



MIATD

MASTER UNIVERSITARIO EN INNOVACIÓN EN ARQUITECTURA:
TECNOLOGÍA Y DISEÑO

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PESADOS VS LIGEROS, MEDIANTE HERRAMIENTAS
LCA/BIM, EN EL CONTEXTO CARIBEÑO
(República Dominicana).**

TRABAJO PRESENTADO POR: MABEL SCARLEN REYES B.
MÁSTER EN INNOVACIÓN EN ARQUITECTURA: TECNOLOGÍA Y DISEÑO, CURSO 2016/2017. TRABAJO
DIRIGIDO POR JUAN CARLOS GÓMEZ DE CÓZAR , ANTONIO GARCÍA MARTÍNEZ Y MARTA RUIZ
ALFONSEA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

- Generales
- Específicos

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

4. ESTADO DE LA CUESTIÓN

4.1 Contextualización espacial

4.1.1 República Dominicana y sus condiciones geográficas y climáticas

4.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE MODELOS DE ARQUITECTURA.

4.2.1 Arquitectura vernácula y popular

4.2.2 Influencia de Europa en América (1492-1844)

4.2.3 Periodo Republicano (1844-1930)

4.2.4 Modernidad en arquitectura (1930-1960-Dictadura Trujillista)

4.2.5 Construcción del sistema Democrático (1961-1978)

4.3. MARCO GENERAL: SISTEMAS CONSTRUCTIVOS LIGEROS Y DE RÁPIDO MONTAJE.

4.3.1 Conceptos generales de la construcción ligera y de rápido montaje. (especificación en Viviendas Unifamiliares).

4.3.2 Últimas tendencias y materiales en sistemas ligeros y de rápido montaje.

4.4 CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA: NUEVOS MATERIALES EN REPÚBLICA DOMINICANA

4.4.1 El sector de la construcción en República Dominicana y su marco normativo regulador.

4.4.2 Nuevos materiales emergentes en Sistemas constructivos actuales.

4.5. ACV COMO HERRAMIENTA INSTRUMENTAL DE EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL A PARTIR DE MODELOS BIM.

4.5.1 ACV y la normativa, aplicado a la arquitectura

4.5.4 Integración y/o relación del ACV en un ambiente BIM

5. DESCRIPCIÓN DEL MODELO SELECCIONADO

5.1 Casa Unifamiliar Nader

6. MODELADO BIM

6.1 Casa Unifamiliar Nader

6.2. Cuantificación del modelo

7. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL MODELO BIM

7.1 Interpretación de los resultados

8. Propuestas de Mejora del diseño con nuevos materiales.

8.1 Comparación de resultados entre el modelo BIM original y el modelo 2 con nuevos materiales.

9. CONCLUSIONES

10. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

11. BIBLIOGRAFÍA

Agradecimientos

A todas las personas que, de una manera u otra, me apoyaron en el proceso de este trabajo fin de master.

A mis tutores D. Juan Carlos Gómez de Cózar, D. Antonio García Martínez, y Arq. Marta Ruiz Alfonsea, por la dedicación y entrega día tras día hacia este trabajo.

A mi familia por apoyar mi formación académica, velar por mis sueños y ser mi motivación, en cada uno de los proyectos de mi vida.

Por último, a mis amigos y compañeros por las nuevas experiencias al otro lado del océano, y por ser quienes me alentaban a seguir y nunca rendirme. En especial a Kauri, Roberto y Ángel.

Resumen

Debido a la disminución de las cargas medioambientales que representan los sistemas constructivos ligeros actualmente, nace la necesidad de disponer de metodologías que nos permitan cuantificar la reducción de esos impactos, dentro de su proceso de producción, transporte, montaje y desmontaje de obra.

El presente trabajo tiene como finalidad aportar mediante herramientas de evaluación, las conclusiones que demuestren la capacidad de la arquitectura ligera y su respuesta medioambiental, en relación a un modelo ya construido con arquitectura convencional en un contexto determinado. Para ello, se plantea un modelo estructural con las consideraciones de ligereza, que sienta las bases para establecer criterios de comparación. En donde, el análisis de ciclo de vida se utiliza como instrumento medioambiental que evalúa la respuesta de impacto en la edificación.

Por último, a partir de la obtención de resultados, se propone una clasificación de modelos, en conjunto a otros proyectos arquitectónicos, dentro de la línea de estudio de arquitectura ligera y de rápido montaje, en la búsqueda de la materialidad y sistemas constructivos que produzcan el menor impacto ambiental.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla dentro de la Línea de Investigación del Análisis de ciclo de vida de las edificaciones, dirigidas por el profesor Juan Carlos Gómez de Cózar y Antonio García Martínez en la ETSA universidad de Sevilla. Las amplias conexiones entre la arquitectura, su medio social y medio ambiental, abordan el tema de las preocupaciones sostenible actualmente en la sociedad, que, en múltiples ocasiones, no ha tenido como concepto primordial la integración medioambiental de los edificios a su contexto.

Este hecho ha producido una demanda de conocimiento, que se refleja en la búsqueda de una arquitectura que minimice los impactos medioambientales en la zona donde se implante. Este trabajo debe contribuir a producir el uso de herramientas de cálculo de ACV, que permitan desafiar los retos que presenta la sostenibilidad desde un enfoque multidisciplinar, con la finalidad de generar una importante base de documentos y sistemas de información que respalden las metodologías relacionada al análisis de ciclo de vida.

ANTECEDENTES

Como antecedentes de este estudio se encuentran los trabajos de la línea de investigación de Análisis de Ciclo de Vida:

- **Tesis Doctoral de Antonio García Martínez**, Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de Edificios. Propuesta metodológica para la elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía (2010).
- **TFM de Manuel Gómez Pérez**, análisis medioambiental de sistemas constructivos y edificatorios. Desarrollo instrumental a partir de herramientas tipo BIM. 2014
- **TFM de Marta Ruiz Alfonsea**, análisis de ciclo de vida de modelos de habitación construidos en entornos de clima tropical (Colombia, s. xx-xxi).2015

OBJETIVOS

Con la disposición de realizar un trabajo en el caribe, específicamente República dominicana, surge el interés de conocer mediante el estudio de las tipologías arquitectónicas de viviendas unifamiliares en clima tropical, las herramientas metodológicas medioambientales que, en conjunto a los nuevos materiales emergentes locales del país, pueden potenciar la posibilidad de minimizar el impacto ambiental, adaptando así, las edificaciones al medio ambiente con el menor consumo de recursos.

En este trabajo el ACV/BIM serán las herramientas principales para evaluar las etapas de la construcción y optimizar los costes.

Objetivo General

- Comprobar la idoneidad de los sistemas ligeros y de rápido montaje frente a los sistemas constructivos pesados, en relación a su respuesta medioambiental en tipologías de viviendas unifamiliares correctamente integrada en un contexto determinado, mediante el soporte de herramientas BIM y ACV, para propuestas de mejora en el diseño arquitectónico.

Objetivo Específicos

- Evidenciar la relación materialidad-diseño en modelos ya construidos, con la intención de evaluar su impacto medioambiental en un contexto determinado.
- Poner de manifiesto, tras los resultados arrojados en la investigación, las mejoras necesarias para una correcta intervención en el diseño que pueda impulsar el uso de materiales y sistemas constructivos ligeros locales en las construcciones, para minimizar el impacto medioambiental y que, a su vez, responda a un desarrollo tecnológico en la proyección de las viviendas dominicanas.
- Contribuir con esta investigación a la base de datos en búsqueda de nuevos sistemas constructivos ligeros y de rápido montaje y ACV en la arquitectura.

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente trabajo desarrolla una propuesta metodológica, que nos ayuda a plantear a través de las herramientas ACV/ BIM soluciones actuales al incremento notable en relación a las cargas ambientales en las edificaciones arquitectónicas. Por ello, dicha metodología partirá de la estructuración de interpretar información y la contextualización de la zona de estudio y/o los aspectos que interviene en el desarrollo del análisis de ciclo de vida en viviendas de tipología unifamiliar en un contexto específico. Con el fin de alcanzar, el cometido de obtener resultados transferibles a minimizar los impactos ambientales con la eficiencia del diseño en criterios constructivos y utilización de materiales actuales y locales, los pasos a seguir en la metodología son:

- Estado de la cuestión. Representa la etapa de búsqueda de información. Se concentra en desarrollar los aspectos del contexto caribeño, en el que se plantea la investigación de este trabajo. De igual manera, se indaga en los nuevos materiales y tendencias en los sistemas constructivos de la zona. Con la finalidad de conocer y concretizar una tipología unifamiliar de vivienda arquitectónica, para proceder a hacer el análisis de ciclo de vida.
- Selección del modelo. Una vez analizada la información anterior, tras una bibliografía consultada, se procederá a seleccionar el modelo principal de estudio. Tomando en cuentas sus características de diseño, materiales empleados, sistema constructivo y estrategias pasivas y activas utilizadas, para implementar el análisis de ciclo de vida sobre dicha vivienda unifamiliar y obtener resultados y propuestas de mejoras
- Descripción del modelo seleccionado. En esta etapa se estudian profundamente todos los aspectos constructivos del modelo en cuestión, se valora el diseño arquitectónico en relación a su funcionalidad, espacialidad, estética y su respuesta bioclimática, con respecto al clima en el que se encuentra ubicado.
- Modelado BIM. Se modelará la vivienda seleccionada para obtener una base de datos que se vincule posteriormente al análisis de ciclo de vida.
- Análisis del ciclo de vida del modelo original seleccionado. Con los datos obtenidos del modelado BIM, se procederá a calcular los impactos ambientales en las categorías de calentamiento global y energía acumulada, durante su vida útil.

- Tras el análisis de ciclo de vida, se procederá hacer propuestas de mejoras implementadas en el diseño, principalmente enfocadas en la materialidad y a los elementos constructivos que produzcan más impacto en la edificación, utilizando así, nuevos materiales locales y sistemas ligeros y de rápido montaje, que impulsen la construcción del país a través de una arquitectura más amable con el medioambiente y que a su vez, pueda optimizar la eficiencia en las etapas de la construcción y su resultado final.
- Posteriormente se comparan los resultados para extraer futuras conclusiones que servirán como base de datos en la línea de investigación del Análisis de ciclo de vida como búsqueda de una nueva arquitectura Ligera y de Rápido montaje.

Estado de la Cuestión

4.1 Contextualización espacial

Para el desarrollo de un trabajo de estudio en República Dominicana, es de interés prioritario conocer las características geográficas, climáticas, sociales, culturales y las tendencias arquitectónicas del mismo, con la finalidad de poder seleccionar el tipo de vivienda unifamiliar que mejor se adapte a ese contexto determinado.

4.1.1 República Dominicana y sus condiciones geográficas y climáticas

La República Dominicana comparte la isla Santo Domingo con la República de Haití. La isla, segunda en tamaño del archipiélago de las Antillas Mayores. Posee dos tercios de la extensión total y un área superficial de 48,511.44 Km². El sistema político dominicano es la democracia republicana y su forma de gobierno es la república presidencialista con una división de poderes entre el poder legislativo, poder ejecutivo y el poder judicial¹.

Con respecto a la población del país, la media numérica de habitantes es de 8,562,541². En donde, 5.4 millones de personas (63.6 por ciento del total) residían en áreas urbanas y 3.1 millones (36.4 por ciento) en áreas rurales.

¹ Constitución Dominicana 1844/ artículo 4. Nueva constitución proclamada el 13 de junio del 2015, gaceta oficial no. 10561.2

² Resultados definitivos del VIII censo nacional de población y vivienda, por la oficina Nacional de estadísticas ONE, del 18 al 20 de octubre 2002.

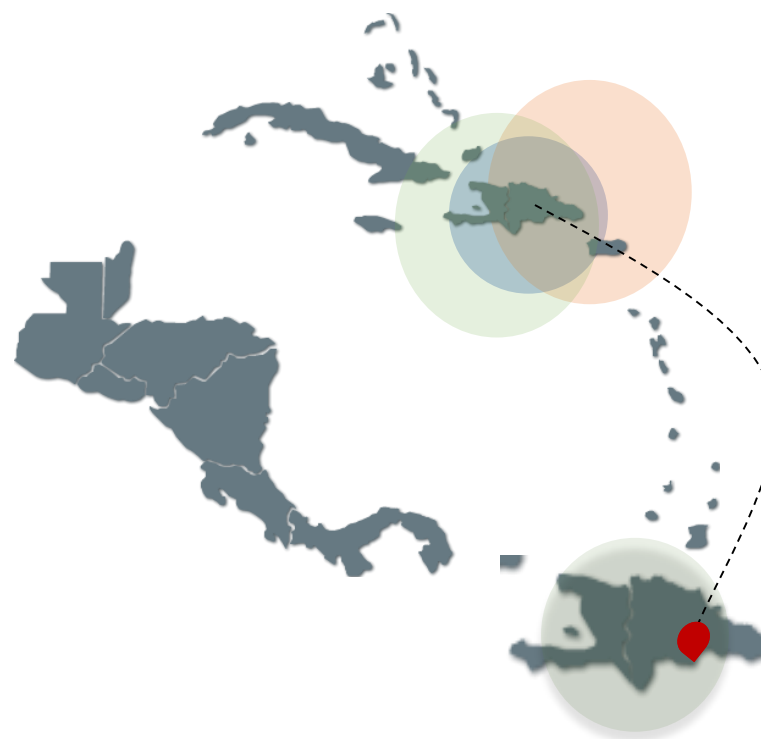


Figura 1. Mapa de la isla de Santo Domingo en el Caribe. Específicamente República dominicana compartiendo el territorio con Haití. Fuente. <http://www.moterosamericanos.com>

Por su ubicación geográfica, respecto a la clasificación climática de Wladimir Peter Köppen, relacionada con informaciones publicadas por Oscar Cucurullo en su artículo "Una carta climática tentativa de la Isla de Santo Domingo" en 1952, se manifiestan tres de los cinco grupos climáticos en el país. Por ello, analizaremos los tipos de climas, temperaturas, precipitaciones y humedad que intervienen en las zonas principales de la isla. El clima predominante es el Tropical de sabana con temporada

doble de lluvias, pero existen además diferentes microclimas.

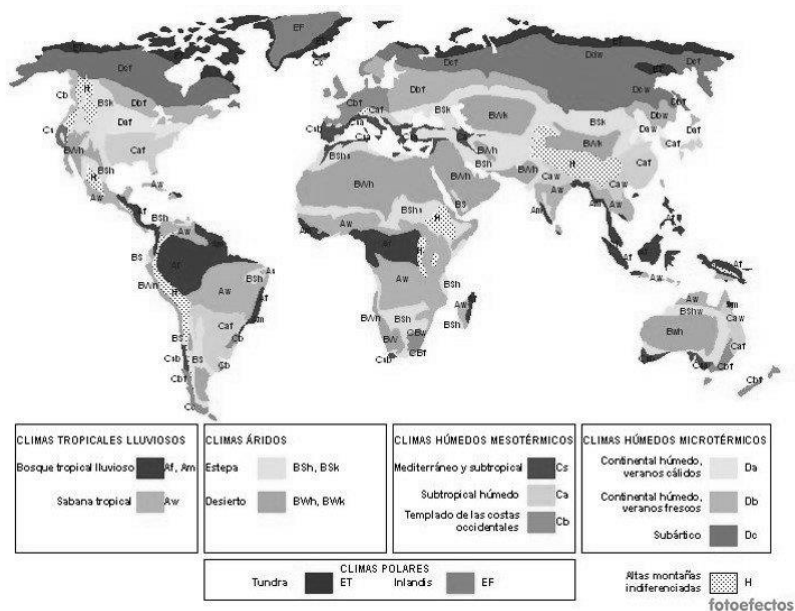


Figura. 2. Clasificación climática de Köppen. Fuente: <http://files.geoinforyerbas.webnode.com>

En el clima tropical de Republica dominicana, la temperatura media de todos los meses es de 18° Celsius o superior. La diferencia entre la temperatura media del mes más frío y la del mes más caliente es inferior a 5° Celsius (Marcano, J., 2009).

Dentro de los microclimas encontrados en el país, específicamente en la Capital Santo Domingo, existe el clima Tropical monzónico: característico por su estación seca, y precipitaciones menores a 60mm. En el siguiente gráfico, La "máxima diaria media" (línea roja continua)

muestra la media de la temperatura máxima de un día por cada mes de Santo Domingo. Del mismo modo, "mínima diaria media" (línea azul continua) muestra la media de la temperatura mínima. Los días calurosos y noches frías (líneas azules y rojas discontinuas) muestran la media del día más caliente y noche más fría de cada mes en los últimos 30 años

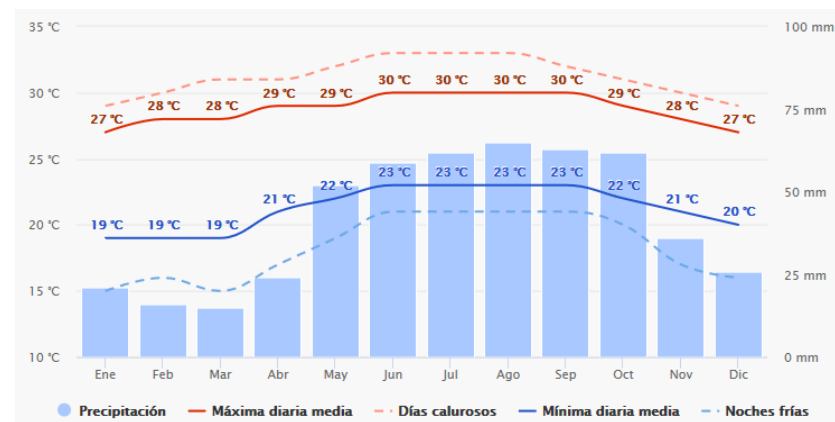


Figura 3. Gráfico climático de temperaturas media y precipitaciones de Santo Domingo. Fuente: <https://www.meteoblue.com/>

La temperatura varía en todo el año, debido a que está íntimamente asociado a dos factores básicos: su posición geográfica relacionada a los vientos alisios que ayudan a mitigar el calor / humedad del clima tropical y los sistemas montañosos existentes en toda la geografía nacional. En la siguiente gráfica podemos observar el comportamiento de las diferentes temperaturas de Santo Domingo en todo el año. La temperatura media promedio del país es de 25°C, Con una oscilación térmica

estacional moderada. La temperatura máxima (alrededor de 35°C) se registra durante los meses de verano (junio-agosto), mientras que las mínimas (19°C-20°C) tienen lugar durante los meses invernales (diciembre-febrero).

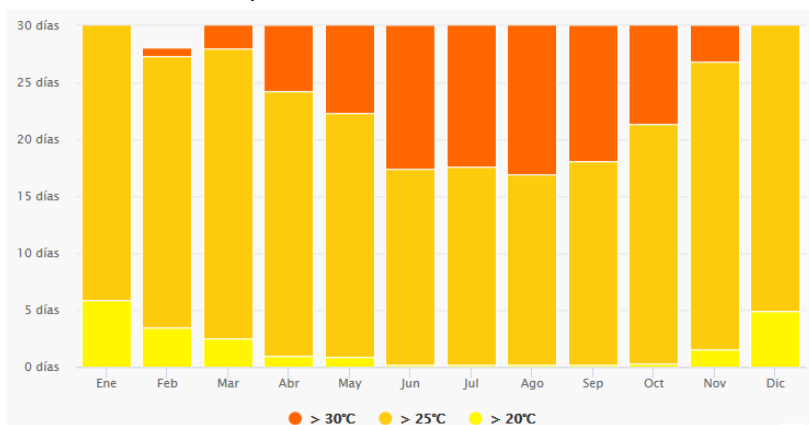


Figura 4. Gráfico climático de temperaturas máximas y mínimas de Santo Domingo. Fuente: <https://www.meteoblue.com/>

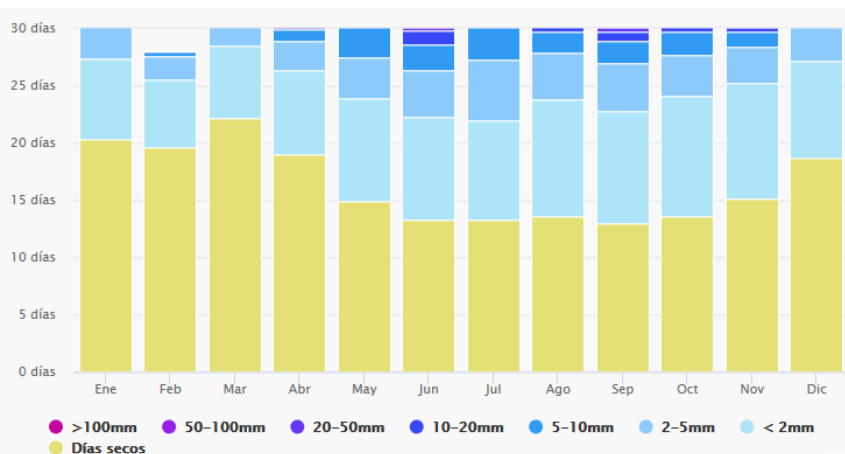


Figura 5. Gráfico climático de precipitaciones máximas y mínimas de Santo Domingo. Fuente: <https://www.meteoblue.com/>

Santo Domingo registra temperaturas medias de 26°C aproximadamente, y una máxima de 31 °C³. Las temperaturas medias mensuales varían en 2.7 °C (4.9 °F) como identificamos en la figura 4. Esto indica que el tipo de continentalidad es hiperoceánico. En relación a las precipitaciones en Santo Domingo, el promedio anual es de 1447.1 mm (57 pulgadas)⁴.

En la gráfica 5, podemos observar que, entre los meses más secos y más húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 118 mm a lo largo del año. El mes con la precipitación más baja es febrero, con un promedio de 4 mm, en comparación al mes más alto que es agosto, promediando 122 mm. Los meses secos son de enero a abril con pocas precipitaciones debido a los vientos alisios.

En cuanto a la humedad relativa en Santo Domingo, existe un promedio anual de 83.7, en los meses más significativos (marzo, junio, septiembre y diciembre), la variación diaria oscila, entre el amanecer y el mediodía, de 92.6% (en enero) y de 89.2% a 71.1% (en julio)⁵, mientras en todo el país se mantiene una media anual de 72% a 84.3%. Mientras el viento sopla desde el Suroeste (SO) para el Noreste (NE).

3. Oficina de meteorología dominicana. Onamet.gov.do

4. Traducción desde World Meteorological Organization

5. Oficina del servicio de meteorología Nacional en santo Domingo, Onamet.gov.do

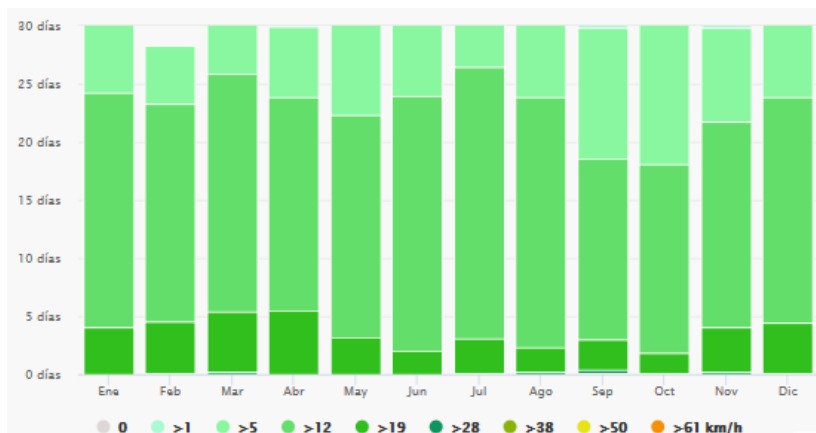


Figura 6. Gráfico climático de velocidades del viento en Santo Domingo. Fuente: <https://www.meteoblue.com>

El sol incidente en República Dominicana se mantiene prácticamente todo el día en posición vertical, debido a que el país es de clima tropical y pertenece a la zona ecuatorial, su orientación por el viento, en este caso, hace que los vientos predominantes en el día sean por el sureste y por las noches por el noreste⁶, (ver figura 7), por tanto, la arquitectura se ve condicionada a estrategias de diseño pasivas que las ayuden a adaptarse correctamente al contexto. La figura 8, por su parte, muestra el número mensual de los días de sol en Santo Domingo, en categoría de sol, nublados, parcialmente nublados y precipitaciones. Los días con menos de 20% de cubierta de nubes se consideran como días soleados, con 20-80% de cubierta de nubes como parcialmente nublados y más del 80% como nublados.

6. Núñez Zorrilla, M., Arquitectura vernácula y colonial dominicana, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, (2011).

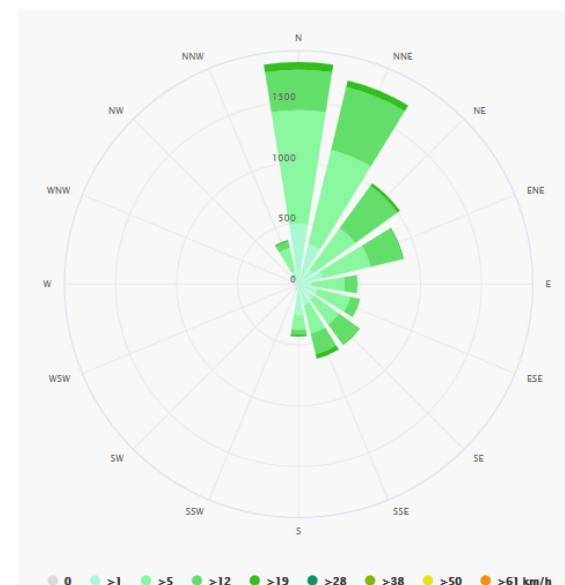


Figura 7. Gráfico climático de la dirección del viento en Santo Domingo. Fuente: <https://www.meteoblue.com>

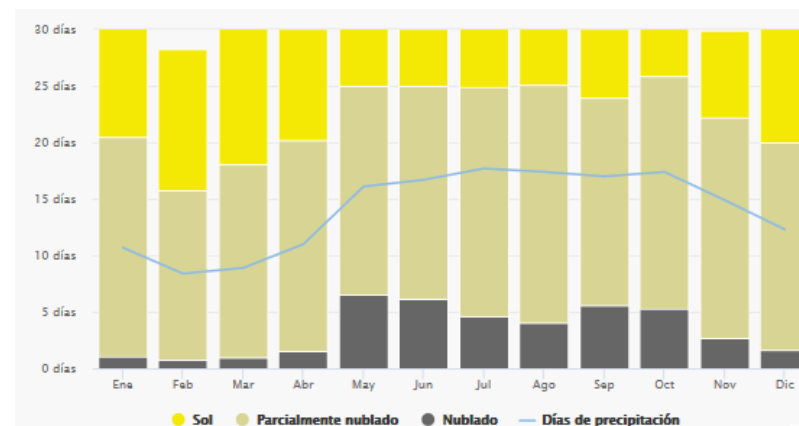
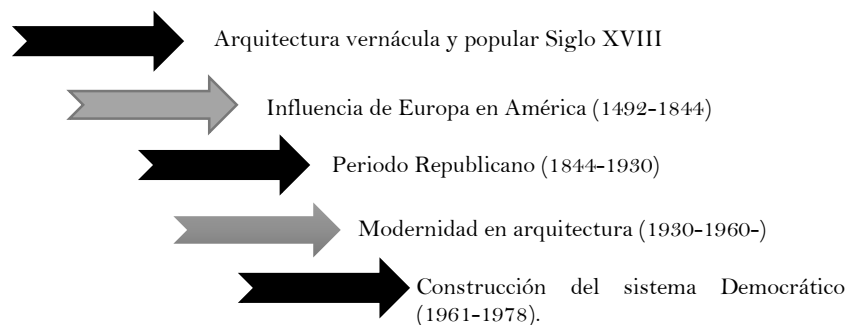


Figura 8. Gráfico climático del soleamiento en Santo Domingo. Fuente: <https://www.meteoblue.com>

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE MODELOS DE ARQUITECTURA.

4.2.1 Arquitectura antillana en Santo Domingo

Para entender la arquitectura en República Dominicana es necesario tener una mirada capaz de reunir la cultura dominicana, los diversos tiempos históricos y los personajes influyentes en ellos. Santo Domingo como capital central, es una ciudad que marca una fase determinante en el proceso de transculturación en donde el epicentro del acontecimiento universal fue el descubrimiento de América por los europeos y en un contexto singular de carácter regional: el Caribe⁷. Con el objetivo de describir y estudiar la arquitectura del centro de Santo Domingo, es necesario poner en contexto su estado económico político y social en el que se encontraba la ciudad en su devenir histórico atendiendo a distintos acontecimientos que dividiremos en los siguientes periodos: Arquitectura vernácula y popular, Influencia de Europa en América (1492-1844), Periodo Republicano (1844-1930), Modernidad en arquitectura (1930-1960- Dictadura Trujillista) y Construcción del sistema Democrático (1961-1978).



Dicho ello, la evolución cronológica de la arquitectura dominicana no deja de lado los solapamientos entre uno y otro estilo presente en el país. Sin embargo, plantea la relación entre lo monumental y lo cotidiano, lo clásico y lo electico, integrándolos en una lectura unitaria en un proceso histórico que no es lineal, sino abierto y con influencias occidentales.

La relación de muchas de las manifestaciones arquitectónicas en Santo Domingo, derivan de nuevos sistemas constructivos, uso de materiales locales y nuevos modos de vida.

Un ejemplo de ello, es que para las primeras décadas del siglo XX en Santo Domingo se evidenciaban eclecticismos e historicismos, que surgieron debido al cuerpo de profesionales, que con diversas procedencias y formaciones académicas manifestaron su estilo en obras y composiciones simultaneas en el país.



Figura 9. Foto de Santo Domingo, en la arquitectura vernácula y calle de las Mercedes a principios del siglo XX. Fuente: "Historias para la construcción de la arquitectura dominicana (1492 – 2008)".

7. MORÉ, Gustavo Luis; PRIETO VICIOSO, Esteban; PERÉZ MONTÁS, Eugenio; DELMONTE, José Enrique. "Historias para la construcción de la arquitectura dominicana (1492 – 2008)". Santo Domingo. Grupo León Jiménez. 2008

4.2.1 Arquitectura vernácula y popular

Estudios antropológicos y arqueológicos confirman que siglos anteriores, Santo Domingo como isla del caribe, recibió grupos migratorios, como los Arawaks, Tainos, Siboneyes y Arauco, desde tierras continentales, que trajeron consigo la mezcla de culturas, costumbre, modos de vida, sistemas constructivos y razas distintas⁸. Sobre la base de los datos arqueológicos el historiador Frank Moya Pons distingue 4 periodos migratorios hacia las Antillas⁹.

- Primer asentamiento perteneciente a la cultura de la concha, en la que las viviendas se colocaban a lo largo de las orillas de los ríos, de los estanques, de las ensenadas y de las bahías marinas.
- La segunda oleada procedente del continente sudamericano, perteneciente a los arawaks.
- El tercer período corresponde a la extinción del siboney en la isla de Santo Domingo. En este período se sitúa el origen de la cultura taina.

8. Prieto Vicioso, Esteban; "Historias para la construcción de la arquitectura dominicana (1492 – 2008)". Santo Domingo. Grupo León Jiménez. 2008.

9. Moya Pons, Frank: Manual de historia dominicana, ed. Universidad Católica Madre y Maestra, 6a ed., Colección Textos. Barcelona: Industrias Gráficas M. Pareja, 1981:13.

10. Oviedo y Valdés, Fernández. Historia general y natural de las Indias, islas y tierra firme del mar océano, 1855

- El cuarto y último período se inició en torno al siglo XI, con una nueva oleada de Sudamérica llamados temibles caribes.



Figura 10. Dibujo de caney taino de planta circular. Y bohío de planta rectangular. Fuente: Luís Joseph Peguero.

La ocupación de territorio indígena viene dada por pueblos gobernados por cacicazgos, conformando 5 en total, los cuales tenían sus villas principales o capitales.

En cuestiones urbanas, podemos decir que las viviendas se agrupaban sin ningún orden o modelo de distribución. Las más amplias descripciones de las casas indígenas quisqueyanas, nos describen dos tipologías utilizadas: una de planta circular y techo cónico llamada caney, y otra rectangular llamado bohío, con techo a dos aguas y las principales con galerías frontales¹⁰.

La evolución de la arquitectura vernácula caribeña se expresó en la inteligencia e invención de los habitantes y grupos migratorios para adaptarse a las condiciones climáticas de una isla que se mantenía con temperaturas elevadas y húmeda en todo el año, al igual, que en el uso de los materiales disponibles en la zona que fue relevante y marco las variantes de este estilo arquitectónico.

Todas estas influencias culturales se manifestaron en características marcadas en las tipologías de viviendas y sus correspondientes adaptaciones. Por ello, después de una breve descripción de la situación socio-política de los siglos del descubrimiento del caribe, analizamos las tipologías de viviendas más representativas cronológicamente en distintos periodos, con la finalidad de ver la trazabilidad de las estrategias de adaptación al contexto de cada estilo arquitectónico en el paso del tiempo.

En términos generales, la “arquitectura vernácula” se refiere a viviendas de estructuras realizadas por constructores empíricos, sin formación profesional como arquitectos, que tiene la capacidad de ofrecer alternativas en la proyección actual de la arquitectura, la cual, en relación a la crisis energética de nuestros días, puede considerarse al nivel de las tecnologías de vanguardia ¹¹.

11. Revista ARQHYS. 2012, 12. Tipología vernácula. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido 09, 2017, de <http://www.arqhys.com/contenidos/vernacula-tipologia.html>.

Por ello, la industria de la construcción (montaje y operación) en un estimado en el año 1991, aclara que la arquitectura consume la mitad de la energía producida en el mundo (Housing Research Center, 1992). Siendo los arquitectos, responsables detrás del sobreconsumo energético. Por esa razón, resulta estratégico mirar a la tradición constructiva vernácula, que por cientos de años se las ha ingeniado para minimizar el impacto ambiental utilizando un pequeño porcentaje de sus recursos locales.

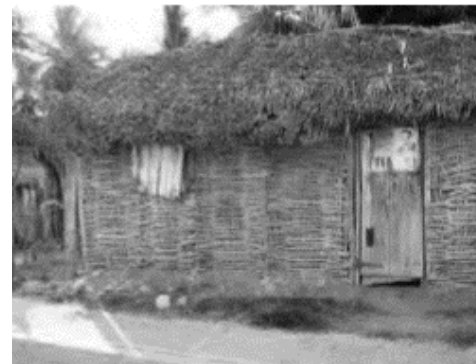
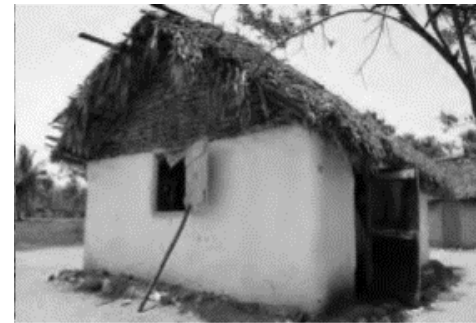


Figura 11. Casa de bajareque o tejamanil techada con yaguas. Barahona. Foto Esteban Prieto Vicioso.

La vivienda vernácula: Descripción funcional / Constructiva

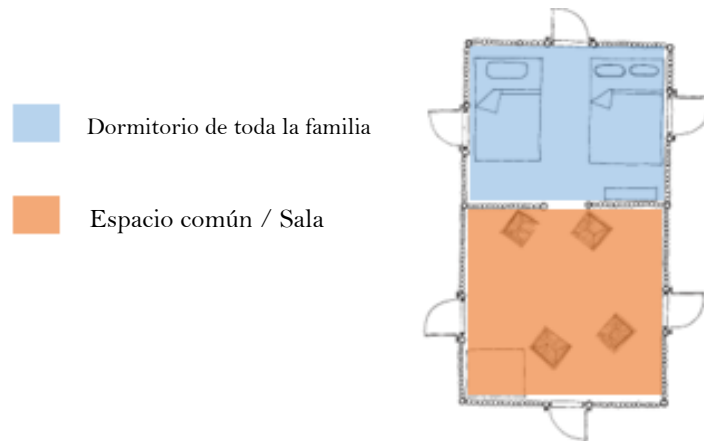


Figura 12. Planta típica de bohío de un aposento, donde la ubicación y el número de huecos varía por región.

Las viviendas vernáculas dominicanas se desarrollan en un rectángulo simple que conforma 2 espacios continuos, la sala donde se desarrolla la vida común y uno o dos dormitorios para toda la familia. Dentro del programa funcional de dichas viviendas, las actividades de cocinar e ir al baño se desarrollaba en el exterior. Sin embargo, con las adaptaciones propias al lugar, el modelo arquitectónico fue evolucionando e integrando sala, comedor, baño y dormitorios en espacios interiores.

Evolución de la vivienda Vernácula

Tradicionalmente no había división de solares en los poblados vernáculos. Las divisiones a través de verjas o

empalizadas se hacían sólo en los corrales. La distribución de las viviendas no responde a ningún criterio establecido, resultando una trama desorganizada. Sin embargo, funcionalmente la sala paso a ser el lugar más importante por el tiempo de convivencia de la familia en él, constituyendo el espacio de mayor valor simbólico, dotado de gran ventilación e iluminación. Los pavimentos de las viviendas son de tierra o cemento, que existen hacia el exterior a manera de plataforma o zócalo.

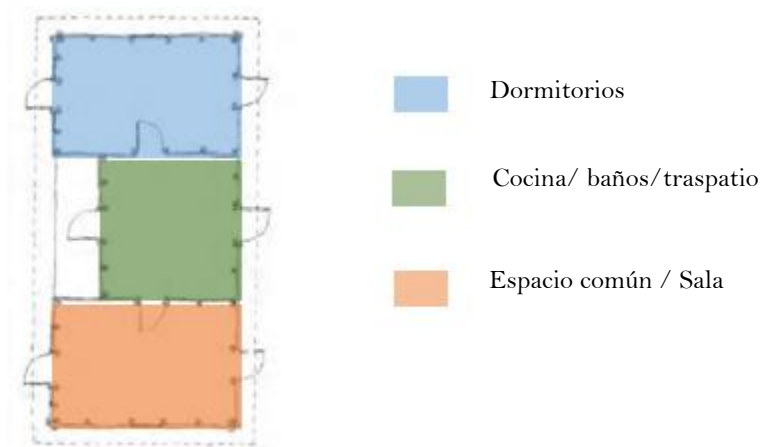
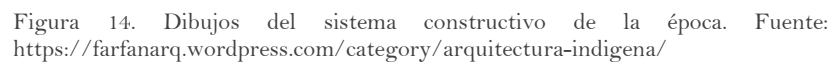


Figura 13. Evolución del bohío de varios aposentos, donde la ubicación y el número de huecos sigue variando por región.

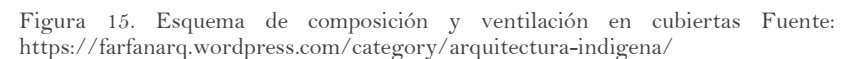
En cuanto a los materiales constructivos, se utilizaban productos típicos de la zona, lo cual se daba por la necesidad de cubrirse del clima. Los materiales no definían los diseños arquitectónicos, existiendo distintas maneras de utilización en la construcción. Santo domingo como zona húmeda, era rica en palma real que

Su método constructivo, se puede describir con postes de madera que se enterraban en el suelo y cañas sujetadas por bejucos con los techos de palma o paja, dejando en lo alto un respiradero, recubierto por un caballete, para la salida del aire caliente y del humo de las brasas que siempre mantenían dentro de las casas.



En condiciones particulares más favorables, las casas eran más holgadas y ventiladas y el techo de yagua permitía escurrir el agua de lluvia más fácilmente,

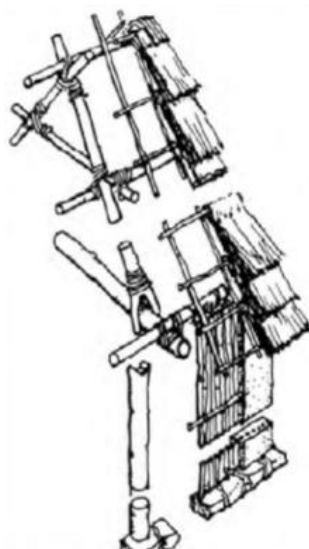
resultando sumamente duradero por el espesor de estas cubiertas.



Este sistema constructivo se vio influenciado por los aportes españoles, ingleses, franceses, holandeses y africanos como es el caso de la utilización de tejamanil como herencia africana, que consistía en muros de 2 m. de altura que permitían el paso del viento por huecos producidos entre un poste y poste colocado de manera consecutiva.



Figura 16. Bohío de tablas de palma, en proceso de construcción. Pueblo Viejo. Azua. Foto Esteban Prieto Vicioso.



Otros ejemplos son, “Las casas, en los principios de la villa, fueron de madera y paja; luego, en el mismo siglo XVI, algunas se levantaron de cal y canto, sillería y tapiería, con techumbre de tejas. Fueron fabricadas a la usanza española con grandes puertas en lugar de ventanas para que entrara el aire con su brisa perenne”.¹²

Estrategias de acondicionamiento pasivo en arquitectura vernácula

Climáticamente la arquitectura vernácula tiene la ventaja de que, por sus materiales y sistema constructivo, cualquier orientación en la que se disponga estará ventilada.

La vivienda con medidas aproximadas a 6 y 7 m, con una altura de 2.20 metros en muro, se alza el techo 1.50 m para protección de lluvia y sol. Las cubiertas a dos aguas o cuatro aguas, son de gran pendiente, para el desagüe de lluvia. Mantenían galerías o marquesinas en la parte frontal como recibimiento y protección de clima.

Las estrategias de acondicionamiento pasivo más conocidas son:

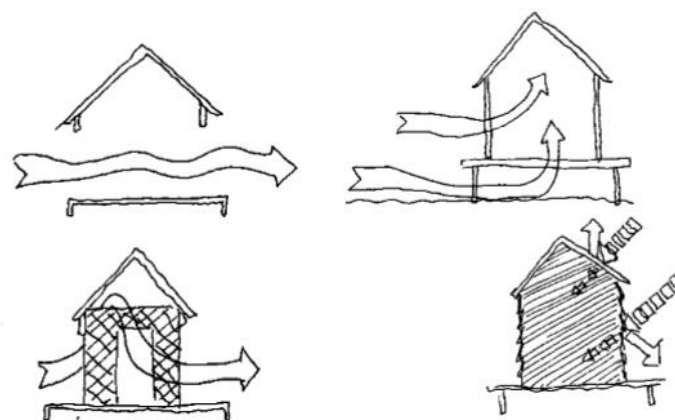


Figura 17. Estrategias de diseño pasivo y ventilación natural en los Bohíos o Caney.

- Utilización de materiales del entorno cercano

12. Augusto Puig, José. Ensayo Histórico Arquitectónico de Puerto Plata. 1978

- Adecuación de las técnicas de ejecución a materiales y recursos de la zona
- Utilización de mano de obra local
- Arquitectura adaptable con sistemas flexibles (protecciones, aislamiento, cubiertas a 2 ,3 o 4 aguas)
- Optimización energética del hábitat
- Reutilización de elementos
- Minimización de residuos
- Arquitectura ligera
- Poca inercia térmica
- Grandes volúmenes interiores

Las cubiertas, suelen contar con un área entre la sección del techo y la cúspide de la cubierta, generando que el aire al estratificarse y se caliente suba y se filtre, ventilando todos los espacios interiores.

La cana-palma se colocan trenzados unidos hasta formar una capa que funciona como aislante térmico, además de resistir agua, pero en el caso del zinc aplicado en cubierta, el hueco generado en la superficie funciona como aislante del calor transmitido por la misma materia. Los muros normalmente van pintados de diferentes colores llamativos, como símbolo de la cultura dominicana. Las viviendas ya para el siglo XVI utilizaban la madera como material constructivo en muros, columnas y pisos que aminora el calor. Las elevadas temperaturas y humedad, dieron como resultante el adecuado uso de la orientación de las viviendas al ser

proyectadas., buscando una ventilación cruzada, con grandes aberturas al norte y sur para protección solar.



Figura 18. Casas de tablas de palma y techo de láminas de zinc, de marcada influencia antillana. Fotos Esteban Prieto Vicioso.

Las ventanas de madera con celosía fueron protagonistas de esta arquitectura, apareciendo elementos decorativos como tragaluces de madera sobre ventanas y puertas, así como cresterías caladas en los aleros. A partir del siglo XVIII comienza a surgir otro estilo arquitectónico acogido por los ingleses, "casas victorianas".



Figura 19. Detalles en puertas y ventanas con influencia antillana. Fotos Esteban Prieto Vicioso.

Las viviendas victorianas como descripción de sus estrategias de adaptación al clima, conservaron las galerías techadas en el exterior, tanto como elemento semi-perimetral como perimetral, proporcionándole al usuario, un espacio social.

En el estilo victoriano se trabajaban los detalles de calados y aleros que permitían la ventilación en el interior y eran de expresión artísticas. De igual forma, se incorporaron bajantes de agua pluvial o tuberías de desagüe conectadas a un sistema de captación de aguas, conformados por canaletas unidas al borde de las cubiertas de la vivienda., donde el agua se acumulaba y era dirigida a tanques de almacenamiento.

Cada método constructivo en Santo Domingo, debió adaptarse al nuevo ecosistema, sufriendo las modificaciones necesarias.

Según José Augusto Puig, en su importante Ensayo Histórico Arquitectónico de Puerto Plata, las casas dominicanas que utilizaban el barro, se hicieron a la Usanza española según descripciones de la época.

Una comparación con gran similitud son las viviendas denominada barraca, de las provincias mediterráneas de Murcia, Alicante y Valencia, en la península ibérica, de planta similar a las viviendas rurales, tienen una estructura sencilla de palos de madera y sus paredes están formadas con un tejido de cañas, el cual se recubría o embarraba por ambos lados, exterior e interior, enlucíéndolo luego con yeso.¹³



Figura 20. Esquema de Barraca Valenciana, España. Fuente: <http://www.tiovivocreativo.com/blog/barracas-arquitectura-popular-valenciana/>

13. ARRANZ, LUIS: Don Diego Colón, tomo I. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto "Gonzalo Fernández de Oviedo", Madrid, 1988

Con el nacimiento de la República en siglo XIX, la clase campesina se consolida y surgen nuevos poblados. Las migraciones y el intercambio comercial con las islas del caribe son más frecuentes, lo que hace que la arquitectura vernácula tome otra expresión formal.

Las casas rurales tienen un volumen rectangular simple que constituye el cuerpo principal del hogar. Por razones económicas, modernización e incluso estatus el material de cana para los techos fue sustituido por láminas de zinc acanaladas, que posee la desventaja de tramitación del calor hacia el interior de la vivienda.

Cuando las viviendas adoptan materiales industrializados, formas más complejas y pasan a ser construidas por maestros constructores, evolucionamos a la arquitectura popular, encontrada en el ámbito urbano y centro de ciudades.



Figura 21. Vista exterior, interior de una casa típica del Valle de Baní, construida en el siglo XIX con tablas de palma y techo de cana, con pasamanos dividiendo la sala del comedor. Villa Sombrero, Peravia. Foto Esteban Prieto Vicioso

4.2.2 Influencia de Europa en América (1492-1844)

El Nuevo Mundo aparecía representado en la cartografía plasmada por el descubrimiento de América Liderado por el Almirante, que combinaba en su viaje el encuentro de nuevas culturas, y el dominio e ideal imperial de los Reyes Católicos fundamentado en la cristianización.

En la isla La Española, entre la fundación de 1492 y la Nueva Isabela en 1498, transcurrieron los primeros años, sucediendo tres fases de la política territorial de los Reyes Católicos. La primera se denominó la década colombina; la segunda el período Ovandino; y la tercera, un virreinato elemental e inestable. La zona colonial de Santo Domingo, fue fundada por Bartolomé Colón el 5 de agosto de 1498, convirtiéndola en la primera ciudad de España en el Nuevo Mundo.

Lo cual, basados en el último estudio arqueológico de La Isabela llevado a cabo por José María Cruxent ¹⁴, se demuestra que aquel enclave medieval urbano estaba rodeado de aldeas taínas, generando las primeras viviendas coloniales en una trama urbana liderada por la primera Calle "las Damas" y los trazos perpendiculares subsiguientes, como consecuencia de albergar a los españoles provenientes de la expedición Colombina.

14. Deagan, Kathleen and Cruxent, José María. *Archaeology at La Isabela: America's First European Town*. Yale University Press, New Haven and London, 2002.



Figura 22. 1502 cartografía del Nuevo Mundo. Incluye la región de las Antillas y el Caribe. Foto Ricardo Briones

Como fase inicial de la arquitectura nos acercamos a los aspectos fundacionales de las influencias europeas en américa. El Fray Nicolás de Ovando fue el fundador del trazado cuadrícula urbano de la ciudad de Santo Domingo, tomando como referencia el trazo de las de

España y teniendo como centro la mayor plaza de la ciudad conocida como “La Plaza Mayor”.

La vivienda del Primer Almirante surgió como primer ejemplo de un espacio para múltiples funciones en la planta baja y dormitorios en la segunda Planta; La entrada principal se sitúa en el rectángulo más corto, junto al muro que comparte con lo que se especula ser una torre de observación. Alrededor de la casa, se levanta un muro formando una curva de tapia que evidencia el sistema improvisado de construir una cerca para resguardo y seguridad.

Las viviendas de los pobladores se esparcían en varias zonas por el desarrollo de la trama urbana, entre las cuales se destacan 3: la zona residencial de personajes importantes; La zona central para viviendas comunes; y una plaza. El estilo arquitectónico principal de las casas coloniales era el gótico, sin embargo, para el siglo XVI se evidencia la mezcla de 2 estilos arquitectónicos, en donde los aparejos de cantería o mixtos crean los ornamentos y la decoración con su vocabulario hispano musulmán o clásico.

La Mampostería es aplicada en distintas estructuras construidas para la época. Domina la piedra y el ladrillo en la albañilería tradicional, siempre asociada con la tecnología carpinteril en cubiertas y entrepisos. Los bosques eran la fuente para proveer vigas y entablados artesanales, así como puertas, ventanas, dinteles y balcones. La distribución de las viviendas coloniales se hacía teniendo en cuenta el estado, los méritos, la

posición y la reputación que merecía a las autoridades el futuro vecino. Los solares que se hallaban dentro de los límites de la localidad solían tener una superficie de 50 por 100 pies¹⁵. Los modelos de viviendas de familia de todos los estratos sociales, adoptan expresiones distintas de acuerdo con el carácter ornamental de sus detalles.



Figura 23. Arriba a la izquierda. Maqueta de la casa de Colón. Foto Jochi Marichal. Debajo, Casas de Ovando, en una de las cuales vivió Cristóbal Colón a su regreso de Jamaica al final del cuarto viaje. Foto Ricardo Briones

15. PRIETO VICIOSO, Esteban; “Historias para la construcción de la arquitectura dominicana (1492 – 2008)”. Santo Domingo. Grupo León Jiménez. 2008

La ordenación de sus espacios interiores estaba relacionada a sus jardines, fuentes y caballerizas. En primer orden en materia de detalles ornamentales se expresa las formas artísticas que identifican el tránsito del gótico al plateresco y del plateresco al renacimiento.



Figura 24. Casas Reales de Santo Domingo, paramentos, exteriores y patio de la Real Audiencia y Chancillería Foto Ricardo Briones.

LA VIVIENDA COLONIAL (Casa de los Bastidas)

La casa Bastidas fue edificada al inicio del siglo XVI. Perteneciendo al linaje Bastidas que procede de la provincia catalana y a Don Rodrigo de Bastidas, alcalde de la Villa de Santo Domingo, ubicada en la Calle principal Las Damas. Como un ejemplo de las casas coloniales, la casa Bastidas manifiesta la mezcla de distintos estilos europeos en el caribe y estrategias de adaptación al clima tropical.

Descripción Funcional y espacial

Se destaca en esta vivienda el amplio patio alrededor del cual se desarrolla una planta arquitectónica de un solo nivel con volúmenes rectangulares, definido en los lados norte y sur por bloques de habitaciones y en los lados este y oeste por galerías y servicios con arcadas de medio punto.

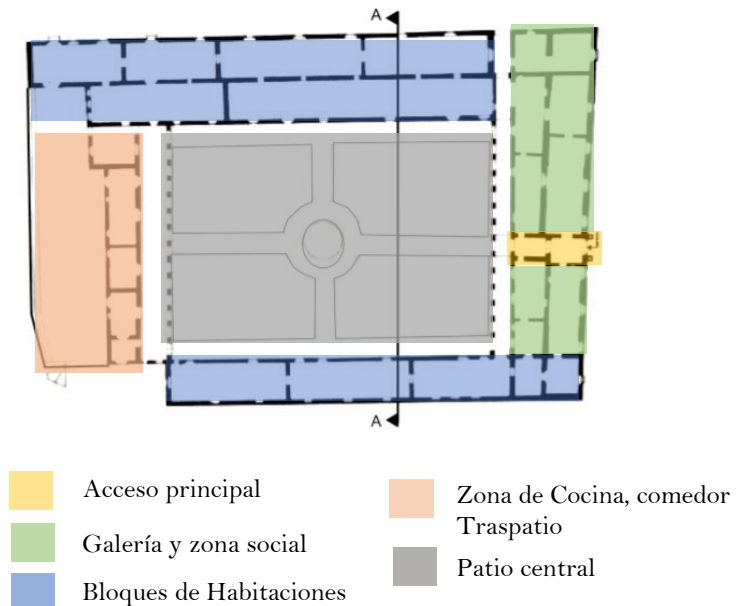


Figura 25. Planta arquitectónica de Casa de Bastidas, Santo domingo. Fuente: foto extraída de Libro Casas Coloniales de Santo Domingo, esquemas de elaboración propia.

Esta casa ha permanecido como testimonio de las primeras construcciones coloniales dentro del estilo gótico que dominó la Baja Edad Media europea. Sin embargo, se encuentran detalles de transición hacia una etapa plateresca. Por ello, adaptándose al clima tropical,

esta casa tiene 3.000 metros cuadrados, amplias puertas para su ventilación, mantiene un esquema de dos crujeas paralelas en cada orientación desarrolladas en torno a un patio central; ritmo repetitivo de puertas y ventanas en la fachada, máxima utilización del espacio, galerías que aparecen simultáneamente en modelos contiguos siguiendo un patrón importado y arcos rebajados que dominan los huecos de las Puertas.

Estrategias de acondicionamiento Pasivo

El material utilizado principalmente en la construcción de la casa bastidas eran los muros de mampostería de ladrillo de 30cm, con la finalidad de que los espacios interiores de la vivienda estuvieran en confort térmico, ya que por la baja conductividad del material y el grosor del muro impedía el flujo de calor en el transcurso del día.



Figura. 26. muro de mampostería de Ladrillo como material utilizado. Fuente Libro Historia para la construcción de la arquitectura dominicana, Esteban Prieto Vicioso.

Las cubiertas.

Se hacían con tejas de barro, sobre una estructura de entramados en madera y esterilla. Como adaptación al clima tropical y sus épocas de lluvias y tormentas, condicionaron la cubierta del estilo colonial a pendientes a inclinaciones menores, logrando una menor oposición al viento y un desagüe más fluido de las aguas pluviales.

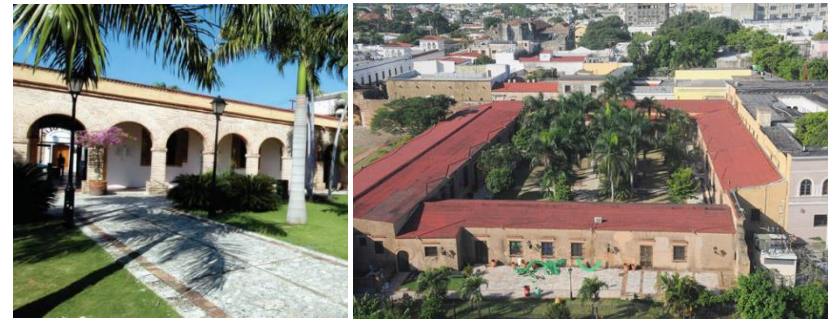


Figura 27. Patio interior de Casa Bastidas y Vista aérea de la vivienda. Fuente Libro Historia para la construcción de la arquitectura dominicana, Esteban Prieto Vicioso.

El clima constituye un factor importante, el cual interviene junto a otros factores: culturales, sociales, y económicos dentro de la arquitectura dominicana. El patio central representa el elemento primordial en desarrollar las funciones de una estrategia de acondicionamiento pasivo¹⁶.

16. Amos Rapoport. "Pour une anthropologie de la maison", en 1972

En la casa de Bastidas, con el clima tropical, son múltiples ventajas las del Patio central: inercia térmica del suelo, reducción de la exposición al sol maximizando la sombra, estratificación del aire con reserva de aire fresco al fondo del patio, reducción de la exposición al viento, polvo, arena, etc¹⁷.

Permitiendo además ventilación cruzada e visualiza la circulación cruzada del aire y como al llegar al patio interior el aire caliente logra subir, refrescando la residencia.



Figura 28. Corte Transversal (A-A) Casa de Bastidas. Elaboración de María del Pilar Núñez

El patio Central por las dimensiones que posee, garantiza el flujo de aire dentro de la residencia, potencializado por los ventanales y logias que permiten una ventilación cruzada, dispuestas en orientación hacia el jardín central. Los ventanales reciben la radiación solar de manera indirecta, definiendo el espacio privado, pero con la sensación de frescor interior.

Con respecto a los espacios interiores, podemos definirlos como galerías que bordean todo el patio central con cubiertas sostenidas por arcos y columnas. De grandes alturas y techos inclinados.

17. Ugarte, Jimena. Guía Bioclimática construir con el clima. instituto de arquitectura tropical. Fundación príncipe Claus para la cultura y el desarrollo.

4.2.3 Periodo Republicano (1844-1930)

Las dos terceras partes del siglo XIX, fueron dedicadas a la guerra contra Haití y España, pero simultáneamente naciendo el sentimiento independentista en Santo Domingo. El historiador Vicente Celestino Rojas en 1944 publicó un libro llamado, Historia de la División Territorial 1492-1943, donde nos describe la territorialidad y situación de la isla entre los períodos colonial y republicano; aparecen nuevos asentamientos y España cede a Francia la totalidad insular a través del tratado de Basilea del 22 de julio de 1795, resultando como consecuencia, una división territorial que asumía denominaciones como: departamentos; partidos; distritos¹⁸; etc.

Figura 29. Plano de ciudad y Contornos de Santo Domingo. 1924



18.César Iván Feris "Arquitectura Republicana": Revista CODIA No. 56. Santo Domingo, 1978.

Con la modificación de la estructura agraria, el sobre valor de la tierra y las fundaciones de ingenios azucareros, se puso de manifiesto la desorganización del catastro nacional, haciéndose obligatorio el registro de propiedad privada. Es entonces donde surge un estilo arquitectónico neoclásico tardío denominado ecléctico en conjunto a las casas victorianas. Poco después la tecnología del hormigón armado comienza a utilizarse en Santo Domingo, coexistiendo con materiales como piedra y ladrillo.

Para el siglo XX muchas ciudades se transformaron y Santo Domingo asume un aire de neoclasicismo ecléctico, que se caracteriza por lo estático, tras destruirse la urbe por un fenómeno tropical.



Figura 30. Ecléctico clásico de una villa en Gazcue. Foto Ricardo Briones

Figura 31. Edificio de hormigón armado dentro de la tradición constructiva de los primeros años del siglo XX con balcones abalaustrados que descansan en grandes ménsulas. Fotos Ramón Paolini

La Ciudad se desarrolla de manera horizontal, con un trazado damero y un patrón de subdivisión de lotes en parcelas irregulares dispuestos a lindero cero, colindando unos con otros. Toda tipología de construcciones se desarrolla en la época de 1918, con el lanzamiento de un programa de obras públicas: carreteras, hospitales, escuelas, viviendas residenciales.

Los modelos de arquitectura dominicana, están ligados a tipologías republicanas mezclados con el arte de la carpintería industrial. Sin embargo, en Santo Domingo impera el eclecticismo (método que constituye en reunir lo mejor de todos los estilos).

La arquitectura doméstica a principios del siglo XX incorpora elementos decorativos de diferentes épocas como: ménsulas renacentistas; balaustres serlianos; puertas y ventanas encuadradas por formas coronadas por aleros. Aparecen nuevamente las columnas.

La vivienda Republicana

Dependiendo las clases sociales de la época, se construyeron las viviendas. Para la burguesía a principios del siglo XX, existían villas y chalets con galerías perimetrales sobre elevadas del terreno natural, creando sótanos y con techos altos de fuerte pendiente creando buhardillas del estilo victoriano. Se utilizaban vigas de madera para apoyar las planchas de zinc de la cubierta y tejas importadas. Estas estructuras tropicalizadas, utilizaban materiales heterogéneos. El hormigón armado se hace presente en columnas de estilo sobre basas

esbeltas. Los capiteles servían para transmitir las cargas de arcos y dinteles.



Figura 32. Distintos ángulos del centro histórico de Santo Domingo en que pueden apreciarse conjuntos de edificios en la calle Hostos; en la calle Isabel la Católica; en la calle Padre Billini. Fotos Ricardo Briones



Figura 33. Casas de los suburbios, típicas de los primeros años del siglo XX. La primera, plano de la fachada de gran residencia en Gazcue. La segunda, en la Av. Independencia, atribuida a Antonín Nechodoma Fuente: Archivo DoCoMoMo dominicano

En las obras del arquitecto Nechodoma para el siglo XX, se proyecta una arquitectura residencial de riqueza ornamental y uso del adorno en la decoración, se hace presente la artesanía y el estudio del detalle como criterio del Art and Crafts y del Art Nouveau también presente en Santo Domingo. Grandes aleros protegían la arquitectura, claramente utilizando el medio ambiente para adaptarse a él¹⁹.



Figura 34. Residencia fabricada para 1914. Diseñada por el propietario, Zoilo Hermógenes García. Foto Jochi Marichal/ extraída de Historias para la construcción de la arquitectura dominicana

De las transformaciones sufridas en la arquitectura dominicana, estrechamente ligado al período pre-republicano, poco se conoce en criterios funcionales y constructivos de las residencias, sin embargo, cabe destacar características específicas implementadas en la mezcla de estilos arquitectónicos que dieron vida al eclecticismo en Santo Domingo.

Características generales de la vivienda en el periodo republicano:

- Jardines cerrados y edificios volcados hacia adentro.
- Fachadas externas desnudas excepto por cornisamentos sobre los vanos.
- Puertas, en la mayor parte de los casos, desprovistas de ornamento. Altas, anchas y fuertes.
- Ventanas sencillas, altas, con un pequeño cornisamento en ladrillo, teja plana y un basamento. Solían estar protegidas con una reja de hierro.
- Proliferación de balcones corridos o individuales con vuelos más pronunciados y en buena medida techados.



Figura 35. Distintos ángulos del centro histórico de Santo Domingo mostrando los distintos estilos arquitectónicos. Fotos Ricardo Briones.

19. MARVEL, THOMAS S: Antonín Nechodoma, Architect 1877-1928: The Prairie School in the Caribbean, University Press of Florida, Gainesville, Fl. 1994, 223 pp.

4.2.4 Modernidad en arquitectura (1930-1960-Dictadura Trujillista)

Con la dictadura del nuevo presidente Rafael Leónidas Trujillo Molina desde 1930-1961, el desarrollo de la sociedad económico, cultural y, consecuentemente, territorial se vio transformado. El fenómeno de la modernidad y el capitalismo, se consolida en los centros urbanos, especialmente en santo Domingo que cambia su nombre a Ciudad Trujillo en 1936²⁰. El cambio del proceder arquitectónico dominicano se produce con la aparición de los materiales industrializados para 1865, siendo el hormigón armado el nuevo material de construcción. Tanto cambia la arquitectura como la noción de territorio, existen historiadores que alegan que un considerable número de casas del siglo XX, son realmente casas coloniales refaccionadas, acondicionadas o ampliadas; en las que los elementos arquitectónicos como balcones, puertas, ventanas, galerías y rejas son republicanos, colocados sobre muros y techos de origen colonial.

La ciudad sobrepasa los límites de sus extramuros, introduciendo más tarde el concepto de Ciudad Jardín. La vivienda baja las alturas de sus techos y permite la construcción de espacios flexibles acomodables al uso. Se independizan los volúmenes de una forma compacta, y se retiran de sus bordes de terreno, para dar paso a jardines frontales, traseros y laterales.



Figura 36/37. Casa de la familia Herrera. c. 1925. Estado actual, 2008. Mario Lluberes. Foto Ricardo Briones. Residencia de la familia de la Maza en Moca, c.1947. Trene Pérez. Archivo Marcelle Pérez Brown.

Para 1930, la ciudad se constituyó con una propuesta de ciudad plana, con un solo nivel en las edificaciones, como respuesta a los sismos y su fuerza destructiva. Sin embargo, otro devastador desastre natural fue el huracán San Zenón.

Los cuantiosos daños a propiedades y pérdidas humanas generaron un cambio de actitud frente al uso de los materiales tradicionales y se adoptó el bloque de hormigón, originalmente almohadillado, en vez del típico paramento de madera como unidad primordial en la arquitectura dominicana.

Producto de la modernidad, vinculada a los preceptos de la vida poscolonial, nace el estilo que hoy conocemos como neo-hispánico o neocolonial por la historiografía latinoamericana²¹.

20. Municipalidad Provincial de Trujillo & INC, "Plan de Manejo y Desarrollo Centro Histórico de Trujillo", Trujillo-Perú Octubre 2001 GARCIA BRYCE, J. "Historia del Perú Tomo IX La Arquitectura del Virreinato y la República" Lima, 1980

21. AMARAL, NANCY: Arquitectura neocolonial en América Latina. Roberto Segre se encarga de la República Dominicana dentro de su capítulo "Preludio a la modernidad: convergencias y divergencias en el contexto caribeño (1900-1950)".

La experiencia previa del Canal de Panamá, campo de ensayo de una nueva arquitectura apropiada al clima y a las exigencias ambientales del Caribe húmedo, concretiza modelos de viviendas de fresca presencia, inspirados en formas sencillas, casi platónicas, y en la combinación inteligente de materiales locales e importados que luego serían imitados en Santo Domingo²².

La ciudad, carreteras, puentes, drenajes, escuelas, hospitales y muchas otras instalaciones para el servicio ciudadano, se multiplicaron geométricamente en los primeros años de la dictadura. La sociedad dominicana con respecto a su cultura arquitectónica, se vio influenciada por él envió de arquitectos jóvenes a ciudades europeas, que se convirtieron en la primera generación de arquitectos que implanto la floreciente modernidad en Santo Domingo.

En el siglo XIX existe una marcada tendencia por la ampliación de la casa, con la construcción de un segundo nivel y crujías de fachadas. Sin embargo, el neoclásico, simplifica la composición de las fachadas externas e internas, por el gusto racionalista blanco y pulido en muchos casos.

22. Ver la reseña de Silvia Vega en los Archivos de Arquitectura Antillana, No. 20, enero del 2005 y el libro de GUTIÉRREZ, SAMUEL: Arquitectura de la época del Canal 1880-1914. Panamá, 1984.

23. Penson Paulus, Enrique, Arquitectura Dominicana 1906-1950

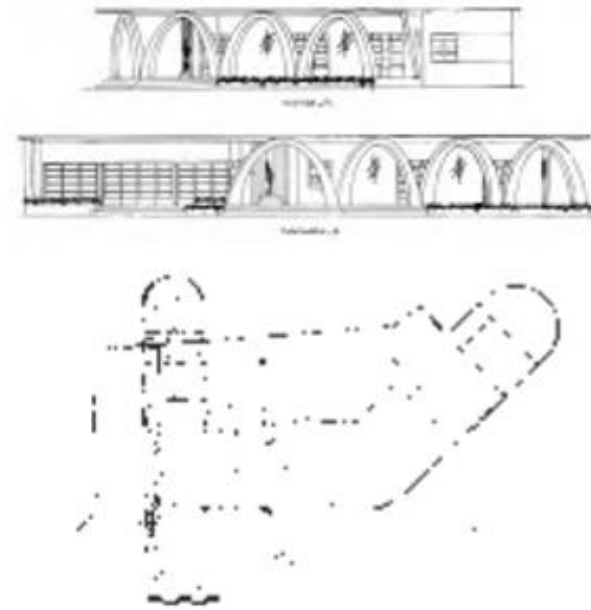
Dentro de los ejemplos ejecutados por el Arquitecto más destacado del estilo Moderno en República Dominicana, Guillermo González a fines de los años 30 y en los primeros años de la década del 40, proyecto las casas para las familias Schad (1939) y Pichardo (1940), ambas en Santo Domingo²³. La primera es una residencia de dos niveles, conformada por unos paralelepípedos blancos resueltos en barra y acotados por una terraza abierta. La segunda residencia mantenía un blanco racional absoluto, de estructura volumétrica similar a la casa Schad. En la búsqueda de la modernidad con el hormigón armado como material principal, las viviendas proyectadas en la dictadura no se alejan de su contexto climático, reduciendo el impacto de las grandes masas por medio de la típica ubicación horizontal de los vanos y la solución urbana sencilla.



Figura. 38 Fachada norte y planta de la Casa Pichardo Santo Domingo. 1940, Guillermo González.

Todas las Residencias del periodo de 1930 a 1961 mantienen un esquema axial sumamente funcional, deja de existir el patio interior y la vegetación pasa a rodear la vivienda en general. Sin embargo, mientras los arquitectos formados académicamente expresaban el estilo moderno, como la tendencia más emblemática de la dictadura trujillista, otros centenares actuaban bajo la estilización clasicista. He ahí la contradicción y dualidad de la arquitectura proyectual de dos décadas en Santo Domingo. Con autores como el arquitecto catalán Tomás Auñón, la paleta del estilo arquitectónico cambia del contexto rural de la ciudad de Jarabacoa, al contexto urbano de Ciudad Trujillo, por la facilidad y disponibilidad de materiales industriales para proyectar las residencias.

La forma se libera y los espacios se llenan de luz, por ejemplo: La Residencia Molinari, demolida para hacer espacio a un desarrollo inmobiliario, libero sus formas arquitectónicas, lleno los espacios de iluminación natural con sus arcadas, mantuvo una cubierta que brindo sombra al usuario y el uso de grandes ventanales. Dicha residencia establece el gusto por galerías con arcadas de medio punto.



Figuras 39 /40. vistas, alzados y planta de la Casa Molinari.1943. Tomás Auñón y Joaquín Ortiz. Archivo Enrique Penson.

Viviendas de Clase Alta en Santo Domingo

La práctica de encargar a arquitectos de prestigio obras arquitectónicas residenciales hace que se originen viviendas distinguidas en Santo Domingo, iniciada con la familia italiana Vicini en la 19 de marzo de la Ciudad Colonial, obra de Antonín Nechodoma. La casa rompe con los esquemas estilísticos modernos, no se toman como base los volúmenes puros, blancos, de

perforaciones regulares geométricamente dispuestas en los planos.

El estilo arquitectónico cambia, se utilizan arcos, muros gruesos, contrafuertes, pérgolas, rejas decorativas, escalinatas señoriales, techos de hormigón armado en pendiente con terminación tipo Bermuda. Si bien se mantiene limpio el plano de las fachadas y se distribuye eficiente y modernamente el programa doméstico. El arquitecto Reíd Cabral hereda la determinación por lograr adaptar el Movimiento Moderno en la República Dominicana. En sus obras habitacionales, incorpora los calados de hormigón, los grandes aleros, las terrazas, la integración arquitectura- naturaleza y esa sensación de intimidad con el uso de la escala y la luz.



Figura 41. Casa Vicini en la avenida Máximo Gómez, Santo Domingo. Guillermo González y William Reíd Cabral. 1947. Foto Jochi Marichal



Figura 42. Casa no identificada. c. 1958. José Manuel Reyes. Archivo familia Reyes Malla

4.2.5 Construcción del sistema Democrático (1961-1978)

La Feria de la Paz y Confraternidad del Mundo Libre²⁴ fue el evento que marco el régimen para restaurar sus maltrechas relaciones internacionales y para dinamizar la economía local.

El rol del ingeniero civil o el ingeniero-arquitecto, están a la orden del diseño, representando la vanguardia de la generación actual, en términos de su asociación creativa al servicio de la mejor arquitectura y el urbanismo dominicanos.

La iniciativa mejor emprendida para orientar el desarrollo de la capital fue el llamado Plan Vargas Mera 1957.

Éste aprovechaba muchos de los recursos naturales de la ciudad para establecer sus coordenadas de ordenamiento, apareciendo en la cartografía capitalina asentamientos como Villa Francisca (1928), el barrio San Juan Bosco (1939), Villa Juana (1942), destinado al sector de la infraestructura industrial de Ciudad Trujillo, con su arquitectura de mínimas dimensiones.

²⁴ Los recuentos oficiales de los eventos importantes del período, capaces de mostrar la obra pública realizada para acompañar estas celebraciones son el Álbum del Centenario de la República. Ciudad Trujillo, 1944. Impresora del Estado y los dos tomos del Álbum de Oro de la Feria de la Paz y la Confraternidad del Mundo Libre. Ciudad Trujillo. Tomo I, 1956 y Tomo II, 1957.



Figura 43. Dibujo firmado por Guido D'Alessandro y José Antonio Caro Álvarez en 1937, de lo que sería el trazado para la expansión de Ciudad Trujillo hacia el oeste.

Por otro lado, la empresa privada proyectaba iniciativas que determinarían el futuro de Santo Domingo, sobresaliendo la que se considera más importante, la configuración del sector denominado NACO, por las siglas de la compañía promotora, Nacional de Construcciones. La empresa fue fundada en 1957 por Pancho Saviñón, Juan Bernal y los hermanos arquitectos Leo y Marcial Pou Ricart. En este proyecto, el primer trazado urbaniza los terrenos situados al noroeste de la ciudad capital, colindando con el vacío del Aeropuerto General Andrews y la liberación del uso de los terrenos que ocupaba. La idea era desarrollar un plan urbano durante la segunda mitad del siglo XX, de residencias modernas individuales dirigidas a la clase media dominicana y espacio público para intercambio comercial.

El núcleo de la población alejado del centro urbano de Santo Domingo, adoptó el modelo norteamericano para el proyecto NACO, simultáneamente al tibio recibimiento internacional de la Feria de la Paz, la deuda resultante de ese emprendimiento estatal, y las invasiones expresadas para derrumbar el régimen, ya potenciaban el proceso de transición final hacia los tumultuosos años 60.

En 1958, NACO inicia la construcción de viviendas en su proyecto NACO I, alrededor de unas 15 unidades en la prolongación de la Avenida Bolívar. A la par, se inicia la construcción de viviendas económicas al sur de la capital, en los terrenos del aeropuerto y la apertura de calles del proyecto NACO II, hacia el norte de la pista sur del aeropuerto, en el 1959. Se adquieren dos millones de m² a RD\$1.60²⁵.

El diseño de NACO II no respondía a un urbanismo riguroso de trazado en cuadrícula; se establecieron algunas súper manzanas con grandes lotes de 100 m x 100 m, luego las manzanas se distribuían entre la forma que las vías de penetración generaran.

La articulación se dejó más libre y adecuada a las parcelas. Para el 1960, la ciudad había alcanzado una población de 369,900 habitantes en un área de 6,210 hectáreas.

25. Moré, Gustavo Luis, El polígono Central de Santo Domingo: 50 años de desarrollo urbano. De Archivos de Arquitectura Antillana, AAA.



Figura 44. Detalle del plano de la Ciudad de Santo Domingo, 1968. En proyección, la Ave. Ortega y Gasset. NACO apenas empieza a desarrollarse a lo largo del eje de la Tiradentes. Fuente: Archivo General de la Nación.

En 1964, se le asigna al constructor Marcial Martínez Soler, construir 40 casas de Naco II, en la zona cercana al Club Deportivo NACO y al edificio comercial Haché. Estos modelos de casas funcionales y económicas sirvieron a una población necesitada de vivienda, con terminación de granito gris y puertas de plywood con decoraciones ornamentales.

En 1968 se inaugura el Centro Comercial NACO I, complejo de edificio bajo de dos niveles acompañado de una torre de 12 pisos de oficinas. En 1970 se abre el bloque paralelo hacia el este, de un sólo nivel y pasillo techado para proteger del sol de la tarde. El NACO II se acompaña de un gran supermercado, parqueos soterrados y una sala de cine, el Plaza. En el 1972 se abre el Hotel NACO completando el conjunto comercial.



Figura 45. Centro Comercial NACO I de Amable Frómeta, y el edificio La Cumbre en 1968. Amable Frómeta y Manolito Baquero

Vivienda de 1960-1980

Cuando el estilo Internacional se establece en Santo Domingo, se basa en un posible estilo moderno criollo residencial adaptado al clima y a la cultura local, con predominio de las columnas de acero, ventanas de celosías, los calados de concreto y de barro, los quiebrasoles, los paramentos texturizados y curvos, las cubiertas planas, los vuelos profundos y sus sombras mezcladas con la naturaleza del caribe.

Descripción espacial/ funcional de las viviendas

Las casas del proyecto Naco, obedecen en su mayoría, a un esquema muy claro y de mucha flexibilidad. Se denominó La fórmula 3 x 3 y se trata de una planta, generalmente proyectada sobre solares de dimensiones 20 x 40 metros. La vivienda se estructura generalmente en 3 crujías verticales y 3 crujías horizontales. Su ubicación Cardinal dentro del lote, se hace en favor de los vientos

S-O y el programa funcional se distribuye en la primera crujía que incluye marquesina, cocina y área de servicio.

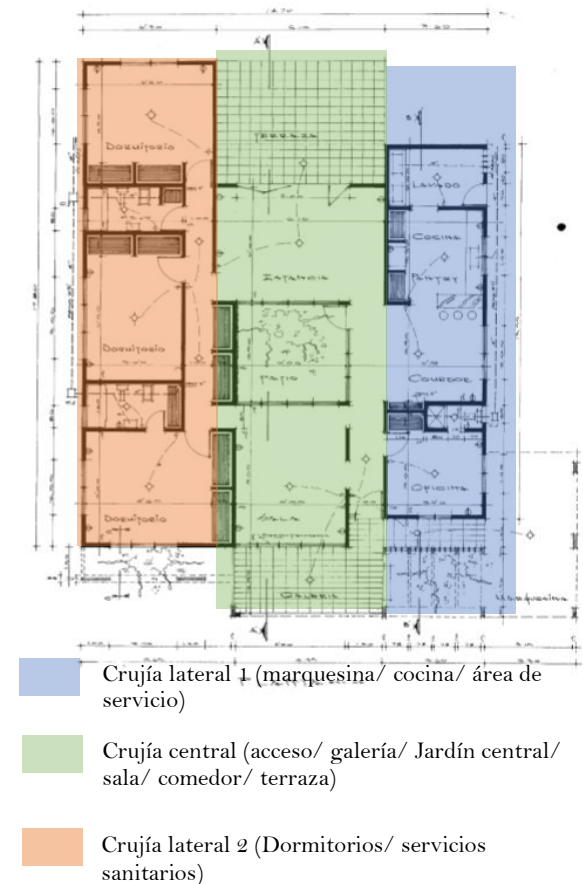


Figura 46. Una de las primeras casas construidas en el Ensanche Naco por la Compañía Nacional de Construcciones (NACO), en 1958. La planta y fotos corresponde a la residencia de la familia Martínez Llubes, del Ing. Marcial Martínez Soler.



La crujía central, se ubica el acceso a la vivienda, la galería frontal hacia el jardín central, sala, el patio central, el comedor, y una terraza, que le permite a la vivienda conectar hacia el patio trasero.

La zona del patio es donde se vincula la vivienda con el entorno (lo natural con lo urbano), pero también es el área social para los años 50 del siglo XX. La tercera crujía, dispuesta del lado opuesto a la de servicios, desarrolla los dormitorios y servicios sanitarios.

Las crujías horizontales siguen el trazado: hacia el frente, de un lado, marquesina y cocina, galería y sala, y dormitorio principal; al centro, cocina, patio central y acceso al baño y a las habitaciones; y al fondo, servicio, comedor-terraza, y habitaciones secundarias. El esquema, solo mantiene sutiles variaciones, pero suele ser muy parecido en las residencias de la época.

El éxito del estilo moderno en la tipología doméstica para los años 1960 no solo radica en la posibilidad de una vida abierta al paisaje suburbano, incorporando elementos de una nueva sociedad democrática, adaptando la cocina moderna, marquesina, áreas abiertas al exterior, paisajismo, entre otros, sino que aprovecha una distribución funcional y constructiva de pura simplicidad y economía; escasas columnas, muros de bloques, losas simples, y la menor cantidad de vigas que se pueda.



Figura 47. Casa de inspiración Miesiana en la calle Alberto Larancuent 30. foto Ricardo Briones.

Figura 48. Casa en la calle Gustavo Mejía Ricart 26. foto Ricardo Briones

La asociación del esquema funcional de estas viviendas se relaciona directamente con la tradición colonial, varios de los elementos presentes como las galerías, patio central y las crujías se mantienen desde los inicios de la arquitectura en la cultura dominicana. Los retiros frontales y traseros son generosos; las alineaciones y separaciones laterales garantizan la privacidad de los dormitorios y la posibilidad de áreas de servicio en las propiedades. Al igual, que la ornamentación y vegetación envuelven toda la vivienda proponiendo espacios sociales.

En este tipo de modelos modernos, ya no se trata de las comunes habitaciones interconectadas, en rotación, o yuxtaposición de décadas antes, la distribución se hace racional y es donde verdaderamente la modernidad se toma como estilo de vida en Santo Domingo.

Descripción simbólica / económica de la Vivienda

Las casas proyectadas en Santo Domingo para la segunda mitad del siglo XX, poseen un valor simbólico inevitable para la Arquitectura Dominicana, se cree que sus ejemplos incorporan las ventajas de un minimalismo auténtico, genuino, no amanerado estilísticamente, sino producto de una actitud consciente de la utilización racional de los recursos económicos.

En el aspecto económico, los presupuestos no debían pasar de los RD\$11,000.00 equivalentes a 196.42 euros de hoy en día, para poder calificar dentro de los planes de financiamiento de las recién creadas asociaciones y compañías. La presencia de la decoración arquitectónica se vuelve discreta y el arte se hace presente con la elegancia de la misma arquitectura moderna, de los volúmenes puros los bloques calados como detalle, o murales de piedra o mármol.

Caso de estudio 1. Vivienda Casa familia Álvarez Menicucci/ Francisco López Rodríguez, 1963

Proyecto de 400 m² en un solar de 1375 m², con un esquema funcional igual al de la fórmula 3x3 con la variante de que la marquesina en vez de ubicarse al lateral se posiciona frente a la entrada. Los espacios se vuelcan hacia el interior. Los dormitorios y estudio, al fondo de la planta no se abren al patio posterior. La proyección de su planta arquitectónica en relación a la

distribución espacial no maneja del todo la concepción moderna, sin embargo, su fachada refleja la búsqueda de un repertorio de elementos formales, el uso de techos planos, vuelos de hormigón, la geometría abstracta del mosaico.

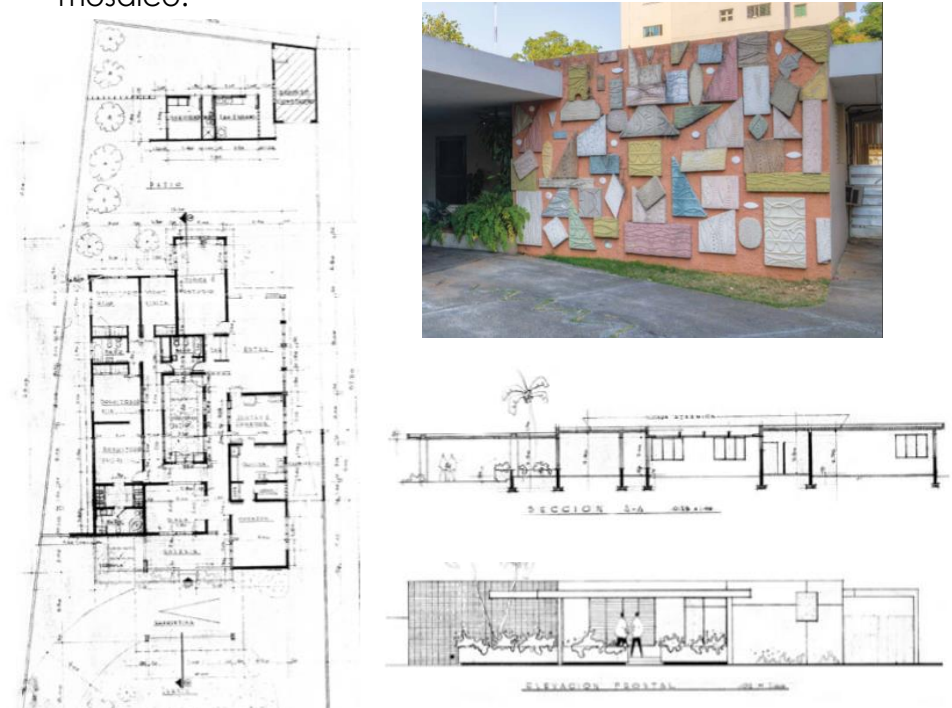


Figura 49. foto, planta y alzado de la Casa Álvarez Menicucci Francisco López Rodríguez, 1963

Por otra parte, el sistema estructural es de mampostería de bloques de hormigón, que se conforma con bloques huecos de hormigón vibro comprimidos, yuxtapuestos manualmente y vinculados por medio de juntas de mortero y armaduras de refuerzos.

Caso de estudio 2. Casa García Abarca: Vital García, 1969

El proyecto de la Casa García fue diseñado por el arquitecto para sus padres, rompiendo con la tipología imperante en las casas del Naco.

La vivienda rechaza el esquema de crujías y se vuelca hacia adentro con una fachada frontal muy cerrada, de paredes de piedra con planos proyectados de hormigón visto, en donde la entrada queda escondida por el voladizo.

Esta casa se caracteriza por su escala doméstica, con aires de un estilo brutalista.

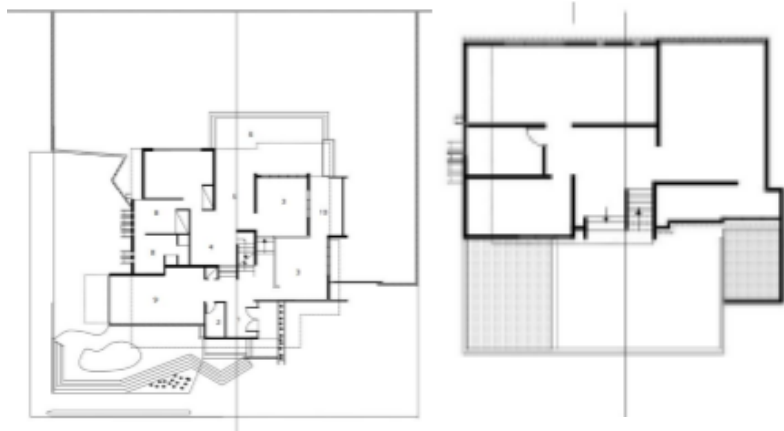


Figura 50. Plantas arquitectónicas de la Casa García Abarca, Vital García. 1969 SD

La expresividad de la vivienda se logra al hacer un uso formal de diversos materiales y texturas, como piedras, ladrillos y hormigón visto, tanto liso, como rugoso.

También posee un jardín frontal con vegetación de clima seco, y proyectada en un primer nivel, con distintos

desniveles, un sótano, y un segundo nivel con terraza y techo-jardín sobre una topografía rocosa y accidentada. Posee techos bajos en promedio de 2.50 m, utilizando la idea de Frank Lloyd Wright de la casa como hogar, que aísla al visitante del caos urbano.

Figura 51. Fotos de la Casa García Abarca, Vital García. 1969 SD



4.3. MARCO GENERAL: SISTEMAS CONSTRUCTIVOS LIGEROS Y DE RÁPIDO MONTAJE.

4.3.1 Conceptos generales de la construcción ligera y de rápido montaje. (especificación en Viviendas Unifamiliares).

Desde comienzos de su existencia, el hombre bajo el instinto de sentirse seguro, ha tenido la necesidad de resguardarse ante la inclemencia natural propia del entorno en donde se desarrolla, este que en principio hacía uso de la cueva que le proveía refugio y conforme entendía y se adaptaba a su entorno fue adquiriendo conocimiento y fue capaz de construir sus propios refugios, de esta manera pudo asentarse de manera permanente dando paso al desarrollo de las primeras civilizaciones del mundo, en donde el uso de la piedra, la madera y otros materiales del lugar jugaron un papel importante en su estructuración.

Estos materiales con la ayuda de los avances tecnológicos fueron transformados en nuevos elementos que han propiciado el levantamiento de diversas tipologías arquitectónicas basados en los sistemas constructivos tradicionales que han afianzado su técnica operativa bajo las características de proporcionar espacios firmes, seguros y de larga duración. No obstante, a esto, la visión constructiva ha ido cambiando conforme ha pasado el tiempo, cambios que se han sumado a la

conciencia de incluir el campo de la arquitectura y la construcción dentro de la visión de sostenibilidad tomando en cuenta el aspecto social, ambiental y económico²⁶.

Esta matriz toma como unidad de análisis una vivienda tipo de 2 niveles, similar a un duplex, por contener los niveles mínimos de comparabilidad.

Los 4 sistemas constructivos o tipologías analizadas permiten enseñar y aprender distintas maneras de abordar el diseño constructivo y a arquitectos. La elección de los 4 tipos de sistemas no resulta arbitraria sino que contempla los sistemas constructivos más usados del Área Metropolitana de Bogotá. Se eligieron sistemas bien diferentes entre sí: 2 tradicionales y 2 prefabricados a los efectos de su comparación.

1.- La Mampostería Portante Cadenista o de Bloques de Hormigón Vibrado como Sistema Tradicional Racionalizado.
2.- La Estructura Independiente de Hormigón Armado resulta un sistema tradicional sumamente utilizado en vivienda y Propiedad horizontal.
3.- El Steel Frame como sistema industrializado. Se emplea desde los 1950's y su empleo radica en un sistema que permite acortar los procesos de obra con personal relativamente capacitado permitiendo recuperar el capital invertido en menor tiempo.
4.- El Rostro Cemento masera Casaforma (técnica forma actualmente en el país) es un sistema prefabricado basado en montaje por vía húmeda, posee ventajas de solidez, rapidez, aislamiento térmico, mínimo desperdicio y poco costo. En Argentina comenzó en 1980, pero últimamente se ha desarrollado en viviendas de interés social.

A su vez, cada tipología posee una tradición histórica que se configura a través de sucesivos ajustes. Así lo exhiben como un sistema lógico correspondiente a los efectos pedagógicos, técnicos y económicos los sistemas. La matriz analiza los tipos a través de las siguientes variables:

1.- Forma: Nos referimos a la morfología resultante debido a la naturaleza de los cargas.
2.- Material y Tamaño: Se describen materiales y dimensiones mínimas para esta escala o tipología de vivienda.
3.- Control: Se registran los aspectos o variables para garantizar la seguridad y la calidad.
4.- Herramientas: Se grafican las herramientas particulares que requiere cada sistema.
5.- Ley: Refiere al mecanismo de transición de las cargas. Pueden evaluarse otros variables o "indicadores" de cada sistema a fin de desarrollar aspectos que permitan discriminarlos, analizarlos y compararlos para su evaluación.

	Mamp. Portante	Estr. Indep. De H ² A ²	Steel Frame	Ferrocemento M2
FORMA				
MATERIAL TAMAÑO	<ul style="list-style-type: none"> Ladrillos: - Adobo - Suelo cemento - Cerámicos Bloques: - Hormigón - C.C.A Paneles: - Otros 	Columna 20x20 Base 80x80 Vigas/Losas 15x30 Min. 7 Acero (A.D.N.)	<ul style="list-style-type: none"> Soleras P.G.U. Montantes P.G.C. Vigas P.G.C. Multilaminados 10-15-25 	<ul style="list-style-type: none"> Paneles Muro. Paneles Losa. Uniones y refuerzos
CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> Verticalidad (plomo) Alineación (escuadra + replanteo) Nivelación (nivel) Mortero (dosificación) 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión Dimension y secciones Ø, Cant., disposición y rec. Replanteo y nivelación 	<ul style="list-style-type: none"> Anclajes. Replanteo. Cargas colineales. Secciones y refuerzos. Dosificación Mortero. Materiales y disposición. 	<ul style="list-style-type: none"> Anclajes. Replanteo. Secciones y refuerzos. Dosificación Mortero. Proyección y curado.
HERRAMIENTAS				
LEY	Traba E.F.A	Hormigón Armado E.M.A.	Membrana Rígida c/ E.V.A	Diáfragmas rígidos

Figura 52. Evolución de los sistemas constructivos presentes en República Dominicana. (mampostería, sistema de pórticos, Steel frame, ferrocemento)

En ese sentido han surgido nuevas formas alternativas en la construcción cuyo mecanismo se ha caracterizado en la reducción de los costos-tiempo de obra, brindando resultados más amigables al entorno. Es así como la construcción ligera y de rápido montaje ha ido ganando participación tanto en el desarrollo comercial, industrial y muy importante la construcción residencial en las últimas décadas.

26. J. Monjo CarrióLA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA EDIFICACIÓNPROCEDIMIENTOSPARASUINDUSTRIALIZACIÓN. DR, Arquitecto. Director del IETcc 23 de noviembre 2005, España.

Desde el punto de vista del desarrollo de la vivienda, podemos decir que los sistemas constructivos ligeros y de rápido montaje están estrechamente ligados a la prefabricación de la vivienda a partir del siglo XVIII en la era de la colonización, cuyo objetivo se centró en ocupar extensiones de terrenos con edificaciones transportada y colocada fácilmente por mano de obra no calificada. De aquí nace el Sistema Ballon Frame caracterizado por ser una estructura ligera compuesta de listones y cierres en tablonés de madera, que vino a sustituir el tradicional sistema constructivo de robustas y pesadas vigas y columnas que provenían desde Europa.

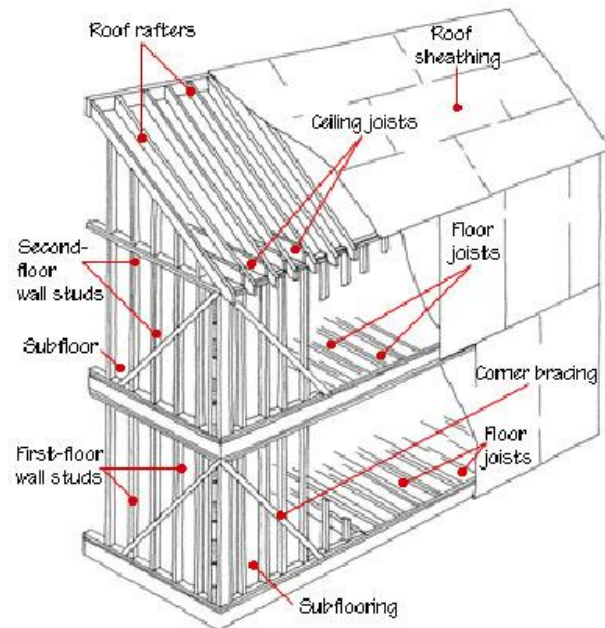
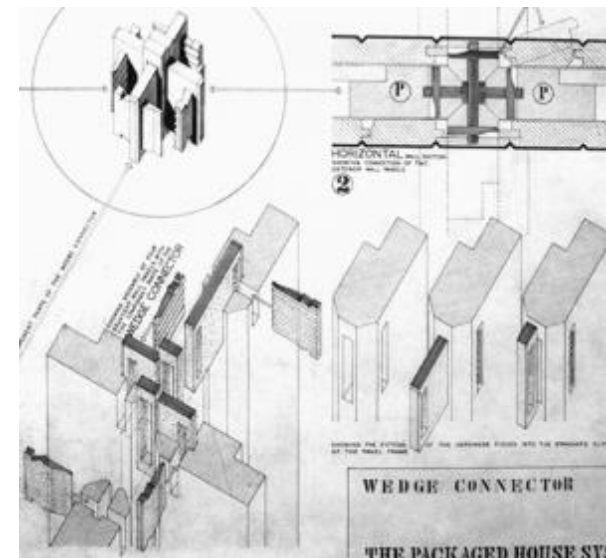


Figura 53. Sistema Constructivo Ballon Frame para viviendas Unifamiliares.
Fuente: <https://www.pinterest.com>

Este sistema lo podemos entender como el conjunto de técnicas constructivas que se caracteriza en la rapidez y reducción de los costos de ejecución en obra, y es que en ella se conjugan una gama de elementos estructurales de gran calidad y sutil ligereza que no solo buscan proporcionar espacios confortables, sino que también insiste en reducir los impactos medioambientales. Otro dato importante, dentro del desarrollo de la construcción ligera en la vivienda, son los aportes de los arquitectos Gropius y Wachsmann con su propuesta Packaged houses, esta que, a pesar de ser soluciones en hileras, en principio se fundamentó en el sistema de ensambles de unos paneles de madera, unidos por perfiles metálicos, que con trabajo y dedicación lograron mejorar la estructura de este sistema en el que ingeniosas juntas metálicas y clavijas se enlazaban facilitando el montaje.



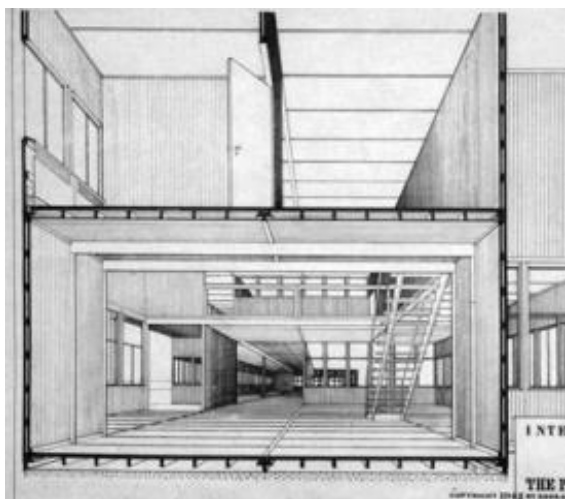


Figura 54. propuesta Packaged houses para viviendas Unifamiliares arquitectos Gropius y Wachsmann.

Fuente: <https://proyectos4etsa.wordpress.com/tag/konrad-wachsmann/>

De esta manera, fue posible la unión de paneles en hilera, en forma de 'L', en 'T' o en cruz, tanto en vertical como en horizontal, otorgándole flexibilidad al momento de ser diseñado.

Sin embargo, aunque el desarrollo de este sistema no obtuvo éxito en la época, puso de manifiesto la necesidad de procesar industrialmente los materiales y depurar el diseño de los componentes para establecer mecanismos de modulación que permitieran la eficiencia y la rapidez en el montaje, lo cual se traduciría en economía de medios, tanto humanos como naturales.²⁷

El arquitecto Gropius también proyectó la vivienda de cobre para la Hirsch Kupfer de Berlín, con un sistema

de construcción prefabricado que aporta ventajas a los procesos prefabricados y de fácil montaje, como son: eliminación de la humedad en el proceso de construcción, ligereza de las partes a construir; dado el carácter del montaje; reducidos costes de mantenimiento gracias a la alta calidad de los materiales que, debido a la producción estandarizada presenta también ventajas económicas, y sobre todo la rapidez en la entrega²⁸.

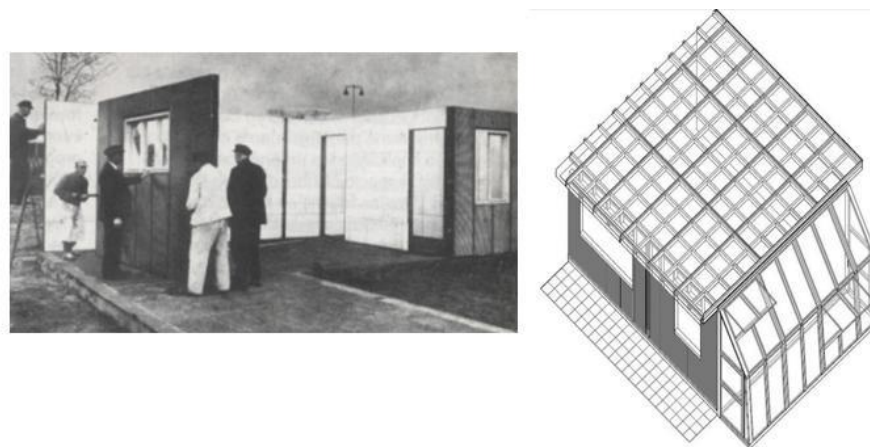


Figura 55. propuesta de vivienda de cobre del arquitecto Gropius 1931 Fuente. <https://proyectos4etsa.wordpress.com/2012/07/06/casa-exposicion-de-berlin-1931>

27. "That evening on December 7, 1941 –dice W- returning home, I told Gropius for the first time that I had developed during the time in the internment camp in France a universal system of industrialized building components, of course in the metric system ... we talk after dinner until late in the night about it [...]" En *The Dream of the Factory-Made House*, pp. 247-248

28. Manzillar, Ramiro. *Casa Exposición de Berlín, 1931*. Walter Gropius., 2012. Artículo de la Universidad de ETSA Sevilla, Basado en El libro Walter Gropius: Paolo Berdini/ Barcelona Gustavo Gili, 1994. Páginas 128-129

El sistema se compone de una estructura de madera, en la que las partes prefabricadas se fijan in situ, aisladas por medio de láminas de aluminio. El revestimiento exterior es de cobre, mientras que el interno es con planchas de amianto- cemento.

El Arquitecto Jean Prouvé propone una construcción en seco, a base de uniones acopladas, tornillos y pasadores observándose una puesta en obra pensada hasta el último detalle, con objeto de optimizar las posibilidades del material, la economía de medios y la simplicidad.

Cabe destacar, como aporte significativo a los sistemas ligeros y de rápido montaje en la construcción de viviendas, La Maison Tropicale de Prouvé (1949-1951), las cuales nacen de la idea de ser elaboradas en metal en su totalidad y con unas consideraciones técnicas para ser llevadas y ensambladas en el trópico norte de África.



Figura 56. La Maison Tropicale del arquitecto Prouvé (1949-1951). Fuente. <http://future-house-genealogy.blogspot.com.es/p/maison-tropicale.html>

En relación a la escala residencial, Prouvé también evidencia el sentido de ligereza y prefabricación en la 'Maison a Portiques' (1939-47), diseñando espacios desmontables, tomando en cuenta el peso de los elementos y la posibilidad de fácil transporte y ensamblaje, ideas surgidas de la necesidad de crear alojamientos provisionales tras la liberación de Francia durante la segunda guerra mundial²⁹.

También destacan las cubiertas de la 'Maison Coques' (1950-52), casas tipo cascara, formado por capas a partir de elementos curvos 'u hojas', que se apoyan en las fachadas y los muros interiores.

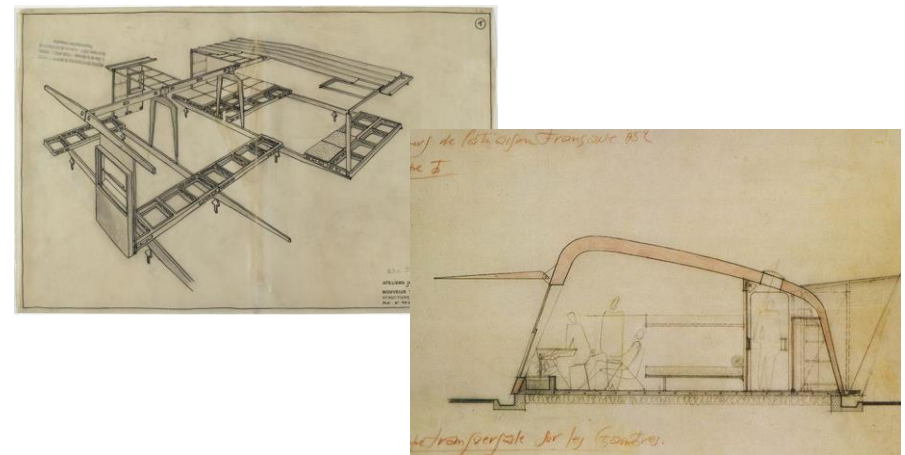


Figura 57-58. La 'Maison a Portiques' (1939-47) y la Maison Coques' (1950-52) del arquitecto Prouvé. Fuente. <http://future-house-genealogy.blogspot.com.es/p/maison-tropicale.html>

29. Yona Friedman. 'Yona Friedman, drawing and models = dessins et maquettes, 1945-2010'. Dijon. Les Presses du Réel; Paris: K. Mennour, cop. 2010.

Por otra parte, tras la Segunda Guerra Mundial y sus efectos evidenciados en el déficit habitacional en países nórdicos, pone de manifiesto el desarrollo de la prefabricación de la vivienda, y gracias al avanzado desarrollo tecnológico de los países que conforman la zona, los abundantes recursos madereros y su reconocida calidad en el diseño, fueron las bases para generar interés en la reconstrucción del lugar, haciendo uso de tecnologías industrializadas, la cual ofrecía soluciones rápidas, económicas y de bajo presupuesto.

Uno de los casos más representativos es el del arquitecto danés Jørn Utzon, quien patenta el sistema de construcción modular denominado Expansiva en 1969, cuya característica estructural consistía en la conformación de módulos de proporciones variables compuestos por vigas y pilares en madera y forjado en paneles de contrachapado, haciendo una vez más la notable intención de una concepción ligera en la arquitectura residencial en uno de sus proyectos de vivienda en Hellebaek (1969).

“puede conseguirse una utilización sistemática de elementos constructivos producidos en serie si éstos pueden ser añadidos a los edificios sin tener que cortarlos a medida o adaptarlos de algún modo.”

Jørn Utzon, 1970

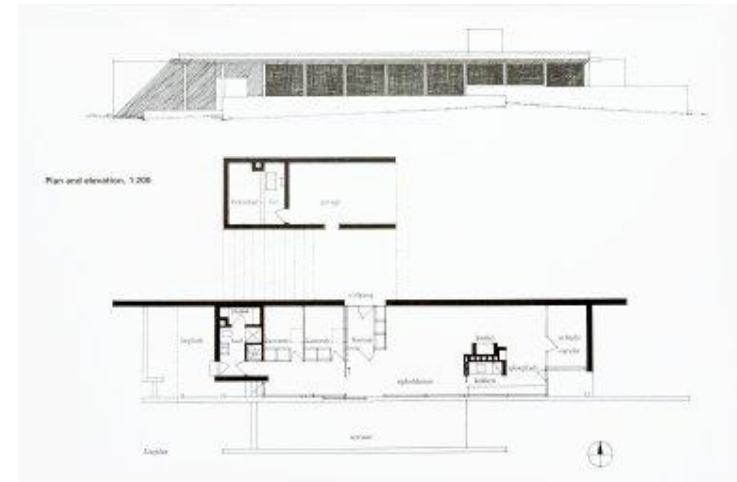


Figura 59. Casa Hellebaek (1969), del arquitecto Jørn Utzon. Fuente: <http://images.lib.ncsu.edu/luna/servlet>

4.3.2 Últimas tendencias y materiales en sistemas ligeros y de rápido montaje.

Dentro de las últimas tendencias en los sistemas ligeros y de rápido montajes podemos encontrar diversas modalidades atendiendo a la conjugación de los materiales que convergen en ellos. Un sistema muy utilizado actualmente y variante del Ballon Frame, es el formado por un entramado de perfiles o Steel Framing (SF), como se le conoce a nivel mundial, es un sistema constructivo de concepción racional, cuya principal característica es una estructura constituida por perfiles formados en frío de acero galvanizado que son utilizados para la composición de paneles estructurales y no

estructurales, vigas secundarias, vigas de piso, cabios del techo y otros componentes³⁰.

Por ser un sistema industrializado, posibilita una construcción en seco de gran rapidez de ejecución y potencializa el acero como material principal. Gracias a estas características, el sistema Steel Framing también es conocido como Sistema autoportante de Construcción en Seco.

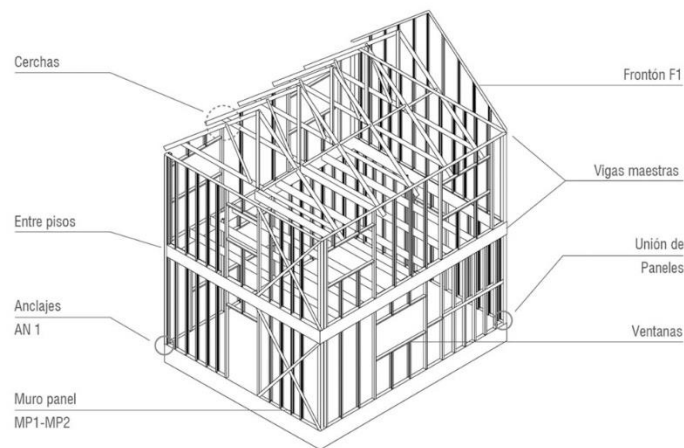


Figura 60. Sistema Steel Framing. Fuente: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero>

30. (SARMANHO FREITAS, ARLENE; MORAES DE CRASTO, RENATA; (2007). STEEL FRAMING: ARQUITECTURA (Editado por: Asociación Latinoamericana del Acero, Alacero). Las Condes, Santiago, Chile. https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/steel_framing_arquitectura.pdf

31. (Barreto Del Castillo Wilson Edgard, Ingeniero Civil; (2014). MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE MADERA (Editado por Barreto Del Castillo Wilson Edgard, Primera Edición). Av. De La Poesía 351 Lima 41, Perú. https://guzlop-editoras.com/web_des/ing01/civil/pld2889.pdf)

Así, el sistema SF no sólo está restringido a su estructura, pues como un sistema destinado a la construcción de edificios, abarca varios componentes y "subsistemas". Estos subsistemas además de incluir el estructural, incluye la aislación termo-acústica, aislamiento térmico, de cierres interno y externos y de instalaciones eléctricas e hidráulicas (ConsulSteel, 2002).

Las casas de entramado ligero tienen sus orígenes en el siglo XIX. Esta técnica es el fruto de la necesidad de construir rápidamente nuevas viviendas, mediante disponibilidad de materiales de construcción normalizados.

La estructura está compuesta por tres componentes diferenciados, cada cual con su función particular: entramado, cerramiento y revestimiento exterior e interior. El entramado es la estructura principal de este tipo de sistemas. Para conseguir rigidez en la estructura se hizo preciso añadir un segundo elemento, el cerramiento cuyo resultado es una estructura ligera pero muy resistente.

El sistema entramado hace posible la construcción de edificios de múltiples plantas, gran diversidad en los acabados y no se limita dentro de la flexibilidad del diseño arquitectónico. Actualmente el 70-80% de todas las viviendas que se construyen en países como Finlandia, Suecia, Australia, Canadá y Estados Unidos, son de este sistema constructivo³¹.

En el entramado ligero se aprovechan las propiedades de la madera de manera óptima, lo cual hace posible incluir aislamientos termo-acústicos y barreras de vapor en el interior de los muros. Las estructuras entramadas de madera también pueden ser pesadas, en donde las columnas, vigas y los arriostres son las que soportan las cargas de la edificación, también llamado sistema poste-viga, es un sistema versátil que nos permite cubrir espacios amplios. También dentro de las tendencias ligeras, con el paso del tiempo se han añadido materiales nuevos, productos estandarizados, cerramientos, métodos más sofisticados de construcción como el sistema del panel sándwich; pero los principios básicos siguen siendo los mismos.

Existe una inmensa variedad dentro de la fabricación de los paneles sándwich, pero uno de los más usados, es el compuesto por dos chapas de acero perfilado y pre-lacado que otorgan una resistencia mecánica al conjunto y un núcleo de poliuretano o de polisocianurato que cumple las funciones de aislante térmico y acústico. Su sistema de montaje es machihembrado uno con otro y luego fijados a la estructura, en donde los paneles de cubierta, suelen ser de tres greclas.

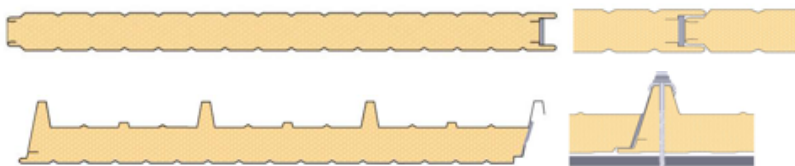


Figura 60. Ejemplo de paneles sándwich de pared y cubierta con chapas de acero y alma de poliuretano. Fuente: <https://www.panelsandwich.com>

Por otra parte, es probable que en la segunda mitad del siglo XX y el siglo XXI sean conocidos como la época de los productos sintéticos, es decir, de los plásticos, las fibras artificiales, los cauchos sintéticos, los materiales compuestos y los adhesivos sintéticos. Desde hace aproximadamente 100 años se ha ido creando una industria masiva que simboliza al siglo XX del mismo modo que el hierro y el acero caracterizaron al siglo XIX.

En la industria de la construcción, la fibra de vidrio (o la fibra de carbono o aramida o la combinación de ambas para obtener una fibra híbrida) y el polímero de poliéster (o epoxi) se utilizan para formar un material compuesto fibroso; si las fibras de vidrio y la resina de poliéster se unen para formar un material compuesto, el resultado recibe el nombre de (plástico) poliéster reforzado con vidrio, PRFV, o 44 más usualmente, polímero reforzado con fibra (PRF). (Los nuevos materiales en la construcción 2002).

Estos nuevos materiales han abierto un abanico de posibilidades actuales, que a grandes rasgos arrojan proyectos de pabellones, hospitales, edificios comerciales y obras de mayor envergadura. En el ámbito residencial doméstico, se ven implementados en revestimientos, cubiertas, pisos, y fachadas, entre otros. Conjugando así, la tendencia actual en interiorismo y la importancia que se le da a la decoración, que pone en valor el uso de las estructuras metálicas en combinación a los plásticos, poliuretano, aluminio, etc.; por motivos técnicos, pero también estéticos.

En fin, en la actualidad, estamos contribuyendo al desarrollo acelerado de nuevas tecnologías aplicadas a la creación de materiales. Sin embargo, el énfasis con el que cada país impulsa estas innovaciones es aún desigual. La Unión Europea, Japón, Estados Unidos y algunos países latinoamericanos como Chile están a la vanguardia de este tipo de tendencias, abogando por la rápida implementación de nuevas técnicas y materiales más eficientes y ecológicos, centrados en el reciclaje, con el objetivo de limitar la dependencia del cemento, reducir costes y elaborar productos más resistentes que sean capaces de hacer frente a las duras condiciones climáticas de cualquier país.

CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA: NUEVOS MATERIALES EN REPÚBLICA DOMINICANA

'Tenemos lo suficiente para construir con técnicas avanzadas, si sabemos de ellas. [...] la aviación y la conquista espacial nos han señalado rumbos, mismos que nosotros queremos ignorar [...] queremos seguir sosteniendo la artesanía en vez de meternos en el mundo de la industria de la construcción [...] no hemos querido emplear ni los materiales, ni los procedimientos de las nuevas técnicas'

FERNANDO BARBARÁ ZETINA, FEBRERO DE 1972.

En este capítulo se plantea la necesidad de conocer las tecnologías constructivas y materiales de vanguardia en el entorno caribeño, directamente relacionado al estado actual de la construcción, que con el paso del tiempo ha ido integrando los fenómenos de la arquitectura vernácula, los análisis de las obras monumentales modernas e insertando la obra de arquitectura en una lectura urbanística.

Se puede decir, que el auge actual en la construcción vino desde el año 2000 hasta la fecha, donde se ha visto el incremento de la demanda de residencias tanto económicas como lujosas.

4.4.1 El sector actual de la construcción en República Dominicana y su marco normativo regulador.

El sector construcción es una de las industrias más dinámicas en la República Dominicana, se encuentra en constante movimiento y múltiples proyectos de construcción para el desarrollo de infraestructura de nación. La evolución del sector construcción, se evidencia en los cambios de la arquitectura hacia nuevos materiales y sistemas, por esta razón, dicho dinamismo se ha llegado a utilizar como un indicador del desarrollo de la economía dominicana.

La construcción dominicana tiene el respaldo del estado, el cual ha fomentado la creación de instituciones reguladoras como son el *Banco Nacional de la Vivienda* (BNV) y el *Instituto de la Vivienda* (INVI), ambos enfocados en satisfacer las demandas habitacionales de los sectores

de clase media. Además, el descenso en la tasa de interés hipotecario promovido por el *Banco Central de República Dominicana*, sido la clave para el auge que ha tenido la industria de construcción en la República Dominicana.

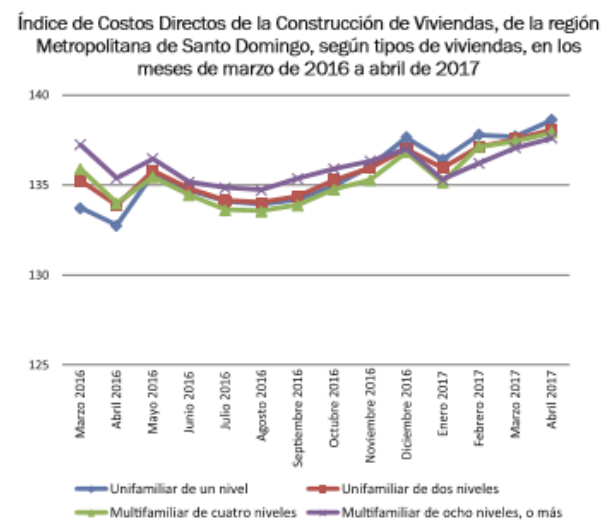


Figura 61. Índice de costos en la Vivienda. Fuente: ONE, Oficina Nacional de estadísticas.

Las nuevas cuentas muestran que dentro de las actividades productoras de bienes la Construcción aumentó su participación de 4.7% en 1991 a 10.4% del PIB en 2007 ³². La construcción en Santo Domingo se enfoca principalmente en satisfacer la demanda habitacional de 2 sectores específicos: Urbano y Turístico.

³². Cuentas Nacionales de la República Dominicana, Elaborado: Departamento de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas, Año de Referencia 2007, Banco Central de la República Dominicana.

En el sector urbano la demanda de origen es nacional y se basa en el siglo XXI en la construcción de torres de apartamentos de lujo, particularmente en el Polígono Central.

Variación porcentual mensual del Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas, de la región Metropolitana de Santo Domingo, según tipos de viviendas, en el mes de abril de 2016 y 2017

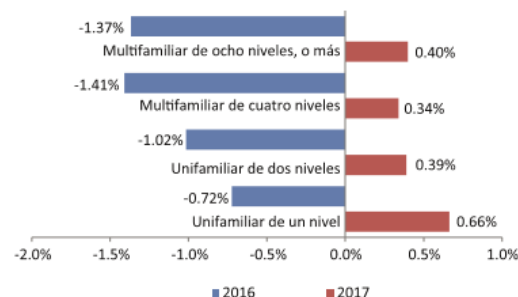


Figura 62. Variación Mensual porcentual del Índice de la vivienda. Fuente: ONE, Oficina Nacional de estadísticas

En relación a la demanda habitacional de la primera vivienda, podemos hacer una clasificación social entre alta, media alta y media baja-baja. En donde la clase alta concentra su demanda en viviendas de alto lujo que supone el 6% de la población, que por el poder adquisitivo no necesita ningún método de financiación. La clase media alta por su parte, demanda viviendas en los núcleos urbanos, a coste promedio, con posibilidad de financiación y la Clase media-baja y baja se ve afectado por un déficit de más de un millón de viviendas, en donde instituciones como el BNV y el INVI proyectan complejos de edificaciones sociales. En cuestión de producción económica, el sector construcción se acerca a US\$2,650 millones, desempeñándose con elevada actividad entre 2003 y el 2008, en donde creció más del 69%³³.

Porcentualmente la demanda de construcción en la capital del país Santo Domingo, está dividida en el 65% total de la inversión en proyectos de apartamentos y/o torres, seguido por construcción de viviendas residenciales de 1 a 2 niveles 10% respectivamente. El 15% restante está compuesto por proyectos ejecutados por el Estado dominicano.

En un informe dado a conocer recientemente bajo la autoría de José Luis Rivas, Director Asociado del Grupo de Corporativos de Fitch para América Latina, "Sector Construcción en la Republica dominicana, Retos y Oportunidades", plantea que la Inversión y las Políticas Públicas Dinamizarán el Sector Construcción en la República Dominicana. Al mismo tiempo, expresa que durante los últimos dos años la inversión privada ha sido el motor del crecimiento de la construcción.

"El incremento sostenido del flujo de turistas y los niveles de ocupación, cercanos a 80%, han impulsado el desarrollo de proyectos hoteleros y los incentivos otorgados por el Gobierno han dado un impulso adicional al desarrollo de proyectos residenciales³⁴".

33. LALPE Constructora, 28 octubre, 2016, El sector construcción en la República Dominicana, obtenido de: <http://lalpeconstructora.com/sector-construccion-rd/>

34. Economista Dominicano (16 marzo 2010) La industria de la construcción en la República Dominicana, de <http://economistadominicano.wordpress.com/2010/03/16/industriaconstruccion-de-la-republica-dominicana>

Para Fitch, el desempeño del sector ha empujado al de materiales de construcción, que también tuvo tasas de crecimiento elevadas. En este caso en concreto, con referencia a materiales tradicionales “De acuerdo con cifras del Banco Central de la República Dominicana, durante los primeros nueve meses de 2015, los volúmenes de venta de varillas de acero, cemento y pintura crecieron 16.7%, 11.2% y 6.9% respecto al mismo período en 2014”, refiere el informe. Según la siguiente grafica de la ONE, Oficina Nacional de estadísticas, los materiales ocuparon el segundo lugar en costos en las viviendas.

Variación porcentual mensual del Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas, en la región Metropolitana de Santo Domingo, según grupos de costos, en el mes de abril de 2017

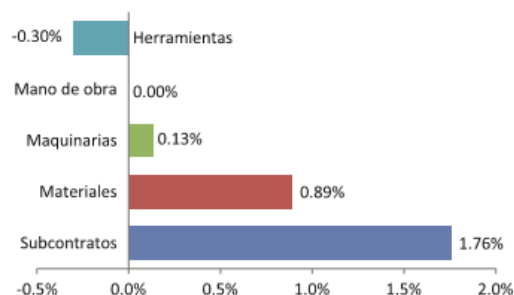


Figura 63. Índice de costos, según grupos. Fuente: ONE, Oficina Nacional de estadísticas

La construcción en República dominicana se caracteriza por el uso mayoritario de muros de mampostería reforzada (de boques de hormigón), muy usuales en viviendas residenciales de todas las clases sociales, mientras que, para edificaciones altas, las estructuras se constituyen mediante pórticos de hormigón armado, con

muros de mampostería no estructural y forjados compuestos por sistemas de losas aligeradas.

Con la modernización de las ciudades y el crecimiento de la población en las últimas décadas, la capital ha experimentado también un notorio crecimiento vertical, con la construcción de numerosas edificaciones de gran altura, sin embargo, para la adaptación al clima y al contexto caribeño, las residencias de 1 y 2 niveles no han perdido su apogeo destinadas al consumidor local o ciudadano, manteniendo sectores meramente residenciales. En relación a las normativas asociadas al sector construcción existe el organismo regulador del Ministerio de Obras Públicas y Comunicación (MOPC), en donde se obtienen los controles que se deben realizar en las obras de edificación durante la fase de entrega con su debida inspección de parte del departamento encargado en esta institución.

En el MOPC³⁵, las Normativas Reguladoras en Santo Domingo van desde el R-001 al R-033, considerando para este trabajo:

R-009 Recomendaciones Generales de Construcción.

R-016 Recomendaciones para viviendas Urbanas.

R-027- Reglamento de Mampostería/ Decreto 280-07

R-028- Reglamento de Acero.

R-033 Reglamento para proyección con hormigón. Decreto 280- 07

35. Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones (MOPC) (1982), Reglamentos de Especificaciones generales para la construcción de edificaciones

4.4.2 Nuevos materiales emergentes en Sistemas constructivos actuales

Durante las últimas décadas la industria de la construcción ha ido progresando inexorablemente hacia la estandarización de los diferentes subsistemas constructivos (estructuras, cerramientos, particiones) ³⁶. Sin embargo, además de la estandarización de los subsistemas por separado, hace falta una concepción integral del diseño y la construcción.

Una de las alternativas a tomar en cuenta para contrarrestar el creciente déficit habitacional en los países en vías de desarrollo como lo es el Santo Domingo, puede dirigirse a través del uso racional y sistemático de los materiales locales (madera, paneles aluminio, metales, caña, etc.), intentando mejorar los sistemas tradicionales para llegar, de forma contemporánea, a soluciones técnicas que se integren en proyectos de desarrollo sostenido que minimicen el impacto medioambiental actual.

En Santo Domingo se evidencia “la búsqueda del confort humano y de la economía de energía (tanto en el plano de generación, como de utilización), y la necesidad de industrializar la construcción, para evaluar los costos y minimizar los siniestros, que son aspectos que favorecen el desarrollo de los nuevos materiales en el sector³⁷”.

Los edificios tienen un impacto en su entorno a diferentes escalas desde la región a la ciudad, al sector y al barrio.

Este impacto en las residencias habitacionales se deriva de los elementos y los sistemas que la constituyen, de los materiales utilizados que se manifiestan de distintas formas a lo largo del ciclo de vida del edificio.

La selección de materiales se hace primordial al momento de proyectar una vivienda, porque todo proyecto trae consigo consecuencias inevitables: el impacto de la extracción, procesamiento y fabricación de materiales, la energía necesaria para llevar a cabo estos procesos, las emisiones asociadas al uso de ciertos productos, así como su mantenimiento, demolición, reciclaje y vertido final.

Con el déficit habitacional de más de un millón de viviendas residenciales en Santo Domingo, cabe destacar, el cambio de mentalidad de la población de clase media sobre el uso del hormigón hacia materiales más modernos, en busca de la ligereza y rapidez en las obras residenciales e intentando estar acorde con el actual pensamiento sostenible.

36. ALEIDA PEREA YUBELY, 2012. Sistemas Constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional, universidad de Medellín

37 1. Pérez Marín, Andrés 2005. Aplicación de nuevos materiales a soluciones de vivienda en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

La empresa KOSFS International siguiendo esta línea, fue fundada en el año 2001, en República dominicana, en la Romana, por iniciativa empresarial del Ing. Woo Shin, empresario coreano, con una amplia visión de los alcances que podría tener la construcción de casas prefabricadas hacia una población de clase media, a raíz de las devastaciones ocasionadas por el Huracán George en el país.

Lanza un modelo de panel tipo sándwich para cerramientos de muro y cerramientos de techos que posteriormente implementaremos en las propuestas de mejora en el modelo de vivienda seleccionado, para el análisis de ciclo de vida. , caracterizados por su ligereza, por sus bajas densidades de 12KG/M3 -15KG/M3 (dependiendo el requerimiento del cliente), que aportan enormes ventajas desde el punto de vista de la economía y facilidad de transporte/ rapidez de montaje, sin olvidar la disminución significativa de cargas muertas.

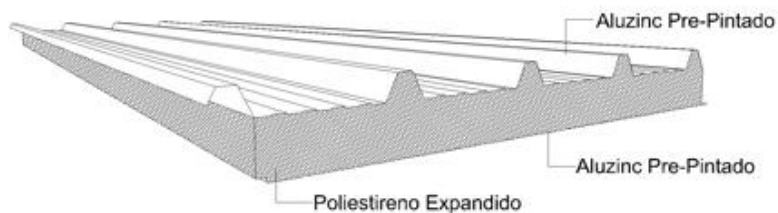


Figura 64. vista Panel Sándwich. Fotos extraídas de: KOSFS

38. MIRAVETE, Antonio. Los nuevos materiales en la construcción. 1er ed. Zaragoza. Editado por: A. Miravete, 1994.

Estos paneles tipo sándwich está compuesto de un núcleo central de un material de poliestireno expandido con espesor apreciable y variable, con revestimientos relativamente delgados de láminas de Aluzinc Galvanizado Pre-pintado C-26 (0.55mm) compuesto. Unidas al núcleo por ambos lados mediante un adhesivo estructural, sus dimensiones son de 1.00 m de ancho x la longitud que el cliente requiera. En la estructura tipo sándwich, las láminas superficiales son comparables a los bordes de una viga doble "T", con las caras del revestimiento soportando las cargas axiales de tracción y compresión³⁸.

El núcleo de espuma rígida central, juega el papel de malla, distribuyendo las fuerzas de corte y de compresión, dando por resultado una superficie de resistencia uniforme sin puntos débiles o concentraciones de sobrecargas. Las ventajas del núcleo central del panel están determinadas por su relación resistencia/peso y sus propiedades dinámicas, térmicas y acústicas.

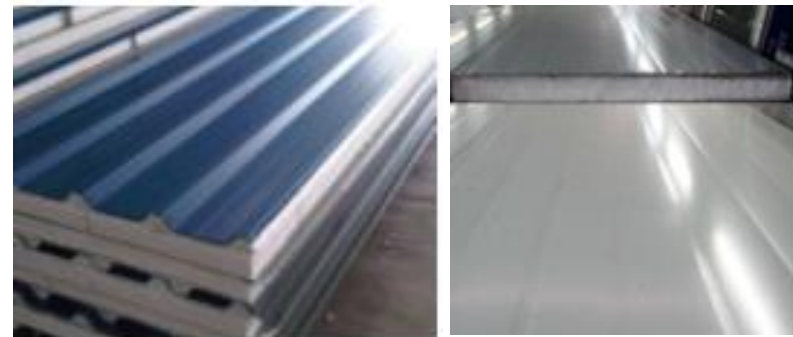


Figura 65. vista Panel Sándwich de techo y pared. Fotos extraídas de: KOSFS

Otros beneficios, de estos paneles sándwich son, el ahorro de material en estructura de soporte, por su bajo peso y alta resistencia proporcionada por su geometría trapezoidal reforzada, manteniendo una buena hermeticidad en los solapes por su diseño del corta gotas, bajo mantenimiento y alta luminosidad interior y baja transferencia de calor.³⁹ Su sistema constructivo de unión es machi-hembrado, encajando un panel en otro. Este panel suele montarse sobre perfilaría en forma de U atornillándolos sobre estos para fijarlos a la posición final e integrando también un perfilado de apoyo para conferirle más resistencia al viento.



Figura 66. Vista del montaje de los Paneles Sándwich en el sistema constructivo. Fotos extraídas de: KOSF

La unión de los paneles de pared a los de techo se lleva a cabo mediante tornillos autorroscantes de techo de 5mm x 150 mm. A medida que se van ensamblando estos paneles se tiene que colocar la perfilaría protectora (Cubre faltas y Tapa de Techo–Orilla), aplicando silicón en todas las juntas de los paneles.

39. KOSfs International & better building solutions. Manual básico de instalación en constricciones en paneles sándwich. La Romana, Republica dominicana.

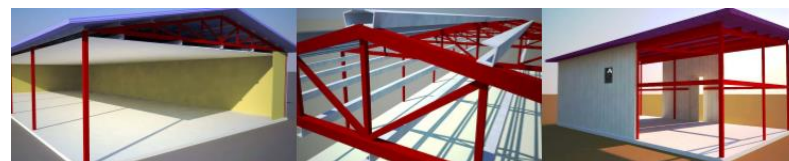


Figura 67. Sistema constructivo de montaje de Paneles Sándwich. Fotos extraídas de: KOSF

Posteriormente, tras el sistema estructural presentado anteriormente, mostramos ejemplos de viviendas residenciales en República dominicana correctamente integradas con un sistema ligero que se antepone en el siglo XXI a los sistemas tradicionales pesados, en donde la elección apropiada del material es un factor muy determinante en el campo de las estructura, pues la estabilidad de una obra se mejora por una acertada selección de los materiales a emplear y de la estructura más favorable a los mismos.



Figura 68. Residencias familiares en la Romana, RD, con Los paneles Sándwich de KOSFS. Fotos extraídas de: KOSFS internacional/ Manual Básico

También en el país tras la cultura de construcción arquitectónica con materiales como varilla de acero, Block de hormigón y mortero, aparecen materiales emergentes dentro del sector construcción como subsistemas de viviendas ligeras y de rápido montaje para revestimientos, ventanas y puertas, tabiquería, fachadas ventiladas, etc. Como son el: PVC, Madera balsa, paneles cartón yeso, recubrimientos cerámicos y ACM (alucobond), como panel compuesto por dos láminas de aluminio y un núcleo central de polietileno. Es ligero, rígido, resistente a la corrosión y buen amortiguador de las vibraciones. Utilizado frecuentemente en fachadas para evitar la transmisión de calor al interior.

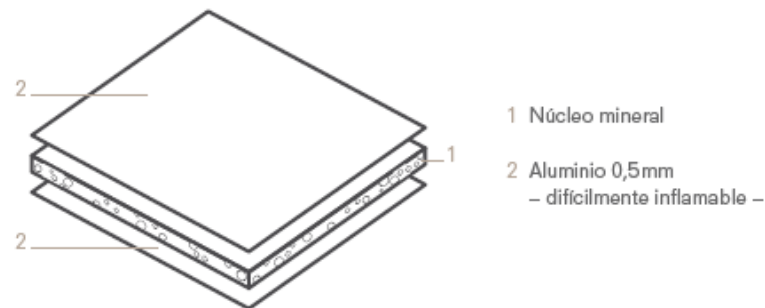


Figura 69. Composición del ALUCOBOND y utilización en revestimiento de Fachada. Foto extraída de: Plasticoscomerciales.com

Existe también el material Danpalón, como sistema de techado de Láminas de policarbonato celular. Comercializable en paneles de 60 cms de ancho y 11.98 Metros de largos, en espesores de 8, 10, 12 y 16 Milímetros. Mantiene peso ligero y excelente aislamiento térmico.



Figura 70. Láminas de cerramiento de danpalón / láminas de cerramiento acanaladas y madera sintética en distintos espacios de residencias en Santo Domingo. Fotos extraídas de: plasticoscomerciales.com

Es por esto que, tras un acercamiento a materiales ligeros emergentes en el país, no se puede ocultar la importancia de proyectar construcciones Sostenibles al momento de idear un modelo arquitectónico. Por ello, este capítulo responde a la importancia de conocer las tecnologías locales que nos pueden ayudar a minimizar los costes, e impactos medioambientales de una edificación, respetando los aspectos funcionales del proyecto y conservando todo el peso simbólico y representativo de los elementos tradicionales de la arquitectura dominicana, lo cual, proyectados con distintos materiales enfocados a los cerramientos y cubiertas, repercute en su ciclo de vida.

4.5. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMO HERRAMIENTA INSTRUMENTAL DE EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL A PARTIR DE MODELOS BIM.

4.5.1 Análisis de ciclo de vida y la normativa, aplicado a la arquitectura

En el “Ensayo sobre los principios de la población” de Thomas Malthus, obra de 1798 que muchos consideran la primera obra ecologista. El ser humano es consciente, quizás por primera vez, de que la actividad que desarrolla para satisfacer sus propias necesidades puede tener consecuencias negativas para las generaciones futuras⁴⁰. La creciente producción de bienes y servicios, así como el ritmo acelerado de las actividades humanas ponen en evidencia el alto consumo y desplazamiento de los recursos naturales que tienen como consecuencia el impacto medio ambiental en las últimas décadas.

Tal es el caso del importante crecimiento de las grandes urbes del mundo, en donde la presencia del edificio representa un agente productor de importantes cambios medioambientales a lo largo de todas las etapas de su vida útil.

40. García Martínez, A., Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de Edificios. Propuesta Metodológica para la Elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía.



Figura 71. Ciclo de vida de un producto. Fuente: Manual explicativo del Análisis de Ciclo de Vida aplicado al Sector de la Edificación. Proyecto EnerBuiLCA.

Desde que comienza su ciclo de vida con la extracción de materia prima y transportación, el uso de energía para la conformación de los materiales constructivos y la movilidad de estos desde la industria hasta el campo de la construcción, así como la transformación de los suelos en los movimientos de tierra, el consumo de recursos de energía y agua, que satisfacen la demanda en el uso del edificio y su mantenimiento, hasta finalmente, su demolición como disposición final de su vida útil.

Al conocer el alto impacto energético y ambiental que representan los edificios en su fase de uso, se hace necesario analizar cada una de las fases de su ciclo de vida, con el fin de promover mejoras ambientales dentro del proceso, para presentes y futuras generaciones en el

campo de la arquitectura y la construcción, en el cual, nos concierne indagar y conocer las herramientas y/o normativas actuales que forjan los métodos efectivos para la reducción del impacto ambiental en las etapas del uso de los edificios.

Según la Comisión Europea [COM (2003) 302; COM (2005) 666; COM (2005) 670; y COM (2008) 397], la metodología de ACV representa la mejor herramienta disponible para evaluar los impactos ambientales proveniente de cualquier actividad, producto o servicio sin límite alguno⁴¹.

Este concepto queda formalmente definido por la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)- 1993 como un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales relacionadas a un producto, proceso o actividad, en la que se identifican y cuantifican el uso de materia y energía, con el fin de determinar las cargas de impacto medio ambiental relacionadas para evaluar y ejecutar prácticas estratégicas de mejoramiento medioambiental.⁴²

41. Zabalza Bribián, Ignacio. *Ecodiseño en la Edificación* / Ignacio Zabalza y Alfonso Aranda Usón. Zaragoza: prensas Universitarias de Zaragoza, 2011. (Textos docentes: Eficiencia Energética)

42. Proyecto EnerBuiLCA. *Manual Explicativo del análisis de ciclo de vida aplicado al sector de la edificación*. Noviembre 2012. Programa de Cooperación Territorial SUDOE Interreg IV B

46. La SETAC. "Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment" primeras normas del ACV en los códigos ISO 14040-14044 publicadas entre 1997 y 1998.

44. Antón Vallejo, M. A., *Utilización del Análisis de Ciclo de Vida en la Evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero Mediterráneo*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona (2004).

La SETAC que para 1996 en su informe de "Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment" marca las bases para las primeras normas del ACV en los códigos ISO 14040-14044 publicadas entre 1997 y 1998⁴³.

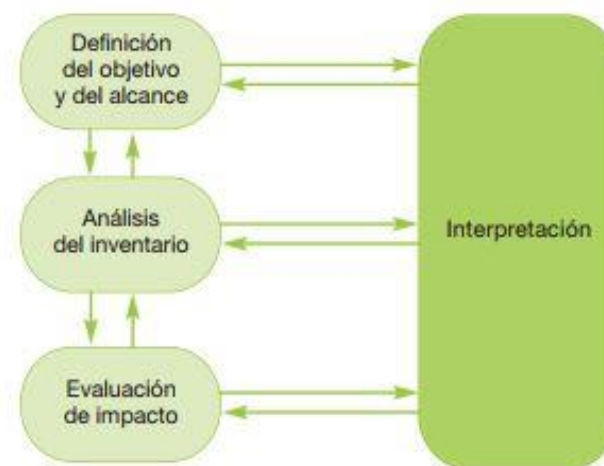


Figura 72. Metodología general de ACV. Fuente: Manual explicativo del Análisis de Ciclo de Vida aplicado al Sector de la Edificación. Proyecto EnerBuiLCA.

La metodología del ACV comprende cuatro fases fundamentales⁴⁴:

1. Definición de Objetivo y Alcance; donde se determina la finalidad del análisis, delimitándose el sistema a evaluar, para obtener los datos necesarios y precisos.
2. Análisis de inventario; cuantifica los flujos de energía y materiales de entrada y salida en el proceso durante el ciclo de vida completo.

3. Evaluación del impacto ambiental; analiza las cargas ambientales del flujo de energía y materia inventariados, para ser clasificado según su categoría.
4. Interpretación; donde los datos obtenidos son analizados en conjunto en función a los objetivos planteados con el fin de establecer conclusiones y una propuesta de solución final.

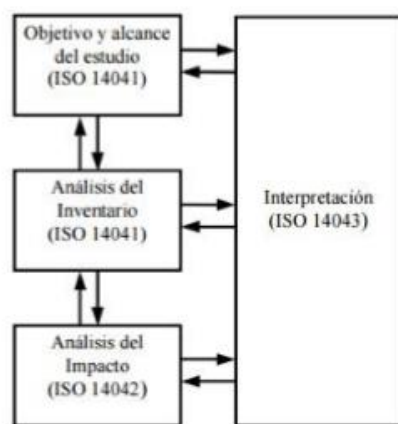


Figura 73. Fases de ACV según ISO 14040. Fuente: Antón Vallejo, M.A., Utilización del Análisis de Ciclo de Vida en la Evaluación del Impacto Ambiental del cultivo bajo invernadero Mediterráneo.

Sin embargo, en el presente estudio, las fases de Ciclo de Vida que serán tenidas en cuenta para la realización del ACV del modelo serán las siguientes:

- **Fase de producción.** Engloba los procesos de producción y fabricación de los materiales y/o elementos que intervienen en la construcción.
- **Transporte desde fábrica a obra.** Incluye los transportes desde la producción a la fabricación y

los transportes desde la fábrica hasta la ubicación de la obra.

- **Construcción/ Deconstrucción.** Incluye los procesos y/o actividades necesarias para el montaje (construcción) y desmontaje (deconstrucción) de un edificio.

- **Transporte de obra a disposición final.** Se refiere al transporte de los materiales y elementos procedentes de la fase de deconstrucción desde la obra hasta la disposición final.

- **De-producción.** Incluye los procesos a los que son sometidos los materiales y elementos procedentes de la deconstrucción.

Actualmente la metodología del ACV se encuentra regularizada bajo las normas ISO14040: 2006⁴⁵. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia e ISO 14044:2006⁴⁶ Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices. La primera alberga los aspectos generales del ACV, sus fases y método a seguir, la segunda combina y suma nuevos criterios para la ampliación los aspectos metodológicos de la norma anterior.

45. ISO 14040:2006 Gestión ambiental, Análisis del ciclo de vida, Principios y marco de referencia.

46. ISO 14044:2006 Gestión ambiental, Análisis del ciclo de vida, Requisitos y directrices.

Las fases ya mencionadas estarán siempre interrelacionadas, haciendo de la metodología del ACV de carácter dinámico, es decir que en la medida de los resultados obtenidos podemos reestructurar las hipótesis y mejorar los datos en cualquiera de las fases del sistema. [Aranda a., et al., 2006].

Desde este contexto, ACV es considerada una metodología versátil y útil para la disminución de los consumos energéticos y emisión de gases de efecto invernadero (GEI) del sector de la construcción, estableciendo las estrategias de mejoras medioambiental desde una perspectiva global [Thormark C. 2002; Yohannis Y. G; Norton B. 2002; Peuportier 2001. Hestnes A. G 2007].

En relación a las categorías de impacto, dentro del Análisis de Ciclo de Vida existen multitud de categorías de impacto. Sin embargo, en el presente trabajo, el ACV se realiza para las siguientes categorías de impacto:

- **Global Warming Potential, GWP**, (Calentamiento Global Potencial), expresadas en kg CO₂-Eq. Se evalúa la contribución al calentamiento global de los materiales y elementos de un edificio, así como, el impacto de la edificación en su totalidad durante su ciclo de vida.

- **Cumulative Energy Demand, CED**, (Energía Acumulada), expresada en MJ. Evalúa el impacto que produce el consumo de energía incorporada los procesos del ciclo de vida de un edificio.

A diferencia de otros sistemas, la aplicación del ACV en los estudios del edificio conlleva mayor complejidad, ya que intervienen factores que van desde la fabricación de productos y componentes, hasta su actuación dentro de sectores que constituyen normas más controladas, requiriendo de esta manera mayor disposición de información.

Debido a esta complejidad, se han desarrollado diversas herramientas informáticas que permiten llevar a cabo mayor control de las informaciones de manera eficiente en el estudio de ACV. A continuación, mostramos un marco de las principales aplicaciones existentes para el estudio de ACV en la edificación.

Programa	Compañía desarrolladora	Contacto	Comentarios
Ecoeffect	KTH- Kunglia Tekniska högskolan, Högskolan i Gävle (Suecia)	<www.ecoeffect.se>	Evaluación de los impactos <<externos>> (uso de energía y materiales) e <<internos>> del edificio (ambiente interior y exterior) y evaluación de costes de inversión, operación y mantenimiento.
Eco-Soft	IBO- Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (Austria)	<www.ibo.at/de/ecosoft.htm>	Cálculo de las necesidades de materiales, transporte y energía, así como emisiones al aire, vertidos al agua y suelo, residuos asociados a la vida útil de un edificio. No válido para estudios de ACCV.
Equer	Armines, IZUBA Energies (Francia)	<www.izuba.fr>	Simulación del ciclo de vida de un edificio, proporcionando diversos indicadores medioambientales del edificio. Posibilidad de entrada de datos en 2D y 3D u vinculación con la herramienta de simulación energética COMFIE.
Greencalc +	Sureac Trust (Holanda)	<www.greencalc.com>	Evaluación del coste de prevenir los daños medioambientales de la construcción y uso de un edificio y obtención de un índice medioambiental global del edificio. El análisis abarca aspectos relacionados con la energía, materiales, agua y movilidad del edificio.
Eco-Quantum	IVAM-ER (Holanda)	<www.ivam.uva.nl>	Evaluación del comportamiento medioambiental de un edificio mediante el cálculo de 4 marcadores

			medioambientales (recursos, emisiones, energía y residuos) que se agregan para obtener un indicador medioambiental global del edificio.
Legep	Legep Software GmbH (Alemania)	<www.legep.de>	Cálculo de la demanda y costes energéticos asociados a la operación del edificio así como a la construcción, mantenimiento, rehabilitación y demolición del edificio.
Becost	VTT (Finlandia)	<virtual.vtt.fi/virtual/proj6/viron/ohjelmat_e.html>	Cálculo el perfil ambiental (en forma de emisiones, consumo de energía y de materias primas) de los materiales y soluciones constructivas del edificio, así como del coste de las soluciones constructivas seleccionadas y del edificio completo en el ciclo de vida.
Envest 2.0	BRE- Building Research Establishment (Reino Unido)	<envestv2.bre.co.uk>	Evaluación de 12 categorías de impacto medioambiental y cálculo de la puntuación única del edificio considerando sus materiales constructivos, sistemas energéticos, eta., y cálculo de los costes del ciclo de vida.
Athena	Athena Sustainable Materials Institute (Canadá)	<www.athenasmi.ca>	Evaluación medioambiental comparativa de diversos diseños de edificios y los materiales y soluciones constructivas seleccionadas durante las fases de diseño preliminar del edificio.
Bees	NIST –National Institute of Standards and Technology (EE.UU.)	<www.bfrl.nist.gov/oaef/sofware/bees.html>	Comparaciones entre materiales constructivos basadas en ACV y ACCV que se combinan en una sola puntuación final.
Lte-Ogip	t.h.e Software GmbH (Alemania)	<www.thesoftware.de/ogip/einfuehrung.html>	Evaluación de los impactos medioambientales en la construcción y operación de un edificio, y cálculo de los costes y el consumo de energía en su funcionamiento a partir de la definición de sus elementos constructivos.

Figura 74. Algunas aplicaciones de ACV específicamente adaptadas para uso en edificios Fuente: Manual explicativo del Análisis de Ciclo de Vida aplicado al Sector de la Edificación. Proyecto EnerBuiLCA.

4.5.4 Integración y/o relación del ACV en un ambiente BIM

“Ecoinvent ⁴⁷” es la base de datos Suiza que se centra en aspectos energéticos, industriales y de transporte, la cual utilizaremos para el desarrollo de este trabajo, en conjunto al sistema BIM. El desarrollo sostenible es reconocido como una de las estrategias más importantes para reducir el impacto medio ambiental en el sector construcción.

Por ello, existen muchas herramientas y métodos para la implementación de la sostenibilidad. Dentro de este marco, podemos reconocer que la integración del BIM-LCA puede reducir y optimizar la aplicación del análisis de ciclo de vida. En su definición, “ BIM is based on three-dimensional (3D) digital Technology and integrates all of the information in the construction project-related information ⁴⁸”.

47. Ecoinvent es la base de datos más famosa de ACV. Contiene un inventario de datos relativos al: suministro de energía, extracción de recursos, suministros de materiales, químicos, metales, agrícolas, tratamiento de residuos y servicios de transporte, extrapolables para la realización de ACV. (www.ecoinvent.org)

48. Critical review of bim-based LCA method to buildings: Energy and Buildings. Soust-Verdaguer, Bernardette, Llatas, Carmen García-Martínez, Antonio. 2017

Con los avances en materia BIM, esta tecnología está siendo usada más y más ampliamente en el campo de la construcción. Pues, estudios demuestran, que, en la etapa del diseño, el modelo 3D puede utilizarse como una base de datos que unifique de manera dinámica todas las partes de un proyecto en un solo archivo.

Bim Software can hold graphic information as well as material properties about building elements that the building comprises. It also identified as a helpful tool that can considerably reduce the time and effort required to manage graphics and data about de building ⁴⁹.

La primera vez que apareció el concepto BIM, fue bajo el nombre de Virtual Building, en el programa ArchiCAD1 en 1982, de la empresa húngara Graphisoft. La falta de conexión existente entre las representaciones en programas CAD, ponía de manifiesto la falta de coherencia que ofrecía la representación gráfica de un mismo edificio, es decir, las líneas representadas estaban sujetas a la voluntad del proyectista y no vinculadas entre ellas⁵⁰.

49. H. Wei. Et Al. BIM- based method calculation of auxiliary materials required in housing construction. Automation in Construction (2017). <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.022>

50. Gómez Pérez, Manuel. Análisis medioambiental de sistemas constructivos y edificatorios. Desarrollo instrumental a partir de herramientas tipo BIM (2014)

51. Rojas, R., León, J.C., Building Information Modelin-BIM. Chile (2011)

Una de las particularidades del BIM, es el diseño Paramétrico, que permite que los elementos que antes tenían propiedades fijas, ahora sean caracterizados por parámetros y reglas que determinan su geometría, composición, etc⁵¹.

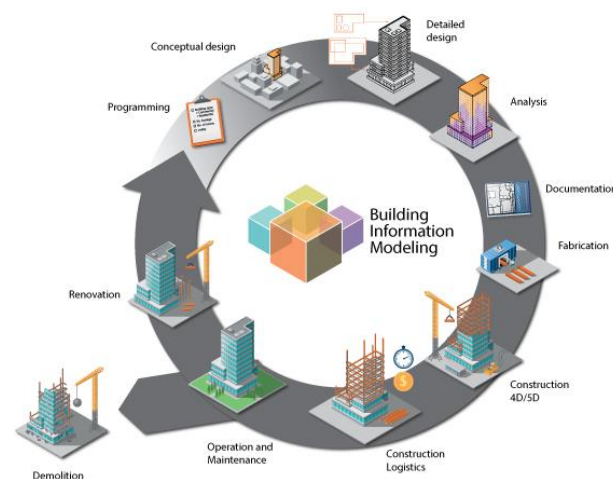


Figura 75. Ciclo del Building Information modeling *fuentes* >
<http://www.studioseed.net/blog/bim-una-forma-de-trabajar-eficiente-y-sostenible/>

Centrándonos en la relación ACV/ BIM en los últimos años, podemos afirmar que las publicaciones sobre la importancia de la sostenibilidad y los sistemas tipo BIM, ha ido en ascenso. Cabe destacar artículos como " *Critical review of bim-based LCA method to buildings: Energy and Buildings*. Soust-Verdaguer, Bernardette, Llatas, Carmen García-Martínez, Antonio. Como una de las más recientes publicaciones en el 2017, el cual proyecta una crítica directa a la metodología de LCA, con los beneficios que

proporciona el BIM y recoge el estudio de más de 25 artículos publicados del 2000 al 2007.

Otro artículo en el que se hace referencia a la relación o integración del campo BIM/LCA es '*BIM implementation throughout the UK construction Project lifecycle: An analysis*'⁵². En el cual se evalúa el potencial del BIM como una herramienta que puede minimizar los costes de un proyecto arquitectónico, debido a los resultados en su base de datos a tiempo real. Por ello la importancia de esta plataforma tecnológica para este trabajo de fin de master, se representa en la facilidad de obtener y manejar resultados precisos de una edificación, que nos permita minimizar su impacto medioambiental. Es debido mencionar el artículo '*Integration of life cycle assessment in a BIM environment*'⁵³ en el cual se especifica la importancia del BIM para hacer el sector construcción y los diseños arquitectónicos más eficientes, potencializando el pequeño margen de error de esta herramienta tecnológica, que integrada al LCA, reduce los impactos del medioambiente.

52. Eadler, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., McNiff, S., BIM implementation throughout the UK construction Project lifecycle: An analysis. Reino Unido (2013)

53. Integration of life cycle assessment in a BIM environment, Antón, Laura Álvarez Díaz, Joaquín. 2014

54. Mesa González, A. Análisis de Ciclo de Vida de soluciones arquitectónicas ligeras de rápido montaje: El sistema Florín. Universidad de Sevilla (MIATD) (2014)

55. Ruiz Alfonsea, Marta. análisis de ciclo de vida de modelos de habitación construidos en entornos de clima tropical (Colombia, s. xx-xxi).2015. universidad de Sevilla

Otras herramientas actualmente, que nos permiten valorar el impacto ambiental que produce el edificio una vez construido son "Cities for Climate Protection Software". "Leadership in Energy & Environmental Design (LEED)" el BRE Environmental Assessment Method, (BREEAM), "Ecoquantum" y "EcoPro.

Para estos dos últimos, los datos de entrada fundamentales en estos tipos de procedimientos son el emplazamiento, la forma y los elementos constructivos del edificio. Una vez concluida la entrada de datos, la aplicación facilita el resultado del cálculo y da los valores obtenidos para cada categoría de impacto estudiada. Siguiendo esta misma línea, aparece el trabajo de Alejandro Mesa González⁵⁴, en el cual se crea una herramienta de diseño paramétrico para la evaluación directa del Análisis del Ciclo de Vida de un sistema constructivo, del que se obtiene datos comparables en tiempo real. Para el 2015, a nivel nacional en España también se realiza el trabajo '*Análisis de ciclo de vida de modelos de habitación construidos en entornos de clima tropical (Colombia, s. xx-xxi)*'⁵⁵, el cual hace una integración correcta del BIM / ACV para obtener resultados comparables de viviendas residenciales con distintos sistemas constructivos y materiales en un contexto determinado, tomando en cuenta las categorías de calentamiento global y energías acumuladas.

5. DESCRIPCIÓN DEL MODELO SELECCIONADO

5.1 Casa Unifamiliar Nader

Tras la puesta en contexto arquitectónico y las tendencias actuales de sistemas constructivos con nuevos materiales, en el que se encuentra el país de República Dominicana durante el transcurso de los siglos XIX, XX y XXI, y analizado el desarrollo evolutivo de las tipologías de vivienda a lo largo de estos periodos, se ha procedido a la selección de un modelo arquitectónico, con la finalidad de aplicar la metodología de análisis del Ciclo de Vida, para determinar el impacto medioambiental que produce o ha producido a lo largo de su vida útil.

De este modo, se ha intentado seleccionar una de las viviendas representativas del desarrollo moderno en la capital del país, que mantuvo elementos tradicionales adaptados al clima con una trazabilidad de su diseño arquitectónico en el tiempo.

Dicho modelo seleccionado, es la **Vivienda Nader**, que constituye una vivienda popular del periodo de la construcción del sistema democrático del país (ver apartado 4.2.5), está ubicada en el Polígono Central de Santo Domingo, concretamente en la calle Roberto Pastoriza, entre la Federico Geraldino y la Manuel de Jesús Troncoso, en el sector de Piantini.

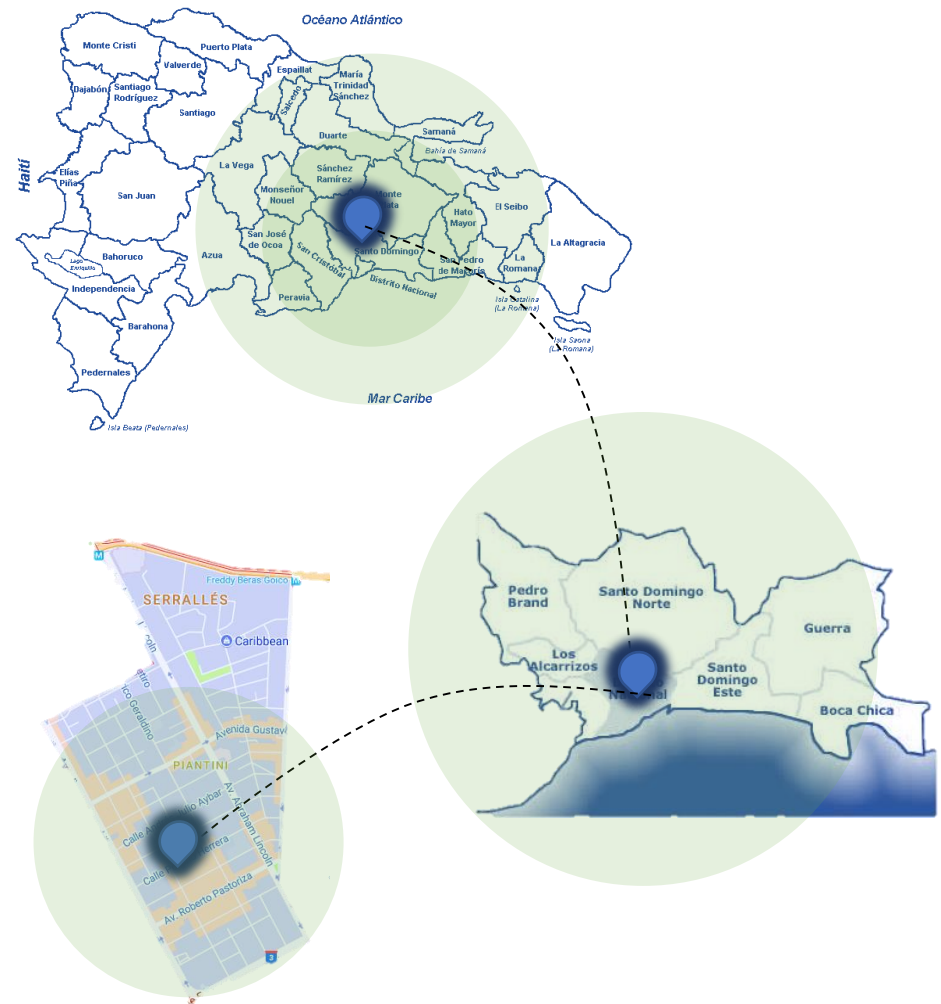


Figura 76. Señalización del República dominicana, con su respectiva Capital Santo Domingo y El sector Piantini donde se Ubica la residencia Familiar Nader. Fuente: Mapas extraídos de Google y señalización propia.

Casa familia Nader

José Manuel -Nani- Reyes 1966- 600M2

El proyecto Nader conservado desde su año de construcción en 1966, no ha sufrido considerables modificaciones en su diseño arquitectónico, solo remodelaciones hasta nuestros días, consistiendo en una vivienda unifamiliar de aproximadamente 600m2, con una distribución de planta racional y amplia para la época. organizada alrededor de un patio interior.

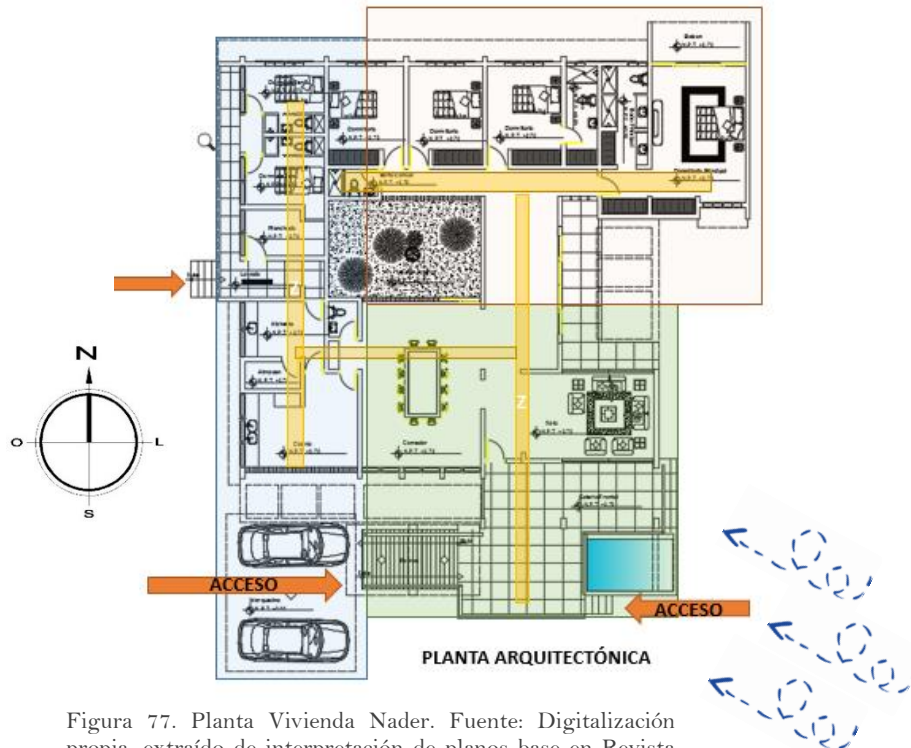


Figura 77. Planta Vivienda Nader. Fuente: Digitalización propia, extraído de interpretación de planos base en Revista AAA/ Edición 47

En la crujía oeste se localizan todas las áreas de servicio (cocina, dos habitaciones, lavadero y porche); al norte se ubican los cuatro dormitorios restantes; y al sur-este, ubicación predominante de los vientos de Santo Domingo, se encuentran las áreas sociales (sala, comedor, estar y terraza).

La orientación de la vivienda esta implementada de manera que los vientos por el sureste, mantienen correctamente ventilada las áreas sociales, donde se pasa el mayor tiempo, ya que las habitaciones al estar orientadas al norte, no reciben constante radiación solar, estando a temperaturas agradable en el paso del día.



Figura 78. Elevación Frontal de la Vivienda Nader. Fuente: Digitación propia, extraído de interpretación de planos base en Revista AAA/ Edición 47

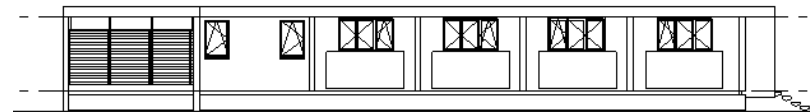


Figura 79. Fachada Posterior de la Vivienda Nader., Fuente: Digitación propia, extraído de interpretación de planos base en Revista AAA/ Edición 47



Figura.80. Fachada este de la Vivienda Nader., Fuente: Digitación propia, extraído de interpretación de planos base en Revista AAA/ Edición 47

En la fachada principal, tres cubiertas en forma de paraboloides sostenidas por una columna rectangular

central, marcan el recorrido del usuario a la entrada principal de la vivienda, desde la marquesina, y a través de la rampa de acceso, llegando a la galería frontal que es un elemento arquitectónico marcado de la tradición colonial dominicana. Los paraboloides van disminuyendo de tamaño, el mayor cubriendo la marquesina, y los menores colindando con el techo de la galería.



Figura 81/82. A la izquierda, fotografía de la Fachada actualmente de la Vivienda Nader. A la derecha fotografía de la vivienda años antes de su remodelación. Fuente: Fotos Tomadas por Ricardo Briones, extraído de Revista AAA/ Edición 47

Dentro de los materiales utilizados en la vivienda, destaca la combinación del vidrio y el mármol, que nos recuerdan a Mies van der Rohe, en su legendario Pabellón de Barcelona de 1929 y en la Casa Farnsworth de 1950. Sin embargo, la inclusión de los tres paraboloides, alternando superficies lisas y rugosas, hacen que se alejen de la estética Miesiana, pura y minimalista, en pos de un mayor expresionismo estructural.

No obstante, en el diseño arquitectónico de la vivienda Nader se manifiesta en dos aspectos.

Primero, en la manera en que se otorga un lenguaje formal moderno y abstracto a una planta de marcado carácter tradicional, cuyos espacios responden a unas necesidades y a un estilo de vida que se remonta a la época colonial, pero manteniendo una fachada con elegancia y maestría en la que se manejan los diversos detalles, otorgándole un sitio privilegiado en la arquitectura residencial dominicana de la década de los sesenta.

En segundo lugar, el arquitecto logra adaptar el lenguaje moderno a las exigencias del clima tropical. La inclusión de muros calados en diversas áreas de la vivienda (tanto exteriores como interiores), permiten su eficaz ventilación; a la vez que se convierten en elementos estéticos que contribuyen, con sus aberturas de carácter abstracto-geométrico, al juego expresivo de las superficies de cerramiento.

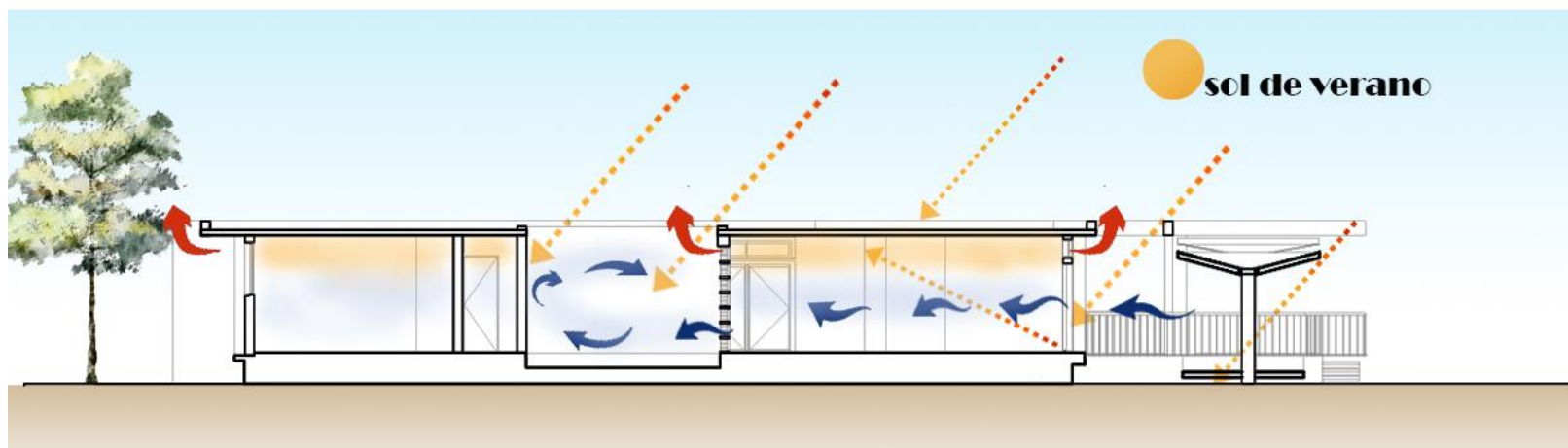


Figura 83. Corte longitudinal Residencia Nader, con esquema de diseño pasivo
Fuente: Elaboración Propia

La presencia de huecos y aberturas, principalmente en la zona social, permite una correcta ventilación cruzada entre el exterior y el patio interior, manteniendo ventilada la zona central de la vivienda prioritariamente. La ventilación cruzada de la vivienda Nader sugiere un esquema de ventanales muy espaciados entre sí sobre la misma pared.

También favorece el que las entradas de aire sean más pequeñas que las aberturas de salida hacia el jardín central. La altura de la residencia es de 2,50 mts, por lo cual, las ventanas están colocadas a una altura media promoviendo que el flujo de aire sea al nivel de los ocupantes. Estas estrategias, supondrían una ventaja para la correcta adaptación al medio climático, ya que, en un clima con alta humedad como Santo Domingo, la ventilación en las viviendas es fundamental para mantener el confort.

Otro factor favorable, gracias a la presencia de huecos calados, es la desmaterialización de la fachada frontal, que en conjunto a las grandes ventanas mantienen poca inercia térmica. Dicho ello, la residencia expresa su marcada horizontalidad en sus 4 vistas y está elevada en una plataforma o pódium con un canto de .62 mt, como una estrategia climática de retirarla del terreno y hacerla más fresca en el interior evitando que se acumule el calor en el suelo.

Así mismo, el arquitecto preserva el patio central, como pulmón y centro de la casa colonial con una abertura en la cubierta para recircular el aire de la vivienda; Mientras el muro que delimita el interior, está formado en su mayoría por bloques calados, brindando la sensación de abertura y flexibilidad de los espacios. Cabe destacar, que se mantiene la galería frontal, típico elemento de las casas construidas en la ciudad extramuros; añadiendo terrazas laterales que fortalecen el vínculo del interior con el exterior hacia el paisaje urbano.



Figura. 84. Vista de Bloques Calados, Fachada Frontal de la residencia Fuente: Ricardo Briones, Revista AAA/ Edición 47



Figura.85. Vista del alero de hormigón, la fuente de agua y el revestimiento de mármol en la vivienda Nader.

En el grupo de los sistemas pasivos de diseño, otro elemento importante que podemos mencionar, son los aleros o cubiertas con los que cuenta la vivienda Nader, con la función de ofrecer sombra, minimizando la radiación directa del sol, protegiendo todas las superficies acristaladas, y a su vez reduciendo las temperaturas interiores, convirtiéndose, como en el caso del amplio voladizo que cubre la galería frontal, en elemento expresivo y protagonista de la fachada. Que, en conjunto a la utilización de espejos de agua y paisajismo, mejoran la estética de la vivienda, pero climatizan los espacios y fortalecen el vínculo con la naturaleza, necesario y característico de la vivienda tropical.

Dicho esto, las personas que viven en una casa producen calor - dependiendo de su actividad alrededor de 100W por persona ([Bansal 1988]), y prácticamente toda la energía eléctrica consumida por los equipos domésticos se transforma en calor y aumenta la temperatura interior de una casa. La inercia térmica de un muro pesado también retrasa y modifica el flujo de energía entre el interior y el exterior de una vivienda⁵⁶. Por lo que es importante tener claro que como resultado de las ganancias solares e internas la temperatura interna promedia de una casa siempre es más alta que la temperatura exterior promedia.

56. Müller, Ernst. Manual de diseño para viviendas con climatización pasiva, Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel, Alemania, Primera edición revisada: junio 2002.

Desde un punto de vista constructivo, la vivienda cuenta con una cimentación de zapatas en losa de hormigón apoyada en el terreno, reforzada con vigas perimetrales y vigas debajo de los muros portantes. La plataforma hace la función de solera de Hormigón armado, con una capa de mortero de cemento y sobre ella, las baldosas cerámicas de piso. La vivienda está formada por un sistema de mampostería como construcción tradicional en república dominicana, conformado por muros de bloques de hormigón de un espesor de 0,20 metros, con una cubierta plana de hormigón armado, de canto 0,12 metros y su viga perimetral de soporte de cubierta.

SISTEMA DE MAMPOSTERIA.

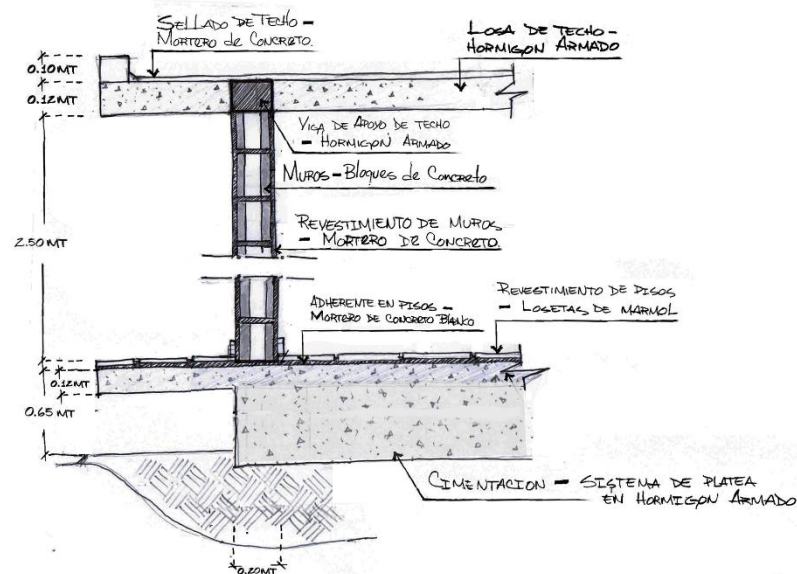


Figura.86. Detalle de sistema de Mampostería. Elaboración Propia

En términos constructivos el Vierteaguas, conocido en Santo Domingo como un estilo de antepecho, se encuentra como acabado de cubierta, con la función de expulsar las aguas de lluvia al exterior, impidiendo que la misma ingrese al interior; del mismo modo evita que el polvo depositado en las partes horizontales superiores en conjunto al agua produzca los chorreados en la fachada, degradando los materiales o la pintura exterior.

En relación a las cubiertas situadas en el acceso a la vivienda, están soportadas en columnas cuadradas 40 x 40 coronadas por 3 paraboloides de hormigón armado. A continuación, se muestran detalles de unión columna/cubierta parabólica y armado de cubiertas parabólicas.

DETALLE ARMADO DE VIGA EN TECHOS PARABOLOIDE HIPERBOLICOS.

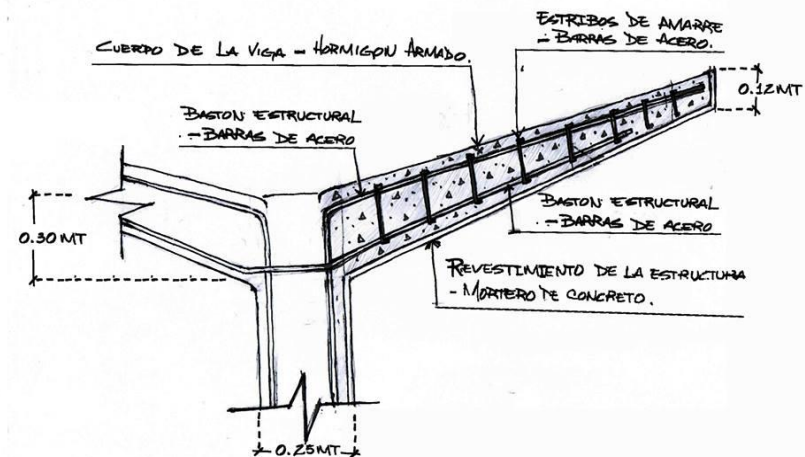


Figura.87. Detalle de armado de paraboloides. Elaboración Propia

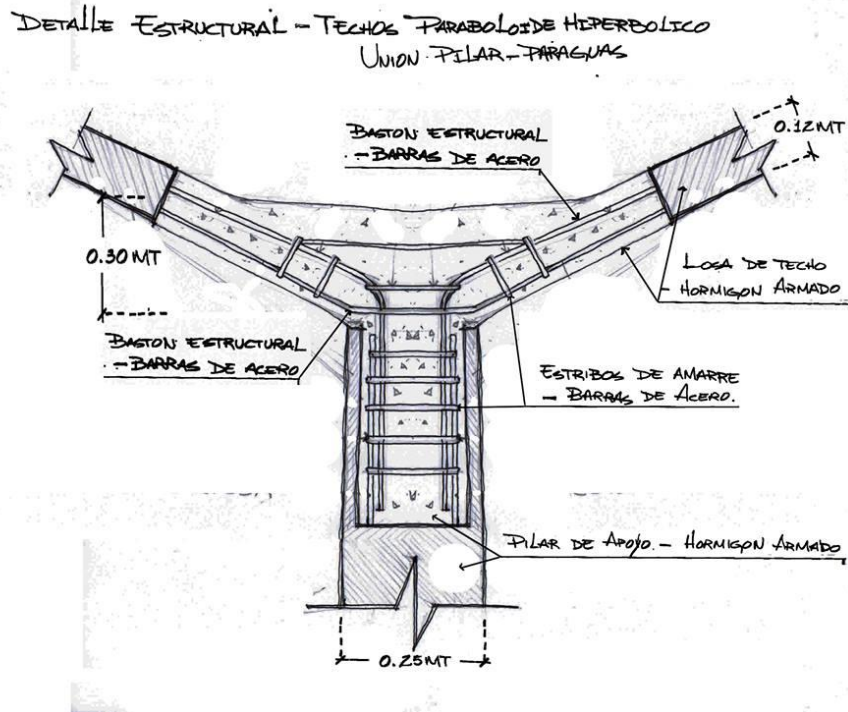


Figura.88. Detalle de Unión de Columnas de soporte al paraboloide. Elaboración Propia

Respecto a otros elementos constructivos, las escaleras de acceso, están formadas por escalones de hormigón empotrados en el muro, mientras que, en el perímetro de la galería principal, existe una barandilla metálica para seguridad y soporte anti-caídas.

La vivienda Nader está desarrollada, meramente bajo la cultura de la construcción dominicana tradicional, en donde el Hormigón armado juega el papel principal como material de construcción en su totalidad, aunque cabe mencionar, que aparecen dentro de esta residencia otros materiales en la utilización de revestimientos, como es el Mármol y el uso de material cerámico, que se implementó en la intervención de remodelación de la obra.

El mortero hace su aparición en las terminaciones de muros interiores y exteriores, pintados posteriormente, y las carpinterías de puertas son de madera Caoba y Roble, mientras las ventanas son celosías de cristal y perfiles metálicos.

Todos los materiales, antes mencionados, que componen los elementos constructivos por los que está formada la totalidad de la vivienda, serán tenidos en cuenta y servirán para el análisis del ciclo de vida de la edificación, con la finalidad de obtener resultados y conclusiones, que nos permitan posteriormente, realizar mejoras en la elección de los materiales de construcción, teniendo en cuenta sus impactos medioambientales, su transporte, su ligereza y su rápido montaje.

6. MODELADO BIM

Una vez descritos los modelos es necesario realizar un levantamiento tipo BIM con el objetivo de obtener una serie de datos asociados a los modelos de manera directa. De este modelo se pretende extraer, principalmente, tablas de cuantificación de los materiales que componen la estructura y la envolvente, con el fin de que la aplicación del análisis de ciclo de vida se produzca de manera simple y directa. El software empleado para el levantamiento de dicho modelo, será Revit Autodesk, para este trabajo se ha alcanzado un nivel de desarrollo BIM LOD300⁵⁷.

6.1 Casa Unifamiliar Nader

Para la presentación de la Vivienda Unifamiliar Nader, que cuenta con 600 m², he implementado la siguiente secuencia de modelado en Revit.

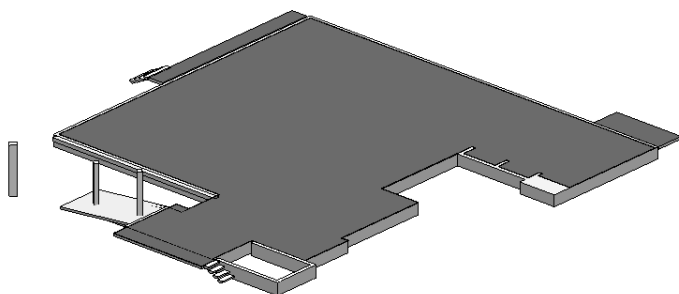


Figura 89. Losa de Cimentación. Fuente: elaboración propia.

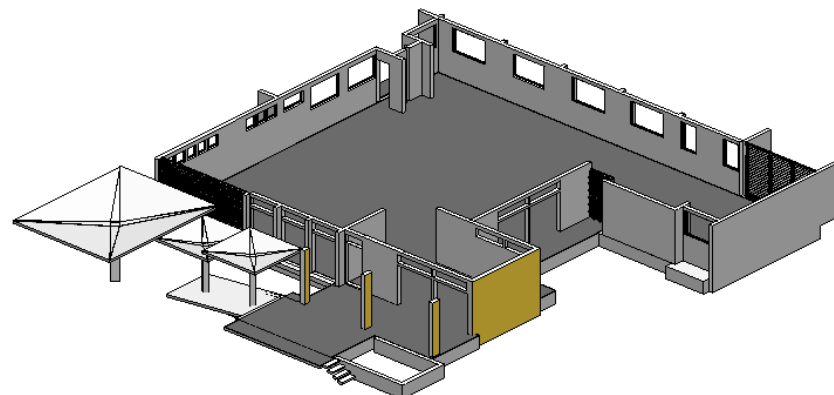


Figura 90. Muros de Cerramientos. Fuente: elaboración propia.

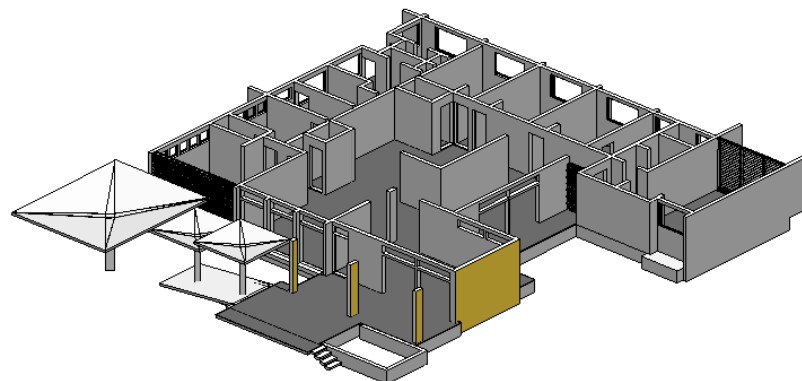


Figura 91. Particiones Interiores. Fuente: elaboración propia.

⁵⁷. Level of definition de un modelo BIM (Building Information Model).

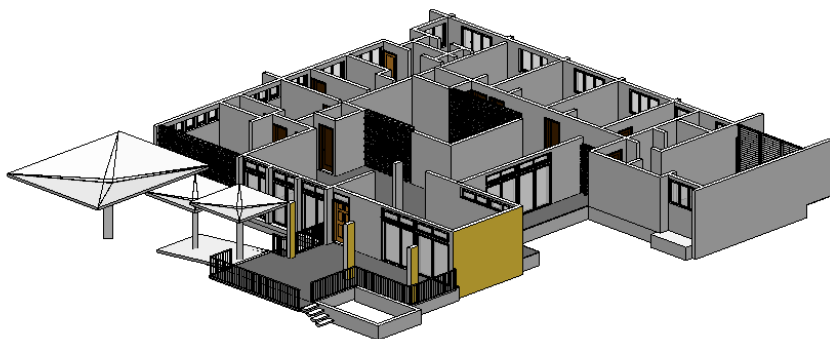


Figura 92. Carpinterías. Fuente: elaboración propia

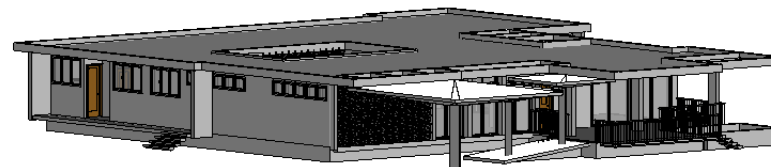


Figura 94. Vista Tridimensional. Fuente: elaboración propia

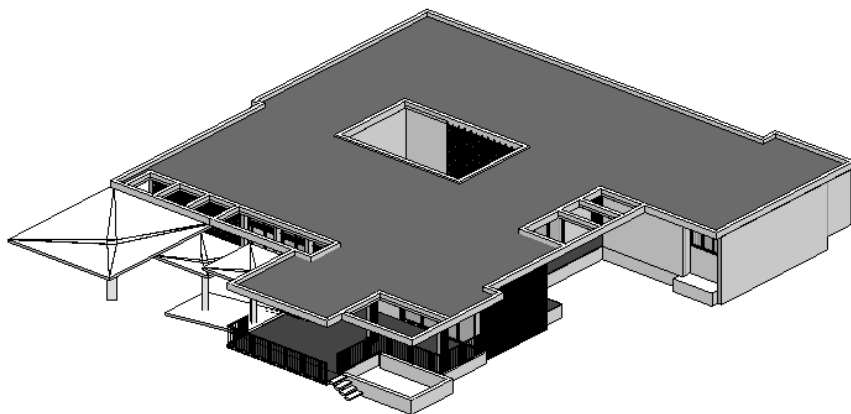


Figura 93. Cubiertas. Fuente: elaboración propia.

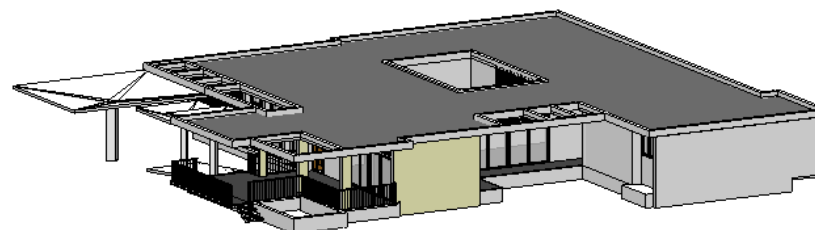


Figura 95. Vista Tridimensional. Fuente: elaboración propia

6.2. Cuantificación de materiales del modelo BIM

A partir del modelo BIM dibujado en Revit, se obtienen los datos de cuantificación de materiales en su estado actual, detallados por grupos de elementos constructivo en la edificación, que se exportan posteriormente desde

Revit a Excel y que se presentan en la siguiente tabla. Esta cuantificación será empleada para la realización del ACV del modelo.

0_Cuantificación de materiales					
Comentarios	Familia y tipo	Material: Nombre	Material: Volumen	Material: Área	Masa (KG)
0_cimentación	Concrete-Rectangular-Column: Columna 40X40	Hormigón Armado	0.42 m³	4.54 m²	971.52
0_cimentación	Concrete-Rectangular-Column: Columna 25X25	Hormigón Armado	0.18 m³	2.94 m²	403.94
0_cimentación	Concrete-Rectangular-Column: Columna 25X25 mm	Hormigón Armado	0.15 m³	2.53 m²	345
0_cimentación	Muro básico: Escalones 2do acceso	Hormigón + Mortero	0.20 m³	0.25 m²	470.36
0_cimentación	Muro básico: Escalones de acceso	Hormigón + Mortero	0.10 m³	0.25 m²	235.62
0_cimentación	Suelo: Plataforma de Cimentación	Hormigón + Mortero	237.56 m³	766.32 m²	540642.26
0_cimentación	Suelo: Rampa de Acceso Principal	Hormigón Cimentación	1.49 m³	12.41 m²	3425.27
0_cimentación	Suelo: Retalle de Solera de Hormigón	Hormigón Cimentación	0.56 m³	2.78 m²	1278.3
0_cimentación	Suelo: Solera de Hormigón armado de Galería	Hormigón + Mortero	0.65 m³	10.76 m²	1451.96
0_cimentación	Suelo: Solera Lateral en Hormigón	Hormigón + Mortero	1.95 m³	32.56 m²	4419.9
0_cimentación	Acero de refuerzo en losa Según cuantía Mínima	Acero	0.972m³		7630.2
			244.23 m³	835.34 m²	561274.33
1_Muros	Muro básico: Cerramientos Verticales	Hormigón + Mortero	32.30 m³	483.12 m²	43458.35
1_Muros	Muro básico: Muro perimetral de plataforma en Fuente	Hormigón + Mortero	1.88 m³	28.18 m²	4235.93
1_Muros	Muro básico: Muros de compartimentación Interior	Hormigón + Mortero	51.85 m³	776.73 m²	69766.2
1_Muros	Muro básico: Retalles de hormigón	Hormigón + Mortero	1.03 m³	15.46 m²	2323.46
			87.06 m³	1303.48 m²	119783.94
2_Cubiertas	Cubierta básica: Cubierta general	Hormigón + Mortero	47.81 m³	796.89 m²	108177.96
2_Cubiertas	Cubierta básica: Cubierta Hiperboloide Mayor	Hormigón + Mortero	4.81 m³	80.18 m²	10885.02
2_Cubiertas	Cubierta básica: Cubiertas Hiperboloides menores	Hormigón + Mortero	2.36 m³	39.39 m²	5346.77
2_Cubiertas	Muro básico: Cubierta Antepechos 0.20	Hormigón + Mortero	10.46 m³	156.95 m²	23594.63
			65.45 m³	1073.41 m²	148004.38
3_Revestimientos	Muro básico: Muros con revestimiento de Marmol	Hormigón + Mortero + Mármol	5.10 m³	92.70 m²	7256.33
3_Revestimientos	Suelo: Revestimiento de Baldosas Piso	Baldosas de Piso-	7.66 m³	383.22 m²	16861.49
			12.76 m³	475.92 m²	24117.82

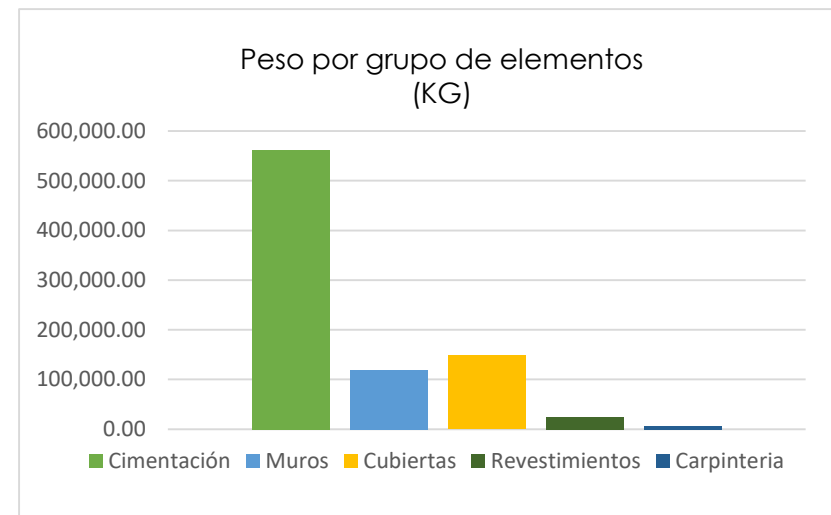
4_Elementos Carpinteria	1 Vantail - Droit: Ventana 0.55m x .62 m	Perfilera metalica + vidrio	0.12 m³	12.93 m²	315.8
4_Elementos Carpinteria	1 Vantail - Droit: Ventanas 0.80m x 1.25m	Perfilera metalica + vidrio	0.06 m³	7.46 m²	165.16
4_Elementos Carpinteria	3 Vantaux - Droits: Ventana .55m x 1.25m	Perfilera metalica + vidrio	0.02 m³	2.79 m²	66.25
4_Elementos Carpinteria	3 Vantaux - Droits: Ventanas 1.80m x 1.25m	Perfilera metalica + vidrio	0.41 m³	50.67 m²	1084.78
4_Elementos Carpinteria	Casement Dbl with Trim: Ventana fontal 2.10 Altura	Perfilera metalica + vidrio	0.26 m³	30.98 m²	682.36
4_Elementos Carpinteria	Casement Dbl with Trim: Ventana Frontal 2.10 m	Perfilera metalica + vidrio	0.34 m³	40.50 m²	902.8
4_Elementos Carpinteria	Casement Dbl with Trim: Ventanas con altura 2.10	Perfilera metalica + vidrio	0.26 m³	30.64 m²	675.68
4_Elementos Carpinteria	Door-Interior-Single-1_Panel-Wood: Puertas exteriores 0.7	Madera Roble-	0.15 m³	15.13 m²	111.8
4_Elementos Carpinteria	Door-Interior-Single-1_Panel-Wood: Puertas interiores 0.7	Madera Caoba-	0.22 m³	22.69 m²	154.46
4_Elementos Carpinteria	Door-Interior-Single-1_Panel-Wood: Puertas interiores de	Madera Caoba-	0.69 m³	71.34 m²	481.25
4_Elementos Carpinteria	Door-Panel-Wood: Puerta Exterior Principal .90*2.05	Madera Roble-	0.08 m³	8.09 m²	63.66
4_Elementos Carpinteria	Fixed: Ventana Dintel Frontal	Perfilera metalica + vidrio	0.02 m³	2.20 m²	58.54
4_Elementos Carpinteria	Slider with Trim: Ventanas Dinteles	Perfilera metalica + vidrio	0.20 m³	23.28 m²	540.67
4_Elementos Carpinteria	Slider with Trim: Ventanas Tipo Dintel	Perfilera metalica + vidrio	0.22 m³	25.48 m²	597.35
4_Elementos Carpinteria	System Panel: Ventana celosia	Ventanas Vidrio-	0.25 m³	9.67 m²	621.71
			3.30 m³	353.86 m²	6522.27
Total general: 559			411.83 m³	4042.01 m²	859702.74

Tabla 1.1. Cuantificación de materiales, Modelo 1. Fuente: elaboración propia

	Modelo 1
Peso (kg)	859,702.74
Superficie construida (m2)	460
Peso/sup.const (kg/m2)	1,868.92

Grupo de Elementos	Peso	Unidad
0_cimentación	561,274.33	kg
1_Muros	119,783.94	kg
2_Cubiertas	148,004.37	kg
3_Revestimientos	24,117.82	kg
4_Elementos Carpintería	6,522.28	kg

Tabla 1.2. Cuantificación de materiales por grupo de elementos, Modelo 1. Fuente: elaboración propia



Grafica 1.1. Grafica de peso (kg) por grupo de elementos en el modelo 1, Fuente: elaboración propia

Una vez calculados los pesos presentados por la superficie construida correspondiente al modelo BIM, observamos que en la división por grupo de elementos constructivos existen 3 de ellos que ocupan la totalidad de peso del modelo, la cimentación ocupa el 65% de la totalidad, seguido por las cubiertas con el 18% y los muros con 14%.

Los resultados arrojados son de un modelo con un sistema constructivo tradicionalmente pesado, con una materialidad basada principalmente en hormigón armado, por lo cual, la superficie construida es de unos 1,868.92 kg/m², en donde la cimentación elegida para el modelo es la mitad del total del peso general de la edificación.

Cabe destacar, que dentro del peso de la cubierta están incluidos los tres paraboloides y la cubierta general, como el segundo elemento que más peso produce. En relación a los revestimientos de mármol y baldosas de piso estos ocupan un porcentaje mínimo de 3%.

Posteriormente, esta cuantificación general del modelo original de la vivienda (como se encuentra en la actualidad) será estudiada desde el análisis de ciclo de vida de la edificación, arrojando resultados de impacto medioambiental en cada grupo de elementos constructivos que nos permitirá proponer las mejoras necesarias para aligerar el modelo respecto a su peso(kg), y minimizar los impactos medioambientales.

7. Análisis de Ciclo de vida

Después de obtenidas la tabla de cuantificación de los materiales a partir de un modelo BIM en Revit anteriormente presentado, se procede a la realización del Análisis de Ciclo de Vida de la edificación. Para ello, se utilizan las herramientas de cálculo de Excel y la base de datos de Ecoinvent que cuantifica los valores de impacto asociados a cada elemento constructivos en las categorías de impacto Global Warming Potential (GWP) y Cumulative Energy Demand (CED).

El Análisis de Ciclo de Vida se calcula para 3 fases principales de vida útil:

- Fase 1. Producción

- Fase 2. Construcción y De-construcción

(se incluye transporte de fábrica a obra)

- Fase 3. De-producción

(se incluye transporte a disposición final)

La determinación de las cargas ambientales asociadas a los procesos de producción, construcción/deconstrucción y deproducción, están estrechamente vinculadas con el tipo y cantidad de materiales empleados en el proceso constructivo. Sin embargo, los transportes 1 y 2, tienen una carga ambiental relacionada con la masa de los materiales empleados para transportar y con la distancia entre el lugar de producción a obra y disposición final.

Con respecto a los impactos del Transporte de materiales para la obra, se contemplan 2:

De fábrica a obra. Relacionado a la fase de construcción/ deconstrucción.

A disposición final o reciclaje. Relacionado a la fase de deproducción.

A partir de los elementos constructivos y materiales ya identificados, y tras la cuantificación del modelo obtenido, asociaremos mediante la base de datos de Ecoinvent los valores de impacto establecidos para cada material, y posteriormente, las medidas de peso por superficie construida del modelo, obteniendo así, resultados de impactos medioambientales.

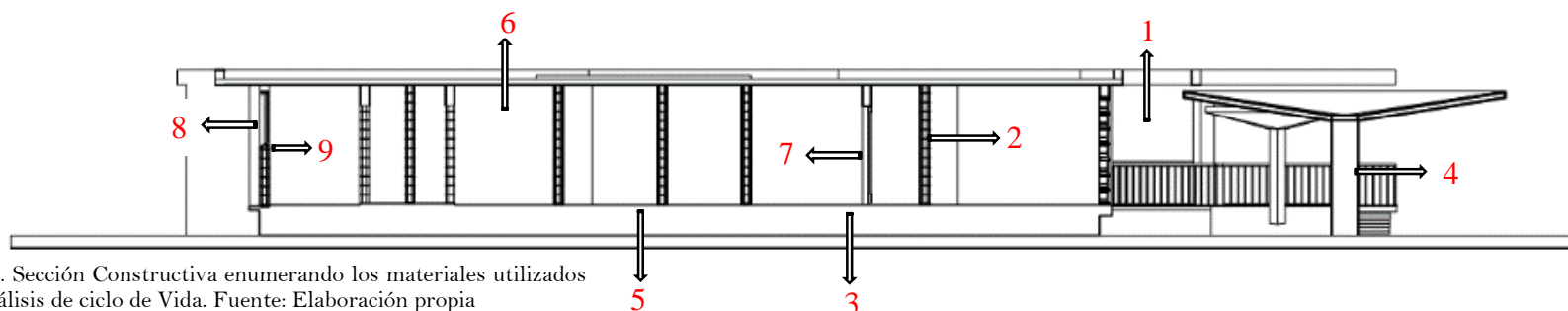


Figura 96. Sección Constructiva enumerando los materiales utilizados para el análisis de ciclo de Vida. Fuente: Elaboración propia

VALORES DE IMPACTO ACV							
	MATERIAL	ITEM	DENSIDAD	ECOINVENT	UNIDAD	GWP	CED
FASE: PRODUCCIÓN							
1	Revestimiento de mármol	512	2300	ceramic tiles, at regional storage	kg	0.81464	15.29367
2	Bloques de hormigón/ muros	506	1230	concrete block, at plant	kg	0.12203	0.84539
3	Hormigón cimentación/ soleras	504	2300	concrete, sole plate and foundation, at plant	kg	160.82	1253.322
4	Hormigón Armado / cubiertas* Columnas	504	2300	concrete, normal, at plant	kg	262.59	1466.954
5	Acero de refuerzo	1815	7860	reinforcing steel, at plant	kg	1.4854	23.32578
6	Mortero - cemento/ arena	537	2000	cement mortar, at plant	kg	0.19025	1.517845
7	Madera Roble	2502	760	sawn timber, hardwood, raw, air dried, u=20%, at plant	m3	58.513	14066.89
	Madera Caoba	2502	700	sawn timber, hardwood, raw, air dried, u=20%, at plant	m3	58.513	14066.89
	Puerta interior de madera	7153	700	door, inner, wood, at plant	m2	36.781	1807.062
	Puerta exterior de madera	7152	700	door, outer, wood-glass, at plant	m2	85.051	1758.2
8	Vidrio / ventana	813	2600	tempering, flat glass	kg	0.18174	3.603695
9	Perfiles metalicos de Ventanas	7147	2700	window frame, wood-metal, U=1.6 W/m2K, at plant	m2	239.29	6458.5
FASE: TRANSPORTE 1							
		1941		Transport, lorry 3.5-16t, fleet average	t km	0.33165	5.585251
		1943		Transport, lorry >16t, fleet average	t km	0.12534	2.154539

FASE: CONSTRUCCIÓN / DECONSTRUCCIÓN							
		559		Diesel, burned in building machine	MJ	0.091414	1.382766
		698		Electricity mix	Kwh	0.49853	10.39152
FASE: TRANSPORTE 2							
		1941		Transport, lorry 3.5-16t, fleet average	t km	0.33165	5.585251
		1943		Transport, lorry >16t, fleet average	t km	0.12534	2.154539
FASE: DEPRODUCCIÓN							
1	Revestimiento de mármol (cerámica)	2221	2400	disposal, inert material, 0% water, to sanitary landfill	kg	0.012177	0.323101
2	Bloques de hormigón/ muros	2045	1230	disposal, building, reinforced concrete, to final disposal	kg	0.015569	0.332142
3	Hormigón cimentación/ soleras	2045	2300	disposal, building, reinforced concrete, to final disposal	kg	0.015569	0.332142
4	Hormigón Armado	2045	2300	disposal, building, reinforced concrete, to final disposal	kg	0.015569	0.332142
5	Acero de refuerzo	2048	7860	disposal, building, reinforcement steel, to recycling	kg	0.0672	0.865639
6	mortero - cemento/ arena	2007	2000	disposal, building, cement (in concrete) and mortar, to final disposal	kg	0.01397	0.307938
7	Madera Roble	2052	760	disposal, building, waste wood, untreated, to final disposal	kg	0.013685	0.199367
	Madera Caoba	2052	700	disposal, building, waste wood, untreated, to final disposal	kg	0.013685	0.199367
	Puerta interior de madera	7157	700	disposal, building, door, inner, wood, to final disposal	m2	7.2806	14.75924
	Puerta exterior de madera	7156	700	disposal, building, door, outer, wood-glass, to final disposal	m2	4.742	31.70182
8	Vidrio / ventana	2017	2600	disposal, building, glass pane (in burnable frame), to final disposal	kg	0.026494	0.534253
9	Perfiles metalicos de Ventanas	7144	2700	disposal, building, window frame, wood-metal, to final disposal	m2	25.318	27.97215

Tabla 1.3., Impactos asociados a la categoría GWP y CED en ecoinvent para análisis de ciclo de vida del Modelo 1. Fuente: elaboración propia

Una vez establecidos en la tabla anterior los elementos y materiales con sus respectivas unidades según Ecoinvent, así como los coeficientes GWP y CED correspondientes a cada material, se procede al cálculo del impacto de su ciclo de vida, con la entrada de datos en los parámetros del programa Revit.

7.1 Análisis de ciclo de vida. Modelo 1

Para el análisis de ciclo de vida, como para la cuantificación se tomó en cuenta la división por grupo de elementos constructivos.

■ Cimentación ■ Muros ■ Cubiertas ■ Revestimientos ■ Carpintería

Con la intención de poder visualizar en la obtención de las gráficas de resultados, cuales son los elementos o familia de elementos que produce mayor impacto medioambiental.

Esta clasificación, nos será útil posteriormente para analizar y proponer las mejoras en el diseño arquitectónico, profundamente ligadas a la materialidad y sistema estructural de la vivienda en este trabajo.

Se hace hincapié en que el análisis de ciclo de vida de esta edificación se hace basada en las 3 fases descritas con anterioridad, y pretende ofrecer estadísticas o gráficos de resultados para futuras conclusiones.

Fase de producción. Modelo 1

En la siguiente tabla se muestran los elementos constructivos y materiales que intervienen en la vivienda Nader, con sus respectivos cálculos de impacto producido en las categorías GWP y CED en fase de Producción.

En las fases de construcción/ deconstrucción y deproducción la herramienta de cálculo de impactos es la misma, a través de datos vinculados en revit y exportados a Excel.

1_Producción							
Comentarios	Familia y tipo	Material: Nombre	Material: Área	Material: Volumen	Masa	GWP Producción	CED Producción
0_cimentación	Columna 40X40	Hormigón Armado	4.54 m²	0.42 m³	971.52 kg	110.917467	619.641285
0_cimentación	Columna 25X25	Hormigón Armado	2.94 m²	0.18 m³	403.94 kg	46.11714	257.633761
0_cimentación	Columna 25X25 mm	Hormigón Armado	2.53 m²	0.15 m³	345.00 kg	39.388305	220.04307
0_cimentación	Escalones 2do acceso	Hormigón Armado	0.25 m²	0.20 m³	470.36 kg	33.343212	259.986071
0_cimentación	Escalones de acceso	Hormigón Armado	0.25 m²	0.10 m³	235.62 kg	16.929861	132.072171
0_cimentación	Losa Cimentación	Hormigón Armado	766.32 m²	237.56 m³	540642.26 kg	42413.30548	331886.6197
0_cimentación	Rampa de Acceso	Hormigón Armado	12.41 m²	1.49 m³	3425.27 kg	239.501475	1866.503
0_cimentación	Solera de Hormigón	Hormigón Armado	2.78 m²	0.56 m³	1278.30 kg	89.381451	696.575025
0_cimentación	Solera de Hormigón	Hormigón Armado	10.76 m²	0.65 m³	1451.96 kg	127.406794	1000.483138
0_cimentación	Solera Lateral	Hormigón Armado	32.56 m²	1.95 m³	4419.90 kg	367.815145	2883.665776
0_cimentación	Acero de Refuerzo	Acero		0.972m³	7630.2 kg	11333.899	177980.366
			835.34 m²	244.23 m³	553644.12 kg	54818.00533	517803.589
1_Muros	Muro Cerramientos Verticales	Bloques de Hormigón	483.12 m²	32.30 m³	43458.35 kg	5964.254281	43255.14712
1_Muros	Muro perimetral de plataforma	Bloques de Hormigón	28.18 m²	1.88 m³	4235.93 kg	363.993906	2856.529033
1_Muros	Compartimentación Interior	Bloques de Hormigón	776.73 m²	51.85 m³	69766.20 kg	9574.762145	69439.98793
1_Muros	Muro básico de hormigón	Bloques de Hormigón	15.46 m²	1.03 m³	2323.46 kg	288.784731	1753.946034
			1303.48 m²	87.06 m³	119783.94 kg	16191.79506	117305.6101
2_Cubiertas	Cubierta general	Hormigón Armado	796.89 m²	47.81 m³	108177.96 kg	13259.99357	79515.98023
2_Cubiertas	Paraboloide Mayor	Hormigón Armado	80.18 m²	4.81 m³	10885.02 kg	1334.238952	8001.00826
2_Cubiertas	Paraboloides menores	Hormigón Armado	39.39 m²	2.36 m³	5346.77 kg	655.384271	3930.131823
2_Cubiertas	Antepechos 0.20	Bloques de Hormigón	156.95 m²	10.46 m³	23594.63 kg	2932.591431	17811.21562
			1073.41 m²	65.45 m³	148004.37 kg	18182.20823	109258.3359

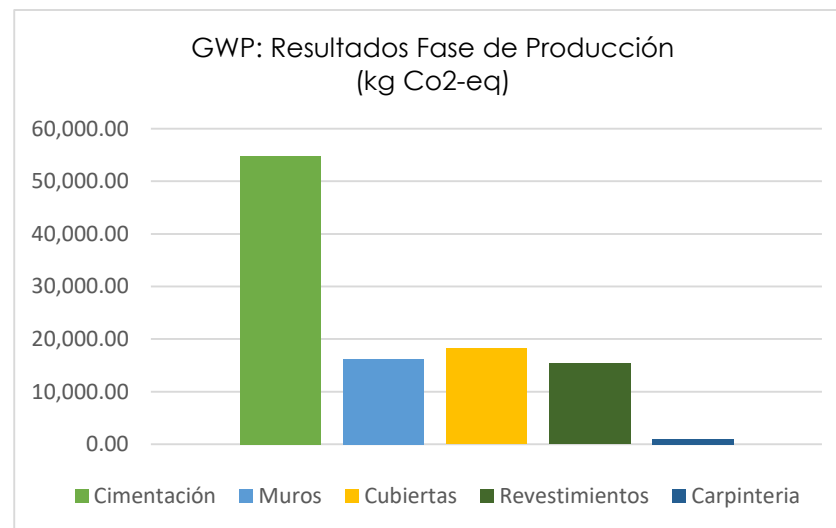
3_Revestimientos	Revestimiento de Marmol	C�ramica	92.70 m�	5.10 m�	7256.33 kg	1686.629341	21802.88648
3_Revestimientos	Revestimiento de Baldosas Piso	C�ramica	383.22 m�	7.66 m�	16861.49 kg	13736.04081	257873.9998
			475.92 m�	12.76 m�	24117.81 kg	15422.67015	279676.8863
4_Carpinteria	Ventana 0.55m x .62 m	Metal+ Vidrio	12.93 m�	0.12 m�	315.80 kg	55.048097	1422.54292
4_Carpinteria	Ventanas 0.80m x 1.25m	Metal+ Vidrio	7.46 m�	0.06 m�	165.16 kg	28.977421	721.25785
4_Carpinteria	Ventana .55m x 1.25m	Metal+ Vidrio	2.79 m�	0.02 m�	66.25 kg	11.559358	296.975352
4_Carpinteria	Ventanas 1.80m x 1.25m	Metal+ Vidrio	50.67 m�	0.41 m�	1084.78 kg	190.66425	4695.626054
4_Carpinteria	Ventana fontal 2.10 Altura	Metal+ Vidrio	30.98 m�	0.26 m�	682.36 kg	119.828729	2966.472823
4_Carpinteria	Ventana Frontal 2.10 m	Metal+ Vidrio	40.50 m�	0.34 m�	902.80 kg	158.195106	3966.467403
4_Carpinteria	Ventanas con altura 2.10	Metal+ Vidrio	30.64 m�	0.26 m�	675.68 kg	118.642367	2939.026739
4_Carpinteria	Puertas exteriores 0.78	Madera Roble-	15.13 m�	0.15 m�	111.80 kg	16.538088	341.879949
4_Carpinteria	Puertas interiores 0.78	Madera Caoba-	22.69 m�	0.22 m�	154.46 kg	2.843998	139.72892
4_Carpinteria	Puertas interiores de 1 panel	Madera Caoba-	71.34 m�	0.69 m�	481.25 kg	8.861339	435.367861
4_Carpinteria	Puerta Exterior Principal .90*2.05	Madera Roble-	8.09 m�	0.08 m�	63.66 kg	9.417721	194.685743
4_Carpinteria	Fixed: Ventana Dintel Frontal	Metal+ Vidrio	2.20 m�	0.02 m�	58.54 kg	10.188352	265.590983
4_Carpinteria	Ventanas Dinteles	Metal+ Vidrio	23.28 m�	0.20 m�	540.67 kg	94.078804	2455.713297
4_Carpinteria	Ventanas Tipo Dintel	Metal+ Vidrio	25.48 m�	0.22 m�	597.35 kg	103.861326	2722.845771
4_Carpinteria	System Panel: Ventana celosia	Vidrio-	9.67 m�	0.25 m�	621.71 kg	112.990396	2240.469499
			353.86 m�	3.30 m�	6522.28 kg	1041.695353	25804.65116
Total general: 559			4042.01 m�	411.83 m�	852072.53 kg	94322.47512	871868.7065

Tabla 1.4., Resultados de la categoría GWP y CED en fase de producción de ciclo de vida del Modelo 1. Fuente: elaboración propia

Grupo de Elementos	Total GWP	Unidad
0_cimentaci�n	54,818.05	(kg Co2-eq)
1_Muros	16,191.79	(kg Co2-eq)
2_Cubiertas	18,182.21	(kg Co2-eq)
3_Revestimientos	15,417.96	(kg Co2-eq)
4_Carpinteria	1,041.70	(kg Co2-eq)

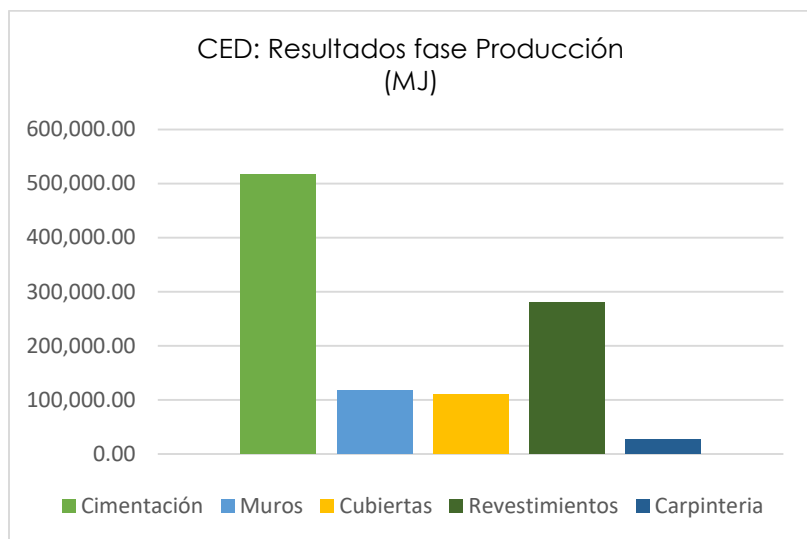
Tabla 1.5., Tabulación de resultados por grupo de elementos constructivos en la categoría GWP fase de producción de ciclo de vida del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.

Grafica 1.2. Impacto GWP por grupo de elementos en el modelo 1, Fuente: elaboración propia



Grupo de Elementos	Total CED	Unidad
0_cimentación	517,803.59	(MJ)
1_Muros	117,305.61	(MJ)
2_Cubiertas	109,258.33	(MJ)
3_Revestimientos	279,615.99	(MJ)
4_Carpintería	25,804.65	(MJ)

Tabla 1.6., Tabulación de resultados por grupo de elementos constructivos en la categoría CED, fase de producción de ciclo de vida del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.3. Impacto GWP por grupo de elementos en el modelo 1, Fuente: elaboración propia

Una vez obtenidos los resultados en fase de producción por grupo de elementos constructivos, tanto para la categoría de Global Warming Potential y Cumulative Energy Demand (MJ), observamos que la cimentación es

el principal componente productor de impacto en la fabricación del material, produciendo más de la mitad del impacto total con el 51.80%.

Cabe destacar, que a poco que se aligere el peso de la vivienda, aligeraremos la cimentación porque podremos reducir su canto. Mientras no se reduzca el material, el impacto será elevadamente alto.

En segundo lugar, las cubiertas suponen gran impacto, la materialidad sigue siendo hormigón armado y por ente su producción es elevada en relación al coste medioambiental por las operaciones y procesos, dichas cubiertas engloban el 18% en las gráficas anteriormente presentadas.

Algo notorio en la fase de producción es el elevado impacto de los revestimientos de baldosas cerámicas en la categoría CED, ocupando el 23.63% de la totalidad por los procesos de cocción de las baldosas y lo que estas actividades implican para el medio ambiente.

Como hipótesis principal podemos decir que la elección del material para la residencia Nader es fundamental, pues si los materiales empleados en los elementos constructivos que producen mayor impacto (cimentación, Cubierta, muros) fueran otros, los impactos asociados a las categorías GWP y CED se minimizarían notoriamente y pasaríamos a reducir los **357.46.05 GWP (kg Co2-eq/m2 y 4,496.99 CED (MJ/m2).**

Fase de Transporte de fábrica a obra. Modelo 1

El transporte de fábrica a obra, o Transporte 1 en esta fase, va relacionado a la const/ deconst del modelo. Para la estimación de la distancia de los productores o suplidores locales de materiales de construcción en Santo Domingo hasta la ubicación de la Casa Nader en el sector Piantini, se utiliza la herramienta de google maps, marcando los puntos de fábricas de materiales cercanos.

La distancia media estimada para el análisis de ciclo de vida desde Fabrica a obra es de 25 Km.

Dicha distancia, se emplea para el transporte de todos los materiales empleados en el modelo.

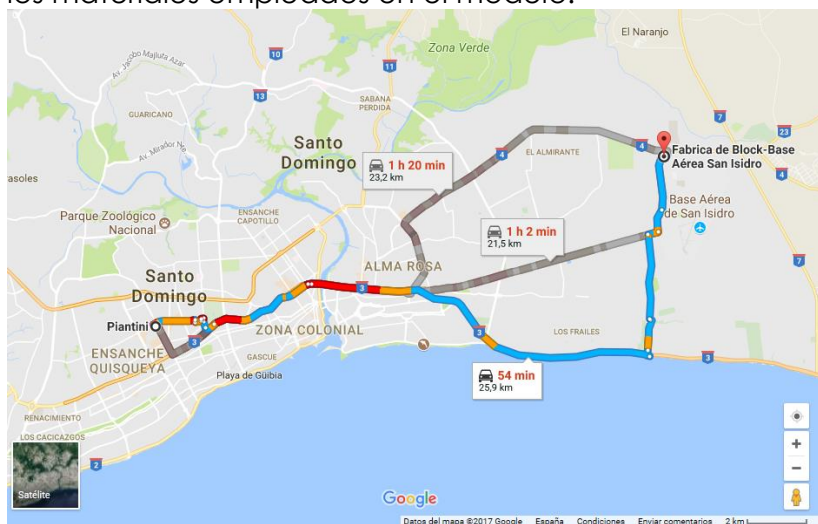


Figura 97. Ubicación del sector Piantini en donde se encuentra la casa Nader, hacia fábrica de Materiales de construcción. Fuente: Google Maps

Los transportes empleados para el análisis de ciclo de vida en la Categoría de GWP y CED son:

Transporte 1	Unidad	GWP	CED
Transport, lorry 3.5-16t, fleet average	† km	0.33165	5.585251
Transport, lorry >16t, fleet average	† km	0.12534	2.154539

Tabla 1.7., Valores de Impacto para transporte 1 en categorías GWP y CED, para el análisis de ciclo de vida del Modelo 1 extraídos de ECOINVET. Fuente: elaboración propia.

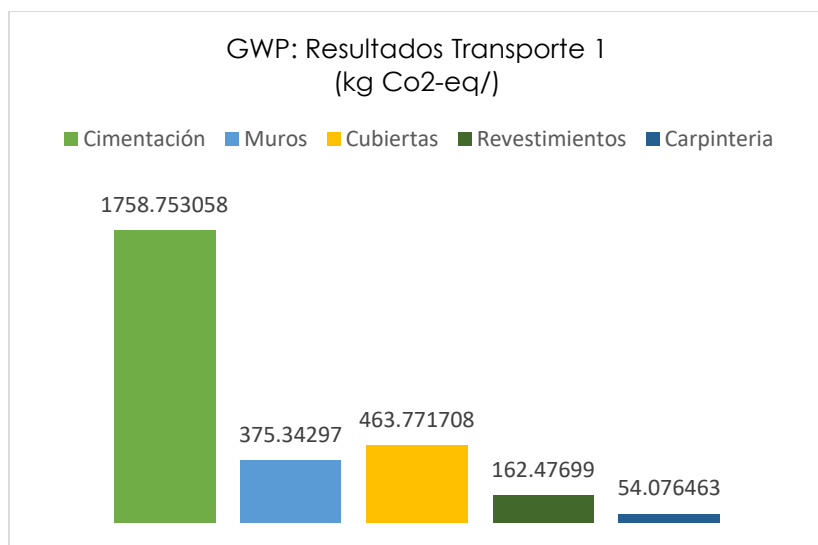
Tabulación de resultados en fase GWP y CED por elementos estructurales.

Grupo de Elementos	GWP Transporte 1	Unidad
0_cimentación	1,758.75	kg Co2-eq/
1_Muros	375.34	kg Co2-eq/
2_Cubiertas	463.77	kg Co2-eq/
3_Revestimientos	162.47	kg Co2-eq/
4_Carpintería	54.07	kg Co2-eq/

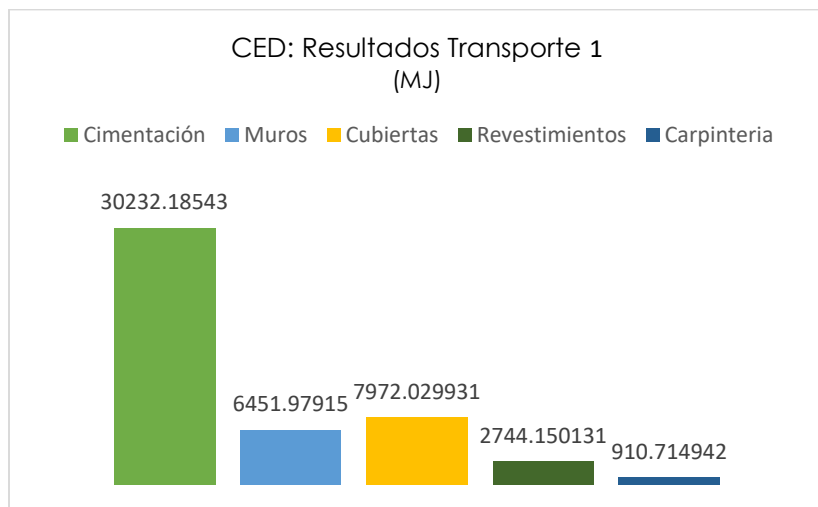
Tabla 1.8., Resultados por grupo de elementos constructivos en categoría GWP para transporte de fábrica a obra en ACV del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.

Grupo de Elementos	CED Transporte 1	Unidad
0_cimentación	30,232.18	MJ
1_Muros	6,451.97	MJ
2_Cubiertas	7,972.03	MJ
3_Revestimientos	2,744.15	MJ
4_Carpintería	910.71	MJ

Tabla 1.9, Resultados por grupo de elementos constructivos en categoría CED transporte de fábrica a obra en ACV del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.4. Impacto GWP por grupo de elementos en fase de transporte, Fuente: elaboración propia



Grafica 1.5. Impacto CED por grupo de elementos en Fase de transporte 1, Fuente: elaboración propia

Tras los resultados obtenidos de la fase de transporte, queda en evidencia que por la cantidad de material empleado el transporte de fábrica a obra produce unas cargas medioambientales que se sumaran a la fase de const/ deconst, teniendo la cimentación la repercusión del mayor impacto, seguido por la cubierta y muros, donde cuyo impacto depende básicamente de la masa transportada, de la distancia recorrida, en este caso 25 km promedio y el tipo de medio empleado.

Construcción-deconstrucción. Modelo 1

Para la fase de construcción/ deconstrucción es necesario el cálculo de (Electricidad kWh y Diésel MJ) empleados en los procesos de montaje y desmontaje de obra.

Por ello, basados en el cálculo de Kellenberger, se utiliza el consumo eléctrico a un 30%, mientras el consumo de diésel en las maquinarias ocupa el 70%.

Este cálculo se realizará de la misma manera en los modelos 1 y 2 expuestos en este trabajo.

Consumo energético en obra	Energy consumption in construction site	[MJ/m ³ material]
Construcción	Building	481
Reformas	Reforms	741
Demolición	Demolition	370
Total		1222
Consumo de diésel en maquinaria (70%)	Diesel consumption in machinery	855
Consumo eléctrico (30%)	Electric consumption	136

Tabla 1.10. Consumos energéticos en obra. Fuente: Elaboración por Antonio García Martínez. (2010), Sevilla, España.

Tabulación de resultados del análisis de ciclo de vida del modelo 1, por grupo de elemento constructivo con sus cargas medioambientales basadas en la tabla de Kellenberger, para fase de construcción/ deconstrucción.

3_Construcción/ De-construcción						
Comentarios	Familia y tipo	Material: Volumen	Cuantificación KWH electricidad	Cuantificación MJ Diésel	Total GWP Construcción / De- construcción	Total CED Construcción/ De- construcción
0_cimentación	Concrete: Columna 40X40	0.42 m³	15.957333	361.152	40.969558	665.209654
0_cimentación	Concrete: Columna 25X25	0.18 m³	6.634722	150.159375	17.034277	276.580127
0_cimentación	Concrete: Columna 25X26	0.15 m³	5.666667	128.25	14.548849	236.225019
0_cimentación	Escalones 2do acceso	0.20 m³	7.735	175.06125	19.859179	322.447151
0_cimentación	Escalones de acceso	0.10 m³	3.8794	87.79995	9.960142	161.719649
0_cimentación	Plataforma de Cimentación	237.56 m³	8974.516741	203114.4304	23041.56837	374118.5986
0_cimentación	Rampa de Acceso Principal	1.49 m³	56.260414	1273.305541	144.445457	2345.314825
0_cimentación	Solera lateral de Hormigón	0.56 m³	20.996269	475.194971	53.906743	875.266599
0_cimentación	Solera de Hormigón armado de Galeria	0.65 m³	24.378525	551.743371	62.590494	1016.261899
0_cimentación	Solera Lateral en Hormigón	1.95 m³	73.800723	1670.284005	189.479216	3076.513619
0_cimentación	Acero de refuerzo Zapata	0.972m³	36.72	831.06	94.276518	1530.73811
0_cimentación: 31		244.23 m³	9643.567126	218256.6148	23688.6388	384624.8752
1_Muros	Muros de cerramientos Verticales	32.30 m³	1220.185682	27615.67301	3132.7583	50865.59762
1_Muros	Muro perimetral de plataforma	1.88 m³	70.964044	1606.083286	182.196202	2958.261641
1_Muros	Muros de compartimentación Interior	51.85 m³	1958.834605	44333.03613	5029.19798	81657.48401
1_Muros	Retalles de hormigón	1.03 m³	38.924735	880.958333	99.937073	1622.64639
1_Muros: 148		87.06 m³	3288.909065	74435.75076	8444.089556	137103.9897
2_Cubiertas	Cubierta general	47.81 m³	1806.286385	40880.51097	4637.538981	75298.24172
2_Cubiertas	Cubierta paraboloide Mayor	4.81 m³	181.751042	4113.453736	466.635607	7576.61356
2_Cubiertas	Cubiertas paraboloideas menores	2.36 m³	89.276943	2020.547274	229.213543	3721.667206
2_Cubiertas	Antepechos en cubierta 0.20	10.46 m³	395.27832	8946.078458	1014.854917	16477.8757
2_Cubiertas: 122		65.45 m³	2472.59269	55960.59044	6348.243048	103074.3982
3_Revestimientos	Revestimiento de Mármol	5.08 m³	192.078261	4347.182994	493.150162	8007.12193
3_Revestimientos	Revestimiento de Baldosas Piso	7.66 m³	289.540666	6552.986534	743.379419	12070.0146
3_Revestimientos: 17		12.75 m³	481.618927	10900.16953	1236.529581	20077.13652

2_Cubiertas	Cubierta paraboloide Mayor	4.81 m³	181.751042	4113.453736	466.635607	7576.61356
2_Cubiertas	Cubiertas paraboloideas menores	2.36 m³	89.276943	2020.547274	229.213543	3721.667206
2_Cubiertas	Antepechos en cubierta 0.20	10.46 m³	395.27832	8946.078458	1014.854917	16477.8757
2_Cubiertas: 122		65.45 m³	2472.59269	55960.59044	6348.243048	103074.3982
3_Revestimientos	Revestimiento de Mármol	5.08 m³	192.078261	4347.182994	493.150162	8007.12193
3_Revestimientos	Revestimiento de Baldosas Piso	7.66 m³	289.540666	6552.986534	743.379419	12070.0146
3_Revestimientos: 17		12.75 m³	481.618927	10900.16953	1236.529581	20077.13652
4_Carpintería	Ventana 0.55m x .62 m	0.12 m³	4.464294	101.037478	11.461825	186.10199
4_Carpintería	Ventanas 0.80m x 1.25m	0.06 m³	2.354886	53.296618	6.046039	98.1676
4_Carpintería	Ventana .55m x 1.25m	0.02 m³	0.937749	21.223467	2.407618	39.091727
4_Carpintería	Ventanas 1.80m x 1.25m	0.41 m³	15.503419	350.878855	39.804159	646.287442
4_Carpintería	Ventana fontal 2.10 Altura	0.26 m³	9.740878	220.458989	25.009158	406.065723
4_Carpintería	Ventana Frontal 2.10 m	0.34 m³	12.850808	290.844016	32.993728	535.708642
4_Carpintería	Ventanas con altura 2.10	0.26 m³	9.644099	218.268645	24.760682	402.031305
4_Carpintería	Puertas exteriores 0.78	0.15 m³	5.557147	125.771306	14.267663	231.659487
4_Carpintería	Puertas interiores 0.78	0.22 m³	8.33572	188.656959	21.401494	347.48923
4_Carpintería	Puertas interiores de 1 panel	0.69 m³	25.972466	587.818017	66.68285	1082.708167
4_Carpintería	Puerta Exterior Principal .90*2.05	0.08 m³	3.164553	71.621282	8.124812	131.91999
4_Carpintería	Ventana Dintel Frontal	0.02 m³	0.825848	18.690886	2.120319	34.426939
4_Carpintería	Ventanas Dinteles	0.20 m³	7.62527	172.577799	19.577453	317.872857
4_Carpintería	Ventanas Tipo Dintel	0.22 m³	8.41608	190.475686	21.607813	350.839162
4_Carpintería	System Panel: Ventana celosia	0.25 m³	9.283396	210.105104	23.8346	386.994793
4_Carpintería: 243		3.30 m³	124.676613	2821.725107	320.100211	5197.365056
Total general: 561		423.83 m³	16011.36442	362374.8506	40037.6012	650077.7647

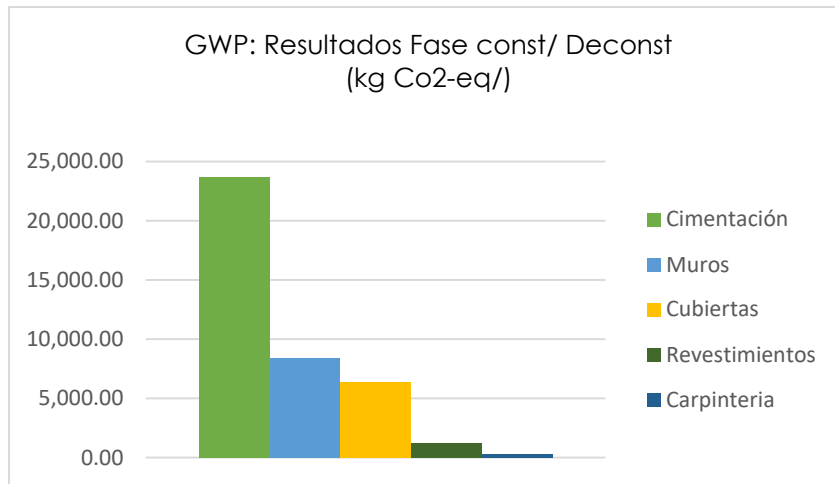
Tabla 1.11., Resultados de la categoría GWP Y CED en fase de Construcción/ deconstrucción en el ciclo de vida del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.

Grupo de Elementos	GWP Const/ Deconst (kg Co2-eq/)
0_cimentación	23,688.64
1_Muros	8,444.08
2_Cubiertas	6,348.24
3_Revestimientos	1,236.52
4_Carpintería	320.10

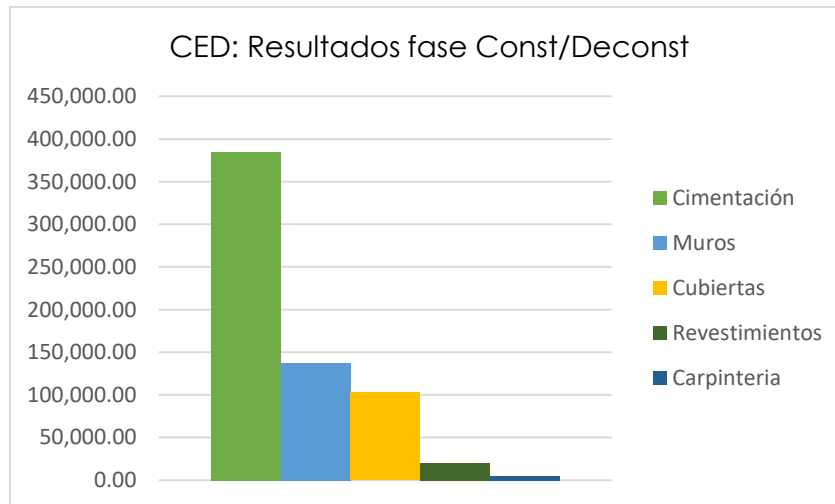
Tabla 1.12., Tabulación de resultados por grupo de elementos constructivos en la categoría GWP fase de Constr/ deconst de ciclo de vida del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.

Grupo de Elementos	CED Const/ Deconst (MJ)
0_cimentación	384,624.87
1_Muros	137,103.98
2_Cubiertas	103,074.39
3_Revestimientos	20,077.13
4_Carpintería	5,197.36

Tabla 1.13., Tabulación de resultados por grupo de elementos constructivos en la categoría CED fase de Constr/ deconst de ciclo de vida del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.6. Impacto GWP por grupo de elementos en fase de constr/ deconst en el modelo 1, Fuente: elaboración propia



Grafica 1.7. Impacto CED por grupo de elementos en fase de constr/ deconst en el modelo 1, Fuente: elaboración propia

Expuestos los gráficos de las cargas medioambientales en fase de construcción / deconstrucción del modelo 1, observamos que la cimentación por su material hormigón armado, su masa y volumen es el elemento de mayor impacto con el 59.1% del total en Global Warming Potential. Mientras, los muros ocupan el 21%, seguido de las cubiertas.

A diferencia de la fase de producción, en esta fase de montaje y desmontaje de la obra, los revestimientos y elementos de carpintería no tienen un impacto ambiental elevado. En la categoría de CED, también pone en evidencia que la influencia de la cimentación dentro de los impactos totales de la residencia Nader es elevado en relación a los muros de cerramientos verticales y cubiertas.

Fase de Transporte 2 (disposición final a vertedero)

En la fase de transporte 2, los materiales están destinados a la disposición final de vertedero. Utilizando los mismos valores de impacto extraídos de Ecoinvent para el transporte 1. La decisión de disposición final a vertedero está relacionada a la materialidad del modelo 1 y a la poca posibilidad de reciclar esos materiales.

La estimación de la distancia a disposición final esta extraída de google maps, siendo 18 km desde obra a vertedero.

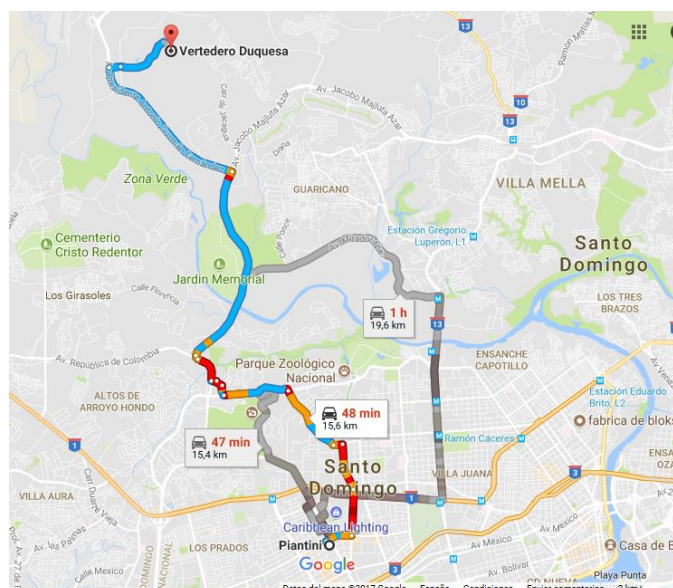
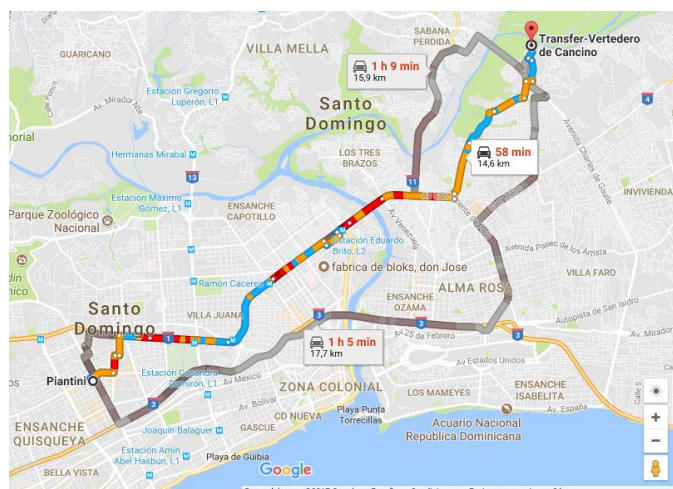
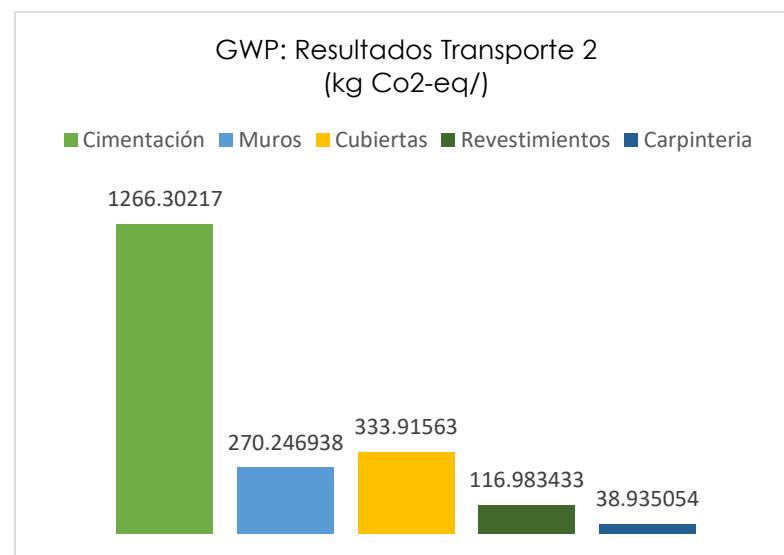


Figura 98. Distancia transporte a vertederos cercanos de obra. Fuente: Google maps

A continuación, se presentan los resultados y graficas del transporte 2 (de obra a disposición final de vertedero) por grupo de elementos constructivos, relacionado a la masa de los materiales y sumado a la fase de De-producción que se explicara posteriormente.

Grupo de Elementos	GWP Transporte 2 (kg Co2-eq/)
0_cimentación	1,266.30
1_Muros	270.24
2_Cubiertas	333.91
3_Revestimientos	116.98
4_Carpinteria	38.93

Tabla 1.14, Resultados por grupo de elementos constructivos en categoría GWP, para transporte de obra a disposición final en ACV del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.8. Impacto GWP por grupo de elementos en transporte de obra a vertedero en el modelo 1, Fuente: elaboración propia

Fase de Deproducción. Modelo 1

Para la fase de De-producción los resultados del análisis de ciclo de vida serán los presentados a continuación.

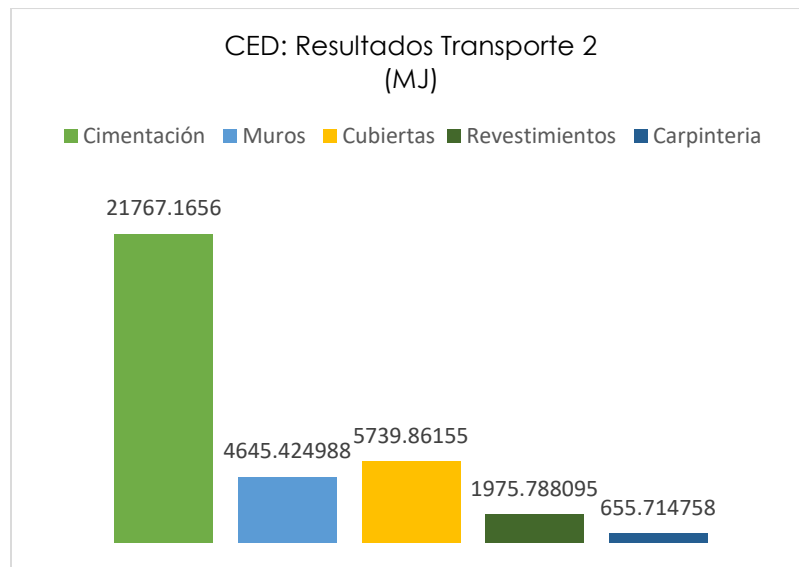
Resultados Fase deproducción: GWP: (kg Co2-eq)

Grupo de Elementos	GWP De- Producción (kg Co2-eq)
0_cimentación	9,024.53
1_Muros	1,823.15
2_Cubiertas	2,277.28
3_Revestimientos	312.31
4_Carpinteria	123.42

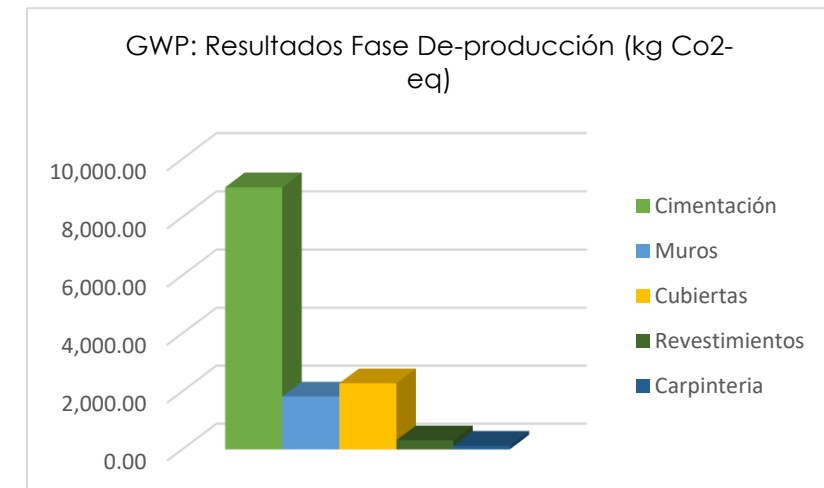
Tabla 1.16, Resultados por grupo de elementos constructivos en categoría GWP, para Fase De-producción en ACV del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.

Grupo de Elementos	CED Transporte 2 (MJ)
0_cimentación	21,767.16
1_Muros	4,645.42
2_Cubiertas	5,739.86
3_Revestimientos	1,975.78
4_Carpinteria	655.71

Tabla 1.15, Resultados por grupo de elementos constructivos en categoría CED, para transporte de obra a vertedero en ACV del Modelo 1. Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.9. Impacto CED por grupo de elementos en transporte de obra a vertedero en el modelo 1, Fuente: elaboración propia



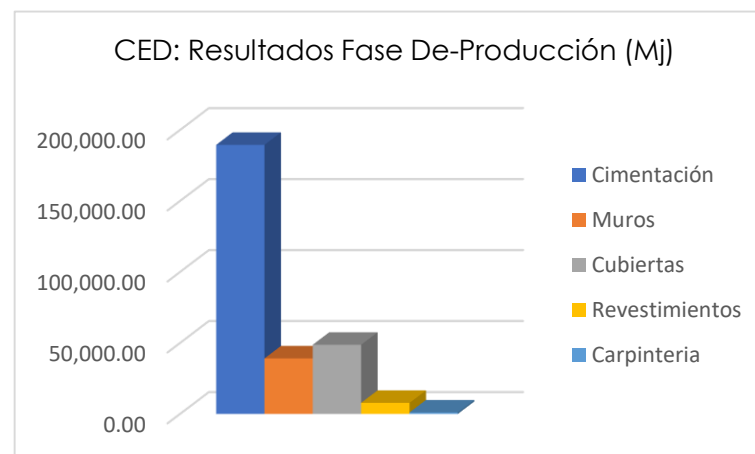
Grafica 1.10. Impacto GWP por grupo de elementos en fase de De-producción en el modelo 1, Fuente: elaboración propia

Resultados Fase deproducción: CED (MJ)

Grupo de Elementos	CED Deproducción (MJ)
0_cimentación	189,548.84
1_Muros	39,153.12
2_Cubiertas	48,749.76
3_Revestimientos	7,808.60
4_Carpintería	1,080.16

Tabla 1.17, Resultados por grupo de elementos constructivos en categoría CED, para fase de De-producción en ACV del Modelo 1. Fuente: elaboración propia

Gráfica a la derecha 1.11. Impacto CED por grupo de elementos en fase de De-producción en el modelo 1, Fuente: elaboración propia



5_De-Producción							
Comentarios	Familia y tipo	Material: Nombre	Material: Área	Material: Volumen	Masa (kg)	GWP Deproducción	CED Deproducción
0_cimentación	Concrete- Columna 40X40	Hormigón armado	4.54 m²	0.42 m³	971.52	15.125595	322.682596
0_cimentación	Concrete-Columna 25X25	Hormigón armado	2.94 m²	0.18 m³	403.94	6.288903	134.164609
0_cimentación	Concrete- Columna 25X25 mm	Hormigón armado	2.53 m²	0.15 m³	345	5.371305	114.58899
0_cimentación	Escalones 2do acceso	Hormigón armado	0.25 m²	0.20 m³	470.36	7.316959	156.134156
0_cimentación	Escalones de acceso	Hormigón armado	0.25 m²	0.10 m³	235.62	3.662324	78.167807
0_cimentación	Plataforma de Cimentación	Hormigón armado	766.32 m²	237.56 m³	540642.26	8355.991642	178642.5946
0_cimentación	Rampa de Acceso Principal	Hormigón armado	12.41 m²	1.49 m³	3425.27	53.327972	1137.674822
0_cimentación	Retalle de Solera de Hormigón	Hormigón armado	2.78 m²	0.56 m³	1278.3	19.901888	424.57787
0_cimentación	Solera de Hormigón armado de Gale	Hormigón armado	10.76 m²	0.65 m³	1451.96	22.261554	477.049257
0_cimentación	Solera Lateral en Hormigón	Hormigón armado	32.56 m²	1.95 m³	4419.9	68.032548	1456.214693
0_cimentación	Acero de refuerzo	Acero--		0.972 m³	7630.2	467.2581	6604.9986
0_cimentación: 31			835.34 m²	244.23 m³	561274.33	9024.53879	189548.848
1_Muros	Muro Cerramientos Verticales	Bloques de Hormigón	483.12 m²	32.30 m³	43458.35	661.109183	14199.81308
1_Muros	Muro perimetral de plataforma	Bloques de Hormigón	28.18 m²	1.88 m³	4235.93	65.048054	1393.289479
1_Muros	Muros de compartimentación Interior	Bloques de Hormigón	776.73 m²	51.85 m³	69766.2	1061.316785	22795.78071
1_Muros	Retalles de hormigón	Bloques de Hormigón	15.46 m²	1.03 m³	2323.46	35.679735	764.238062
1_Muros: 148			1303.48 m²	87.06 m³	119783.94	1823.153757	39153.12133
2_Cubiertas	Cubierta general	Hormigón Armado	796.89 m²	47.81 m³	108177.96	1665.109232	35641.12483
2_Cubiertas	Cubierta Paraboloide Mayor	Hormigón Armado	80.18 m²	4.81 m³	10885.02	167.545601	3586.259433
2_Cubiertas	Cubiertas Paraboloide menores	Hormigón Armado	39.39 m²	2.36 m³	5346.77	82.299165	1761.587023
2_Cubiertas	Antepechos en cubiertas 0.20	Bloques de Hormigón	156.95 m²	10.46 m³	23594.63	362.325542	7760.791178
2_Cubiertas: 122			1073.41 m²	65.45 m³	148004.37	2277.279541	48749.76246

3_Revestimientos	Revestimiento de Marmol	Mármol	92.44 m²	5.08 m³	7236.06	106.991682	2360.643228
3_Revestimientos	Revestimiento de Baldosas Piso	Baldosas de Piso-	383.22 m²	7.66 m³	16861.49	205.322313	5447.962929
3_Revestimientos: 17			475.66 m²	12.75 m³	24097.55	312.313995	7808.606158
4_Carpinteria	Ventana 0.55m x .62 m	Perfiles metalicos + vidrio	12.93 m²	0.12 m³	315.8	6.177203	31.354643
4_Carpinteria	Ventanas 0.80m x 1.25m	Perfiles metalicos + vidrio	7.46 m²	0.06 m³	165.16	3.405598	27.372674
4_Carpinteria	Ventana .55m x 1.25m	Perfiles metalicos + vidrio	2.79 m²	0.02 m³	66.25	1.306839	7.269686
4_Carpinteria	Ventanas 1.80m x 1.25m	Perfiles metalicos + vidrio	50.67 m²	0.41 m³	1084.78	22.687496	199.841702
4_Carpinteria	Ventana fontal 2.10 Altura	Perfiles metalicos + vidrio	30.98 m²	0.26 m³	682.36	14.17288	119.540604
4_Carpinteria	Ventana Frontal 2.10 m	Perfiles metalicos + vidrio	40.50 m²	0.34 m³	902.8	18.430491	138.028376
4_Carpinteria	Ventanas con altura 2.10	Perfiles metalicos + vidrio	30.64 m²	0.26 m³	675.68	14.021825	117.598963
4_Carpinteria	Puertas exteriores 0.78	Madera Roble-	15.13 m²	0.15 m³	111.8	0.921988	6.164359
4_Carpinteria	Puertas interiores 0.78	Madera Caoba-	22.69 m²	0.22 m³	154.46	0.562838	1.141121
4_Carpinteria	Puertas interiores de 1 panel	Madera Caoba-	71.34 m²	0.69 m³	481.25	1.753691	3.555508
4_Carpinteria	Puerta Exterior Principal .90*2.05	Madera Roble-	8.09 m²	0.08 m³	63.66	0.525032	3.510334
4_Carpinteria	Ventana Dintel Frontal	Perfiles metalicos + vidrio	2.20 m²	0.02 m³	58.54	1.130413	4.894438
4_Carpinteria	Ventanas Dinteles	Perfiles metalicos + vidrio	23.28 m²	0.20 m³	540.67	10.420002	43.910974
4_Carpinteria	Ventanas Tipo Dintel	Perfiles metalicos + vidrio	25.48 m²	0.22 m³	597.35	11.437729	43.832957
4_Carpinteria	System Panel: Ventana celosia	Ventanas Vidrio-	9.67 m²	0.25 m³	621.71	16.471704	332.152846
4_Carpinteria: 243			353.86 m²	3.30 m³	6522.28	123.425729	1080.169186
Total general: 561			4109.04 m²	423.83 m³	946337.05	13560.71181	286340.5071

Tabla 1.18, Resultados por grupo de elementos constructivos en categoría GWP y CED, para fase de Deproducción en ACV del Modelo 1. Fuente: elaboración propia

Tras obtener los resultados de la fase de deproducción, observamos que, en comparación con la fase de producción de los materiales, esta tiene menores impactos medioambientales en relación a **(kg Co2-eq) y (MJ)**.

Sin embargo, para el sistema tradicional de construcción del modelo 1, los bloques de hormigón para muros y el hormigón armado de cubiertas y cimentación hace que la carga medioambiental siga siendo elevada, es decir, para la deproducción de la obra las actividades o procesos son menores, pero el material sigue siendo el mismo y mantiene unos impactos medioambientales

significativos, ocupando la cimentación como elemento estructural con mayor masa un 66.5% de la producción de (kg Co2-eq).

También, cabe destacar que el revestimiento de mármol y baldosas de piso, para la fase de deproducción mantiene impactos ambientales del 3% en promedio.

Las cubiertas, por su parte engloban el 17% del impacto.

7.1 Interpretación de resultados ACV. Modelo

Obtenidos los resultados de cada una de las fases que intervienen en el ACV del modelo 1, en las respectivas categorías de impacto GWP y CED, se presentan los resultados totales de las fases, según la categoría de impacto.

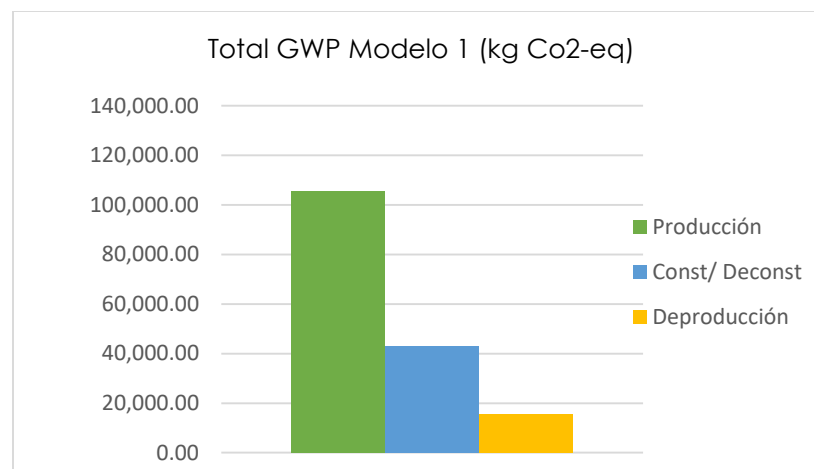
Resultados GWP 100a (kg Co2-eq) y Cumulative Energy Demand (MJ):

Fases para GWP	Total por fase (kg Co2-eq)	Total con transportes sumados (kg Co2-eq)
GWP Producción	105,651.66	105,651.66
GWP Transporte 1	2,814.42	43,192.64
GWP Construcción/ De-Construcción	40,378.22	
GWP Transporte a disposición Final	2,026.38	15,587.09
GWP Deproducción	13,560.71	
Totales		164,431.4031

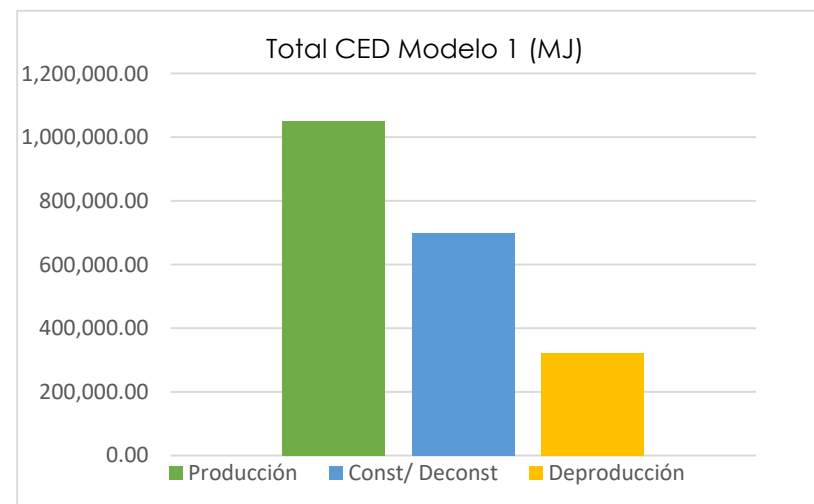
Tabla 1.19, Resultados por fases en categoría GWP de ACV del Modelo 1. Fuente: elaboración propia

Fases para CED	Total por fase (MJ)	Total con transportes sumados (MJ)
CED Producción	1,049,788.18	1,049,788.18
CED Transporte 1	48,311.05	697,703.97
CED Const/ Deconst	649,392.91	
CED Transporte a disposición final	34,783.95	321,124.46
CED Deproducción	286,340.51	
Totales		206,8616.62

Tabla 1.20, Resultados por fases en categoría CED de ACV del Modelo 1. Fuente: elaboración propia



Grafica 1.12. Impacto en categoría GWP por fases en acv del modelo 1, Fuente: elaboración propia



Grafica 1.13. Impacto en categoría CED por fases en acv del modelo 1, Fuente: elaboración propia.

8. Propuestas de Mejora del diseño con nuevos materiales.

Una vez obtenidos los valores correspondientes a cada fase de las dos categorías de impacto analizadas en el modelo 1, se considera necesario realizar propuestas de mejora en el modelo de la residencia Nader, sin intervenir en su diseño arquitectónico funcional. Para ello, utilizaremos propuestas de la implementación de nuevos materiales locales en Santo Domingo y sistemas constructivos ligeros, con el objetivo de proponer un modelo que minimice las cargas medio ambientales, optimicé los costes de obra, y sea un poco más ligero y de rápido montaje, que una obra tradicional pesada.

Para poder realizar las propuestas de mejora en el modelo, nos basamos en los resultados del ACV presentado anteriormente, en donde la cimentación se expresa como principal elemento generador de impacto en las categorías GWP Y CED, seguidos por las cubiertas, muros y revestimiento.

Tomando en cuenta dicho análisis, proponemos para la cimentación 2 opciones, que tienen como finalidad lograr el mismo efecto de plataforma o pódium sobre la que el arquitecto diseño la residencia Nader, pero con la reducción de las cargas medioambientales en relación a las 2 categorías de impacto analizadas en este trabajo.

Por su parte, el sistema Caviti utiliza la incorporación de elementos plásticos como encofrados para la

construcción, constando de elementos prefabricados de polipropileno reciclado que se ensamblan entre sí, formando un encofrado continuo con sus propios apoyos, en cantos que van desde los 5 a los 70 cm.

Detalle de Cimentación / sistema Caviti

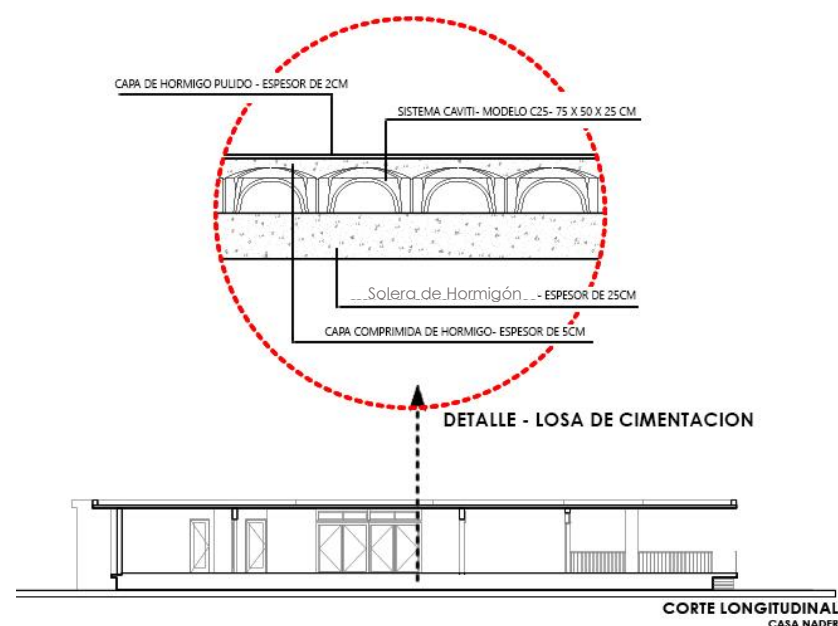


Figura 99. Detalle de sistema Caviti propuesto para solera en modelo Nader. Fuente: Elaboración Propia

La losa de cimentación debe tener un canto de 0.60 mts, por lo cual, se propone una losa de hormigón de 0.25 cm, el sistema Caviti en modelo c25. (25 cm de espesor) y la capa de compresión de hormigón de 5cm, agregando, además el mortero de terminación y hormigón para el piso pulido.

Como otra opción de cimentación, a poco que se aligere el modelo en cubiertas, envolventes y muros interiores, podremos aligerar la cimentación en su relación al canto que posee. Por ello, variaremos el canto de la losa en relación a los elementos que soporta y se propone un muro perimetral continuo de canto 0.62 cm, con espesor de 1 metro y 25 cm de losa.

DETALLE CONSTRUCTIVO- LOSA ALIGERADA

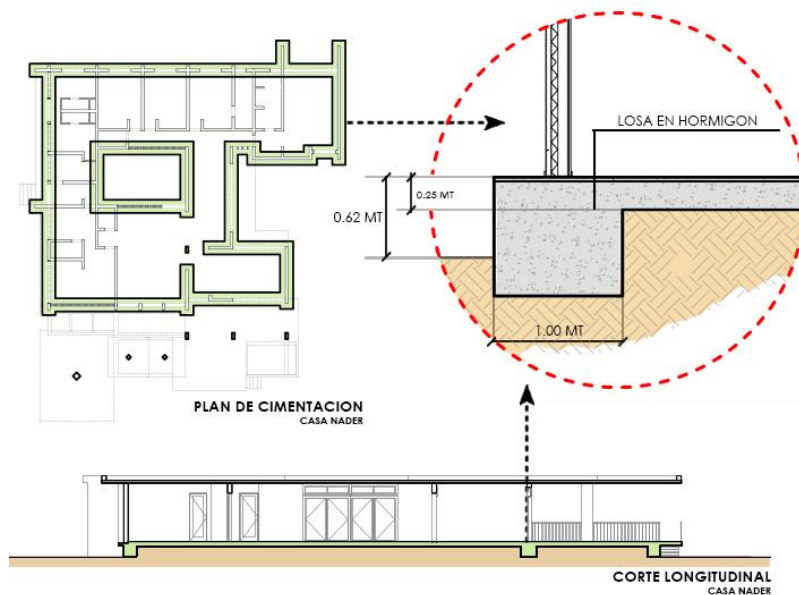
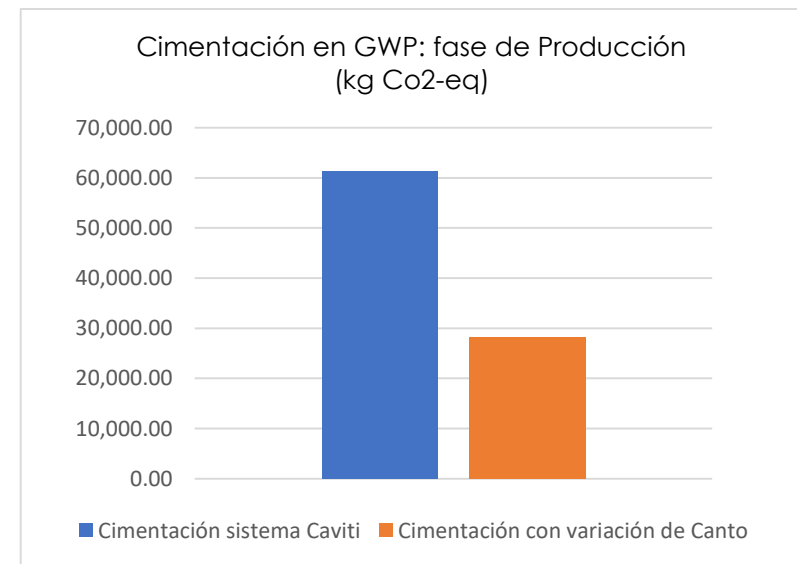


Figura 100. Detalle de Variación de Canto propuesto para losa en modelo Nader.
Fuente: Elaboración Propia

Con estas dos propuestas conseguimos mantener la estética de plataforma en la vivienda, sin embargo, por el material empleado en cada una de ellas, los impactos medioambientales varían en función de las operaciones

y procesos para su producción, construcción y reproducción. La losa de cimentación con el modelo Caviti produce casi el doble de impacto que la losa en donde varía el canto de hormigón. Todo esto porque el polipropileno (polímero plástico) empleado para este sistema, tiene unos valores de impacto ambiental elevado.

En comparativa la cimentación con el material de polipropileno alcanza 61,270.85 (kg Co2-eq) y la cimentación con la variación de canto utilizando el mismo material Hormigón 28,266.51(kg Co2-eq) minimizando su impacto 2 veces más que la opción 1.



Grafica 1.14. Propuestas de Cimentación en fase de producción para categoría GWP en función del material para modelo Nader. Fuente: Elaboración Propia

DETALLE CONSTRUCTIVO-FORJADO COLABORANTE

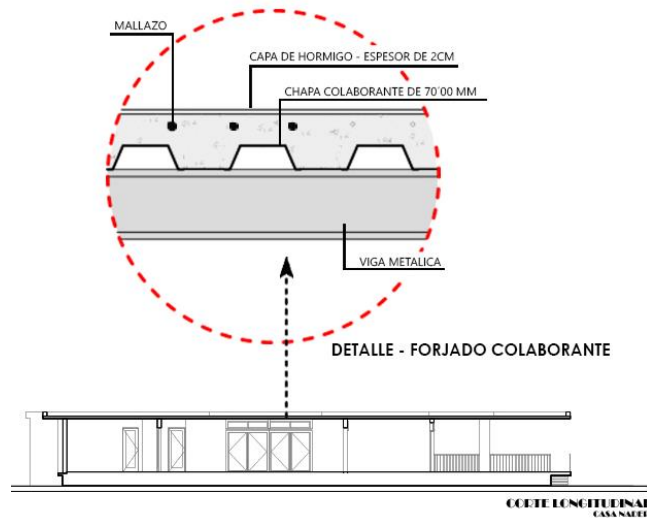


Figura 101. Sistema constructivo losa aligerada en modelo 2 Nader. Fuente: Elaboración Propia

Para la cubierta se emplea el sistema de forjado colaborante con chapa de acero de 70 mm y vigas metálicas de soporte.

En relación a los muros interiores y exteriores todo diseño necesita un cerramiento, ¿pero puede este cerramiento tener elementos auto portantes por si solo? Pensando en eso, se propone un sistema estructural de paneles sándwich con alma de polietileno expandido, con una perfilera de acero como soporte y un revestimiento de Alocubond de 0.5 mm en la parte exterior, y acabado interior de panel cartón yeso de 12 mm. Mientras, para los muros interiores, se propone

DETALLE CONSTRUCTIVO DE ENVOLVENTE VERTICAL (FACHADA) Y TABQUERIA (Casa Nader)

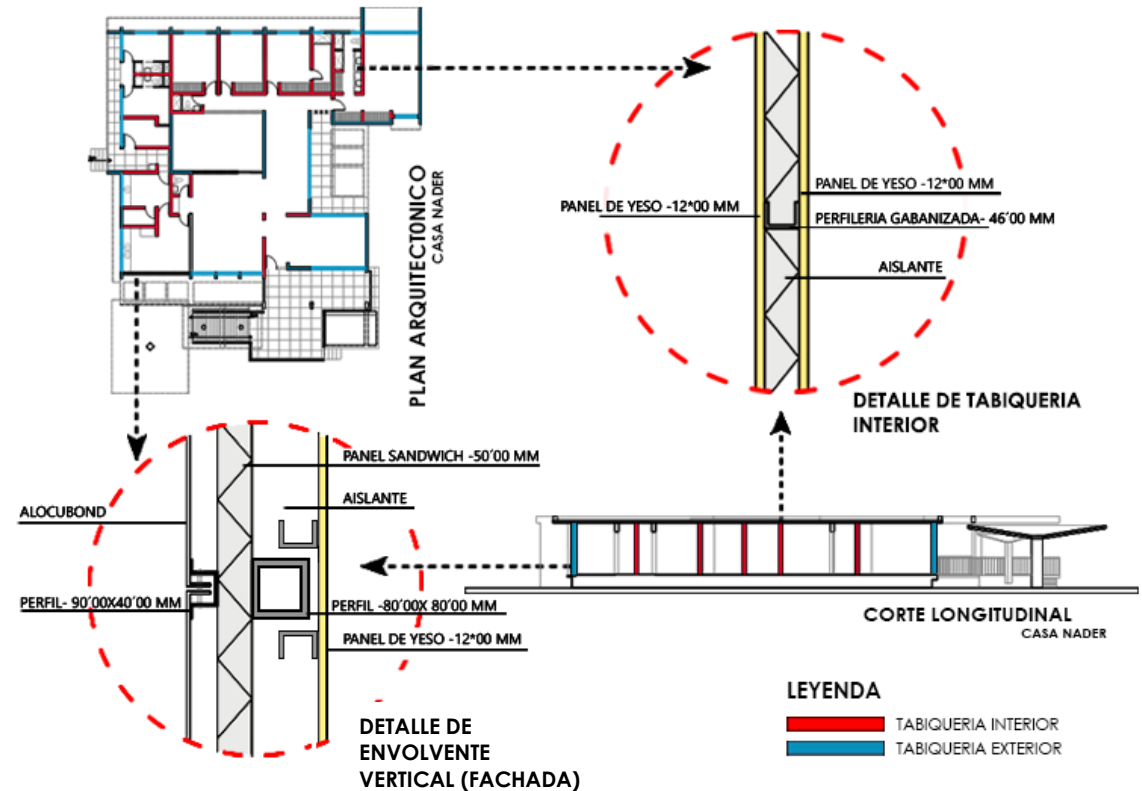


Figura 102. Sistemas constructivos de cerramiento para muros exteriores e interiores en modelo 2 Nader. Fuente: Elaboración Propia

una tabiquería ligera de paneles cartón yeso de 12 mm, con aislamiento de lana de roca de 46 mm.

8.1 Cuantificación de materiales Modelo 2.

A partir del modelo BIM original (o modelo 1), y generadas las propuestas de mejora en el sistema estructural e implementación de materiales en la edificación presentadas con anterioridad, procedemos al análisis de ciclo de vida, de lo que denominamos el Modelo 2.

A continuación, presentamos la cuantificación de materiales con la nueva materialidad sin afectar el diseño arquitectónico y tras esta, los resultados de ACV del modelo 2 para futura comparación entre ellos.

0_Cuantificación Materiales Modelo 2					
Comentarios	Familia y tipo	Material: Nombre	Material: Volumen	Material: Área	Masa (kg)
0_cimentación	Concrete-Rectangular-Column: Columna 40X40	M2_Hormigón Armado	0.40 m³	4.34 m²	923.68
0_cimentación	Concrete-Rectangular-Column: Columna 25X25	M2_Hormigón Armado	0.17 m³	2.81 m²	385.25
0_cimentación	Concrete-Rectangular-Column: Columna 25X25 mm	M2_Hormigón Armado	0.15 m³	2.53 m²	345
0_cimentación	Muro básico: Escalones 2do acceso	M2_Hormigón Armado	0.20 m³	0.25 m²	470.36
0_cimentación	Muro básico: Escalones de acceso	M2_Hormigón Armado	0.10 m³	0.25 m²	235.62
0_cimentación	Muro perimetral de Fuente	M2_Hormigón Armado	1.44 m³	21.53 m²	3236.43
0_cimentación	Suelo: Forjado de Hormigón armado en Galería	M2_Hormigón Armado	0.65 m³	10.76 m²	1451.96
0_cimentación	Suelo: Forjado Lateral de terraza en Hormigón	M2_Hormigón Armado	1.97 m³	32.84 m²	4457.8
0_cimentación	Suelo: Forjado Principal	M2_Hormigón Cimentación	71.62 m³	286.48 m²	164724.59
0_cimentación	Suelo: Losa General de Cimentación Hormigón A.	M2_Hormigón Cimentación	57.10 m³	95.17 m²	131338.03
0_cimentación	Suelo: Rampa de Acceso Principal	M2_Hormigón Cimentación	1.49 m³	12.41 m²	3425.27
0_cimentación	Acero de refuerzo en losa Cimentación según cuantía Mínima	Acero	0.54116m³		4248.106
			135.8311	469.35	315242.096
1_Muros	Muro básico: Cerramientos Verticales	M2_bloques de hormigón	21.65 m³	958.79 m²	5401.77
1_Muros	Muro básico: Muros de compartimentación Interior	M2_bloques de hormigón	18.43 m³	789.94 m²	5418.98
1_Muros	Perfiles Acero/ Estructura de soporte para paneles Sandwich	Acero	0.3550 m³		2786.25
			40.09	1748.72	13607
2_Cubiertas	Cubierta básica: Cubierta general	M2_Hormigón Armado	35.28 m³	1233.68 m²	81126.75
2_Cubiertas	Cubierta básica: Cubierta paraboloide Mayor	M2_Hormigón Armado	4.81 m³	80.18 m²	10885.02
2_Cubiertas	Cubierta básica: Cubiertas paraboloide menores	M2_Hormigón Armado	2.36 m³	39.39 m²	5346.77
2_Cubiertas	Antepechos en cubierta	M2_Hormigón Armado	3.09 m³	157.19 m²	1453.18
2_Cubiertas	Viga de acero/ Estructura de soporte para forjado Colaborante	acero	0.3550 m³		2786.25
			45.54	1510.44	101597.97
3_Revestimientos	Suelo: Piso de yeso Cemento	M2_Piso de Yeso Cemento-	7.51 m³	375.43 m²	15017.14
			7.51	375.43	15017.14

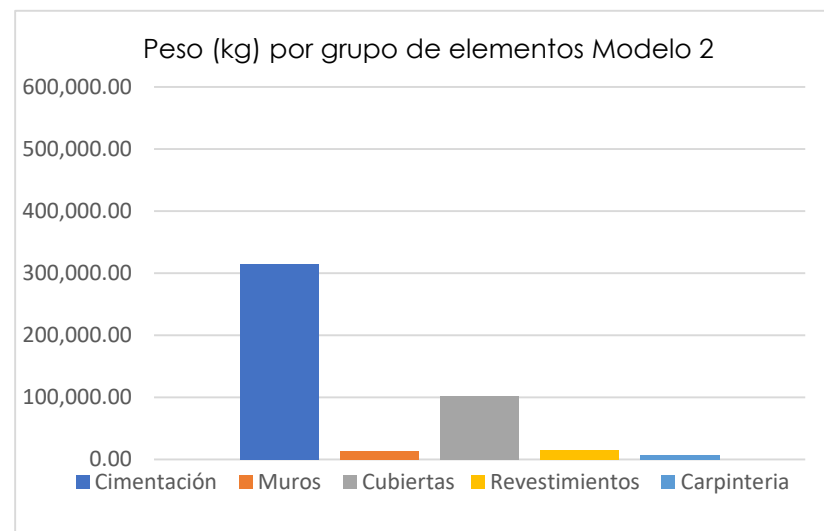
2_Cubiertas	Viga de acero/ Estructura de soporte para forjado Colaborante	acero	0.3550 m³		2786.25
			45.54	1510.44	101597.97
3_Revestimientos	Suelo: Piso de yeso Cemento	M2_Piso de Yeso Cemento-	7.51 m³	375.43 m²	15017.14
			7.51	375.43	15017.14
4_Elementos Carpinteria	1 Vantail - Droit: Ventana 0.55m x .62 m	Perfileria metalica + vidrio	0.12 m³	12.93 m²	315.8
4_Elementos Carpinteria	1 Vantail - Droit: Ventanas 0.80m x 1.25m	Perfileria metalica + vidrio	0.06 m³	7.46 m²	165.16
4_Elementos Carpinteria	3 Vantaux - Droits: Ventana .55m x 1.25m	Perfileria metalica + vidrio	0.02 m³	2.79 m²	66.25
4_Elementos Carpinteria	3 Vantaux - Droits: Ventanas 1.80m x 1.25m	Perfileria metalica + vidrio	0.41 m³	50.67 m²	1084.78
4_Elementos Carpinteria	Casement Dbl with Trim: Ventana fontal 2.10 Altura	Perfileria metalica + vidrio	0.26 m³	30.98 m²	682.36
4_Elementos Carpinteria	Casement Dbl with Trim: Ventana Frontal 2.10 m	Perfileria metalica + vidrio	0.34 m³	40.50 m²	902.8
4_Elementos Carpinteria	Casement Dbl with Trim: Ventanas con altura 2.10	Perfileria metalica + vidrio	0.26 m³	30.64 m²	675.68
4_Elementos Carpinteria	Door-Interior-Single-1_Panel-Wood: Puertas exteriores 0.78	Madera Roble-	0.15 m³	15.13 m²	111.8
4_Elementos Carpinteria	Door-Interior-Single-1_Panel-Wood: Puertas interiores 0.78	Madera Caoba-	0.22 m³	22.69 m²	154.46
4_Elementos Carpinteria	Door-Interior-Single-1_Panel-Wood: Puertas interiores de 1 panel	Madera Caoba-	0.69 m³	71.34 m²	481.25
4_Elementos Carpinteria	Door-Panel-Wood: Puerta Exterior Principal .90*2.05	Madera Roble-	0.08 m³	8.09 m²	63.66
4_Elementos Carpinteria	Fixed: Ventana Dintel Frontal	Perfileria metalica + vidrio	0.02 m³	2.20 m²	58.54
4_Elementos Carpinteria	Slider with Trim: Ventanas Dinteles	Perfileria metalica + vidrio	0.20 m³	23.28 m²	540.67
4_Elementos Carpinteria	Slider with Trim: Ventanas Tipo Dintel	Perfileria metalica + vidrio	0.22 m³	25.48 m²	597.35
4_Elementos Carpinteria	System Panel: Ventana celosia	Ventanas Vidrio-	0.25 m³	9.67 m²	621.71
			3.3	353.86	6522.27
Total general: 700			232.2711	4457.8	451986.476

Tabla 1.21, Cuantificación de materiales para el ACV del Modelo 2. Fuente: elaboración propia

	Modelo 2
Peso (kg)	451,986.48
Superficie construida (m2)	460
Peso/sup.const (kg/m2)	982.58

Grupo de Elementos	Peso (kg)
0_cimentación	315,242.10
1_Muros	13,607.00
2_Cubiertas	101,597.97
3_Revestimientos	15,017.14
4_Carpintería	6,522.28

Tabla 1.22, Resultados de cuantificación de materiales por grupo de elementos del modelo 2. Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.15. Pesos por Grupos de elementos constructivos en cuantificación del modelo 2, Fuente: elaboración propia.

Análisis de ciclo de vida modelo 2.

Para el Acv del modelo 2 los valores de impacto extraídos de ecoinvent son los siguientes:

BASE DE DATOS ACV MODELO 2						
MATERIAL	ITEM	DENSIDAD kg/m3	VALORES ECOINVENT	UNIDAD	GWP	CED
FASE: PRODUCCIÓN						
Alucobond	1171	2700	sheet rolling, aluminium	kg	0.59148	11.60824
Hormigón cimentación/ Forjado / Cubiertas	505	2300	concrete, sole plate and foundation, at plant	kg	160.82	1253.322
Aislamiento de Poliestireno Expandido	1835	15	polystyrene, expandable, at plant	kg	3.2933	89.49419
Chapa de Aluzinc Galvanizado	1171	2700	sheet rolling, aluminium	kg	0.59148	11.60824
Perfiles de estructura ACERO	1441	7850	reinforcing steel, at plant	kg	1.4854	23.32578
Panel Cartón Yeso Tabiquería	517	800	gypsum plaster board, at plant	kg	0.35341	6.053051
Aislamiento Lana de Roca	1000	30	rock wool, at plant	kg	1.4609	22.63469
Chapa acero Forjado Colaborante	1172	7850	sheet rolling, steel	kg	0.35927	6.472356
Piso de yeso cemento	501	2000	cement cast plaster floor, at plant	kg	0.1701	1.149935
mortero - cemento/ arena	537	2000	cement mortar, at plant	kg	0.19025	1.517845
Madera Caoba	2502	700	sawn timber, hardwood, raw, air dried, u=20%, at plant	kg	58.513	14066.89
puerta interior de madera	7153	700	door, inner, wood, at plant	m2	36.781	1807.062
puerta exterior de madera	7152	700	door, outer, wood-glass, at plant	m2	85.051	1758.2
Vidrio / ventana	813	2530	tempering, flat glass	kg	0.18174	3.603695
Marco Ventana/ Perfil Metalico	7147	2700	window frame, wood-metal, U=1.6 W/m2K, at plant	m2	239.29	6458.5
FASE: TRANSPORTE 1 y 2						
	1941		transport, lorry 3.5-16t, fleet average	t km	0.33165	5.585251
	1943		transport, lorry >16t, fleet average	t km	0.12534	2.154539
FASE: CONSTRUCCIÓN / DECONSTRUCCIÓN						
	559		diesel, burned in building machine	MJ	0.091414	1.382766
	698		electricity mix	Kwh	0.49853	10.39152
FASE: DEPRODUCCIÓN						
Alucobond	2090	2700	disposal, aluminium, 0% water, to municipal incineration	kg	0.034195	0.724194
Hormigón cimentación/ Forjado / Cubiertas	2148	2300	disposal, building, reinforced concrete, to final disposal	kg	0.015569	0.332142
Aislamiento de Poliestireno Expandido	2098	15	disposal, expanded polystyrene, 5% water, to municipal incineration	kg	3.1491	0.237511
Chapa de Aluzinc Galvanizado	2090	2700	disposal, aluminium, 0% water, to municipal incineration	kg	0.034195	0.724194
Perfiles de estructura ACERO	2156	7850	disposal, building, reinforcement steel, to recycling	kg	0.057225	0.865639
Panel Cartón Yeso Tabiquería	2151	800	disposal, building, plaster board, gypsum plaster, to recycling	kg	0.0032818	0.049643
Aislamiento Lana de Roca	2075	30	disposal, mineral wool, 0% water, to inert material landfill	kg	0.0070743	0.198528
Chapa acero Forjado Colaborante	2156	7850	disposal, building, reinforcement steel, to recycling	kg	0.057225	0.865639
Piso de yeso cemento	2145	2000	disposal, building, cement-fibre slab, to recycling	kg	0.0032818	0.049643
mortero - cemento/ arena	2007	2000	disposal, building, cement (in concrete) and mortar, to final disposal	kg	0.01397	0.307938
Madera Caoba	2052	700	disposal, building, waste wood, untreated, to final disposal	kg	0.013685	0.199367
puerta interior de madera	7157	700	disposal, building, door, inner, wood, to final disposal	m2	7.2806	14.75924
puerta exterior de madera	7156	700	disposal, building, door, outer, wood-glass, to final disposal	m2	4.742	31.70182
Vidrio / ventana	2017	2600	disposal, building, glass pane (in burnable frame), to final disposal	kg	0.026494	0.534253
Marco Ventana/ Perfil Metalico	7144	2700	disposal, building, window frame, wood-metal, to final disposal	m2	25.318	27.97215

Tabla 1.23., Impactos asociados a la categoría GWP y CED en ecoinvent para análisis de ciclo de vida del Modelo 2. Fuente: elaboración propia

Para el ACV del modelo 2, se utilizan las mismas herramientas de cálculo mediante Revit y tablas de Excel. A continuación, se presentan los resultados por categorías de impacto en las distintas fases de producción, construcción / deconstrucción y deproducción, para posteriormente hacer una comparativa entre los modelos 1 y 2.

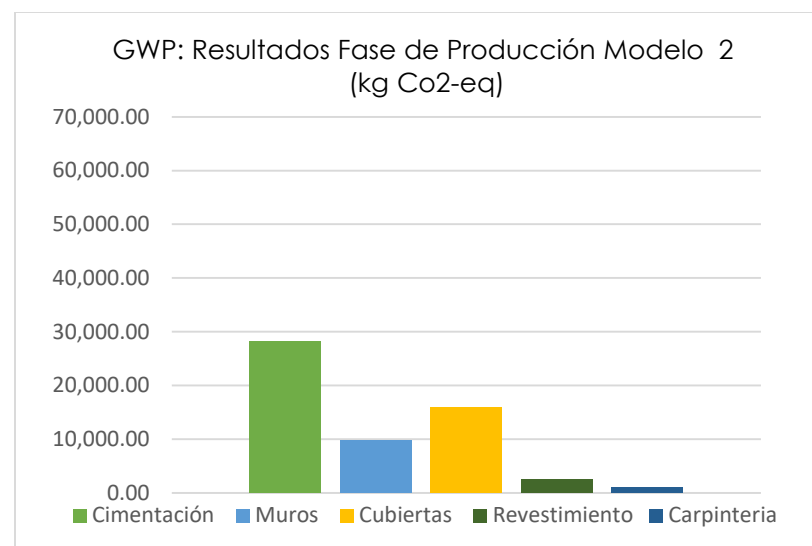
Fase de producción modelo 2.

Grupo de Elementos	Total GWP (kg Co2-eq)
0_cimentación	28,266.51
1_Muros	9,833.39
2_Cubiertas	15,945.79
3_Revestimientos	2,554.42
4_Carpintería	1,041.70

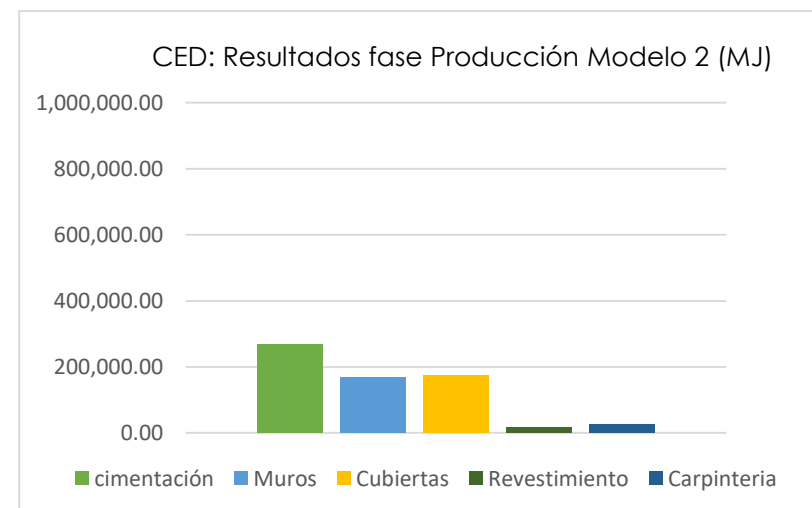
Tabla 1.24, Resultados por grupo de elementos en categoría GWP para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

Grupo de Elementos	Total CED (MJ)
0_cimentación	269,823.78
1_Muros	170,178.00
2_Cubiertas	174,935.41
3_Revestimientos	17,268.73
4_Carpintería	25,804.65

Tabla 1.25, Resultados por grupo de elementos para categoría CED para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.16. Resultados por grupo de elementos en categoría GWP para el modelo 2, Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.17, Resultados por grupo de elementos para categoría CED para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

para la fase de producción del acv del modelo 2, las gráficas presentadas arrojan como resultado que la cimentación produce el 49% del total medioambiental en categoría GWP. Seguido de las cubiertas que ocupan el 28%, mientras los muros ocupan el 17% de los 57,641.79 kg co2-eq.

Los revestimientos en el modelo 2, se proponen de alocubond como fachada ventilada y la vivienda deja de tener baldosas cerámicas en piso, pasando a ser hormigón pulido. De acuerdo a estos cambios, el impacto de los revestimientos es del 5% en Global Warming Potential.

En relación, a la categoría de energía acumulada (CED) los elementos constructivos de cimentación ocupan el 41%, las cubiertas el 27% y muros representan el 25%.

Transporte de fábrica a obra para modelo 2

Respecto al transporte de fábrica a obra para el modelo 2, cabe destacar que los materiales provienen de la ciudad de La Romana, en república dominicana, por lo cual a través de google maps se trazó la ruta para determinar la distancia desde la fábrica KOSFS productora del panel sándwich propuesto para el modelo 2.

La distancia estimada desde la Romana al sector Piantini en Santo Domingo es de 110 km.

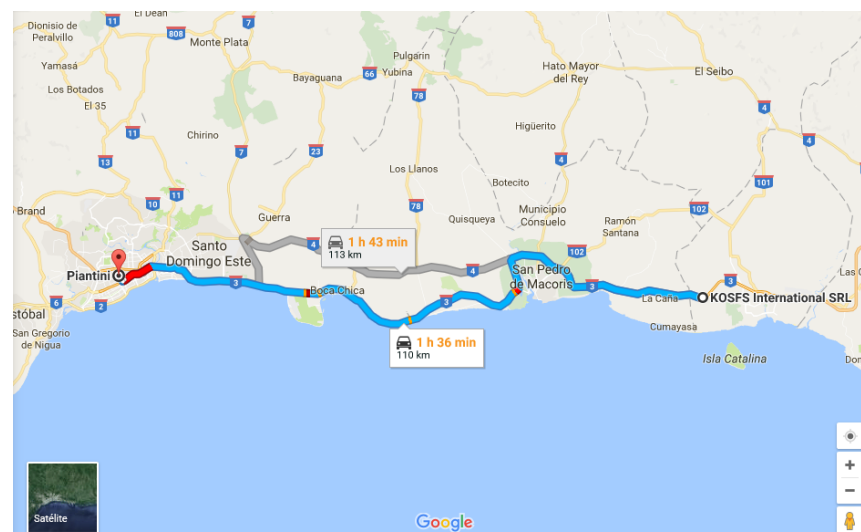


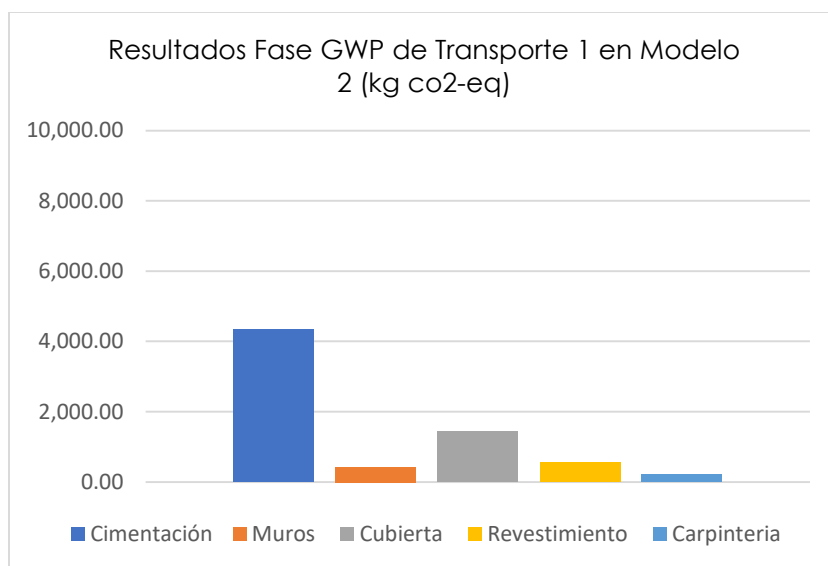
Figura 99. Distancia transporte de fábrica KOSFS International SRL a la obra
Fuente: Google maps

Los valores de ecoinvent asociados al segundo modelo siguen siendo los mismos. Por lo cual las gráficas varían en función de la distancia entre modelo 1 y 2.

Para categoría GWP los resultados por grupo de elementos son:

Grupo de Elementos	GWP Transporte 1 (kg co2-eq)
0_cimentación	4,346.37
1_Muros	420.25
2_Cubiertas	1,433.75
3_Revestimientos	547.85
4_Carpintería	214.74

Tabla 1.26, Resultados por grupo de elementos para transporte 2 en categoría GWP para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

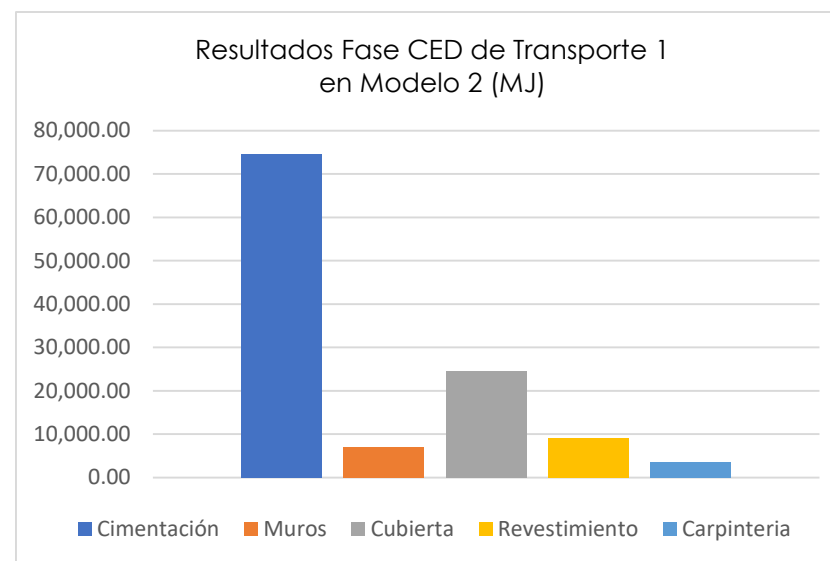


Grafica 1.18, Resultados por grupo de elementos para categoría GWP en transporte 1 para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

Para la categoría CED (MJ) los resultados del transporte 1 son:

Grupo de Elementos	CED Transporte 1 (MJ)
0_cimentación	74,712.14
1_Muros	7,093.41
2_Cubiertas	24,627.03
3_Revestimientos	9,226.19
4 Elementos Carpintería	3,616.42

Tabla 1.26, Resultados por grupo de elementos para transporte 2 en categoría CED para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.



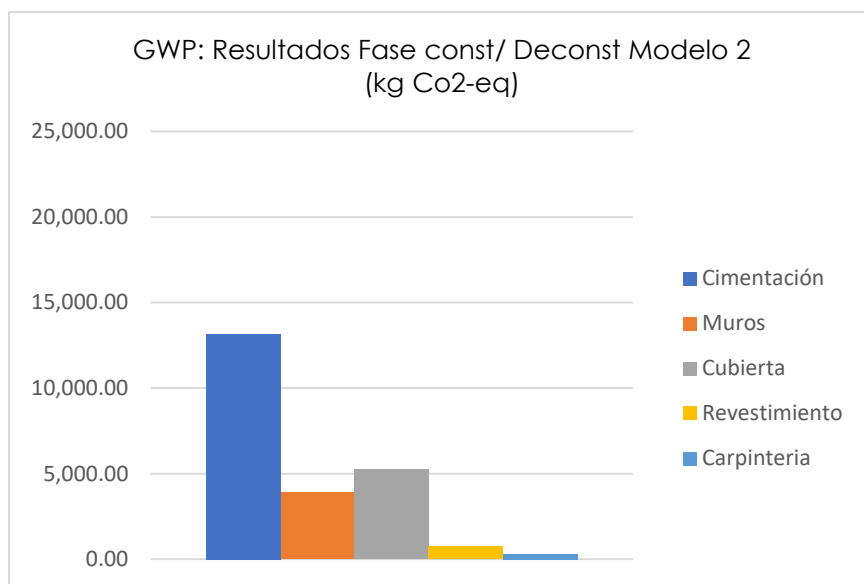
Grafica 1.19, Resultados por grupo de elementos para categoría CED en transporte 1 para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

Fase de construcción- deconstrucción para modelo 2

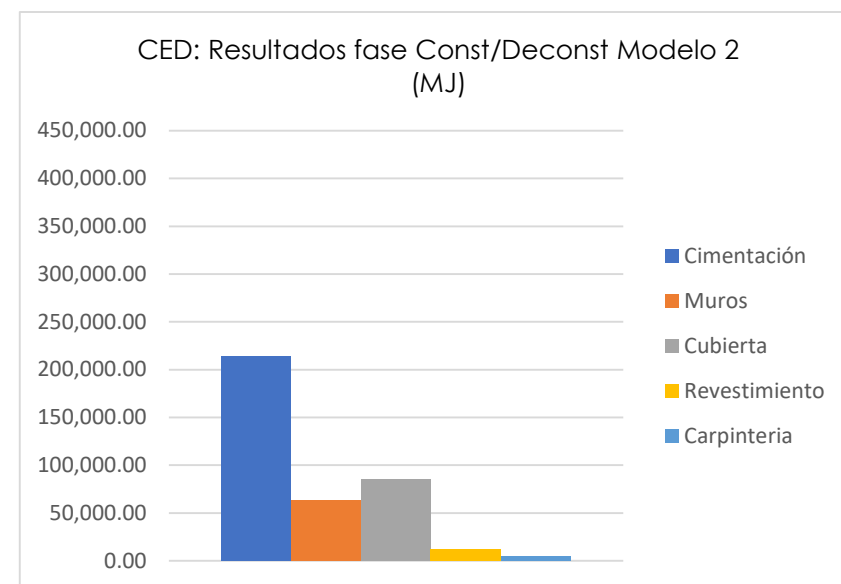
Para la fase de construcción/ deconstrucción el cálculo de (Electricidad kWh y Diésel MJ empleados en los procesos de montaje y desmontaje de obra para el modelo 2, arroja los siguientes resultados:

Grupo de Elementos	GWP Const/ Deconst (kg Co2-eq)
0_cimentación	13,174.53
1_Muros	3,922.43
2_Cubiertas	5,249.54
3_Revestimientos	728.27
4_Carpintería	306.81

Tabla 1.27, Resultados por grupo de elementos para fase const/ deconst en categoría GWP para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.20, Resultados por grupo de elementos para categoría GWP en fase const/deconst para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.



Grafica 1.21, Resultados por grupo de elementos para categoría CED en fase const/deconst para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

Para la categoría Cumulative Energy Demand (MJ) los resultados son:

Grupo de Elementos	CED Const/ Deconst (MJ)
0_cimentación	213,910.66
1_Muros	63,687.19
2_Cubiertas	85,235.11
3_Revestimientos	11,824.75
4_Carpintería	4,981.58

Tabla 1.28, Resultados por grupo de elementos para fase const/ deconst en categoría CED para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

Fase de Transporte 2, disposición Reciclaje Modelo 2

Para esta fase a diferencia del modelo 1, todos los materiales van a disposición final de reciclaje no a vertedero para contribuir a la disminución de las cargas medio ambientales del manejo de residuos de construcción.

Para la distancia estimada de plantas de reciclaje de materiales de construcción a la ubicación del modelo Residencia Nader existen 2, de 11 km y 24 km, tomadas desde la herramienta de Google maps.

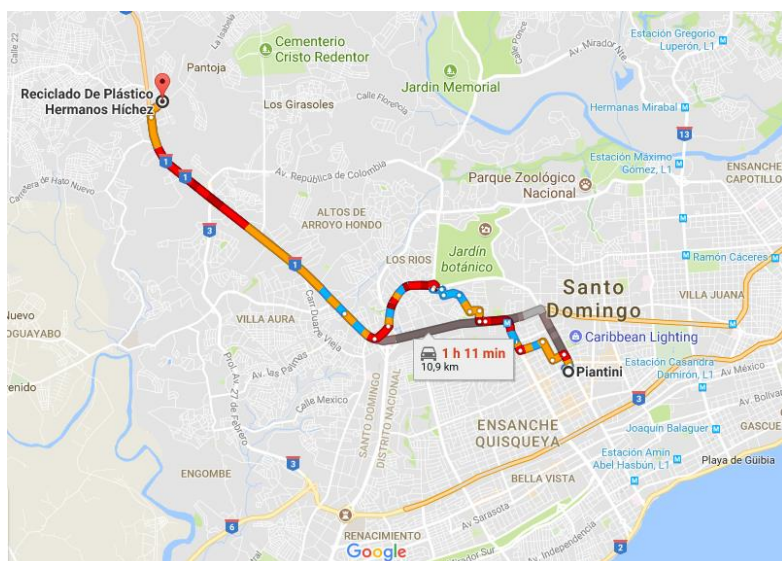


Figura 100. Distancia transporte 2 11 km del modelo 2 a planta de reciclaje Fuente: Google maps

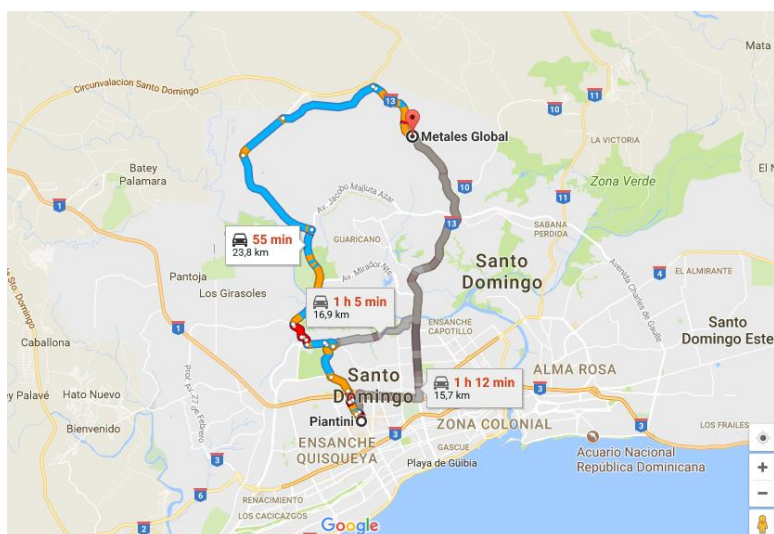
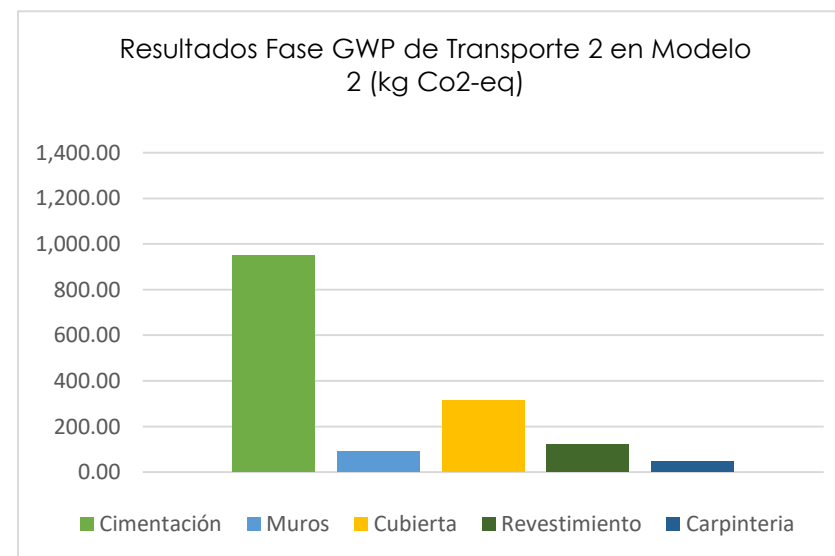


Figura 101. Distancia transporte 2, 24 km del modelo 2 a planta de reciclaje Fuente: Google maps

Para el ACV del modelo 2, la distancia aproximada para todos los elementos constructivos es 24 km. Los resultados en categoría GWP y CED para transporte 2 son:

Grupo de Elementos	GWP Transporte 1 (Kg Co2-eq)
0_cimentación	948.29
1_Muros	91.69
2_Cubiertas	312.82
3_Revestimientos	119.53
4_Carpintería	46.85
Total	1,519.19

Tabla 1.29, Resultados por grupo de elementos para transporte 2 en categoría GWP para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

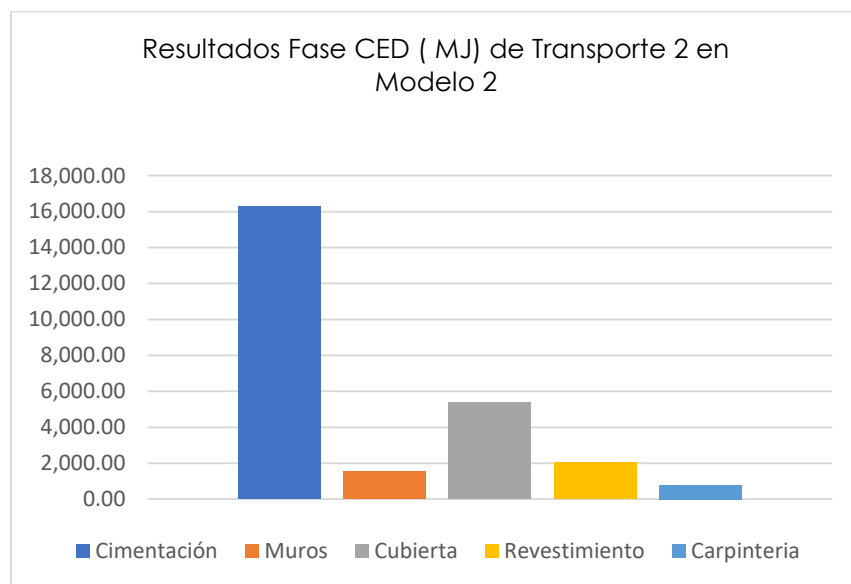


Grafica 1.22, Resultados por grupo de elementos para categoría GWP en fase de transporte 2 para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

Para categoría CED (MJ):

Grupo de Elementos	CED Transporte 1 (MJ)
0_cimentación	16,290.82
1_Muros	1,547.66
2_Cubiertas	5,373.17
3_Revestimientos	2,012.99
4_Carpintería	789.04
total	26,013.67

Tabla 1.30, Resultados por grupo de elementos para transporte 2 en categoría CED para el modelo 2. Fuente: elaboración propia



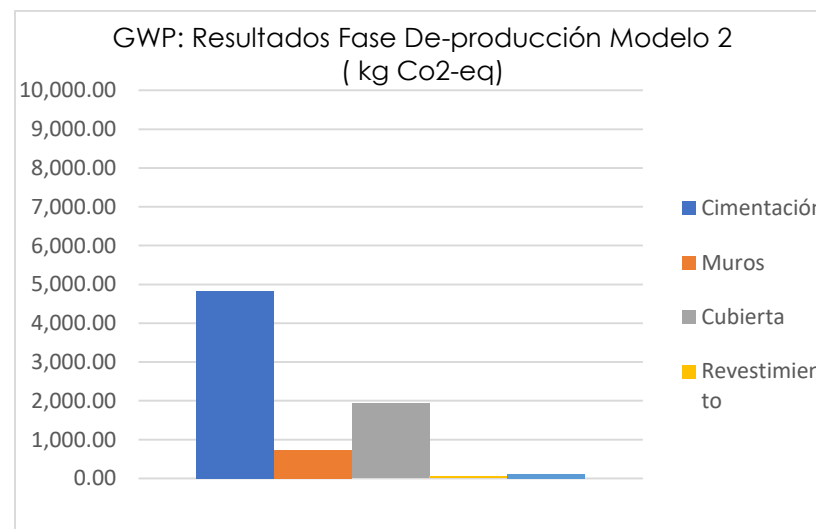
Grafica 1.23, Resultados por grupo de elementos para categoría CED en fase de transporte 2 para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

Fase de deproducción para ACV modelo 2

En la fase de deproducción los materiales utilizados en el modelo 2 presentan los siguientes resultados por categoría de impacto:

Grupo de Elementos	GWP Deproducción (kg Co2-eq)
0_cimentación	4,840.03
1_Muros	737.31
2_Cubiertas	1,929.61
3_Revestimientos	49.29
4_Carpintería	110.12
Total	7,666.36

Tabla 1.31, Resultados por grupo de elementos constructivos para fase de deproducción en categoría GWP para el modelo 2. Fuente: elaboración propia

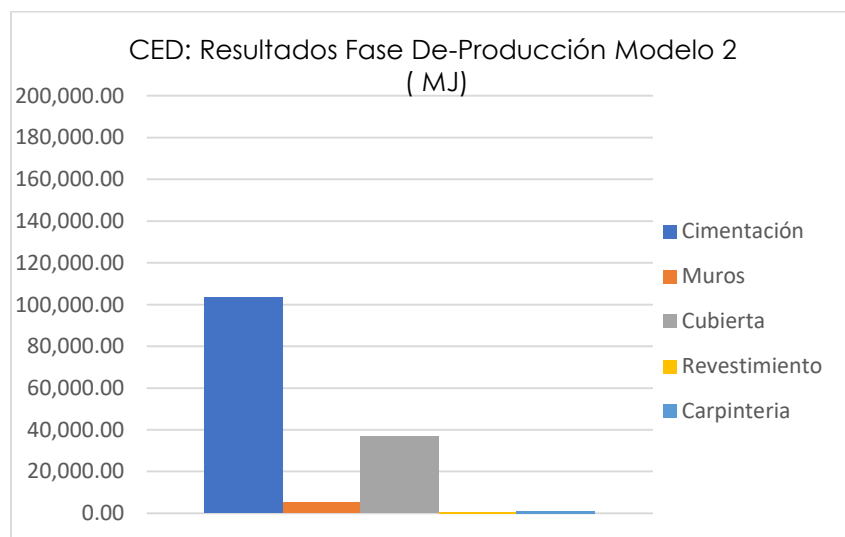


Grafica 1.24, Resultados por grupo de elementos constructivos para categoría GWP en fase de deproducción para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

Para la categoría de CED en fase de deproducción los resultados son:

Grupo de Elementos	CED Deproducción(MJ)
0_cimentación	103,266.42
1_Muros	5,199.54
2_Cubiertas	36,818.16
3_Revestimientos	745.50
4_Carpintería	1048.76
Total	147,078.37

Tabla 1.32, Resultados por grupo de elementos constructivos para fase de deproducción en categoría CED para el modelo 2. Fuente: elaboración propia



Grafica 1.24, Resultados por grupo de elementos constructivos para categoría CED en fase de deproducción para el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

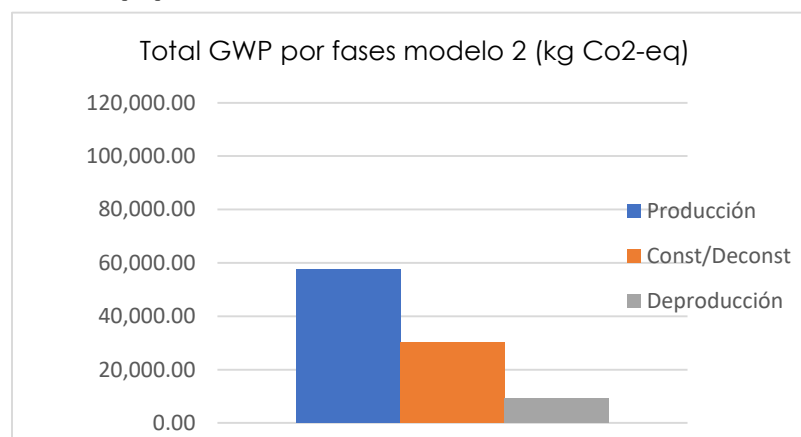
Interpretación de resultados ACV modelo 2

Una vez obtenidos los resultados de cada una de las fases que intervienen en el ACV del modelo 2, en las respectivas categorías de impacto GWP y CED, presentamos los totales según la categoría de impacto.

Resultados Global Warming Potential: GWP 100a (kg Co2-eq).

Fases para GWP	Total por fase (kg Co2-eq)	Total con transportes sumados (kg Co2-eq)
GWP Producción	57,641.79	57,641.79
GWP Transporte l	6,962.95	30,344.52
GWP Const / Deconst	23,381.57	
GWP Transporte a reciclaje	1,519.18	9,185.55
GWP Deproducción	7,666.37	
Totales		97,171.85

Tabla 1.33, Resultados por Fases para categoría GWP en el modelo 2. Fuente: elaboración propia

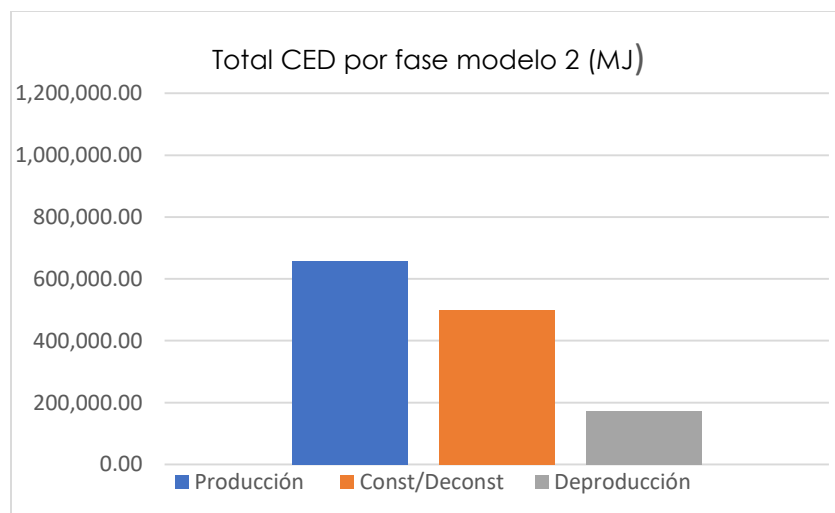


Grafica 1.25, Resultados por fases para categoría GWP en el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

Resultados Cumulative Energy Demand (MJ)

Fases para CED	Total por fase (MJ)	Total con transportes sumados (MJ)
CED Producción	658,010.57	658,010.57
CED Transporte 1	119,275.19	498,914.47
CED Const/ Deconst	379,639.29	
CED Transporte a reciclaje	26,013.67	173,092.04
CED Deproducción	147,078.38	
Total		1,330,017.09

Tabla 1.34, Resultados por Fases para categoría CED en el modelo 2. Fuente: elaboración propia



Grafica 1.26, Resultados por fases para categoría CED en el modelo 2. Fuente: elaboración propia.

En las gráficas anteriores de los totales por fase en categorías GWP y CED, correspondientes al Análisis de Ciclo de Vida del Modelo 2, se observa que, por la

materialidad implementada en la edificación, la fase con mayor carga medioambiental es la de producción o fabricación de los materiales, seguida de la fase de construcción/deconstrucción en obra y montaje, mientras la fase de deproducción es la de menor impacto.

8.1 Comparación de resultados entre el modelo BIM original (modelo 1) y el modelo 2.

Tras una presentación de resultados del respectivo análisis de ciclo de vida para el modelo 1 y 2, en sus distintas fases y categorías de impacto, se considera necesario realizar la comparación entre los resultados obtenidos para cada modelo.

Esto, con la finalidad de identificar las diferencias, ventajas y desventajas de la elección de los materiales a la hora de producir el menor impacto medioambiental en una obra arquitectónica y posteriormente, sacar conclusiones finales.

Para la comparación entre los dos modelos, en primer lugar, se expresan los resultados obtenidos en función de la superficie construida correspondiente a cada modelo y los resultados de GWP se expresarán en kg Co2-eq, mientras, los resultados obtenidos de la categoría CED, se expresan en MJ.

De forma general, se comprueba que el modelo 1 es el que más peso tiene, por los grupos de elementos y materiales utilizados. Como bien se ha indicado anteriormente, este modelo posee un sistema estructural de mampostería de block y el hormigón armado como material principal. Por su parte, en el modelo 2, a poco que se aligero la cimentación, las cubiertas y los muros, con el uso de otros materiales, redujo su peso en un 48% de la totalidad.

	Peso (KG)	Peso/sup.const (kg/m2)
Modelo 1	859,702.74	1,868.92
Modelo 2	451,986.48	982.58

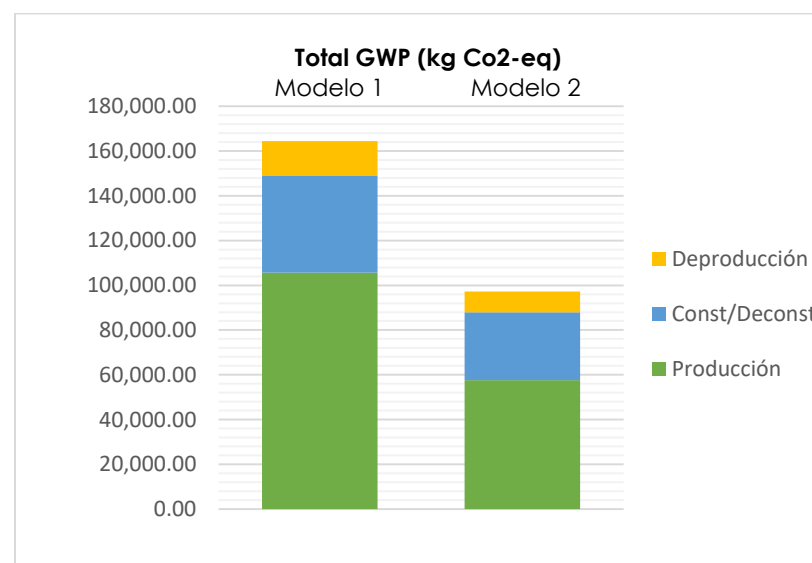
Tabla 1.35, Resultados de peso y superficie construida de modelo 1 y 2 Fuente: elaboración propia



Gráfica 1.27, comparación de resultados kg/ m2 de los modelos 1 y 2. Fuente: elaboración propia.

Con los resultados anteriores, de los análisis de ciclo de vida de los modelos, se obtienen las siguientes gráficas de GWP y CED, donde se presentan de forma conjunta los resultados totales por fases. Con el objetivo de identificar, que modelo representa el mayor impacto medioambiental con relación al análisis de ciclo de vida completo.

Resultados Totales GWP modelo 1 y 2



Gráfica 1.28, Comparación de resultados por fase del modelo 1 y 2 para categoría GWP. Fuente: elaboración propia.

Si comparamos los resultados de los modelos con respecto a la primera **fase de producción** el mayor impacto total GWP lo tiene el modelo 1 que también es el más pesado, este hecho, se produce por los resultados

relativos al uso del hormigón, dado que cuenta con una zapata maciza de cimentación con canto pronunciado.

El gráfico muestra que, en todas las fases de impacto consideradas para GWP, el modelo 1, obtiene los resultados más negativos en relación a cargas medioambientales. Esto se debe, fundamentalmente, a que el modelo usa mayores cantidades de materiales y que dichos materiales implementados en la vivienda, producen un impacto especialmente importante en las categorías estudiadas. En cambio, el modelo 2, que usa una cantidad de materiales menor que el modelo 1, produce un impacto considerablemente menor por la naturaleza de los materiales propuestos.

La selección de materiales y sistemas constructivos puede dar como resultado una reducción considerable de los impactos. De esta forma, queda evidenciado que en el modelo 2, se obtienen resultados más favorables, por cambiar sus materiales y el sistema tradicional pesado a un sistema más ligero. En cantidades porcentuales el modelo 2 solo ocupa el 59% en relación al modelo 1 en categoría GWP.

Cabe destacar que para el modelo 1, en fase de producción interviene el uso de revestimientos cerámicos. Por tanto, se observa que el material cerámico utilizado en gran cantidad produce un impacto en categoría

GWP, muy parecía al uso de hormigón armado en elementos constructivos como los muros y cubiertas.

Para la Fase de **Construcción/ deconstrucción**, sigue siendo el modelo 1 el que mayor impacto tiene en GWP, siendo la cimentación, muros y cubiertas los 3 elementos constructivos con más presencia. Los valores de impacto de esta fase, van relacionadas al peso de la edificación, por lo que la relación peso/impacto se hace evidente en los modelos, siendo el modelo 2 más ligero y de menor impacto en sus procesos de montaje y desmontaje.

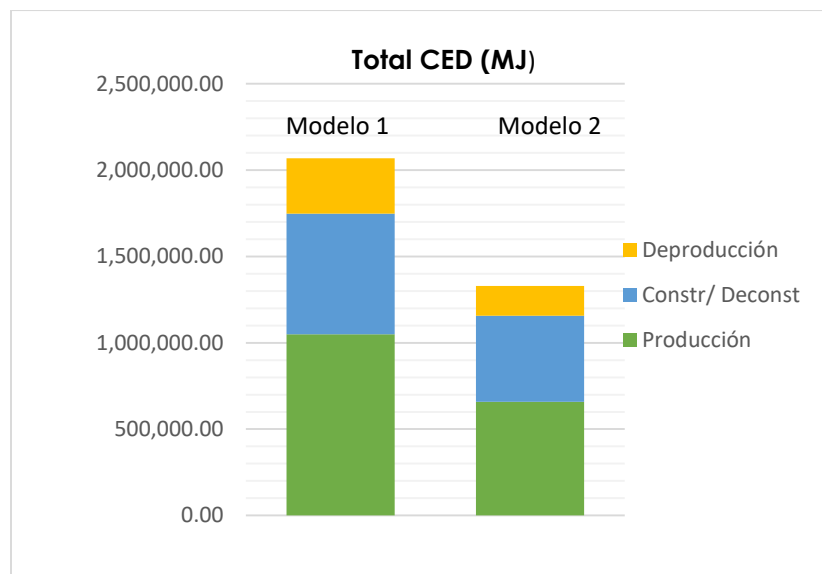
En fase de deproducción, en relación a las demás fases, los impactos son menores, siendo esta fase la que menores cargas medioambientales tiene para la categoría de Global warming potential, sin embargo, entre el modelo 1 y 2, existe la diferencia de que la disposición final de los materiales en el modelo 1, se dispuso a vertedero, por la poca posibilidad de reciclaje, mientras que para el modelo 2, los materiales propuestos nos ofrecen como opción volverlos a incorporar en el ciclo mediante reciclaje. Esto evidencia, la importancia del manejo de residuos de construcción y las repercusiones o impactos de los materiales para su disposición final, siendo el modelo 2 el que menos impacto produce.

De los resultados anteriores, se deduce que, en función de la elección de los materiales y las técnicas empleadas en la producción de ellos, se genera un impacto

medioambiental alto o bajo para el calentamiento global.

Con la propuesta del modelo 2 se tiene como objetivo, evidenciar una elección de materiales, procedentes del entorno inmediato y adaptados a las condiciones climáticas del territorio donde se llevaba a cabo la edificación. Intentando minimizar la distancia entre la obtención de materias primas y la ubicación de su elaboración o construcción; y la emisión de contaminantes derivados del modelo. Sin olvidar, la intención de acercar el modelo a una arquitectura ligera y de rápido montaje.

Resultados Totales CED modelo 1 Y 2



Grafica 1.29, Comparación de resultados por fase del modelo 1 y 2 para categoría CED. Fuente: elaboración propia

Con respecto a la segunda categoría de impacto CED, analizada en este trabajo, los resultados reflejan que tomando en cuenta la suma de las 3 fases (producción, construcción/ deconstrucción y deproducción) el modelo que más impacto produce es el modelo 1, igual que en la categoría GWP. El modelo 2 por su parte produce un impacto del 64% del total del modelo 1.

Para fase de producción

En el modelo 1, el hormigón armado y los revestimientos cerámicos con los materiales primordiales, por lo que el impacto en CED es mayor por los procesos industrializados a los que son sometidos para su fabricación.

El modelo 2, genera menor impacto, en relación a los muros exteriores e interiores y el forjado, porque se aligera la estructura y el uso de aluminio, aunque es un material de impacto medioambiental esta utilizado en menor medida.

Para la fase de construcción / deconstrucción

El modelo 1, sigue teniendo mayor impacto en esta fase, en donde la cimentación como elemento constructivo posee el 59% del total CED por el volumen de hormigón utilizado en la losa de cimentación. Seguido de los muros de bloques de hormigón. El segundo modelo, al aligerar la cimentación y utilizar otro sistema constructivo de paneles sándwich y fachada ventilada, pesa menos y produce menos impacto en CED.

Fase de deproducción

Por último, en la fase de deproducción en categoría CED, igual que GWP es la que menos impacto tiene en relación a todos los materiales. El modelo de mayor impacto es el 1, puesto que toda su deproducción y disposición final como habíamos mencionado anteriormente, se dispuso a vertedero.

Mientras el modelo 2, aunque tiene distancias más largas está dispuesto a reciclaje de todos los materiales de la obra. Esto se refleja en el valor de impacto que tiene la acción de reciclar ante depositar a vertedero.

Dicho esto, a continuación, presentamos un resumen de los resultados por modelo, expresados en **GWP (kg Co2-eq/ m2) y para CED (MJ/m2)**, en relación a los impactos propios repercutidos por superficie construida, tomando en cuenta que los modelos 1 y 2 están divididos por la misma superficie construida, sin embargo, el modelo 1 es más pesado en comparación al segundo modelo.

En categoría GWP el Impacto del modelo 2 es menor que el modelo 1, obteniendo resultados de 211.24 kg Co2 – eq/ m2, frente a 357.46 kg Co2-eq/ m2 del modelo 1.

Porcentualmente la diferencia de impacto entre los modelos es del 41%. Mientras en CED el modelo 2 tiene 2,891.34 Mj/m2 en comparación a 4,496.99 Mj/m2 del modelo 1, teniendo una diferencia de 35.70%.

Modelo 1		
GWP 100a (kg Co2-eq):		
	GWP (kg Co2-eq)	GWP (kg Co2-eq/m2)
Producción	105,651.66	229.67
Constr/ Deconst	43,192.64	93.90
Deproducción	15,587.09	33.88
Total		357.46
Superficie 460 m2 Útil (sin incluir paraboloides)		
Cumulative Energy Demand (MJ)		
	CED CMJ)	CED (MJ/m2)
Producción	1,049,788.18	2,282.15
Constr/ Deconst	697,703.97	1,516.75
Deproducción	321,124.46	698.09
Total		4496.99
Modelo 2		
GWP 100a (kg Co2-eq):		
	GWP (kg Co2-eq)	GWP (kg Co2-eq/m2)
Producción	57,641.79	125.31
Constr/ Deconst	30,344.52	65.96
Deproducción	9,185.55	19.97
Total		211.25
Superficie 460 m2 Útil (sin incluir paraboloides)		
Cumulative Energy Demand (MJ)		
	CED CMJ)	CED (MJ/m2)
Producción	658,010.57	1,430.45
Constr/ Deconst	498,914.47	1,084.60
Deproducción	173,092.05	376.29
Total		2891.34

Después de realizar el análisis comparativo de modelos y siguiendo la línea de investigación bajo la que se encuentra comprendido el presente trabajo, de análisis de ciclo de vida de soluciones arquitectónicas, se considera necesario hacer una clasificación de impactos medioambientales por categorías GWP y CED en los modelos de los compañeros del curso 2016-2017.

Para una comprensión más óptima del objetivo de localizar el modelo con menor y mayor impacto, presentamos una clasificación que se ha dividido en arquitectura vernácula ligera, arquitectura industrializada, arquitectura semi- ligera y, por último, arquitectura convencional pesada.

El primer modelo que se va a incorporar al análisis, corresponde al que menos impacto produce en fase GWP, denominado Vivienda Convento⁵⁸ con un impacto menor de 100 kg co2- eq/ m2, con una arquitectura ligera y de rápido montaje, empleando la materialidad autóctona de un contexto determinado como lo es la caña gradúa. Este Modelo de construcción vernácula tiene valores tope inferiores, sin incluir la cimentación de unos 39.37 kg co2 eq/ m2 y 2, 477.31 MJ/ m2.

58. Ormazábal, Fabricio. Modelo propuesto en el análisis de ciclo de vida de modelos habitacionales de viviendas unifamiliares en entornos de clima cálido húmedo. Ecuador s.XXI, 2017.

59. Lahata, Sarah. Modelo para ACV propuesto en análisis de ciclo de vida de viviendas unifamiliares Ligeras y de rápido montaje Centre core type de Jean Prouvé. 2017

60. Conejero, Javier. Modelo estudiado en análisis de ciclo de vida de la casa Wichita, materialidad y proceso constructivo.

El segundo modelo, con los menores impactos es la Maison J. Meilleurs⁵⁹, obra del arquitecto Prouvé, que mantiene valores muy parecidos a la casa convento.

Demostrándonos que, incluso siendo una obra industrializada, la ligereza con la que está desarrollada su estructura, en conjunto a la materialidad que emplea, minimizan las cargas medio ambientales a unos 106.81 kg co2-eq/ m2 en GWP.

Un elemento importante de este modelo es el núcleo sanitario industrializado con capacidad portante que permite la desmaterialización de la envolvente vertical para minimizar los impactos. Sin embargo, la cimentación convencional empleada genera un impacto mayor en comparación al resto de la vivienda, llegando al 87% del total.

Junto a la Maison Meilleurs, se encuentra en la clasificación de arquitectura ligera industrializada, la vivienda del arquitecto Fuller, Dymaxion⁶⁰ con un peso de superficie construida de 51.95 kg/m2, siendo la más ligera de todas, pero no ello, es la que menos impacto produce, ya que el aluminio empleado en su envolvente da como resultado unos valores de GWP y CED más altos que el modelo de vivienda convento los cual podemos visualizar en las posteriores (graficas 1.30 y 1.31)

La Maison Alba⁶¹, por su parte, sigue la línea de las obras de su autor Prouvé, siendo ligera frente a una arquitectura convencional pesada, en donde su núcleo sanitario

industrializado de hormigón armado en conjunto a la cimentación genera más impacto en categoría GWP.

Esto se traduce al hecho de que sus valores se acercan a lo que hemos denominado arquitectura semi ligera, la cual incluye la reforma de la Vivienda unifamiliar Nader, en donde su modelo original, marca el límite de la arquitectura convencional pesada, siendo la que mayor impacto produce, sobrepasando los 300 kg co₂-eq / m² y el mayor consumo de energía con unos 4,496.99 MJ/ m².

Dada esa situación, para dicha reforma del modelo Nader, se presentan los valores de impactos tras proponer las mejoras necesarias en su sistema constructivo. Confirmando la idoneidad de la arquitectura ligera en respuesta a los impactos que produce por ser reversible, es decir, a poco que se aligero la vivienda, todas sus cargas medioambientales se vieron reducidas casi al 50% del modelo original en todas las fases.

Otro de los modelos incluidos en la clasificación de arquitectura semi ligera, muy cerca de la arquitectura convencional es la vivienda VV⁶².

61. Lahata, Sarah. Maison Alba como segundo modelo para ACV propuesto en análisis de ciclo de vida de viviendas unifamiliares Ligeras y de rápido montaje Centre core type de Jean Prouvé. 2017

62. Ormaza, Fabricio. Segundo modelo residencial estudiado en el análisis de ciclo de vida de modelos habitacionales de viviendas unifamiliares en entornos de clima cálido húmedo. Ecuador s.XXI, 2017.

Que al igual que el modelo Nader, la reforma propuesta obtiene menores impactos ambientales con 163.12 kg co₂ eq/ m² y 3,259.83 MJ/m².

Es notorio también, que dentro de la categoría CED La Maison J. Meilleurs produce casi el mismo impacto que la vivienda Nader, debido a la utilización de paneles sándwich contrachapados de madera, en relación a la materialidad de hormigón con la que está proyectada la residencia Nader.

A manera de conclusión podemos decir, que la meta como modelo optimo dentro de la línea de investigación se acerca a los valores de la vivienda convento, que contribuye directamente con la reducción de los impactos ambientales por su ligereza. La arquitectura industrializada demuestra que reduce los impactos en categoría GWP, pero tiene repercusiones elevadas en categoría CED.

Cabe destacar, que los modelos de reformas de las viviendas VV y Nader representan la intención de incluir los modelos en una arquitectura más ligera y de rápido montaje que minimice los impactos ambientales en los procesos de obra, demostrando la importancia de proyectar arquitectura consciente en la repercusión ambiental de los sistemas constructivos y materiales.

Para finalizar, esta clasificación apuesta por la búsqueda del modelo optimo más ligero, teniendo en cuenta su peso por superficie construida y las cargas

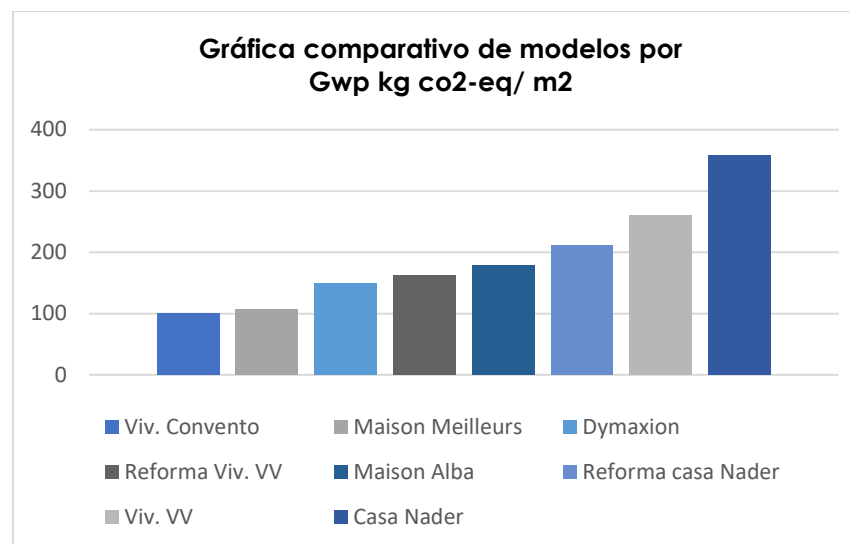
medioambientales asociadas, que son menores en comparación a modelos tradicionales pesados.

Por lo tanto, se hace hincapié en la correcta elección del sistema constructivo y el uso de materiales con valores unitarios de GWP y CED bajos, marcando un punto de referencia para futuras líneas de investigación.

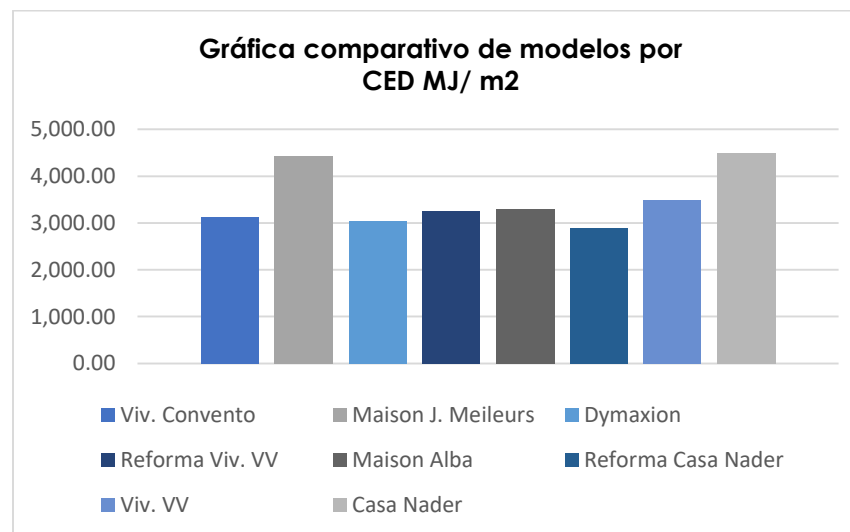
A continuación, como resumen de datos se presenta una tabla con el cálculo de impactos en sus respectivas categorías y las gráficas estadísticas vinculadas a esos valores.

Nombre del Modelo	Kg/ m2	GWP Kg co2-eq/ m2	CED MJ/ m2
Viv. Convento	432.85	99.93	3,122.43
Maison J. Meilleurs	480.36	106.81	4,424
Dymaxion	77.63	149.56	3031.28
Reforma Viv. VV	586.8	163.12	3,259.83
Maison Alba	602.6	179.09	3,293.81
Reforma Casa Nader	982.58	211.25	2,891.34
Viv. VV	955.76	259.55	3,489.11
Casa Nader	1,868.92	357.46	4,496.99

Tabla 1.37. Resultados obtenidos por modelos en categoría GWP y CED. Fuente: Elaboración Grupal en línea de Investigación



Gráfica 1.30. Resultados obtenidos en comparación de modelos en categoría GWP kg co2-eq/ m2. Fuente: Elaboración grupal en línea de Investigación.



Gráfica 1.31. Resultados obtenidos por modelos en categoría CED MJ/ m2. Fuente: Elaboración Grupal en línea de Investigación

CONCLUSIONES

Con la finalización del Trabajo Fin de Máster se puede afirmar que se han alcanzado todos los objetivos propuestos al inicio de la investigación.

En referencia al objetivo general, se ha comprobado la idoneidad de la respuesta medioambiental de los sistemas ligeros, frente a los sistemas constructivos pesados en un modelo de vivienda integrada en un contexto climático caribeño, es decir, la elección de los materiales tiene un rol importante en la reducción de las cargas ambientales y contaminación originada para una vivienda. Pero son los sistemas constructivos ligeros y de rápido montaje, propiamente reversibles, lo que reducen los impactos ambientales en todas las fases. El modelo 2, es ejemplo de que, con aligerar el peso de la edificación en consonancia a propuestas de nueva materialidad correctamente utilizada en la obra, podemos reducir los impactos el doble del modelo 1.

El modelo 1, en cambio, evidencia que el sistema tradicional de mampostería utilizado en Santo Domingo para las viviendas residenciales, obtiene valores de impacto medioambientales elevados por metro cuadrado de superficie.

Los sistemas constructivos ligeros representan una variable en toda la etapa de ACV, modificando los resultados. Es decir, que, aunque se intuya a priori un

resultado ambiental, al realizar el ACV se puede obtener la cuantificación de los impactos.

Así mismo, en respuesta al primer objetivo específico evidenciamos la relación materialidad-diseño en un modelo ya construido. La importancia de cómo responden los materiales a su utilización en fabricación, montaje, desmontaje y disposición final en una vivienda unifamiliar, preponderando la elección del sistema constructivo y técnicas aplicadas.

Con respecto a la materialidad, en la comparación de resultados de los modelos 1 y 2, se concluye que la evaluación en el ACV dependerá de los criterios de diseño establecidos, es decir, se rompe la idea de que existen materiales que caractericen una arquitectura medioambiental. Un ejemplo de ello, es la utilización de polipropileno para la cimentación como propuesta en el modelo 2, que resulta ser más ligero, pero tiene mayor impacto medioambiental frente al hormigón.

Cabe destacar, que en el proceso de ACV fue necesario poner de manifiesto la importancia de los sistemas constructivos locales, para minimizar impactos de transporte y montaje, con el objetivo, de hacer aportaciones al desarrollo tecnológico en República Dominicana de las viviendas unifamiliares, orientadas a una arquitectura ligera adaptada al contexto climático.

Finalmente, se ha contribuido con esta investigación a la base de datos en búsqueda de nuevos sistemas constructivos ligeros y de rápido montaje y ACV en la arquitectura para futuros estudios, tras la comparación de los modelos 1 y 2, incluidos en una clasificación grupal de ligereza, con otros proyectos arquitectónicos simultáneos a esta investigación.

Futuras Líneas de investigación.

Como futuras líneas de investigación, se podrían considerar las siguientes:

- Estudio de la influencia de la cimentación como elemento constructivo para proyectos ligeros y de rápido montaje.
- Incluir fase operacional en el acv, para resultados de vida útil de las edificaciones.
- Continuar con el análisis de modelos arquitectónicos para una clasificación de ligereza y minimización de los impactos medioambientales para seguir contribuyendo a la base de datos de la línea de estudio.

Bibliografía Referenciada

1. Contextualización espacial

- *An Annotated Bibliography on the Climate of Dominican Republic*. J. Allen Wallace, Jr., and Darthule M. Carraway. Washington 1962.
- *Características Climatológicas de los Terrenos al sur de la Cordillera Central*. Antonio Cocco Quezada *Clima y Biodiversidad, Proyecto de Ley General Ambiental*. Ing. Paino Abreu - 2000.
- *El ENOS, el Clima Dominicano y las Sequías Meteorológicas*. Ing. Antonio Cocco Quezada - marzo 2001
- *Oficina Nacional de Estadísticas (ONE). Dominicana en Cifras 2010*. Santo Domingo, República Dominicana: ONE
- 1 Constitución Dominicana 1844/ artículo 4. Nueva constitución proclamada el 13 de junio del 2015, gaceta oficial no. 10561.2

2. MODELOS DE ARQUITECTURA (República Dominicana)

- MORÉ, Gustavo Luis; PRIETO VICIOSO, Esteban; PERÉZ MONTÁS, Eugenio; DELMONTE, José Enrique. "Historias para la construcción de la arquitectura dominicana (1492 – 2008)". Santo Domingo. Grupo León Jiménez. 2008
- NÚÑEZ Zorrilla, M., "Arquitectura vernácula y colonial dominicana". Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2011.

- UGARTE, J., "Guía de Arquitectura bioclimática. Construir en países cálidos". Instituto de Arquitectura Tropical, San José, Costa Rica, 2009.
- Moya Pons, Frank: *Manual de historia dominicana*, ed. Universidad Católica Madre y Maestra, 6a ed., Colección Textos. Barcelona: Industrias Gráficas M.
- Oviedo y Valdés, Fernández. *Historia general y natural de las Indias, islas y tierra firme del mar océano*, 1855
- Revista ARQHYS. 2012, 12. Tipología vernácula. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido 09, 2017, de <http://www.arqhys.com/contenidos/vernacula-tipologia.html>
- César Iván Feris "Arquitectura Republicana": Revista CODIA No. 56. Santo Domingo, 1978.
- MARVEL, THOMAS S: *Antonín Nechodoma, Architect 1877-1928: The Prairie School in the Caribbean*, University Press of Florida, Gainesville, FL. 1994, 223 pp.
- 21. AMARAL, NANCY: *Arquitectura neocolonial en América Latina. "Preludio a la modernidad: convergencias y divergencias en el contexto caribeño (1900-1950)"*.
- GUTIÉRREZ, SAMUEL: *Arquitectura de la época del Canal 1880-1914*. Panamá, 1984.
- Penson Paulus, Enrique, *Arquitectura Dominicana 1906-1950*

- Moré, Gustavo Luis, El polígono Central de Santo Domingo: 50 años de desarrollo urbano. De Archivos de Arquitectura Antillana, AAA.

-

3. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS LIGEROS Y DE RAPIDO MONTAJE

- F. Escrig y J. Sánchez. 'Star, Structural Architecture. Arquitectura Móvil y de Rápido Montaje'. Núm. 1. Sevilla: F. Escrig (Ed), 1997
- J.c. Gómez de cózar y r. García diéGuEz: Art: 'System for the construction of doublé-layer deployable structures: processes of formal definition'. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2000. Texto en inglés
- J. Monjo Carrió, LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA EDIFICACIÓN. PROCEDIMIENTOS PARA SU INDUSTRIALIZACIÓN. DR, Arquitecto. Director del IETcc 23 de noviembre 2005, España.
- The Dream of the Factory-Made House, pp. 247-248
- 28. Manzillar, Ramiro. Casa Exposición de Berlín, 1931. Walter Gropius., 2012. Artículo de la Universidad de ETSA Sevilla, Basado en El libro Walter Gropius: Paolo Berdini/ Barcelona Gustavo Gili, 1994. Páginas 128-129

- Yona Friedman.1945-2010'. Dijon. Les Presses du Réel; Paris: K. Mennour, cop. 2010.

- 30. (SARMANHO FREITAS, ARLENE; MORAES DE CRASTO, RENATA; (2007). STEEL FRAMING: ARQUITECTURA (Editado por: Asociación Latinoamericana del Acero, Alacero). Las Condes, Santiago, Chile.

- 31. (Barreto Del Castillo Wilson Edgard, Ingeniero Civil; (2014). MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS (Editado por Barreto Del Castillo Wilson Edgard, Primera Edición).

4. CARACTERIZACION TECNOLOGICA DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN REPUBLICA DOMINICANA

- LALPE Constructora, 28 octubre,2016, El sector construcción en la República Dominicana, obtenido de: <http://lalpeconstructora.com/sector-construccion-rd/>
- Economista Dominicano (16 marzo 2010) La industria de la construcción en la República Dominicana, de <http://economistadominicano.wordpress.com/2010/03/16/industriaconstruccion-de-la-republica-dominicana>

- Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones (MOPC) (1982), Reglamentos de Especificaciones generales para la construcción de edificaciones
- ALEIDA PEREA YUBELY, 2012. Sistemas Constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional, universidad de Medellín
- Pérez Marín, Andrés 2005. Aplicación de nuevos materiales a soluciones de vivienda en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- MIRAVETE, Antonio. Los nuevos materiales en la construcción. 1er ed. Zaragoza. Editado por: A. Miravete, 1994.
- Rentería Perea. Y. 2012. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y ESTRUCTURALES APLICADOS AL DESARROLLO HABITACIONAL, Medellín.
- Pérez Toribio. Y. APLICABILIDAD DEL SISTEMA STEEL-FRAME EN VIVIENDAS ECONÓMICAS DE REPÚBLICA DOMINICANA. Barcelona, septiembre 2013

5. ACV Y BIM

- UNE EN ISO 14040:2006 'Gestión ambiental, Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia'. Aenor: 2006.
- García Martínez. Tesis Doctoral europea: 'Análisis de ciclo de vida (ACV) de edificios. Propuesta metodológica para la elaboración de declaraciones ambientales de viviendas en Andalucía'. Universidad de Sevilla, 2010.
- Integration of life cycle assessment in a BIM environment, Antón, Laura Álvarez Díaz, Joaquín. 2014
- Zabalza Bribián, Ignacio. Ecodiseño en la Edificación / Ignacio Zabalza y Alfonso Aranda Usón. Zaragoza: prensas Universitarias de Zaragoza, 2011. (Textos docentes: Eficiencia Energética)
- Proyecto EnerBuiLCA. Manual Explicativo del análisis de ciclo de vida aplicado al sector de la edificación. Noviembre 2012. Programa de Cooperación Territorial SUDOE Interreg IV B
- La SETAC. "Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment" primeras normas del ACV en los códigos ISO 14040-14044 publicadas entre 1997 y 1998.
- ISO 14040:2006 Gestión ambiental, Análisis del ciclo de vida, Principios y marco de referencia.
- ISO 14044:2006 Gestión ambiental, Análisis del ciclo de vida, Requisitos y directrices.
- Critical review of bim-based LCA method to buildings: Energy and Buildings. Soust-Verdaguer, Bernardette, Llatas, Carmen García-Martínez, Antonio. 2017
- H. Wei. Et Al. BIM- based method calculation of auxiliary materials required in housing construction. Automation in Construction (2017). <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.022>

- Gómez Pérez, Manuel. Análisis medioambiental de sistemas constructivos y edificatorios. Desarrollo instrumental a partir de herramientas tipo BIM (2014)
- Rojas, R., León, J.C., Building Information Modelin-BIM. Chile (2011)
- Eadler, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., McNiff, S., BIM implementation throughout the UK construction Project lifecycle: An analysis. Reino Unido (2013)
- Integration of life cycle assessment in a BIM environment, Antón, Laura Álvarez Díaz, Joaquin. 2014
- Müller, Ernst. Manual de diseño para viviendas con climatización pasiva, Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel, Alemania, Primera edición revisada: junio 2002.
- Hernández Sánchez, Juan Manuel, 2013. Metodología basada en ACV para la evaluación de sostenibilidad en edificios
- Sustainability of Construction Materials: Principles of sustainability and life-cycle analysis. Mahamadu, A.-M. Baffour Awuah, K. Booth, C.A. 2016