho más amplio de la ecoeficiencia en la construcción y la importancia nacional de definir dichos parámetros.

Finalmente, la implementación de dicha metodología no busca entorpecer los cálculos necesarios para presupuestación de obras civiles sino plasmar una metodología adaptable incluso a cualquier software de cálculo de presupuestos que actualmente existen en el país para la elaboración de precios unitarios y obtener de forma directa los valores establecidos con las bases de datos que se deben elaborar.

Por otra parte, es crucial para el desarrollo de la construcción la innovación tecnológica por lo que la tan necesaria implementación BIM puede además adaptar dichos valores en los parámetros de las bibliotecas de materiales BIM que ciertos proveedores del país ya disponen, de forma que se puede tecnificar y automatizar el cálculo al contar con el apoyo multisectorial.

PLAN DE TRABAJO

Al ser una propuesta innovadora, se propone a continuación un análisis FODA, mismo que nos permitirá conocer las fortalezas y oportunidades de la metodología planteada, así como también sus debilidades y posibles amenazas, para en conjunto valorar la viabilidad técnica y en función de esta establecer las estrategias que deben realizarse para su implementación.

Tabla 12 FODA Propuesta de calculo

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Formato amigable y conocido en el medio	Estandarizar HH y HC de productos
Unifica parámetros de la construcción	Cuantificar impactos del sector
Se acopla a las normas actuales	Mejorar el gasto publico
PARÁMETRO DE ECOEficiencia EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ECUADOR	
DEBILIDADES	AMENAZAS
Falta de normativa	Desinterés gubernamental
Falta de regulación	Reticencia constructores
Falta de control	Oposición industrias

Fuente: Autor

Como se pareció anteriormente la metodología propuesta se acopla a los formatos existentes de APU y VAE, lo que facilita la comprensión por parte del sector al estar familiarizado con la plantilla; además la propuesta se fortalece al realizarse en paralelo a condiciones actuales y obligatorias de cálculo, lo que canalizado apropiadamente puede permitir su masificación.

Sin duda las oportunidades de la propuesta son diversas, en primera instancia estandarizar HH y HC por productos permitirá al país cuantificar el impacto del sector y crear políticas públicas que permitan el desarrollo sostenible; por otra parte, la implementación de dicho parámetro conforme se expuso en el análisis de la propuesta permitirá mejorar notablemente el gasto público al analizar el ciclo de vida de la vivienda y disminuir las emisiones globales.

La carencia de normativa especializada, junto con la falta de regulación y control sobre la construcción en el país constituyen, sin duda, las principales debilidades de la propuesta, por lo que si se desean obtener resultados satisfactorios se deben corregir las condiciones actuales de la industria de la construcción e implementar parámetros de ecoeficiencia durante su ciclo de vida.

Finalmente, el desinterés estatal es la principal amenaza, ya que si no existe la predisposición por parte de las autoridades poco y nada se puede hacer por mejorar este sector y sus impactos; por otra parte, las industrias y los profesionales de la construcción juegan un papel importante y actualmente son grandes amenazas para la implementación de la propuesta por su reticencia al cambio y falta de colaboración.

Una vez planteadas las bondades y dificultades de la propuesta, se propone a continuación un plan de trabajo que permita el desarrollo e implementación de la metodología planteada, de forma que se minimicen las debilidades y se transformen las amenazas en fortalezas, conforme podemos apreciar a continuación:

- Establecer competencias: al igual que CGE regula los precios y MIPRO establece el VAE, en el país es el Ministerio de Ambiente el encargado de definir las variables de la

propuesta como son HH y HC; para en conjunto articular con SERCOP las herramientas necesarias.

- Elaborar mesas de trabajo: una propuesta debe ser colaborativa, por lo que tanto el sector público como privado y sociedad civil deben ser los llamados a interactuar a fin de definir las mejores condiciones, y así convertir las amenazas descritas en potenciales fortalezas al incluir a cada sector.
- Establecer legislación: es indispensable para el desarrollo sostenible de la construcción del país contar con normativa especializada que garantice el uso eficiente de los recursos, así como también se modernicen las formas de presentar proyectos y las metodologías de cálculo; también debe incluirse beneficios arancelarios para las buenas prácticas que motiven al sector y sanciones al mal uso y abuso de recursos, para que se dé la transición del sector.
- Plan estratégico: una vez consolidadas las mesas de trabajo, las competencias y la normativa adecuada, se debe elaborar un plan estratégico de trabajo y sus respectivos indicadores.
- Socialización propuesta: una vez se cuente con las políticas públicas que acompañen la propuesta se debe socializar con todos los sectores que participan en la construcción y realizar inducciones y capacitaciones que permitan la implementación.
- Plan piloto: una vez socializada la propuesta se debe elaborar un plan piloto en el que se ponga en marcha la misma, pero en un entorno controlado que permita pulir cualquier falencia.

- Masificar propuesta: tanto para el sector público y privado, se debe paulatinamente obligar a que se cuantifiquen los impactos en la construcción con la metodología planteada, a fin de estandarizar los parámetros.
- Medición de indicadores: una vez que se haya puesto en marcha la propuesta, según el plan estratégico, se deben medir los indicadores establecidos a fin de determinar los beneficios para dicha industria y para el país.
- Mejoramiento continuo: una vez analizados los indicadores se deben buscar otras alternativas que permitan el mejoramiento continuo de la propuesta en función de las condiciones futuras que se den.

Como pudimos apreciar, la implementación apropiada de la propuesta de cálculo debe contar con el apoyo multisectorial ya que el área de influencia de la industria de la construcción es muy amplia y diversa, lo que representa la principal limitante del presente trabajo; sin embargo, es indispensable implementar parámetros de ecoeficiencia en la construcción del país a fin de preservar los recursos naturales.

BENEFICIOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

No considerar la influencia de la construcción en el detrimento de la naturaleza perjudica notablemente al desarrollo del país, que es considerado a nivel mundial por su mega diversidad de flora y fauna, pero el descontrolado crecimiento de la construcción destruye cada vez más los hábitats naturales del país impidiendo un desarrollo sostenible y condenando a especies endémicas a la extinción.

Por ende, es vital plantear una metodología que permita cuantificar la magnitud de los impactos ambientales que genera cada uno de los componentes de la construcción y relacionarlos con el costo respectivo, y así introducir el concepto de “valor por el dinero” del BID donde además del precio, son consideradas otras dimensiones tales como: el ciclo de vida, la sostenibilidad y el desempeño social de los bienes y servicios.

Es así como el Valor por el Dinero se constituye más allá de una simple fórmula, convirtiéndose en un enfoque y sobre todo en un principio cuyo significado, alcance e importancia fueron justamente objeto de discusión de la Red Interamericana de Compras Gubernamentales (RICG) que dedicó su XIII Conferencia Anual al análisis de los elementos clave para la comprensión de este importante concepto y su incorporación en las diferentes etapas del ciclo de las compras públicas (<https://blogs.iadb.org/gestion-fiscal/es/valor-por-el-dinero-en-compras-publicas/>).

Ilustración 65 Valor por el dinero



Fuente: BID

Considerar el “Valor por el Dinero” en las obras civiles del país constituye un desafío para el desarrollo de la industria de la construcción, que a lo largo del tiempo no se ha caracterizado por su desarrollo e innovación sino por la corrupción, contaminación y nula transferencia de tecnología, imperando un modelo lineal, consumista y extractivista.

Al no existir en el país ninguna metodología que cuantifique los impactos ambientales de la industria de la construcción en el país es vital trabajar sobre la propuesta de cálculo en la que se enlaza con las metodologías de presupuestación y desagregación tecnológica existentes, la cual nos puede aportar significativamente para el desarrollo sostenible del país.

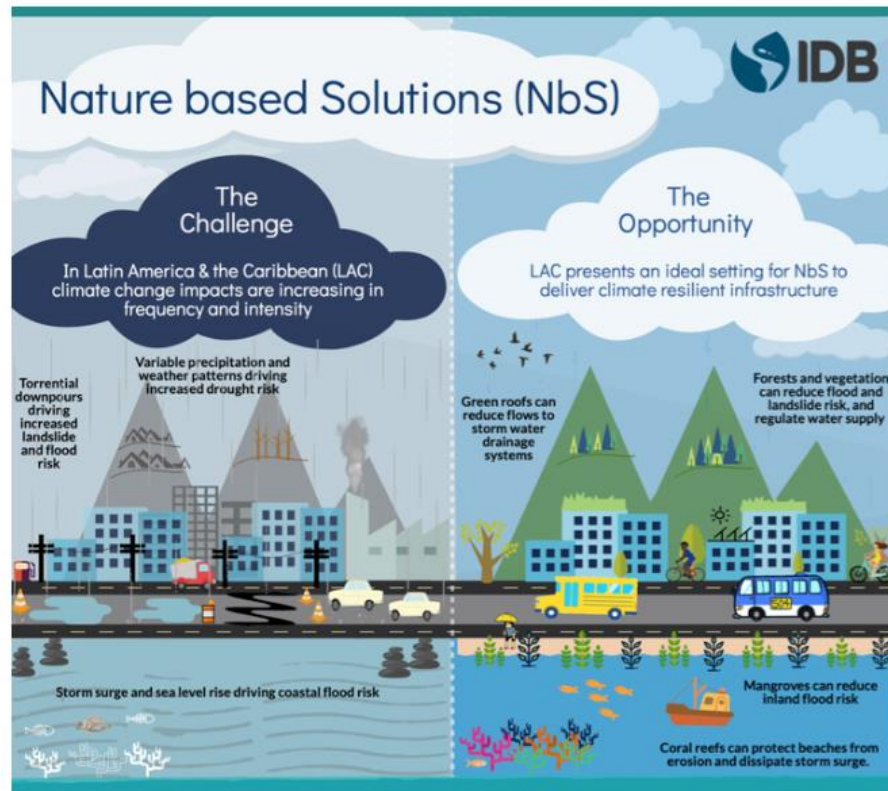
Desarrollar dicho análisis nos permitiría comparar el costo por metro cuadrado y contrastar a su vez con la huella hídrica y de carbono por metro cuadrado, y así poder tomar la mejor alternativa de construcción no solo en función del dinero sino del impacto que se genera lo que permitiría reducir directamente el daño ambiental tan devastador de este sector.

Dicho análisis global tiene varios propósitos todos ellos ligados con los ODS de la ONU, pero principalmente nos permitiría desarrollar soluciones basadas en la naturaleza, lo que implica que ya no se prioriza únicamente el capital como determinante de un proyecto sino el cuidado ambiental ya que está comprobado científicamente que perpetuar el ecocidio a largo plazo implica mucho más gasto económico en remediación y en muchos casos se vuelve irreversible el daño ambiental.

Si conjugamos los beneficios ambientales que se generan para la sociedad y se incluye a todos los actores que forman parte de este sector como son sociedad civil, sector público y privado, tendremos una gobernanza colaborativa que como se demostró anteriormente en el tema de

análisis de precios unitarios garantiza el precio justo de dicho sector, así también podremos garantizar el desarrollo sostenible de la construcción con ética ambiental.

Ilustración 66 Soluciones basadas en la naturaleza



Fuente: BID

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) define las soluciones basadas en la naturaleza como “acciones para proteger, gestionar de forma sostenible, y restaurar los ecosistemas naturales o modificados, que abordan los desafíos sociales de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad” (<https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/que-son-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-y-por-que-son-importantes/>).

Introducir los conceptos de valor por el dinero y soluciones basadas en la naturaleza en la industria de la construcción del país, permitiría acceder a fuentes de financiamiento internacionales ya que la tendencia mundial de desarrollo sostenible busca inversiones eficientes en países en vías de desarrollo, siendo un notable diferenciador en la región; adicionalmente para el país permitiría realizar un mejor gasto público.

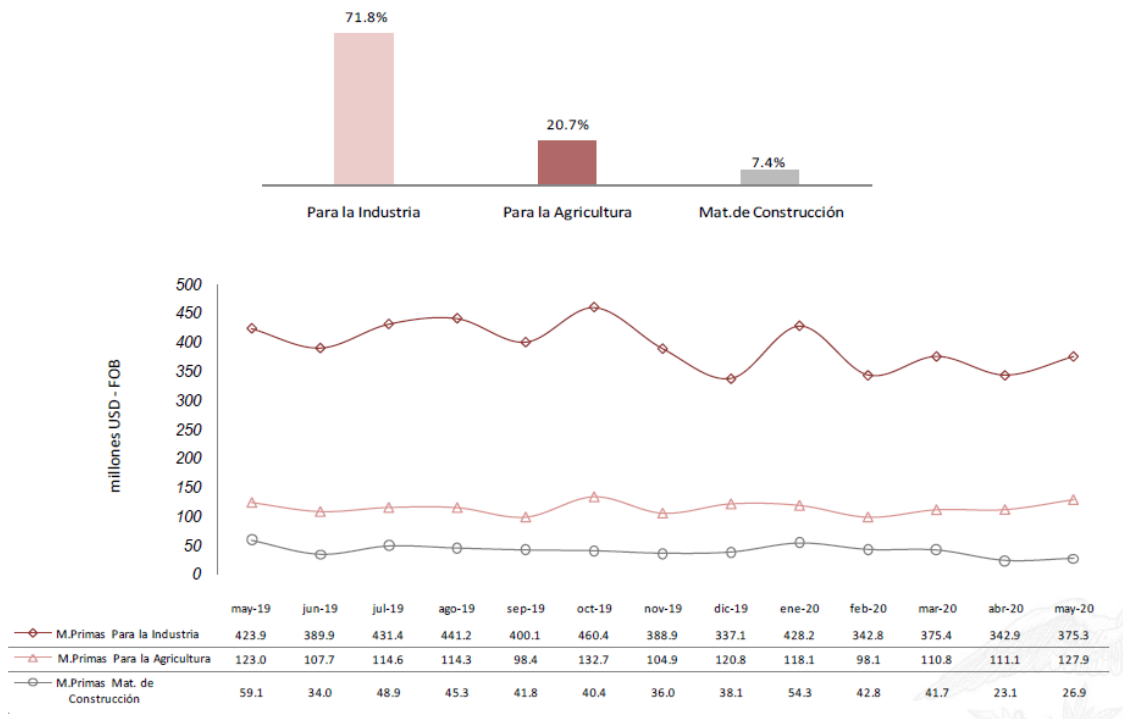
La metodología planteada permite el desarrollo sostenible del país al cuantificar los impactos y así buscar alternativas ecoeficientes tanto en materiales, como en abastecimiento de energía eléctrica, agua y climatización, así como también aportar un buen manejo de residuos sólidos y aguas servidas, caracterizado por la inclusión social que permita mejorar la calidad de vida de la sociedad, repercutiendo directamente en el desarrollo económico al buscar un manejo eficiente de los recursos, lo que brinda amplias oportunidades laborales y notables ahorros económicos para el país.

Analizar en conjunto tanto el costo como la desagregación tecnológica y la ética ambiental de la industria de la construcción del país nos permitiría tener una visión global del impacto económico, social y ambiental del sector, a la vez que como país nos ayudaría a fomentar el uso de materiales elaborados aquí y también incorporar la tecnología necesaria para reducir las importaciones de materiales de construcción.

Al momento, de todas las importaciones del país el 7,40% corresponde a materia prima para la construcción, por lo que en un futuro mediano se deben crear materiales de construcción ecoeficientes de calidad de exportación, que permitan equilibrar la balanza comercial de esta

industria y no perpetuar el modelo lineal extractivista que depreda el ambiente para ser meros exportadores de crudo e importadores de derivados.

Ilustración 67 Importaciones materias primas, Ecuador



Fuente: BCE, 2020

Finalmente el parametro propuesto permitira al pais desarrollar infraestructura sostenible, ya que la metodologia de presupuestacion es aplicable a cualquier obra civil, de forma que se contribuye a una economia baja en carbon mediante un uso eficiente de los recursos, permitiendo un analisis global en funcion de la normativa vigente que permita crear politicas publicas ecoeficientes.

CONCLUSIONES

Cuantificar de forma técnica el impacto de la construcción no solo durante su ejecución sino también durante su vida útil es el pilar fundamental para impulsar el desarrollo e innovación en el sector de la construcción, ya que a mas de relacionar su costo, desempeño y tiempo de ejecución se podrá analizar las emisiones y consumo de agua que presenta cualquier obra civil durante su ciclo de vida.

La definición del parámetro de ecoeficiencia en la industria de la construcción permitirá identificar los impactos ambientales durante el ciclo de vida de la construcción, de forma que se podrán minimizar las huellas hídricas y de carbono de la construcción aportando significativamente al desarrollo sostenible del país ya que se presentan beneficios ambientales, sociales, industriales y económicos.

Ambientales al cuantificar los impactos del sector durante su ciclo de vida, priorizando el cuidado de la naturaleza mediante materiales y abastecimiento de recursos de forma ecoeficiente, es decir, optimizando recursos, disminuyendo desperdicios y aprovechando los recursos naturales de cada zona con total respeto.

Sociales al permitir a poblaciones de escasos recursos y zonas remotas auto abastecerse de agua y energía, y revalorizando los residuos sólidos generados, aportando a la soberanía alimentaria; por otra parte, crear empleo inclusivo en la industria de la construcción permitirá el desarrollo social del país.

Industriales al modernizar la industria de la construcción, diversificar la misma y permitir un crecimiento de forma consciente, al cuantificar la huella hídrica y de carbono de los productos

producidos se obliga a las industrias a mantener especial cuidado y minimizar los impactos a fin de contar con materiales competitivos.

Económicos al conjugar cada uno de los ítems anteriores, además mejorar el gasto público al realizar proyectos ecoeficientes en la construcción y finalmente balancear la balanza comercial al producir materiales en el país en lo posible con residuos sólidos reutilizados; masificar parámetros de ecoeficiencia en la construcción disminuye también las redes de agua potable, alcantarillado y energéticas, así como también el transporte y disposición final de residuos sólidos, con el notable impacto económico que esto representa para el estado, por lo que se debe repensar los mecanismos actuales de abastecimiento y consumo.

Con respecto a la ecoeficiencia en los materiales de construcción se puede disminuir hasta en un 75% el peso muerto de mampostería, lo que repercute directamente en disminución de las estructuras con su respectiva disminución de los costos de construcción; mientras que con relación a las técnicas de construcción se pueden disminuir hasta 50% el tiempo de ejecución de una casa tipo de 50 m² como la planteada.

Dichos beneficios para el constructor deben estar apoyados con la industrialización de la industria de la construcción en el país, de forma que se proporcionen materiales ecoeficientes y técnicas de construcción modernas, que minimicen los tiempos, costos y desperdicios, manteniendo especial cuidado con el medio ambiente.

En la provincia de Imbabura debido a su radiación anual es factible la implementación de paneles solares térmicos para calentamiento de agua, mientras que en la ciudad de Baños por los vientos representativos se puede generar energía eléctrica en residencias mediante turbinas

eólicas y la ciudad del Puyo presenta gran potencial para aprovechamiento de agua lluvia debido a su elevada pluviometría anual.

En este sentido, adoptar parámetros de ecoeficiencia para manejo de agua, energía y residuos sólidos en la construcción permitirá el autoabastecimiento de recursos modificando los mecanismos lineales de consumo y aportando a la economía circular en la construcción del país, para lo que se debe analizar las condiciones hidro meteorológicas de cada zona previo a emplazar un proyecto.

Modificar la forma actual de diseñar proyectos de construcción en el país por la metodología BIM al entrelazar todas las ingenierías en un solo modelo tridimensional, permitirá disminuir los tiempos de construcción, mejorar el control de la obra y llevar un control constante durante el ciclo de vida, de forma que se pueden analizar parámetros de ecoeficiencia y en conjunto tecnificar la industria de la construcción.

Finalmente, conforme los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU impera en el país modificar las condiciones actuales de explotación masiva y despilfarro de recursos, aportando a través de la industria de la construcción a la insoslayable transición energética, la cual debe estar guiada por la democratización y humanización de recursos, hacia un modelo de desarrollo sostenible.

Tabla 13 Aporte trabajo a ODS ONU

ODS		APORTE	
6	AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	Recolección agua lluvia para consumo domestico	Eficiencia Hídrica y Saneamiento Ambiental
		Reutilización agua en la edificación	
		Tratamiento natural de aguas residuales	
		Buen manejo de residuos solidos	
7	ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	Energía eléctrica eólica y fotovoltaica	Eficiencia Energética
		Calentamiento de agua con paneles solares térmicos, bombas de calor y calefones eléctricos	
		Climatización con geotermia de baja entalpia y aerotermia	
8	TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	Tecnificar la construcción genera fuentes de empleo formales	
9	INDUSTRIA INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA	Industrializar la construcción permite desarrollar infraestructura sostenible	Eficiencia en el diseño, optimización de materiales e industrialización procesos constructivos
10	REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	Empleo inclusivo y acceso a recursos energéticos e hídricos	
11	CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	Construcciones autosustentables generadoras de recursos	
12	PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLE	Optimizar la producción de materiales ecoeficientes y su uso	
		Autoabastecimiento de recursos y buen manejo de estos	
13	ACCIÓN POR EL CLIMA	Disminuir huella hídrica y de carbono del sector	
15	VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	Conservar los hábitats al cuantificar el impacto del ciclo de vida de la construcción	Parámetro de ecoeficiencia
17	ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS	Gobernanza colaborativa permitirá desarrollo sostenible del sector	

Fuente: Autor

Así la infraestructura sostenible influye directa y significativamente para mejorar la calidad de vida de la sociedad e impacta positivamente la biodiversidad, por lo que es vital y crítico para el desarrollo sostenible abordar la emergencia ecológica y climática de manera urgente, ya que mientras se continúe postergando dicha transición los efectos sociales y ambientales serán devastadores.

Para concluir, debemos repensar como sociedad las necesidades básicas de consumo y contribuir a la descarbonización global, para modificar el estatus quo de explotadores de recursos y consumidores de derivados que únicamente arraiga las condiciones de países subdesarrollados al contaminar la naturaleza y perpetuar el dominio hegemónico de quienes dominan el mercado.

Por lo que la construcción, puede y debe fomentar el desarrollo sostenible de la sociedad y ser el motor de cambio de mentalidad de los usuarios al inculcar valores de respeto y cuidado por la naturaleza, facilitar el autoabastecimiento de recursos y el autocultivo, aprovechando de forma consciente nuestra privilegiada condición geográfica y guiar a la recuperación sostenible de América Latina.

“El mundo que hemos creado es un proceso de nuestro pensamiento. No se puede cambiar sin cambiar nuestra forma de pensar”.

Albert Einstein

RECOMENDACIONES

Es vital para el desarrollo sostenible del país no solo que se incluyan políticas públicas e incentivos estatales, sino que la sociedad civil asuma su rol contaminante con el planeta de forma que se adquiera una conciencia colectiva que permita minimizar los impactos ambientales.

Es así como se recomienda a cada persona que mantenga el debido cuidado con cada una de sus actividades y busque alternativas ecoeficientes tanto en su vivienda como en su forma de transportarse y de relacionarse con la naturaleza, ya que de continuar con ese consumismo desenfrenado estaremos condenando a las futuras generaciones a un planeta devastado.

Se recomienda estandarizar parámetros de huella hídrica y de carbono a nivel industrial a fin de que se maneje un lenguaje común en el sector y se puedan elaborar estudios al respecto, ya que la única manera de elaborar diseños óptimos es con información confiable; en este sentido se recomienda también liberar el acceso a dicha información de forma que permitan a los profesionales del sector adoptar las mejores alternativas.

Es recomendable, no solo para el desarrollo sostenible de la construcción sino en general, que exista la colaboración tripartita entre sociedad civil, sector público y privado, de forma que se garantice que las medidas adoptadas beneficien a cada sector y no únicamente a las elites económicas como se acostumbra.

Se recomienda tanto a diseñadores como usuarios fomentar la implementación de soluciones sustentables y ecológicas en la construcción del país, de forma que se masifique su aplicación y se disminuya la contaminación de este sector.

Es indispensable para el sector que se modernicen los métodos de enseñanza principalmente de carreras técnicas por lo que se recomienda adaptar metodologías internacionales comprobadas a nivel mundial para diseño de obras de obras de infraestructura.

Finalmente se recomienda capacitación constante tanto para mano de obra como para los profesionales de la construcción a fin de que se innove en dicho sector y se conozcan nuevas técnicas constructivas.

BIBLIOGRAFÍA

UC, Pablo. (2018) El discurso geopolítico del petróleo como representación espacial dominante de la economía política internacional, vol.21, n.58, pp.109-133. ISSN 0187-5795.

Romero Alberto, Vera Colina Mary Analí, (2018). Economía política del petróleo. Criterio Libre, 16 (28), 133-156, ISSN 1900-0642.

Gaja i Diaz Fernando, (2008). Urbanismo Ecológico, ¿sueño o pesadilla? Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, Catedra UNESCO de Sostenibilitat, Universidad Politècnica de Catalunya, 105-157.

Ramírez Aurelio, (2002). La construcción sostenible. Física y Suciedad, Revista del Colegio Oficial de Físicos, Numero 13, 30-33, ISSN. 113-8953.

Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental, (2010). Cambio Global España 2020/50, Sector Edificación. Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid, ISBN: 978-84-614-0457-5.

Maury Pertuz Augusto, (2010). Construcción y Medio Ambiente. Revista Módulo, Volumen 1, Número 9, 105-108, ISSN 0124-6542.

Cardona Arboleda Omar Darío, (2008). Medición de la gestión del riesgo en América Latina. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, Catedra UNESCO de Sostenibilitat, Universidad Politècnica de Catalunya, Numero 3.

EUBIM TASK GROUP, (2018). Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo. Cofundada con la Unión Europea.

Alavedra Pèrre, Domínguez Javier, Engracia Gonzalo, Serra Javier, (1997). La Construcción Sostenible. El estado de la cuestión. Informes de la Construcción, Vol. 49, N. 451, 41-47.

Lecuona Neumann Antonio, Izquierdo Millán Marcelo, Rodríguez Aumente Pedro A., (2005). Investigación e Impacto Ambiental de los Edificios. La Energía. Informes de la Construcción, Vol. 57, N. 498, 47-61.

Pacheco Montes Margarita, (2008). Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de “Lluviatl” en México. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, Catedra UNESCO de Sostenibilitat, Universidad Politècnica de Catalunya, Numero 3, 39-57.

Méndez Teresa, Cuchí Albert. (2008). Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10 x10 Con Techo-Chiapas del CYTED. Informes de la Construcción. 60. Informes de la Construcción, Vol. 60, N. 509, 25-34 ISSN: 0020-0883.

Vélez-Aspiazu Eva E., Coello-Espinoza Luis E., (2017). Impactos ambientales producidos por la construcción de vivienda a gran escala en la ciudad de Guayaquil. Dom. Cien., ISSN: 2477-8818 Vol. 3, núm. 3, pp. 1066-1085

Lozano Pérez Sergi, (2018). Procesos sociales y Desarrollo Sostenible: Un ámbito de aplicación para el análisis de redes sociales complejas. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, Catedra UNESCO de Sostenibilitat, Universidad Politècnica de Catalunya, Numero 3.

Bouskela Mauricio, Casseb Marcia, Bassi Silvia, De Luca Cristina, Facchina Marcelo, (2016). La ruta hacia las Smart Cities, BID.

Ortega Burgos Karen, Sarmiento Viviana, Villegas Ana María, (2016). LA CONSTRUCCIÓN ALREDEDOR DEL MUNDO ¿Qué ha pasado y qué podemos esperar? Cámara Colombiana de la Construcción – CAMACOL, N. 84, ISSN 2011 -7444.

INEC, (2018). ATLAS DE GENERO

<http://www.ecuadorenvivo.com/internacional/37-/99273-colombia-prohibe-el-asbesto-en-ecuador-aun-se-lo-piensa.html#.XIW1Bm5FxZU>

Centro de Servicios Múltiples de Tecnologías Apropriadas, (1983). Tecnologías Socialmente Apropriadas. Cochabamba, Bolivia.

Muñoz C., Quiroz F., (2014). Análisis de Ciclo de Vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado. Caso estudio planta productora Región del BíoBío, Chile. Revista Hábitat Sustentable Vol. 4, N.2, 16-25, ISSN 0719-0700.

Bhattacharya Amar, Contreras Cristina, Jeong Minji, Amin Amal – Lee, Watkins Graham, Silva Mariana, (2019). Atributos y Marco para la Infraestructura Sostenible, BID.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>

https://www.ecured.cu/Lana_de_vidrio

<https://ecogreenhome.es/que-es-la-lana-de-roca/>

<https://www.pichincha.gob.ec/pricing/94-eventos/143-parque-recreacional-y-bosque-protector-jerusalem>

Cascone Santi, Vitale Matteo, Tomasello Nicoletta, (2019). NEW BUILDING MATERIALS: APPLICATION OF AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL WASTE. Energy for Sustainability International Conference 2019 Designing a Sustainable Future Turín, 24-26 July 2019.

http://www.cannablic.com/bioconstruccion/constuir_con_canamo

ARCONEL (2018), ESTADÍSTICA ANUAL Y MULTIANUAL DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO.

ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE ENERGÍAS RENOVABLES APPA (2018), Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España.

<https://ecoinventos.com/pozos-canadienses/>

<https://ecoinventos.com/eco-cooler-climatizador-ecologico-gratuito-y-sin-electricidad/>

Castillo Avalos M.C. Yerko (2013), Eficiencia Hídrica en la Vivienda, Centro de Estudios Ambientales de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

INEC, UNICEF (2018), AGUA, SANEAMIENTO e HIGIENE: Medición de los ODS en Ecuador, Quito, Ecuador.

Américo Saldívar V. (2013), Gobernanza multidimensional del agua: la Directiva Marco del Agua europea. Dificultades de su aplicación, Economía Informa, núm. 381.

María Teresa Baquero (2013), Ahorro de agua y reutilización en la edificación en la ciudad de Cuenca, Ecuador, Universidad de Cuenca, Estoa No. 3 / 2013 / ISSN: 1390-9274

<https://ecoinventos.com/mayor-sistema-solar-vertical-integrado-en-fachada-india/>

<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/853862/>

Carlos A. Arias Isaza, (2005). Humedales Artificiales Para el Tratamiento de Aguas Residuales, Revista Científica General José María Córdova, vol. 3, núm. 3, 2005, pp. 40-44.

<https://neoblockmodular.com/10-razones-construirse-casa-modular-cumplir-nueva-normativa/>

The Boston Consulting Group (2016). Digital in Engineering and Construction.

UNESCO (2010), Ética Ambiental y Políticas Internacionales, Paris, Francia.

Ertug Ercin and Arjen Y. Hoekstra (2012), Carbon and Water Footprints Concepts, Methodologies and Policy Responses, UNESCO 2012, ISBN 978-92-3-001095-9, Paris, France.

Héctor Sebastián Naranjo Silva, Juan Carlos Salvador Jiménez (2018), La desagregación tecnológica como herramienta para la generación de políticas públicas de incentivo a la innovación, Estudios de la Gestión: revista internacional de administración, No. 3 (enero-junio de 2018), 51-68. ISSN: 2550-6641

INEC (2012), Clasificación Nacional Central de Productos.

<https://blogs.iadb.org/gestion-fiscal/es/valor-por-el-dinero-en-compras-publicas/>

<http://huella-ecologica.ambiente.gob.ec/index.php>

<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/08/EL-Agua-Virtual-y-la-huella-hídrica-.pdf>

M^a. P. Mercader, M. Olivares, A. Ramírez de Arellano (2012), Modelo de cuantificación del consumo energético en edificación, Materiales de Construcción Vol. 62, 308, 567-582 octubre-diciembre 2012 ISSN: 0465-2746

Fundación de la Universidad Autónoma de Madrid FUAM (2019), Informe: Estimación de la Huella Hídrica de una Promoción Residencial, España, 2019

Teresa del Rosario Argüello Méndez, Albert Cuchí Burgos (2008), Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10 x10 Con Techo-Chiapas del CYTED, Informes de la Construcción Vol. 60, 509, 25-34, enero-marzo 2008, ISSN: 0020-0883, eISSN: 1988-3234, México

F. Quiroz, C. Muñoz (2014), Análisis de Ciclo de Vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado. Caso estudio planta productora Región del BíoBío, Chile., Revista Hábitat Sustentable Vol. 4, N°. 2.Dic, 2014. ISSN 0719-0700 / págs. 16-25

<https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/que-son-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-y-por-que-son-importantes/>

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR (2020), Evolución de la Balanza Comercial, Enero-Mayo 2020

Leandro Hernández, Ana Grettel (2008). Mejoramiento de los procesos constructivos, Tecnología en Marcha, Vol. 21, N.º 4, Octubre-Diciembre 2008, P. 64-68, Escuela de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

Jaime Cervera Bravo (2011), LAS ESTRUCTURAS Y EL PESO PROPIO. ETS de Arquitectura, Fecha de recepción: 17-1-90 Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España MADRID/ESPAÑA 400-22

MIDUVI, PLAN ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL 2019-2021, Octubre, 2019

Alejandro Pávez V, (2012). Periodista Revista BiT, Industrialización en la Construcción, Chile.

Olavo ESCORCIA OYOLA (1987). BASES PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN PAÍSES EN VÍA DE DESARROLLO. CASO

PARTICULAR DE COLOMBIA. UNIVERSIDAD DE NAVARRA ESCUELA
TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA Pamplona, España.

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE 2018, MADRID
ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN ENTIDAD
ORGANIZADORA: Fundación Conama, Green Building Council España (GBCe) y RCD
Asociación. 2018

John Scott Andretta (2011), Quien se beneficia de los subsidios energéticos en
Mexico? Centro de Invertigacion y Docencia Enconomicas, Toluca, Mexico.

Manuel Raúl Peláez Samaniego, Juan Leonardo Espinoza Abad, (2015). Energías
renovables en el Ecuador. Situación actual, tendencias y perspectivas, diciembre de 2015,
ISBN: 978-9978-14-317-9, Cuenca – Ecuador

www.windpower.org

Bärbel Kofler, Nina Netzer, (2014) Requisitos para una transición energética
global. Wuppertal Institut, Friedrich Ebert Stiftung, noviembre 2014, Alemania.

Magda Correal, Andrea Laguna (2018), Estimación de costos de recolección
selectiva y clasificación de residuos con inclusión de organizaciones de recicladores:
herramienta de cálculo y estudios de caso en América Latina y El Caribe, Banco
Interamericano de Desarrollo, mayo 2018.

Gerardo F. Velasco, Edgar Cabrera (2009), Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura. Escuela Politécnica del Ejército-Maestría en Energías Renovables. Nov-2009

Jorge Luis Sánchez Riofrío (2013), Análisis de viabilidad de una posible sustitución del subsidio al gas, por un subsidio a paneles solares térmicos en la ciudad de Quito, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, FACULTAD DE ECONOMÍA, oct 2013

NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL NORMA CO 10.7 – 602 – REVISIÓN, SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA SENAGUA 2014

Servicio Nacional de Contratación Pública SERCOP, Análisis Anual de la Contratación Publica 2019.

Eloi Coloma Picó (2008), INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA BIM, Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I Secció Geometria Descriptiva Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona Universitat Politècnica de Catalunya ISBN-13: 978-84-95249-44-9 ISBN-10: 84-95249-44-8, oct 2008

González Márquez, Ramon Jesús & Gámez, Felipe & Severino, Manuel. (2014). INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA BIM. The Spanish Journal of BIM. 14. 48-54.

ANEXOS

Anexo A Informe Técnico para Validación de Tipologías para el programa “Casa Para Todos”

INFORME TÉCNICO PARA VALIDACIÓN DE TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA PARA EL PROGRAMA “CASA PARA TODOS”

PARA: ING. AXEL YÉPEZ
SUBSECRETARIO DE VIVIENDA

ASUNTO: INFORME TÉCNICO PARA VALIDACIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE
VIVIENDA “JUNTOS POR TI” DE 49.77 m² CON ACCESIBILIDAD
UNIVERSAL, PRESENTADA POR LA GERENCIA DE VIVIENDA
URBANA.

FECHA: 10 de octubre de 2017

1. ANTECEDENTES:

Mediante Decreto Ejecutivo N° 11 de mayo 25 de 2017, suscrito por el Lic. Lenín Moreno Garcés Presidente Constitucional de la República del Ecuador, y sus reformas, decreta que dentro de los Proyectos Emblemáticos del Gobierno Nacional, se encuentra el “Programa Casa para Todos”, programa que tiene previsto la realización de 325.000 viviendas en los próximos cuatro años.

Mediante memorando Nro. MIDUVI-GPVU-2017-0225-M de octubre 04 de 2017, la Gerencia de Vivienda Urbana, remite los documentos de la Tipología “JUNTOS POR TI” desarrollada en 49.77 m², la misma que contempla accesibilidad universal.

2. DOCUMENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

La documentación presentada es la siguiente:

- Planos arquitectónicos
 - Planta de cubiertas
 - Planta arquitectónica
 - Diagramas funcionales
 - Elevaciones
 - Secciones
 - Planos de acabados
 - Detalles
- Renders
 - Perspectivas frontales
 - Perspectiva de planta amoblada
- Documentación estructural
 - Memoria técnica de cálculo estructural
 - Isometría de cubierta
 - Planta de cubierta

- Planilla de aceros de refuerzo y estructural
- Detalles
- Elevación de mampostería armada
- Planta de Cimentación
- Distribución de estructura en mampostería
- Planos de instalaciones eléctricas
 - Sistema de Fuerza (Tomacorrientes)
 - Sistema de Iluminación
- Planos de instalaciones hidrosanitarias
 - Agua potable
 - Aguas servidas
- Estudio de costos
 - Presupuesto
 - Análisis de precios unitarios
 - Determinación del Valor Agregado Ecuatoriano del proyecto (VAE)
 - Especificaciones técnicas
 - Cronograma valorado

En la revisión, se ha verificado que:

TIPOLOGÍA DE VIVIENDA			
Nro.	DOCUMENTACION SOLICITADA	CUMPLE	% DE CUMPLIMIENTO
1	PLANOS ARQUITECTONICOS	SI	100%
2	RENDERS	SI	100%
3	PLANOS ESTRUCTURALES	SI	100%
4	MEMORIA TÉCNICA DE CÁLCULO	SI	100%
5	PLANOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS	SI	100%
6	PLANOS DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS	SI	100%
7	PRESUPUESTO	SI	100%
8	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	SI	100%
9	DETERMINACIÓN DEL VALOR AGREGADO ECUATORIANO DEL PROYECTO (VAE)	SI	100%
10	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	SI	100%
11	CRONOGRAMA	SI	100%
DATOS GENERALES			
1	VALOR DE LA VIVIENDA (USD \$)	12.488,08	
2	ÁREA DE LA VIVIENDA	49,77 m ²	
3	COSTO/M ² (USD \$)	250.92	
4	DESCANSO Y RAMPAS EXTERIORES	8,69 m ²	
5	VALOR DE OBRAS ADICIONALES (USD \$)	854,90	

NOTA: Los valores no incluyen IVA

La vivienda está diseñada para la Región Costa y Amazónica. Cuenta con un área de 49,77 m² (incluyendo el porche) de construcción en una sola planta (P.B.), con la posibilidad de crecimiento vertical a una segunda planta alta. Esta tipología está diseñada para accesibilidad universal, por lo que cuenta con rampas exteriores tanto en fachada frontal como posterior, y con las condiciones espaciales adecuadas para el desenvolvimiento de personas con discapacidad, personas con movilidad reducida y personas en cualquier rango de edad. El área total de la vivienda incluyendo descanso y rampas exteriores es de 58,46 m².

En cuanto al sistema estructural, la vivienda está diseñada con muros portantes de mampostería reforzada (mampostería estructural), con bloques de 10 cm de espesor y de $f'_{CU} = 4\text{MPa}$, con varillas de refuerzo de 10 mm y hormigón fluido de $f'_c = 120\text{ kg/cm}^2$ dentro de las bovedillas del bloque, según lo especificado en planos.

La cimentación es una zapata corrida de hormigón armado de 30x30 cm que se integra a una losa maciza reforzada con una malla electrosoldada, que forma el contrapiso de la vivienda, los dos elementos en mención, se fundirán al mismo tiempo.

La cubierta será de planchas de galvalume prepintado de $e = 0.4\text{ mm}$, rociado de 12mm de poliuretano, lo que mejora la resistencia térmica y acústica; ésta cubierta se coloca sobre una estructura con perfilera de acero con tubos cuadrados de $e = 2\text{ mm}$, y se ancla a la cubierta mediante tornillos autorroscantes de acero inoxidable de 5" con arandela.

Las paredes de la vivienda serán revocadas y blanqueadas o pintadas según lo indicado en los planos de acabados del proyecto, las ventanas serán de aluminio con vidrio claro de 4 mm y malla mosquitera. Las puertas: principal y posterior son metálicas con un ancho libre de la hoja de 1.00 m con cerradura cuadrada, las puertas interiores serán tamboradas de madera con un ancho libre de la hoja de 0.90 m con cerradura de manija tipo palanca.

Se colocará cerámica antideslizante en todas las áreas del piso de la vivienda, mientras que las zonas del porche, descanso y rampas, tendrán un acabado con la técnica de escobillado, según lo indicado en planos.

Las **Obras Adicionales** que se consideran en la vivienda para personas con discapacidad, conforman la colocación de:

Área de ducha:

- Una barra de acero inoxidable fija en "L" apoyo horizontal y vertical.
- Una barra de acero inoxidable fija horizontal.
- Un asiento de ducha de acero inoxidable (abatible).

Área de inodoro:

- Una barra de acero inoxidable en "U" abatible.
- Una barra de acero inoxidable en "U" fija.



Perspectiva Frontal

La casa cuenta con:

- Área social (sala - comedor).
- Área de cocina.
- Dos dormitorios.
- Un baño completo con 4 barras de acero inoxidable, asiento de ducha abatible, ducha con un accesorio regadera tipo teléfono.
- Zona de lavado y secado.
- Porche.
- Rampas en fachada frontal y posterior.



Perspectiva de la Planta Amoblada

2.1. COSTOS DEL PROYECTO

El costo de la vivienda por capítulos es el siguiente:

RUBRO	TOTAL (USD \$)	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
Preliminares	135,36	1,08%
Estructura de hormigón armado	2.692,03	21,56%
Mampostería estructural	1.778,51	14,24%
Recubrimientos	752,80	6,03%
Pisos	211,86	1,70%
Cubiertas	2.527,59	20,24%
Acabados	2.704,55	21,66%
Instalaciones hidrosanitarias	1.177,18	9,43%
Instalaciones eléctricas	508,20	4,06%
TOTAL	12.488,08	100%

NOTA: Los valores no incluyen IVA

Obras adicionales:

RUBRO	TOTAL (USD \$)	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
Accesorios para accesibilidad	854,90	100%

NOTA: Los valores no incluyen IVA

2.2. CRONOGRAMA DE OBRA

DESCRIPCIÓN	SEMANAS			
	1	2	3	4
Preliminares				
Estructura de hormigón armado				
Mampostería estructural				
Recubrimientos				
Pisos				
Cubiertas				
Acabados				
Instalaciones hidrosanitarias				
Instalaciones eléctricas				

Según el cronograma presentado por la Gerencia de Vivienda Urbana, la vivienda tendrá un proceso de construcción de 4 semanas, y deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones técnicas y demás documentos que forman parte del proyecto (adjunto al presente informe).

3 CONCLUSIONES

Con lo expuesto, y en base a la documentación presentada por la Gerencia de Vivienda Urbana el 04 de octubre de 2016, los Técnicos Especialistas del MIDUVI realizan el Informe Técnico para la Validación de la Tipología de Vivienda, ya que la misma cumple con los lineamientos mínimos para revisión y validación de tipologías de vivienda, normativa, requerimientos, especificaciones determinadas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda y con la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Cabe indicar que la adaptación del diseño de la Vivienda denominada "JUNTOS POR TI" y todos los documentos presentados, son responsabilidad de la Gerencia de Vivienda Urbana, quienes mediante memorando Nro. MIDUVI-GPVU-2017-0225-M de octubre 04 de 2017, realizan la entrega del proyecto en mención.

La Tipología de Vivienda, tiene un costo de:

DESCRIPCIÓN	TOTAL (USD \$)
Vivienda JUNTOS POR TI	12.488,08
Obras Adicionales	854,90
TOTAL	13.342,98

NOTA: Los valores no incluyen IVA

Su implementación deberá regirse a la propuesta presentada por la Gerencia de Vivienda Urbana. 

Integrantes de la Revisión Técnica:

DESCRIPCIÓN	NOMBRE DEL FUNCIONARIO	FIRMA
Arquitectónico:	Arq. Alexandra Álvarez	
Ingenierías y Costos:	Ing. Santiago Vargas	

Aprobado por:



Ing. Ramiro Mancheno

DIRECTOR DE REGULACIÓN DE VIVIENDA, ENCARGADO

CALENTADORES DE AGUA SOLARES ATMOSFÉRICOS

CAPACIDAD: 200LT Y 300LT

ECOIMPORT

Importadores de Energía Renovable y Soluciones Tecnológicas ofrece:
Calentadores Solares Atmosféricos al mejor precio del Mercado.



PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Al calentarse el agua en el colector, la misma asciende hacia el tanque, situado en su parte más alta. Si el agua del depósito está fría, desciende por otro conducto a la parte baja del colector.

EL SISTEMA INCLUYE

- Un sistema Compacto Calentador Solar de agua con respaldo eléctrico para garantizar el 100% de eficiencia.
- Un Microcomputador.





VENTAJAS

- El sistema no necesita mantenimiento.
- El ahorro de energía se ve reflejado en su recibo de luz mensual.
- La seguridad que ofrece el sistema es inigualable.

REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN

- 1** Obra civil completa
- 2** Tomas para agua de entrada (fría) y de salida (caliente)
- 3** Una toma de corriente de 110v. (para conectar microcomputador)

CÁLCULO DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Sistema de Calentamiento de Agua	Consumo mensual promedio (kW/mes)	Consumo mensual (USD \$)
CALENTADOR SOLAR	330	297
CALENTADOR ELÉCTRICO	3,6	0,32
AHORRO	326,4	29,38

ECOIMPORT
TECNOLOGÍA Y ENERGÍA RENOVABLE

**EVITANDO QUE SE EMITAN A LA ATMÓSFERA
1.5 TONELADAS DE CO₂ AL AÑO**

Anexo C Curva Característica Turbina Eólica

