



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

“2019 Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata”

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

**“DISEÑO DE NUEVOS SERVICIOS DE BIOCONSTRUCCIÓN
BASADOS EN UNA MEMORIA
DE CONOCIMIENTOS”.**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA
ADMINISTRATIVA**

PRESENTA:

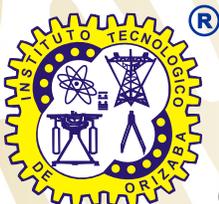
Arq. Hugo Antonio Tress Romero

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Guillermo Cortés Robles

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Eduardo Roldán Reyes



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

MARZO 2019



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

FECHA: 12/03/2019
DEPENDENCIA: POSGRADO
ASUNTO: Autorización de Impresión
OPCIÓN: I

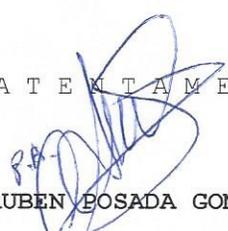
C. HUGO ANTONIO TRESS ROMERO
CANDIDATO A GRADO DE MAESTRO EN:
INGENIERIA ADMINISTRATIVA

De acuerdo con el Reglamento de Titulación vigente de los Centros de Enseñanza Técnica Superior, dependiente de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

"DISEÑO DE NUEVOS SERVICIOS DE BIOCONSTRUCCION BASADOS EN UNA MEMORIA DE CONOCIMIENTOS".

Comunico a Usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

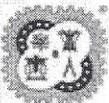
A T E N T A M E N T E


DR. RUBEN POSADA GOMEZ
JEFE DE LA DIV. DE ESTUDIOS DE POSGRADO

C.A. TITULACIÓN



SECRETARIA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO
TECNOLÓGICO
DE ORIZABA



Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México

Tel. 01 (272) 7 24 40 96, Fax. 01 (272) 7 25 17 28 e-mail: orizaba@itorizaba.edu.mx

www.orizaba.tecnm.mx





SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

FECHA : 18/02/2019

ASUNTO: Revisión de Trabajo Escrito

C. DR. RUBEN POSADA GOMEZ
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACION.
P R E S E N T E

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C. :

HUGO ANTONIO TRESS ROMERO

la cual lleva el título de:

"DISEÑO DE NUEVOS SERVICIOS DE BIOCONSTRUCCION BASADOS EN UNA MEMORIA DE CONOCIMIENTOS".

Y concluyen que se acepta.

A T E N T A M E N T E

PRESIDENTE : DR. GUILLERMO CORTES ROBLES

SECRETARIO : DR. EDUARDO ROLDAN REYES

VOCAL : M.F.I. EDNA ARACELI ROMERO FLORES

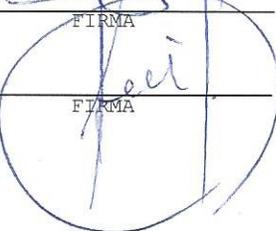
VOCAL SUP. : M.A.E. FERNANDO AGUIRRE Y HERNANDEZ

EGRESADO(A) DE LA MAESTRIA EN **INGENIERIA ADMINISTRATIVA**

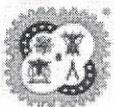
OPCION: I **Tesis**


FIRMA


FIRMA


FIRMA


FIRMA



Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México

Tel. 01 (272) 7 24 40 96, Fax. 01 (272) 7 25 17 28 e-mail: orizaba@itorizaba.edu.mx

www.orizaba.tecnm.mx



Dedicado a:

Toda mi familia, los amo.

Dam, fuiste gran parte de este trabajo.

La vida, por darme todo lo que necesito para disfrutarla.

Y a todo aquel corazón inquieto que sabe que nuestro planeta necesita de ideas disruptivas e innovadoras que nos hagan pensar fuera de la caja.

Agradecimientos.

Al Dr. Guillermo Cortés Robles, por se la guía de este proyecto, por estar abierto a escuchar mis ideas, por invitarme a descubrir, por no frenar mi curiosidad.

Al Dr. Eduardo Roldan Reyes, por compartir conocimientos y experiencias.

Al Dr. Edna Araceli Romero Flores, por invitarme a hacer más.

Al Dr. Fernando Aguirre y Hernández, por reconocer quien soy, pero mejor aun invitarme a descubrir quien puedo llegar a ser.

Al Tecnológico Nacional de México, al Instituto Tecnológico de Orizaba y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por abrirme las puertas en su institución y apoyar e incentivar a jóvenes y maestros a ser mejores.

A mi madre, por escucharme y entender cada etapa de este proceso.

A mi padre, por darme el reto de la maestría.

A mis hermanos, Toño, Ricardo, Marco y Mari, por su reconocimiento.

A Jorge y Roguer, por su curiosidad que nunca dejara de motivarme.

A mis compañeros por ser parte de esta etapa en mi vida.

A mis amigos que

Al Ing. Damna Reyes Hernández por estar a mi lado en cada momento, materia, tramite, evento, proyecto, pero sobre todo por su amor.

¡Gracias!

Resumen.

La bioconstrucción es una actividad constructiva que adapta materiales y técnicas naturales a un sitio y clima específico. Utiliza conocimientos de construcción basados en el origen de las tradiciones culturales de una región. En el campo de la construcción los sistemas de recomendación basados en conocimientos han servido para tomar decisiones basadas en casos previos para el diseño de un nuevo edificio. Los sistemas de recomendación basados en conocimiento basan su funcionamiento en un proceso de aprendizaje almacenando casos que servirán para resolver problemas en el futuro. El componente tecnológico de los sistemas de razonamiento es un elemento que nunca se ha integrado en el ámbito de la bioconstrucción. Este proyecto diseña un sistema de razonamiento basado en casos incorporado en una página WEB, para recomendar técnicas de bioconstrucción basándose en el clima de una región y con ello lograr: preservar la cultura de las técnicas naturales de bioconstrucción, difundir el conocimiento que existe en los materiales naturales de construcción y fomentar la participación colectiva aprender de proyectos de bioconstrucción.

Palabras clave

Bioconstrucción, construcción, razonamiento basado en casos, conocimiento, sitio, técnicas naturales, materiales naturales.

Abstract

The bioconstruction is a constructive activity that adapts natural materials and techniques to a specific place and climate. Uses construction knowledge based on the origin of the cultural traditions of a region. In the field of construction, knowledge-based recommendation systems have been used to make decisions based on previous cases for the design of a new building. Knowledge-based recommendation systems base their functioning on a learning process by storing cases that will solve problems in the future. The technological component of reasoning systems is an element that has never been integrated in the field of bioconstruction. This project designs a case base reasoning system incorporated in a WEB page, to recommend bioconstruction techniques based on the climate of a region and thereby achieve: preserve the culture of natural bioconstruction techniques, disseminate the knowledge that exists in the natural building materials and encourage collective participation learn from bioconstruction projects.

Key Words

Bioconstruction, construction, case based reasoning, knowledge, site, natural techniques, natural materials.

Índice

1.1	Introducción	1
1.2	Posicionamiento de la tesis	3
1.3	Planteamiento de problemas	3
1.4.	Estado del arte	5
1.4.1	<i>Contexto histórico</i>	5
1.4.2	<i>Las técnicas de bioconstrucción</i>	6
1.4.3	<i>La construcción sostenible</i>	7
1.4.3.1	<i>Energía natural</i>	7
1.4.4	<i>Permacultura y TRIZ (Bogatyrev & Bogatyreva, 2015)</i>	8
1.4.5	<i>Tecnología Vs. bioconstrucción</i>	9
1.4.5.1	<i>El razonamiento basado en casos y la minería de textos para la toma de decisiones de construcción ecológica (Xiao et al., 2017).</i>	9
1.4.5.2	<i>Un sistema integrado de técnica de minería de textos y razonamiento basado en casos (TM-CBR) para apoyar el diseño de edificios ecológicos (Shen, Yan, Fan, Wu, & Zhang, 2017).</i>	9
1.4	Objetivo general	13
1.4.1	<i>Objetivos específicos</i>	13
1.5	Justificación	13
1.6	Propuesta de solución	16
1.7	Metodología	16
Fase 1.	<i>Creación de la base de experiencias</i>	16
Fase 2.	<i>Procesamiento de la base de experiencias</i>	17
Fase 3.	<i>Diseño de la memoria de casos</i>	17
Fase 4.	<i>Evaluación y validación de las experiencias</i>	17
Fase 5.	<i>Validación del sistema</i>	17
Fase 6.	<i>Formulación de modelos de negocios</i>	17
2.1	Arquitectura vernácula	19
2.2	Permacultura	20
2.3	La bioconstrucción	23
2.3.1	<i>Técnicas de bioconstrucción</i>	25
2.4.	Materiales naturales de construcción	25
2.5.	Características de la arquitectura bioclimática	27

2.5. Estudio del medio físico natural.....	28
2.5.1. Clasificación climática de Köppen.....	29
2.6. El diseño arquitectónico y los casos de experiencias.....	32
2.7 Diseño de modelos de negocio	34
3.1 Fase 1: Creación de la base de casos.....	36
3.1.1 Determinación de las variables del sitio.....	36
3.1.1.1 Estudio básico del medio físico natural.....	36
3.1.1.2 Características constructivas naturales.....	38
3.1.2 Creación de herramienta para recolección de experiencias.....	40
3.2 Fase 2: Procesamiento de la base de experiencias.....	40
3.2.1 Recolección de experiencias de bioconstrucción.....	40
3.3 Fase 3. Diseño de la memoria de casos.....	41
3.3.1 Proceso de recomendación.....	41
3.3.2 Caso de estudio.....	44
3.3.2.1 Identificar las condiciones del sitio.....	45
3.3.2.2 Clasificación climática del sitio.....	46
3.3.2.3 Selección de la técnica según la clasificación climática.....	47
3.3.2.4 Resultados del caso de estudio.....	49
3.4 Automatización del proceso.....	49
4.1 Estructura de la base de datos.....	51
4.2 Arquitectura del sistema de recomendación.....	52
4.2.1 Diagrama de casos de uso.....	52
4.3 Modelo relacional de base de datos.....	53
4.4 Interfaz grafica del sistema.....	55
4.4.1 Menú principal.....	55
4.4.2 Registro.....	55
4.4.3 Iniciar sesión.....	56
4.4.3 Buscar un caso.....	57
4.4.4 Casos recuperados.....	58
4.4.5 Adaptar un caso.....	59
4.4.4 Registrar un nuevo caso.....	60
4.5 Sistema de recomendación basado en casos.....	61
4.5.1 Desarrollo de base de datos.....	61
4.5.1.1 Ingreso al gestor phpMyAdmin.....	62
4.5.1.2 Creación de la base de datos.....	62
4.5.1.3 Creación de tablas de base de datos.....	62

4.5.1.4 Estructura de la base de datos.....	64
4.6 Desarrollo de la interfaz.....	64
4.6.1 Creación de un nuevo proyecto en NetBeans.....	65
4.6.1.1 Creación de archivos.....	66
4.6.1.2 Programación <i>index.html</i>	67
4.6.1.3 Programación de inicio de sesión.....	67
4.7 Ejecución del sistema.....	69
4.7.1 Servidor local XAMPP.....	69
4.7.1 NetBeans.....	70
4.8 Implementación.....	71
4.8.1 Planteamiento del caso de validación.....	71
4.8.2 Resultados.....	75
4.8 Diseño conceptual del modelo de negocios.....	78
4.8.1 Definición de valores.....	78
4.8.2 CANVAS.....	79
4.8.1 Segmento de mercado.....	80
4.8.2 Propuesta de valor.....	82
4.8.3 Relación con los clientes.....	83
4.8.4 Canales de distribución.....	83
4.8.5 Actividades clave.....	83
4.8.6 Recursos clave.....	83
4.8.7 Asociaciones clave.....	84
4.8.8 Fuentes de ingresos.....	84
4.8.9 Estructura de costos.....	84
4.9 Diseño de servicio.....	84
5.1 Conclusiones.....	86
5.2 Recomendaciones.....	87

Índice de imágenes

Imagen 1. Metodología.	18
Imagen 2. Proceso del sistema de recomendación.	44
Imagen 3. Proporciones de tierra del sitio.....	45
Imagen 4. Funcionamiento del sistema de recomendación en la pagina WEB.	50
Imagen 5. Diagrama de casos para uso del sistema.	53
Imagen 6. Modelo relacional de base de datos.	54
Imagen 7. Menú principal.	55
Imagen 8. Formulario de registro.	56
Imagen 9. Inicio de sesión.	57
Imagen 10. Búsqueda de casos.....	58
Imagen 11. Casos recuperados.	59
Imagen 12. Adaptación de casos.	60
Imagen 13. Registro de nuevos casos.	61
Imagen 14. Ingreso al gestor de base de datos.	62
Imagen 15. Creación de la base de datos.	62
Imagen 16. Tabla de descripción en phpMyAdmin.	63
Imagen 17. Tabla de justificación en phpMyAdmin.....	63
Imagen 18. Tabla de resultados en phpMyAdmin.....	63
Imagen 19. Tabla de solución en phpMyAdmin.	63
Imagen 20. Tabla de usuarios phpMyAdmin.....	63
Imagen 21. Función de la interfaz.	64
Imagen 22. Creación del proyecto "SisRecoArq" en NetBeans.	65
Imagen 23. Proyecto SisRecoArq.	66
Imagen 24. Crear nuevo archivo.	66
Imagen 25. Código de programación de index.html.	67
Imagen 26. Interfaz grafica para iniciar sesión.	68
Imagen 27. Código de pagina principal.....	68
Imagen 28. Estructura gráfica de la interfaz.	69
Imagen 29. Inicio de MySQL Database y Apache Web Server.	70
Imagen 30. Interfaz de NetBeans.	70
Imagen 31. Perspectiva de baño seco en Tlaxco, Tlaxcala.	72
Imagen 32. Fachada de baño seco en Tlaxco, Tlaxcala.....	72
Imagen 33. Interior de baño seco en Tlaxco, Tlaxcala.	73
Imagen 34. Valores de búsqueda.	75
Imagen 35. Recomendación con similitud del 65.26%.	75
Imagen 36. Recomendación con similitud del 60.77%.	76

Imagen 37. Recomendación con similitud del 36.32%	76
Imagen 38. Esquema de diseño de servicios.	85

Índice de tablas

Tabla 1. Estado del arte.	10
Tabla 2. Criterios para el cálculo de las clasificaciones climáticas (Kottek et al., 2006)	30
Tabla 3. Características de la observación directa.....	37
Tabla 4. Características de y variables de los materiales.	38
Tabla 5. Características y variables de la técnica.	39
Tabla 6. Representación gráfica de base de datos y clasificación de información.	41
Tabla 7. Representación de % pruebas de tierra.	42
Tabla 8. Resultado: representación de la clasificación climática de Köppen.	42
Tabla 9. Matriz que filtra las técnicas de bioconstrucción con sus respectivas variables. .	43
Tabla 10. Recomendación obtenida del sistema.....	44
Tabla 11. Ubicación relativa del sitio.	45
Tabla 12. Representación de proporciones de tierra del sitio.	46
Tabla 13. Recursos naturales del sitio.	46
Tabla 14. Clasificación climática según Köppen	46
Tabla 15. Información climática del sitio, según la clasificación climática de Köppen.	46
Tabla 16. Técnicas filtradas empleadas en climas Cfa.	47
Tabla 17. Resultados de la primera clasificación.	48
Tabla 18. Resultados finales: dos técnicas de bahareque prefabricado y una de piedra. .	49
Tabla 19. Variables para la descripción del caso.	51
Tabla 20. Variables para solución del caso.....	51
Tabla 21. Justificación del caso.....	52
Tabla 22. Variables de la descripción del caso de validación.	73
Tabla 23. Variables de la justificación del caso de validación.....	74
Tabla 24. Variables de la solución del caso de validación.	74
Tabla 25. Comparación de resultados de solución	77
Tabla 26. Comparación justificación de caso.	78
Tabla 27. Business Model Canvas.	79

Capítulo 1. Generalidades

1.1 Introducción

Trabajar con y no en contra de la naturaleza es la base de diseño en la permacultura; busca crear ambientes sostenibles y amigables con el medio ambiente (Morel, Léger, & Ferguson, 2018). Derivado de este sistema holístico, la bioconstrucción es la pieza encargada de edificar un hábitat maximizando el uso de recursos locales adecuados al entorno de una región determinada.

Hoy día, la contaminación ambiental es un tema de discusión global y la construcción juega un papel determinante en este contexto. La industria de la construcción se ha considerado como una de las industrias que más impactos negativos genera al ambiente (Fernea et al., 2018).

Por este motivo, se han desarrollado alternativas, estrategias e incluso, normas y certificaciones con la finalidad de regular las prácticas constructivas. Sin embargo, el sector de la construcción consume el 40% de la energía mundial y a su vez, respalda el 23 – 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo (Olukoya Obafemi & Kurt, 2016).

El crecimiento de los materiales industrializados como el concreto y el acero para construir han logrado estandarizar los procesos para construir edificios (Cabeza, Rincón, Vilariño, Pérez, & Castell, 2014). El crecimiento de esta industria ocasiono que en la época de los 90's el uso de técnicas de edificación natural disminuyera drásticamente. Causando que la construcción con materiales naturales sea cada vez menos una opción para construir (Bedoya Montoya, 2011).

De acuerdo con Alejandra Caballero (2014), la arquitectura moderna debe de recuperar su esencia: resaltar y mantener el carácter regional. De igual forma, distintos autores apuntan que la característica esencial de la arquitectura es la regionalidad. Ambos concuerdan en que la sabiduría que existe detrás de la arquitectura vernácula es útil para inspirar la arquitectura moderna y sustentable, ya que, preserva los valores arquitectónicos regionales (Etchebarne et al., 2012).

Sin embargo, en países de mayor pobreza existen construcciones que siguen el estándar de la cultura local, pero la falta de información y conocimientos ocasiona que este tipo de viviendas denote una imagen de insalubridad y pobreza. Algunos autores indican que enfocar toda la atención a los conocimientos tradicionales puede generar un retroceso (Bedoya Montoya, 2011).

Reducir el impacto ambiental ocasionado por la industria de la construcción no solo depende de utilizar materiales locales sino también de utilizar el conocimiento tradicional para construir. Teniendo algunas ventajas como: beneficios ambientales, desarrollo local y social, ambientes más sanos por el contacto con la naturaleza, entre otros (Klingelfus, 2016).

Ferne et al. (2018) dice que los materiales de construcción orgánico naturales representan una solución para el sector de la construcción teniendo promoviendo impactos positivos en la vida humana. Es por ello, que la bioconstrucción regresa a las técnicas de construcción vernácula, por un lado, con los saberes tradicionales y, por otro lado, con el uso ecológico de la tecnología moderna. La combinación de técnicas y tecnología, junto con el rescate de los modelos culturales genera un proceso de construcción más justo (Etchebarne et al., 2012).

La industria de la construcción es conocida por tener procesos definidos y sistemáticas para las diferentes fases de un proyecto (de Soto, Streule, Klippel, Bartlomé, & Adey, 2018). En la arquitectura, utilizar conocimiento previo para solucionar nuevos problemas de diseño ha sido un reto. Los sistemas de recomendación basados en casos (CBR) han sido ampliamente utilizados en distintas áreas de la construcción incluyendo áreas de extracción de reutilización de prácticas sostenibles (Hu, Xia, Skitmore, & Chen, 2016) .

Por lo tanto, comprender el modo en el que los recursos naturales en las técnicas tradicionales influyen el ambiente y como podrían reducir la contaminación en el sector de la construcción, así como, preservar los conocimientos tradicionales de construcción, se puede conseguir implementando un sistema de recomendación basado en casos que recolecte, almacene y procese experiencias de bioconstrucción. Con esta idea, esta tesis desarrolla la estructura de un CBR que sugiera la mejor técnica de bioconstrucción para

una región determinada. Además de, utilizar esta información para bosquejar un modelo conceptual de negocios.

1.2 Posicionamiento de la tesis

Este proyecto se posiciona en la línea de gestión de la innovación y el capital intelectual de la maestría de ingeniería administrativa ya que genera nuevos productos, en este caso, productos intangibles. Adicionalmente, el proyecto considera la creación de una base de conocimiento que puede ser empleada en diferentes contextos.

1.3 Planteamiento de problemas

La industria de la construcción a través de su evolución ha desplazado y sustituido el uso de técnicas y materiales naturales de construcción. Fue a partir de la revolución industrial cuando se dio a conocer en mayor escala el uso de materiales como el acero y el concreto, ya que sus propiedades estructurales permitían construir en menor tiempo edificios más grandes y resistentes (Bedoya Montoya, 2011).

Sin embargo, estos avances tecnológicos no midieron el impacto ambiental que generaría en el futuro el uso inmoderado de estos nuevos materiales. Hoy en día la industria de la construcción es considerada una de las más contaminantes del ambiente a través de distintos medios como: generación de residuos; extracción de materia primas; transformación de paisajes naturales; uso de sistemas artificiales de acondicionamiento que consumen grandes cantidades de energía; y la expansión la mancha urbana disminuyendo la cantidad áreas verdes (Enshassi, Kochendoerfer, & Rizq, 2014). Tan solo la energía necesaria para la extracción de acero y cemento es de 8.9 kW/kg y 2.2 kW/kg de energía respectivamente, en comparación con las pacas de paja, una técnica de construcción natural, que requiere de 0.1kWh/kg de energía (Karolides, 2002).

Aunado a esta situación, edificar una vivienda haciendo uso de aquellos nuevos materiales hoy en día, denominados materiales tradicionales o contemporáneos, requiere mano de obra especializada y, por lo tanto, el valor económico de una construcción incrementa. Esto ha ocasionado que las técnicas y materiales naturales de construcción queden rezagados en regiones rurales donde predomina las prácticas de construcción empírica (Oshiro, 2013) o llamado de otra forma, arquitectura vernácula (Contreras & Contreras, 2017). Desde esta perspectiva, las pocas sociedades que aún conservan la cultura de la construcción natural

o bioconstrucción, aún preservan algunas tradiciones ancestrales que son parte de nuestra cultura, y las han adaptado a las condiciones climáticas actuales. Sin embargo, la influencia de los medios tradicionales de construcción se ha expandido de tal forma que ha alcanzado estas regiones y ha ocasionado que las sociedades dejen a un lado sus tradiciones y pierdan algunas de sus costumbres, dañando de esta forma la conservación cultural.

A pesar de que la industria de la construcción pertenece a uno de los sectores económicos más importantes en México (Poó Rubio, 2004), las prácticas de bioconstrucción carecen de difusión de conocimientos y aceptación por parte de organismos gubernamentales. Además, este tipo de arquitectura se asimila a construcciones con características de pobreza, poca higiene, insalubres, baja resistencia estructural, anti-estéticas, entre otras características.

A pesar de esto, algunos grupos y asociaciones han sido acreedores a premios nacionales de vivienda como el programa de auto-construcción de vivienda en Tabasco (2009); en el ámbito rural, al proceso denominado: “Masewalme kin chwa in kaliwa” (los indígenas construyendo sus casas) haciendo uso de materiales como el adobe en Puebla (2014), entre otros reconocimientos los cuales no han sido suficientes para trascender en el contexto de la bioconstrucción.

La aceptación por las edificaciones verdes como una alternativa a la mitigación del calentamiento global ha resultado benéfica para que se realicen investigaciones en el campo de la construcción sustentable. Sin embargo, a pesar de que existen sistemas que ayudan al diseño de construcciones verdes no hay aún un sistema que recopile experiencias de construcción con materiales naturales (Xiao, Skitmore, & Hu, 2017), por tanto el diseño empírico de una edificación carece de un sustento tecnológico que podría darle un nuevo enfoque a las técnicas de construcción natural.

La responsabilidad de cualquier individuo encargado de edificar un lugar habitable debería de comprender los impactos tanto ambientales, sociales, económicos y culturales que sus obras generen; así como la adecuación al sitio y la optimización de los recursos locales maximizando su utilidad. Por definición, la bioconstrucción sustentada en las bases de la permacultura cumple estas funciones (Minke, 2012). Sin embargo, estas prácticas, en las mayorías de los casos, se han llevado a cabo de forma empírica, y poco se ha realizado

para incorporar herramientas tecnológicas para sustentar las correctas prácticas de la construcción natural. Entonces, ¿De qué forma se puede hacer uso de herramientas tecnológicas, con la finalidad de preservar y difundir las experiencias de la bioconstrucción en México para validar las practica adecuadas y diseñar con estos conocimientos un nuevo modelo de negocio?

1.4. Estado del arte

El estado del arte se describe a través de la evolución del desarrollo de las técnicas de construcción natural en donde se hace referencia a algunos hitos históricos que fueron edificados haciendo uso de técnicas naturales de construcción. De igual forma, se presenta la postura de algunos autores respecto a distintas técnicas de construcción natural haciendo referencia al impacto ambiental que genera la industria de la construcción y la necesidad de incorporar el análisis del sitio en los diseños de arquitectónicos, aunado a la posibilidad de incorporar la tecnología como un medio para potenciar los beneficios de la bioconstrucción, así como de la permacultura.

1.4.1 Contexto histórico

La construcción de refugios a lo largo del desarrollo de la humanidad ha sido una necesidad que ha evolucionado a lo largo del tiempo. Así como lo demuestran los vestigios de construcciones que datan desde 9000 a. de C. como la gran muralla de Jericó que utilizo la técnica del barro secado al sol en la época de las cultura egipcias y hebreas. Posteriormente, a través de culturas en Asia, Europa y África, la muralla china, la Mezquita de Djenné y la ciudad de lodo en Yemen utilizaron técnicas como el adobe o muros meramente de arcilla, arena y paja (Kéré, 2013). Hay comunidades indias donde se elevaron edificaciones de hasta de 5 pisos que, a la fecha, aún se mantienen en pie. Culturas pre-incas en Perú y la tolteca y azteca, en México; utilizaron tierra y materiales nativos de cada región para adaptarlos a un sinfín de técnicas, con la finalidad de edificar considerando las condiciones climáticas de cada contexto (Oshiro, 2013).

En un principio, las personas hacían uso de su creatividad para utilizar materiales disponibles en su contexto inmediato y construían sus refugios con sus propias manos; refugios económicos, saludables y amigables con el medio ambiente. La revolución industrial trajo consigo nuevos materiales, técnicas y precios favorables, pero que requerían de especialización. En consecuencia, el riesgo de construir se incrementó y otro tipo de

substancias eran utilizadas en la manufactura de los materiales. Actualmente y en comparación con las sociedades pre-industriales, cuando una persona compra una vivienda es común que ignore su confección con la ecología local (Kennedy, 2009).

Los problemas medioambientales y la escasez de recursos energéticos hacen muy importante el aprovechamiento de las energías naturales (Serra Florensa & Coch Roura, 1995). La tierra es un material de construcción muy antiguo y hoy en día también popular, se estima que actualmente, casi el 50% de la población mundial vive en viviendas basadas en tierra (Pacheco-Torgal & Jalali, 2012).

En México, la Encuesta Nacional de los Hogares (ENH, 2017) da a conocer que los materiales con los que se construyen viviendas en localidades rurales son más precarios que con los que se construyen en localidades urbanas. Describe como “materiales precarios” el carrizo, bambú, palma, embarro, bajareque, adobes, entre otros materiales empleados para construir techos y muros.

El uso de estos materiales representa el 1% en localidades urbanas y el 3% en localidades rurales. Ya que el bambú, la técnica del bajareque y adobe son considerados como técnicas y materiales para bioconstruir, con esta encuesta se demuestra la falta de valoración y uso de la bioconstrucción.

1.4.2 Las técnicas de bioconstrucción

Tal y como afirman (Enshassi et al., 2014), a nivel mundial la actividad de la construcción es considerada una de las principales fuentes de contaminación al medio ambiente y resumen los principales contaminantes de la construcción como: la contaminación por ruido, contaminación atmosférica, desechos sólidos y líquidos, contaminación del agua, gases dañinos y polvo. Distintos autores de la bioconstrucción como (Hunter & Kiffmeyer, 2004; Kennedy, 2009; Oshiro, 2013), entre otros; sugieren que los problemas de contaminación en la industria de la construcción pueden resolverse dando un vistazo al pasado; retomar y revivir las técnicas de construcción naturales.

Hodge (2010) vuelve a repetir que, a nivel mundial, la actividad de la construcción es el principal contribuyente al calentamiento global. Por ello sugiere el uso de pacas de paja para la construcción, ya que es un material renovable. Comparado, por ejemplo, con la

madera, tiene la capacidad de regenerarse una o dos veces al año. Justifica su postura indicando que la paja muchas veces es un desperdicio en los campos de cultivos y a veces es quemada. Además, señala que la historia del uso de esta técnica tiene más de 100 años.

Oshiro (2013) afirma que las técnicas presentadas en su manual construcción con adobe, a pesar de la rigurosidad científica con las que fueron evaluadas, no constituyen una receta para aplicar en cualquier región. En cambio, busca que a través de la práctica y la experiencia se desarrollen técnicas apropiadas que combinen el saber popular y los avances tecnológicos adecuados a un determinado país y con ello subsanar las deficiencias de la forma tradicional de construcción con adobe y así se contribuya a mejorar la calidad de dicho material.

Van Lengen (2002), a través de sus obras (el manual del arquitecto descalzo y los cantos del arquitecto descalzo) propone una clasificación de distintas técnicas, métodos, materiales, herramientas, consideraciones climáticas, sociales y culturales utilizadas en. Además, considera relevante la preservación cultural de cada región. Sin embargo, el mismo autor destaca que la información en sus manuales no está completa, ya que su propósito es estimular la interacción de nuevas técnicas para llegar a soluciones individuales y personales, manteniendo la autonomía regional en términos de construcción.

1.4.3 La construcción sostenible.

1.4.3.1 Energía natural

Serra Florensa & Coch Roura, (1995) describen, desde la perspectiva del confort en la arquitectura, la descontextualización cultural que ha sufrido a través del tiempo y desarrolla su idea en tres categorías: (1) la concepción servicial en términos sociales, (2) la adecuación a una idea de ciudad y (3) la capacidad de expresar competitivamente la realidad tangible de la buena construcción.

Se destacan dentro del último punto no solo el uso de materiales y sistemas constructivos, sino también, se refiere a la cuantificación energética. Este hecho resulta relevante ya que actualmente la realidad de la arquitectura está determinada por parámetros objetivos del ambiente y forman parte de un nuevo orden de la arquitectura.

Para alcanzar su propósito, el autor desarrolla una interpretación arquitectónica respecto a los parámetros físicos y psicológicos del ambiente, respondiendo al mismo tiempo a realidades sociales, conceptuales y constructivas. Además de considerar la utilización y reinterpretación lógica de los medios naturales en la construcción y obtención de energía para el hábitat humano.

1.4.4 Permacultura y TRIZ (Bogatyrev & Bogatyreva, 2015)

En actualidad la tecnología ha logrado superar a los sistemas naturales. Anteriormente, el hombre recurría a los sistemas naturales como inspiración para abstraer las características naturales y adaptarlas a un sistema tecnológico. Hoy en día las máquinas han logrado superar algunos comportamientos naturales e incluso se ocupan como un complemento de los sistemas naturales. La permacultura manifiesta una tendencia contraria: el diseño consciente de ecosistemas artificiales, que posee la productividad y el beneficio de los sistemas de agricultura convencional, combinado con las características auto dependientes del ecosistema natural. A esta tendencia los autores la denominan eco ingeniería.

Los autores sustentan que el proceso de transferencia de conocimiento de biología a ingeniería e ingeniería a biología puede realizarse con la metodología TRIZ. Para ello, el origen ingenieril de TRIZ, necesita adaptarse al dominio biológico.

La experiencia empírica acumulada en el dominio de la permacultura contribuye con casos de éxito para los métodos de TRIZ, por ejemplo, para proporcionar auto funcionamiento en ingeniería que contiene componentes vivos.

Así que para lograr una sinergia entre TRIZ y la Permacultura, los autores añaden a TRIZ los principios de la permacultura con la finalidad de lograr una transferencia de conocimientos bidireccional entre ambos enfoques. Para lograr esta integración los autores desarrollan cuatro axiomas:

- Axioma de simplificación
- Axioma de interpretación
- Axioma de resultado ideal
- Axioma de contradicciones

1.4.5 Tecnología Vs. bioconstrucción.

Así como afirma Oshiro (2013) y ampliando su perspectiva, la tecnología adecuada es la que pueda ser apropiada para cada contexto, desde ámbitos de preservación cultural, conservación ambiental, incorporación tecnológica, estimulación social y desarrollo económico. Así es como lo demuestra Parvin (2013) con Wikihouse, un sistema que hace uso de la tecnología open source para que cualquiera que tenga acceso a un sistema de corte asistido por computadora, pueda construir una vivienda. De esta forma es como demuestra que los alcances de la tecnología y su incorporación con el contexto social son un impulso para el desarrollo.

1.4.5.1 El razonamiento basado en casos y la minería de textos para la toma de decisiones de construcción ecológica (Xiao et al., 2017).

Dado que no existen métodos disponibles que permitan obtener beneficios de las experiencias compartidas de los sistemas de evaluación para la construcción ecológica, estos autores desarrollan un modelo de experiencias de construcciones verdes que permite que las soluciones anteriores de edificios verdes se adapten a nuevas situaciones usando una base de casos para evaluar el modelo denominado GBEM. El desarrollo del modelo GBEM implica dos pasos iniciales: la descripción del problema y el establecimiento de la base de datos para la minería de experiencias. Posteriormente, el modelo emplea el ciclo del proceso del Razonamiento Basado en Casos (CBR por sus siglas en inglés) para identificar un caso útil de la base de conocimiento.

Los resultados obtenidos de esta investigación son utilizados para impulsar la investigación sobre el uso de la minería de experiencias en la construcción ecológica donde posteriormente, los autores pretenden utilizar minería de texto para transformar una pregunta descriptiva en un problema.

1.4.5.2 Un sistema integrado de técnica de minería de textos y razonamiento basado en casos (TM-CBR) para apoyar el diseño de edificios ecológicos (Shen, Yan, Fan, Wu, & Zhang, 2017).

Dado la aceptación de los edificios verdes como una estrategia para los gobiernos con la finalidad de mitigar el cambio climático. Los autores de esta metodología desarrollan un

sistema basado en la minería de datos y el sistema de razonamiento basado en casos. Su finalidad es identificar características de diseño utilizadas en edificaciones con certificaciones ambientales.

El desarrollo de esta investigación se inicia utilizando minera de textos para transformar un conjunto de documentos que contienen experiencias previas de construcción verde y así organizar en un conjunto específico de datos que servirán para ser procesados en un sistema de recomendación basado en casos. Los pasos que sigue el sistema TM-CBR son los siguientes:

- Reportes de casos
- Representación de un caso
- Retroalimentación del caso

Los resultados obtenidos de esta investigación demuestran que las experiencias existentes respecto al diseño de edificios verdes pueden ser útiles para apoyar el diseño de un nuevo edificio verde. Aunado que el desarrollo de este tipo de edificios se ha incrementado últimamente, el sistema TR-CBR resulta útil como una herramienta de apoyo a los diseñadores haciendo uso de una gran cantidad de evidencia empírica existente.

En consecuencia, en este proyecto existen los siguientes propósitos:

- Recolectar y registrar las características de los procesos de bioconstrucción.
- Analizar las prácticas de la construcción con materiales naturales y relacionarlas con los factores su contexto.
- Crear una memoria para preservar y difundir la cultura constructiva natural.

En la tabla 1 se muestra una comparativa entre las investigaciones relacionadas a la construcción y de los sistemas de razonamiento basado en casos.

Tabla 1. Estado del arte.

Autor	Campo de aplicación	Técnica empleada	Problema resuelto	Relación con el proyecto
--------------	----------------------------	-------------------------	--------------------------	---------------------------------

(Tah, Carr, & Howes, 1999)	Construcción de puentes y autopistas en fases de planeación.	Prototipo de un SFW: CBRidge Planer	Estructurar casos en una base de datos como una fuente de casos.	Los casos están estructurados con casos de construcciones.
(de Soto et al., 2018)	Planeación y construcción de edificios	Case – Based Digital building System (CB – DBS)	Generar recomendaciones para las acciones de diseño - construcción - operación basado en la composición estructural de un edificio.	El razonamiento basado en casos es usado para tener un punto de partida en las fases de diseño de un edificio.
(Dzeng & Tommelein, 2004)	Planeación para tareas de obra.	Sistema CasePlan	Un sistema de recomendación que asiste la creación de un calendario de obra, determina tareas individuales y duración de cada una.	El análisis de las actividades para construir un edificio para considerar variables.
(Schmitt, 1993)	El diseño arquitectónico basado en experiencias previas.	Case base design, que parte de la descripción de edificios existentes.	La recomendación basada en casos para no generar proyectos desde cero.	El conocimiento tomado de otros edificios ya construidos que será usado para el diseño de nuevos.
(Rankin & Froese, 2002)	Asistencia al usuario para generar los	Computer – assisted	La representación 3D de un proyecto genera	Los métodos de razonamientos seleccionar

	primeros requerimientos de obra.	constuccion planning	información para asistir proyectos futuros.	variables de elementos que se usan en la construcción.
(C., G., & Z., 2013)	Gerencia de proyectos de construcción masiva.	Razonamiento basado en casos.	El sistema razonamiento basado en casos tiene la capacidad de proponer soluciones a los proyectos de construcción masiva, pero necesita la intervención del usuario en las propuestas.	La construcción masiva de vivienda utiliza variables que requieren de análisis para la construcción de una sola vivienda, y adaptarse a la construcción de materiales naturales.
(Shen et al., 2017)	Edificación sustentable	Minería de textos y razonamiento basado en casos	Ayudar a diseñadores a encontrar referencias de edificios verdes similares para plantear nuevas edificaciones sustentables	La promoción de edificios verdes como una estrategia para solucionar los problemas de cambio climático.
(Xiao et al., 2017)	Toma de decisiones en la planeación de edificaciones sustentables	Minería de textos y el razonamiento basado en casos.	Desarrollo de un modelo GBEM (Green Building Experiencie Mining)	Variables y referencias tomadas de edificaciones sustentables para proponer nuevas alternativas.

1.4 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de capitalización de experiencias que preserve la información esencial del dominio de la bioconstrucción en México como una estrategia para difundir su uso y preservar la cultura arquitectónica de una región, además de sentar las bases para diseñar una cartera de nuevos servicios para el mercado nacional.

1.4.1 Objetivos específicos

- Determinar características de diseño necesarias para la gestión de las experiencias haciendo uso de los parámetros para el aprovechamiento de los recursos naturales.
- Diseñar una memoria de casos para desplegar un proceso de razonamiento basado en casos haciendo uso de J Colibrí 2.0
- Implementar un mecanismo de almacenamiento y reutilización de experiencias acumuladas en una memoria de casos para ofrecer una base de conocimiento que se alimente de forma colectiva.
- Diseñar un modelo conceptual de negocios a partir de las experiencias recolectadas que proponga nuevos servicios de bioconstrucción.

1.5 Justificación

La construcción es una de las actividades más antiguas del hombre, su origen se remonta a la par del de la técnica, 5000 años a. de C. (Enshassi et al., 2014). Actualmente la construcción sigue siendo una actividad predominante en el desarrollo del hombre, así como de la representación de sus culturas. En México es un sector relevante en la economía (Poó Rubio, 2004), y aunado a la tasa de crecimiento demográfico, la construcción es una actividad ineludible (Bedoya Montoya, 2011).

La bioconstrucción es hoy una respuesta concreta ante la crisis energética y la necesidad de mitigar el cambio climático (Guadagno, 2017). En la actualidad se trabaja por minimizar el impacto ambiental que la industria de la construcción genera. Se desarrollan nuevos materiales sostenibles o ecológicos; se gestionan los procesos de construcción y los desperdicios generados en una obra; se reciclan materiales de construcción, entre otras actividades. De igual forma, se han implementado estrategias que consideran

características de diseño centrado en la optimización de los recursos naturales, tales como la orientación, para optimizar ventilación, iluminación, topografía, los recursos del sitio, y otros recursos ambientales, con el objetivo de construir edificios más sustentables (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

La bioconstrucción promueve el uso de materiales locales, naturales e incluso reciclados para la construcción. Naturales como: tierra, maderas, pajas y fibras (que existe en casi cualquier lugar); y materiales reciclados siempre y cuando no se requiera de mucho esfuerzo y energía para su obtención. Ambos tipos de materiales son utilizados para construir viviendas, establecimientos, refugios, edificios, entre otras construcciones. Estos materiales a pesar de que necesitan ser evaluados y validados con métodos simples que garantizan su fiabilidad, no se someten a procesos industriales que alteren sus propiedades naturales y por lo tanto el impacto ambiental en la construcción haciendo uso de estos materiales es considerablemente menor al de una construcción con materiales industrializados.

La bioconstrucción responde a los conceptos de, arquitectura vernácula que se define como el proceso de creación arquitectónica que no requiere de un arquitecto; que es instintivo, pragmático, utiliza materiales tradicionales y sustentables, y responde a las necesidades del individuo y su entorno concreto (Contreras & Contreras, 2017). Desde la óptica y los fundamentos de la permacultura, se define como un sistema de diseño para la creación de ambientes sostenibles trabajando con y no en contra de la naturaleza (Mollison & Slay, 1994). La permacultura sustenta los principios de la bioconstrucción, construcción sostenible o construcción natural; se define como el desarrollo de la construcción tradicional, pero ejerciendo una responsabilidad considerable con el medio ambiente por todas las partes y participantes. Lo que implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción, a favor de la minimización del agotamiento de los recursos; así como previniendo la degradación ambiental por los prejuicios y proporcionar un ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno (Bedoya Montoya, 2011).

En un principio, la necesidad de refugio llevo al hombre a utilizar los recursos más accesibles en de su contexto. De esta forma logró crear sistemas adecuados al medio donde se desarrollaba de forma empírica y sentó las bases de la bioconstrucción. En la

actualidad, según SEMARNAT (2015) en México, existen 127,699,452 viviendas particulares de las cuales los muros tienen ciertas características: el 1.49% están contruidos con materiales de cartón o desechos, el 20.21% de barro de bajareque, lámina de asbesto o metálica, carrizo o bambú; el 2.57% de madera o adobe, el 75.13% tabique, ladrillo, Block, piedra de cantera o cemento y el 0.61% un material no especificado.

Tomado los datos de las viviendas construidas con bajareque y adobe, ambas técnicas naturales, se pone en evidencia que su total representa una cuarta parte de las viviendas en México que aún son de tierra. Lo cual indica que aún prevalece la cultura de la construcción con tierra en nuestro país.

De acuerdo con Lengen, (2002) acerca de las técnicas de construcción natural no todos los sistemas funcionan igual en las distintas regiones del país. La selección de la técnica depende de la disponibilidad de materiales, mano de obra, un buen diseño acorde al clima, el medio ambiente natural y cultura. De esta forma Legen (2002) estimula la práctica de las técnicas, así como de la combinación de las mismas para adecuarlas a un determinado sitio. Y así como Carlos Bedoya (2011) documenta experiencias de construcción que el mismo argumenta “yacen en la tradición histórica casi a punto de ser olvidadas” este proyecto pretende que su impacto se vea reflejado en las siguientes áreas:

- En pro de conservar el medio ambiente, los conceptos de bioconstrucción buscan que los materiales para la construcción se obtengan con poco esfuerzo y lo ideal, es que sean del mismo sitio en donde se va a construir. Por lo tanto, en el contexto de la construcción tradicional o vernácula el impacto ambiental es menor si se compara con los materiales industrializados.
- Social. La cooperación para el beneficio conjunto de distintos grupos bioconstructores que contribuyan compartiendo sus experiencias.
- Económico. Desde la perspectiva de la permacultura, la economía debe mantenerse en un entorno local donde se generen sinergias internas. De igual forma capitalizar estos nuevos medios de construcción puede ser el sustento para diseñar nuevos servicios.

- Cultural. Preservando y difundiendo las culturas constructivas de México, así como la interacción de distintos contextos para fortalecer distintas culturas
- Tecnológico. Haciendo uso de herramientas tecnológicas computacionales en un contexto donde el uso de este tipo de tecnologías es limitado y nunca antes se había desarrollado.

Es por ello que el desarrollo de nuevos servicios en el mercado, basados en experiencias de bioconstrucción que preserven culturas de México es necesario para incrementar la comprensión y difusión de estas técnicas.

1.6 Propuesta de solución

Diseñar un sistema que preserve las experiencias de la bioconstrucción en México servirá como apoyo a diseñadores y constructores que emplean materiales naturales de construcción, así como para difundir y preservar la cultura de la construcción natural y ofrecer nuevos servicios al mercado.

1.7 Metodología

Esta sección describe el proceso metodológico que será utilizado para implementar un sistema de base tecnológica en la recopilación de experiencias constructivas empíricas.

Basado en funcionamiento dentro del marco CBR y la metodología TM-CBR utilizada por Liyin Shen, Hang Yan, Hongqin Fan, Ya Wu, Yu Zhang (2017) utilizada para apoyar el diseño de edificios verdes, la cual se adecuará para la recopilación de técnicas naturales de construcción. Como complemento final se hará uso de business model canvas, para bosquejar un modelo conceptual de negocios que ofrezca servicios de bioconstrucción. En la imagen 1 muestra un esquema de la metodología que se sigue en este proyecto.

Fase 1. Creación de la base de experiencias

Con la finalidad de crear una nueva base de conocimientos que almacene las experiencias de distintos sistemas constructivos naturales, se pretende diseñar un sistema de recopilación que obtenga información utilizando como base los parámetros de aprovechamiento de recursos naturales descritos por Serra Florensa & Coch Roura (1995).

Una vez creada, la base de experiencias se utilizará para obtener experiencias de distintos grupos bioconstructores.

Fase 2. Procesamiento de la base de experiencias

La base de experiencias tendrá almacenados los casos de bioconstrucción y a su vez, clasificará las distintas variables que servirán para gestionar el proceso de recomendación. Para realizar el proceso de recomendación basado en casos se hará uso del software JColibri 2.0

Fase 3. Diseño de la memoria de casos

El diseño de la memoria de casos determina la estructura de las características y atributos principales correspondientes a los casos; estará compuesta por los siguientes elementos (Xiao et al., 2017):

- Descripción del problema.
- Solución propuesta.
- Resultado obtenido.

Fase 4. Evaluación y validación de las experiencias.

Con la información obtenida de la memoria de casos, el sistema de recomendación, basado en las experiencias de bioconstrucción obtendrá los parámetros para diseñar nuevas edificaciones. Las experiencias se validan en función de las características de la recomendación dada en un sitio determinado contra las características de las experiencias en la base de casos.

Fase 5. Validación del sistema.

Se añadirán más casos a la base de conocimientos con la finalidad de mejorar las recomendaciones del sistema.

Fase 6. Formulación de modelos de negocios.

Los resultados obtenidos en la fase 3 también serán utilizados para desarrollar un modelo conceptual de negocios con la finalidad de ofrecer nuevos servicios de bioconstrucción. Para ello se hará uso de la metodología Business Model Canvas.

Imagen 1. Metodología.



Capítulo 2 Marco teórico.

El siguiente capítulo aborda temas relacionados a la temática de la bioconstrucción, su origen, la interpretación de las distintas técnicas de bioconstrucción y materiales utilizados para bio-construir. Por otro lado, presenta características de análisis para describir el medio físico natural o sitio.

Por último, describe las características de un sistema de razonamiento basado en conocimiento para vincular un sistema de razonamiento basado en casos con las características de una construcción empleando materiales naturales y del sitio. Por último, el capítulo describe el método para la creación de modelos de negocio, business model CANVAS.

2.1 Arquitectura vernácula.

La arquitectura vernácula tiende a ser relacionada con lo primitivo y la pobreza. Esto ha ocasionado que, en los contextos actuales de la arquitectura, sea menospreciada y acuñada como un término negativo, a pesar de que este tipo de arquitectura posee un conjunto de elementos y características bioclimáticas que podrían combatir positivamente las afecciones ambientales y sociales a las que se enfrenta el hombre hoy en día.

La arquitectura vernácula se define como: “el proceso de creación arquitectónica por parte de un individuo sin la necesidad de un arquitecto, lo cual, conlleva a un proceso meramente instintivo, que resuelve las necesidades primordiales de refugio y desarrollo de actividades dentro de un entorno”.

Se trata de un proceso en donde el surgimiento de un hábitat, un edificio o incluso una ciudad, surgen directamente de la gente, los animales, las plantas y la materia que componen al sitio. Se construye de forma pragmática; quiere decir que no se entiende la construcción, ya que al edificar no se pierde tiempo pensando donde y de qué forma construir, sólo importa el desarrollo del hombre al construir un edificio. Esto genera la necesidad de recurrir a materiales que se encuentren al alcance, lo cual da como resultado que se usen materiales de la región en donde se construye, que se consideren sus diferentes usos y que, además, son manipulados de diversas formas tradicionales. Esto evita que se abuse y explote indiscriminadamente de un material y se logra que al final de

su vida útil logren reintegrarse naturalmente al medio físico natural, generando una arquitectura sustentable (Contreras & Contreras, 2017).

2.2 Permacultura.

La permacultura es un método de diseño que basa sus principios siguiendo los patrones de la naturaleza. Es un sistema de diseño holístico, presta atención al acomodo de cada elemento en relación a los demás, con la finalidad de maximizar la eficiencia de un hábitat. Algunos autores definen la permacultura como un sistema de diseño para incrementar los medios ambientes humanos sostenibles (Holmgren, 2010). Los conocimientos de bioconstrucción están basados en el pensamiento de la permacultura.

La permacultura basa su ética en los siguientes en tres principios:

- Cuidado de la tierra. Es aprender a reconocer un espacio vital en donde se respeta y se trabaja por mantener los espacios naturales y vivir en equilibrio con ellos.
- Cuidar a las personas. El cuidado de las personas significa, apoyo humanitario en todos los niveles de la sociedad. Se relaciona con el trabajo por la equidad e igualdad social fortalecer las convivencias para subsistir en un nivel local sin generar acciones destructivas a niveles globales.
- Repartición equitativa. El reparto equitativo tiene que ver con el equilibrio de los recursos naturales y lo que necesita el humano para subsistir. No existe desarrollo posible si para el crecimiento de ambos, hay destrucción explotación o deterioro.

La metodología también puede ser comprendida como una metodología o como un sistema de diseño, ya que posee 9 principios, de diseño los cuales se emplean para diseñar un hábitat sostenible que son los siguientes:

1. Ubicación relativa. Cada elemento debe de estar ubicado en relación a otro de manera que se asistan mutuamente.
2. Cada elemento debe realizar múltiples funciones.
3. Cada función del hábitat debe estar apoyada en varios elementos.
4. Planificación eficiente de energía.

5. Énfasis en los recursos biológicos y naturales.
6. Reciclaje eficiente energía en el sitio.
7. Utilización y aceleración de la sucesión natural de plantas para establecer sitios favorables y suelos.
8. Poli-cultura y diversidad de especies benéficas para el sistema productivo interactivo.
9. Uso del efecto de borde y de los patrones naturales para lograr la mejor ventaja.

Por último, la permacultura ejerce esta ética y principios bajo la actitud de las personas por lo tanto su filosofía se transfiere a través de los siguientes principios:

- Utilizar el mínimo esfuerzo para lograr el máximo resultado.
- Transformar los problemas en soluciones.
- Todo funciona en ambas direcciones.
- El límite es la imaginación.

Un hábitat que aprovecha las energías naturales y los recursos naturales siguiendo los principios de la permacultura se desarrolla en 5 zonas que son las siguientes (Morel et al., 2018)

- Zona 0. Es en donde se desarrollan las actividades básicas de un hábitat (casa, edificio, o pueblo si el diseño es a gran escala). Es planificado para la conservación de energía y satisface las necesidades básicas de sus ocupantes. En esta zona se desarrollan actividades diarias y es aquí donde el aspecto de la permacultura genera valor al sistema.
- Zona 1. Es la zona que está más cerca del núcleo más activo del complejo. Es la zona más controlada y el área que más intensamente se utiliza para proveer recursos a los usuarios del hábitat. En esta zona pueden estar contenidos huertos, talleres, invernaderos, entre otras áreas de trabajo que requieren atención recurrente.
- Zona II. En esta zona se ubican plantaciones densas como arbustos grandes, árboles frutales pequeños, huertos frutales mixtos, pequeños bosques o elementos

corta vientos, entre otros elementos de medianas proporciones. En esta zona igual se localizan recursos como: huertos, zonas frutales, balsas de agua, establos y gallineros.

- Zona III. Pose huertos aún más amplios que la zona II, áreas destinadas a que los animales pasten, también se ubican elementos que sirven para reducir los vientos dominantes y que al mismo tiempo funcionen como productores de leña, se comienzan a encontrar elementos de proporciones medianas a grandes considerando la escala humana. A partir de esta zona se empieza a requerir menor atención para el mantenimiento
- Zona IV. La principal característica de esta zona es que ya no requiere tanta atención como las anteriores. En esta zona la interacción humana es más limitada, en esta zona se ocupa para la recolección de productos o materiales, pero no es una zona de mucha explotación, ya que se desarrollan ecosistemas independientes a los de las zonas anteriores donde se desarrollan otro tipo de flora y fauna más silvestre.
- Zona V. Esta zona es completamente silvestre y alejada de todas las demás. En esta zona se conserva la naturaleza del ecosistema. La función que tiene bajo las características de la permacultura es la recreación espiritual y el aprendizaje de la naturaleza para el ser que habita en las zonas anteriores.

Como se puede observar el conjunto de zonas dotan al ser humano de recursos para su supervivencia sin necesidad de invadir un ecosistema ajeno. De igual forma cumple con las necesidades básicas para un ser humano. Para efectos de esta investigación, el proyecto de investigación se limita a trabajar con la zona 0 en el aspecto de la construcción de sitio habitable, que es donde se implementa los sistemas de bioconstrucción ya que empatan sobre la ética de la permacultura.

Partiendo de estos conceptos existe una larga metodología que sigue implementando criterios de distintas naturalezas, que van desde organizar un cuarto, una granja y que incluso podría planificar una ciudad o aldeas. El concepto implementando en la construcción puede ser beneficioso a la conservación y desarrollo sano del ambiente, ya que permite

trabajar con los recursos existentes generando de cero a mínimos residuos o incluso aprovechar los excedentes o residuos para un nuevo ciclo de vida (Klingelfus, 2016).

2.3 La bioconstrucción

La bioconstrucción es actualmente una alternativa para edificar de una forma amigable con el medio ambiente. Gran parte de la formación del concepto de bioconstrucción se fundamenta en los conocimientos de la permacultura. Una pieza clave en el proceso de diseño de ambientes integrados con la naturaleza.

Difícilmente se ha conseguido definir la bioconstrucción, existen múltiples definiciones sin embargo no se ha alcanzado un consenso formal respecto a su definición. Independientemente de esta situación, Marcia Kingelfus (2016) define la bioconstrucción como una construcción que trata de integrar aspectos relacionados a la vida.

De igual forma, menciona que se han encontrado dos vertientes que caracterizan a este tipo construcción:

La primera, propone usar tecnología moderna, existente e industrializada, que replica a la naturaleza a través de elementos contemporáneos con la finalidad de maximizar la eficiencia de un edificio. Además, compensa cuestiones energéticas consecuencia de la demanda de recursos naturales.

La segunda postura, defiende tecnologías de bajo impacto, locales o tradicionales, materiales naturales, unificando al usuario con su entorno, propiciar el crecimiento social, la construcción artesanal a través de formas espontáneas y simples.

Este proyecto considera que la cohesión de ambas posturas genera una idea que trata de establecer un lazo entre los conocimientos tradicionales desde un punto de vista tecnológico. Con esta idea se puede impulsar el desarrollo de la innovación en estas áreas de la construcción y con ello generar nuevos modelos de negocio que puedan incorporarse al mundo contemporáneo.

En esta investigación pone énfasis en ambas vertientes, ya que existe el objetivo de preservar el acervo cultural y tradicional que representan las técnicas de bioconstrucción.

Sin embargo, se requiere de un componente tecnológico que facilite la obtención de conocimientos, así como de su distribución.

En algunos países la práctica de la bioconstrucción se ha desarrollado de tal forma que se ha incrementado y difundido el conocimiento de pequeñas a medianas escalas. Pero el estímulo creciente hacia la adopción de tecnologías limpias ha permitido que se invierta en el desarrollo de materiales alternativos que fomenten la conciencia ambiental.

Países con entornos climáticos hostiles como África desarrollan técnicas de bioconstrucción como métodos tradicionales de construcción. El entorno con lo natural ha permitido diseñar espacios para habitar, sin embargo, la falta de información en temas de construcción ha ocasionado que la infraestructura se convierta en zonas insalubres (Klingelfus, 2016).

Los conocimientos tradicionales, como los empleados en África, han permeado en entornos tecnológicos, demostrado que analizar un sitio permite identificar materiales locales para edificar.

En el mundo existen distintos casos que demuestran que la bioconstrucción no es solo depende de técnicas ancestrales y tradicionales, se ha comprobado que la bioconstrucción forma parte del estilo de vida de distintas sociedades que habitan actualmente (Marisa Salanova, 2013).

México, es un país que se caracteriza por utilizar materiales locales y naturales en su arquitectura milenaria, sin embargo, los saberes tradicionales han evolucionado, adaptado y modernizado a las condiciones de vida actual. Sin embargo, aún existen comunidades que llevan a la práctica los conocimientos tradicionales, además de grupos bioconstructores que siguen la ideología de la permacultura que igual, tienen presencia en México.

La perspectiva negativa de esta situación tiene que ver con el alcance limitado que han tenido los bioconstructores en la difusión de prácticas. Y la perspectiva positiva con el interés de incorporar factores sustentables a los proyectos de construcción en México (“Apuestan proyectos a la sustentabilidad”, 2016).

2.3.1 Técnicas de bioconstrucción.

En el mundo se han utilizado distintas técnicas de construcción naturales que se han adaptado a las características culturales y climáticas presentes en las condiciones locales y sociales. La arquitectura vernácula es una muestra de ello.

Los conocimientos prácticos de construcción que parten de la creatividad o intuición, es una de las prácticas más utilizadas para construir en el mundo, este fenómeno también conocido como arquitectura vernácula. En México, se hace uso de fibras naturales, piedra, tierra e incluso, en algunas ocasiones excremento de algunos animales para dar forma a una vivienda.

Parte de la arquitectura autóctona se caracteriza por la integrar el entorno completamente al proyecto de construcción haciendo uso de la arquitectura bioclimática pasiva. Así como los elementos del sitio adecuados a la vivienda.

En algunos estados de la República Mexicana, por ejemplo, predomina el uso del Adobe en clima secos como Oaxaca, Puebla y otros estados que presentan características climáticas similares. En estados con climas húmedos como el de Veracruz y Chiapas, Por ejemplo, se hace uso de materiales como el bambú recubierto con arcillas y pajas o simplemente el bambú, dado que es un material que crece en regiones con climas húmedos y que es una fibra muy resistente. Independientemente de cual sea el clima, ya sea húmedo o seco.

El conocimiento de algunas de estas técnicas se ha formalizado y se ha difundido a través de cursos, libros, manuales, ferias, talleres sociales, prácticas, entre otros múltiples mecanismos. La difusión del conocimiento facilitó la incorporación de estas técnicas en distintos contextos en el territorio mexicano. Algunas de estas técnicas se han conservado un como un hito cultural caracterizando grupos sociales en determinadas regiones del país.

2.4. Materiales naturales de construcción.

Un material natural de construcción es aquel que no ha sido sometido a ningún proceso industrial que altere sus propiedades básicas. Está disponible en el medio local y es característico de un determinado ecosistema. Los materiales que se pueden considerar sostenibles son aquellos que necesitan poca energía en su fabricación y cuya utilización en

la construcción de una vivienda, por sus cualidades intrínsecas, minimiza la contaminación, respeta la salud de sus habitantes y son biodegradables, reutilizables o reciclables (Vefago & Avellaneda, 2013).

La procedencia local de estos materiales representa un bajo coste energético y poseen algunas de las siguientes características:

- Son naturales y poco elaborados, es decir, tienen una mínima huella ecológica.
- Son saludables, libres de toxicidad o radioactividad.
- Son perdurables.
- Son reciclables, reutilizables o biodegradables.
- Son transpirables, permeables al vapor de agua y al aire, de esta forma nos permitirá la regulación de humedad, permitiendo al edificio que respire.

Entendiendo estas características podemos definir algunos materiales naturales.

2.4.1 La construcción con tierra.

El origen de la construcción con tierra se remonta a hace más de 10.000 años. Se estima que actualmente un tercio de la población del mundo vive en construcciones de tierra en distintas representaciones; como ciudades enteras, palacios, casas populares, entre otras.

La construcción con tierra por lo general es utilizada en climas secos, sin embargo, no está exenta de tener presencia en algunos lugares como América del Sur en donde también es utilizada. Algunas de las condiciones para el uso de tierra como material de construcción depende de sus propiedades físicas y la economía que pueda representar.

La tierra es un material que se encuentra con facilidad cerca del de las construcciones. Es barato, ya que se puede manipular de forma sencilla y la mano de obra requiere poca especialización.

La arquitectura con tierra ha sido influenciada por nuevas tecnologías que le permiten adaptarse a nuevos contextos modernos. Gracias a esta situación, ha conseguido recuperar el interés de distintos grupos sociales que la ponen en práctica técnicas como el adobe, COB, bajareque, muros apisonados, entre otras.

Algunas técnicas se han adaptado a determinados contextos por ejemplo en México, el adobe estabilizado se ha vuelto un hito de tradición en algunos estados y ha desarrollado nuevos conocimientos científicos. En la arquitectura de tierra se aprecian distintas formas y usos, dada su facilidad de manejo y empleo, que en su mayoría es natural. Esta forma de tratar la tierra permite crear resultados creativos y espontáneos que expresan la cultura y carácter de los locales.

2.4.2 La construcción con piedra.

La piedra es una materia prima que se extrae generalmente de canteras a cielo abierto. Es de los materiales más antiguos con distintos ejemplos de su uso en toda la historia de la humanidad. El trabajo con este material generalmente está mecanizado. En México es típico encontrar este material en las antiguas pirámides del país e incluso en las grandes catedrales distribuidas a lo largo del país

2.4.3 Materiales reciclados.

Los materiales reciclados no son considerados materiales naturales ya que el reciclaje es un proceso físico, químico o mecánico el cual le transforma a la materia ya utilizada en un nuevo producto o en un producto con una segunda vida útil.

Sin embargo, la tendencia de reutilizar materiales ha dado lugar a que sean utilizados para la construcción. Este tipo de construcción es considerada por algunas personas como arquitectura sostenible y busca disminuir el impacto ambiental.

2.5. Características de la arquitectura bioclimática.

La arquitectura bioclimática se preocupa de las características naturales de un sitio para optimizar el diseño arquitectónico. Tiene como objetivo lograr un mayor confort con bajo consumo energético. De igual forma, busca la mayor eficiencia energética, lo que contribuye a disminuir el impacto de la huella ecológica. Es lógico entonces que estos preceptos resulten en un planteamiento fundamental dentro de la bioconstrucción (Klingelfus, 2016).

La arquitectura bioclimática analiza como la energía capta almacena y distribuye de forma directa sin que intervengan elementos mecánicos. Tiene como fin diseñar soluciones constructivas que permitan retener o rechazar energía solar dependiendo de las estaciones

del año minimizando las necesidades de calefacción, refrigeración y luminosidad (Elvis F. Mendieta Melchor, 2002).

El entorno físico está relacionado con el climático, tal y como la permacultura sugiere, por lo tanto, el emplazamiento de la vivienda depende de algunos factores como:

- Altitud y latitud
- Proximidad de vegetación
- Emplazamientos urbanos
- Vientos dominantes
- Norte solar

2.5. Estudio del medio físico natural.

En el supuesto de que los elementos de la naturaleza determinan la forma en como la arquitectura satisface las necesidades del usuario y del habitad, el estudio del contexto inmediato a la zona de construcción o más bien, del medio físico natural es necesario para comprender los flujos de energía en el sitio.

Los flujos de energía proveniente del sol, agua, aire, biomásas, entre otros, puede transformarse en distintas formas de energía como la térmica, mecánica, eléctrica, entre otras, y así conseguir fuentes alternativas locales para satisfacer las necesidades del habitad.

La permacultura juega un papel importante. A través de sus principios y ética, proporciona in entendimiento de los flujos energéticos del sitio. En conjunto con un estudio básico del sitio, facilita la creación un diseño arquitectónico integral, armónico con el entorno, logrando un balance entre lo intelectual, lo físico y lo emocional.

Por lo tanto, se pueden describir las siguientes características del medio físico natural como variables para realizar un el análisis del sitio, y así entender los flujos de energía en el mismo:

- Clima dominante del sitio.
- Temperatura relativa.

- Precipitación pluvial.
- Elementos orgánicos del sitio (observación).
- Elementos inorgánicos del sitio.
- Dirección de los vientos.
- Propiedades del suelo.

La mayoría de estos conceptos son mensurables. En consecuencia, es posible recolectar información sobre sus variaciones de manera constante. Por lo tanto, para realizar un análisis de sitio físico resultan útiles. Para cuantificar los conceptos del sitio se puede hacer uso de las siguientes herramientas.

2.5.1. Clasificación climática de Köppen.

La clasificación climática de Köppen es un sistema de clasificación que describe los distintos tipos de climas en el mundo. La clasificación climática de Köppen se diseñó con base en el tipo de vegetación de una zona para determinar su clima.

La clasificación consta de una serie de caracteres, mismos que indican el comportamiento del clima principal, la temperatura y las precipitaciones del sitio. Se utilizan las temperaturas y las precipitaciones medias anuales y mensuales, así como la estacionalidad de la precipitación para poder otorgar una categoría con la nomenclatura de la escala climática.

La nomenclatura de Köppen utiliza principalmente cinco grupos de vegetación climática que se distinguen con la siguiente nomenclatura: zona ecuatorial (A), la zona árida (B), la zona templada cálida (C), la zona de nieve (D) y la zona polar (E).

Seguido del primer carácter en la nomenclatura de Köppen, se incluye dos caracteres. El primero indica la precipitación anual y el segundo la temperatura del viento (Kottek et al., 2006).

Los cinco grupos climáticos principales se describen de la siguiente forma:

- Grupo A, tropical. Zonas con temperaturas medias inferiores a 18 grados. Clima de bosques tropicales.

- Grupo B, seco. Clima de temperaturas medias anuales inferiores a la evaporación potencial.
- Grupo C, climas de latitudes medias. La temperatura media del mes más frío es de -3°C y 18°C . En este clima crecen bosques templados.
- Grupo D, clima continental. La temperatura media del mes más frío es inferior a -3°C y del mes más cálido es mayor a los 10°C .
- Grupo E, Clima polar. Este clima se caracteriza por temperaturas medias que no superan los 10°C en ningún mes del año. Es un clima seco y frío.
- Grupo H, Climas de las tierras altas. Una nueva clasificación que no se encuentra dentro de la clasificación de Köppen pero que se ubica en grandes cordilleras que no habían sido clasificadas, tales como: Los andes, Himalaya, Tíbet, entre otras.

La tabla 2 se muestran los criterios de clasificación para cada una de las principales clasificaciones climáticas de Köppen, donde (P) se refiere a precipitación y (T) a temperatura:

Tabla 2. Criterios para el cálculo de las clasificaciones climáticas (Kottek et al., 2006)

Tipo	Descripción	Criterio
A	Climas ecuatoriales	$T_{\min} \geq +18^{\circ}\text{C}$
Af	Bosque ecuatorial, completamente húmedo	$P_{\min} \geq 60\text{ mm}$
Am	Monzón ecuatorial	$P_{\text{ann}} \geq 25 (100 - P_{\min})$
As	Sabana ecuatorial con verano seco	$P_{\min} < 60\text{ mm}$ en verano
Aw	Sabana ecuatorial con invierno seco	$P_{\min} < 60\text{ mm}$ en invierno
B	Clima seco	$P_{\text{ann}} < 10 P_{\text{th}}$
Bs	Clima estepario	$P_{\text{ann}} > 5 P_{\text{th}}$
Bw	Clima desértico	$P_{\text{ann}} \leq 5 P_{\text{th}}$
C	Climas templados cálidos	$-3^{\circ}\text{C} < T_{\min} < + 18^{\circ}\text{C}$
Cs	Clima templado cálido con verano seco	$P_{\text{smin}} < P_{\text{wmin}}, P_{\text{wmax}} > 3 P_{\text{smin}}$ y $P_{\text{smin}} < 40\text{ mm}$

Cw	Clima templado cálido con invierno seco	$P_{wmin} < P_{smin}$ and $P_{smax} > 10 P_{wmin}$
Cf	Clima templado cálido, completamente húmedo	que no es Cs ni Cw
D	Climas de nieve	$T_{min} \leq -3^{\circ}\text{C}$
Ds	Clima de nieve con verano seco	$P_{smin} < P_{wmin}$, $P_{wmax} > 3 P_{smin}$ and $P_{smin} < 40 \text{ mm}$
Dw	Clima de nieve con invierno seco	$P_{wmin} < P_{smin}$ and $P_{smax} > 10 P_{wmin}$
Df	Clima de nieve, completamente húmedo	que no es Ds ni Dw
E	Climas polares	$T_{max} < + 10^{\circ}\text{C}$
ET	Clima Tundra	$0^{\circ}\text{C} \leq T_{max} < + 10^{\circ}\text{C}$
EF	Clima de escarcha	$T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$

La clasificación climática de Köppen ofrece una gama amplia y simbólica que clasifica el clima en el mundo. Esta base de datos climatológica sirve como un primer acercamiento a la clasificación de las técnicas de bioconstrucción. Podrán ser clasificadas por regiones climáticas.

2.5.2 Heliódón

El control de los factores climáticos y ambientales logran mejorar la eficiencia energética y el confort de los usuarios en los edificios. La permacultura intenta controlar los flujos de energía dentro de un hábitat diseñado para sustentar la vida de distintos organismos.

Considerando este tipo de eventos, el movimiento del sol, que es la principal fuente de energía de nuestro planeta, necesita ser considerada para diseñar ambientes con un mejor confort climático. El Heliódón es una herramienta que permite visualizar el movimiento del sol a lo largo del año a través de las 4 estaciones (primavera, verano, otoño e invierno).

Esta interpretación es visualizada a través de horarios y meses representados en una gráfica solar que tienen como punto central el espacio en donde se desea desarrollar el proyecto arquitectónico.

De igual forma existe software que permiten visualizar como afecta la incidencia solar en un edificio permitiendo tener un mayor control respecto a la inclinación del sol a lo largo del año. Un recurso necesario para poder orientar un edificio en un espacio es la dirección del norte, con esto es posible ubicar un edificio en un espacio virtual que logre proyectar en donde incide el sol y en qué épocas del año sobre el edificio.

Algunos softwares que permite visualizar esta incidencia solar son:

- Sketchup
- Inight 360
- Autodesk Ecotec Analysis.

2.6. El diseño arquitectónico y los casos de experiencias.

Schmitt (1993) afirma que el diseño arquitectónico es el arte de producir un edificio completo, partiendo de la descripción incompleta de un problema. Con esta idea, el autor deduce que dentro del campo de investigación de la informática y la inteligencia artificial es posible emular el proceso de razonamiento de diseño que sigue un arquitecto para crear un edificio.

El mismo autor asume que seleccionar diversos casos representados de forma que tengan la capacidad de adaptarse pueden ser utilizados para generar soluciones que resuelvan un nuevo problema. Con esta idea traslada los conceptos del diseño arquitectónico al pensamiento del razonamiento basado en casos (CBD).

Desde las etapas de planeación y diseño, las características y componentes únicos de un edificio ocasionan que su producción sea compleja de construir, incluso, en muchos casos es común integrar equipos de trabajo donde los participantes nunca han laborado juntos, generando esfuerzos extra para integrar un equipo de trabajo.

El conocimiento y experiencia de cada integrante es fundamental para la producción del edificio para tomar decisiones prácticas. Además, (Tah et al., 1999), afirman que utilizar conocimiento previo en las etapas de planeación y diseño de un edificio es difícil de implementar. Los sistemas Case Based Digital Building System (CB – DSB) utilizan el

razonamiento basado en casos (CBR) en las etapas de planeación de diseño para poner en marcha más rápida del proyecto, la planeación de un edificio y utilizan experiencia con base en casos de construcción existentes para razonar un nuevo problema y mejorar la toma de decisiones (de Soto et al., 2018). Es por ello, que el CBR surge como un método alternativo para tratar con la complejidad de la información en la construcción (Hu et al., 2016).

2.6. Razonamiento basado en casos (CBR).

El razonamiento basado en casos basa su funcionamiento en experiencias pasadas para resolver nuevos problemas. Con esta idea se ha logrado desarrollar una serie de técnicas que permiten utilizar información para resolver problemas de distintas naturaleza (García, 2016).

El enfoque del razonamiento basado en casos, es un sub campo de la inteligencia artificial que ha demostrado a través de distintas aplicaciones y en distintos contextos, que es una tecnología de mucha utilidad.

El CBR se basa en la idea de que un nuevo problema puede ser similar a otro previamente solucionado. La solución previa puede ser útil para en el nuevo problema. Algunos de los softwares que existen para crear CBR, destacan los siguientes CBR*tools, Weka, J. Colibrí, Orange, my CBR, entre otros.

El CBR se ha convertido en una tecnología madura y establecida, se requieren de dos herramientas particulares para construir sistemas CBR, experiencia práctica y las herramientas necesarias para construir sistemas CBR.

2.6.1 Jcolibri 2.0

La investigación en el campo de CBR se acompaña con plataformas que permiten desarrollar y compartir aplicaciones de este tipo de razonamiento. Jcolibri es considerada por distintos autores como una herramienta que cubre tantas necesidades de usuarios desarrolladores como usuarios diseñadores.

El desarrollador es aquel que maneja directamente el código de la aplicación, mientras que el diseñador utilice herramientas de composición (García, 2016). Jcolibri se beneficia de la reutilización de sistemas CBR previamente desarrollados.

Es un sistema para diseñar aplicaciones CBR. Comprende un marco básico de funcionamiento el cual permite crear una aplicación sin escribir líneas de código, sin embargo, si se requiere el sistema más complejo se puede programar nuevos métodos e incorporarlos al marco de trabajo.

La arquitectura del sistema se organiza con los siguientes elementos:

- Caso base, fuentes de datos y conectores.
- Estructura del caso y medidas similares.
- Estructura de tareas y métodos de resolución de problemas.
- Biblioteca de métodos y funciones auxiliares.
- Núcleo y herramientas.
- Interfaz.

Y los pasos para configurar un sistema CBR con Jcolibri son una iteración de los descritos continuación:

- Estructura de casos y bases de casos.
- Configuración de tarea/método.
- Implementando una aplicación.
- Características avanzadas (opcional).

El sistema de recomendación basado en caso será una de las herramientas centrales de la investigación ya que, sin este conocimiento el procesamiento de las experiencias no podrá ser realizado.

2.7 Diseño de modelos de negocio

2.7.1 Business Model CANVAS

El CANVAS es un lienzo que contiene 9 bloques que conforman un modelo de negocio. Un modelo de negocio según Osterwalder es “La descripción de como una organización crea, entrega y captura valor”, además esta herramienta ayuda a las organizaciones a tener un panorama general de los recursos que participan y se requieren en la organización. (Osterwalder, Pigneur, & Cao, 2013). Los nueve elementos que comprenden lienzo del modelo de negocios se describen de la siguiente forma (Toro-Jarrín, Ponce-Jaramillo, & Güemes-Castorena, 2016):

- **Segmentos de mercado.** Describe las características de uno o distintos usuarios a los cuales se hará llegar la propuesta de valor.
- **Propuestas de valor.** Representa el conjunto de productos o servicios con los que la empresa intenta generar valor y resolver las necesidades de los clientes.
- **Canales de distribución.** Define los medios por los cuales se hará llegar la propuesta de valor del producto o servicio al segmento de mercado.
- **Relación con los clientes.** Descripción de los vínculos que mantienen a la empresa en contacto con el segmento de mercado.
- **Fuentes de ingresos.** Descripción de cómo se generan los ingresos económicos como resultado del valor que se aporta a un cliente.
- **Recursos clave.** Recursos necesarios para entregar la propuesta de valor, pueden ser: físicos, financieros, intelectuales, humanos, entre otros.
- **Actividades clave.** Actividades que forzosamente debe realizar una empresa para crear su propuesta de valor y modelo de trabajo.
- **Asociaciones clave.** Descripción de una red de socios o proveedores que ayudan a la empresa a optimizar el modelo de negocio, reducir riesgos y adquirir recursos.
- **Estructura de costos.** Informe de todos los costos de operación del modelo de negocios, se calculan resumiendo los recursos clave, las actividades clave y las asociaciones clave.

El lienzo del CANVAS será útil en la última fase de esta investigación para modelar un diseño conceptual de negocios que ofrezca servicios de bioconstrucción basándose en los resultados obtenidos por el proceso CBR.

Capítulo 3 desarrollo de la metodología.

En este capítulo se describe el proceso metodológico desarrollado en 6 fases, por medio del cual, se desarrolló este proyecto. Cada fase de la metodología describe un conjunto de procesos que fueron llevados a cabo para crear el sistema de recomendación basado en los conocimientos de bioconstrucción.

3.1 Fase 1: Creación de la base de casos.

El razonador debe ser capaz de recuperar y almacenar experiencias en una memoria de casos que, a largo plazo, representará un mecanismo de aprendizaje, el cual, generará una base de conocimientos (Castro, 2016) capaz de recomendar buenas técnicas de bioconstrucción. El conjunto de casos será agrupado en una base o memoria que generalmente posee una estructura definida, en este caso se usaran las variables de: análisis de medio físico natural y características para elaborar técnicas de bioconstrucción.

3.1.1 Determinación de las variables del sitio.

Gran parte de la filosofía de la permacultura busca comprender los flujos naturales de energía en un sitio para diseñar hábitats adaptados al sitio. Para conseguir este objetivo en cualquier contexto natural, el estudio básico del medio físico natural comprende los principales elementos del sitio que determinan su comportamiento; los cuales serán determinados como variables para la base de experiencias.

3.1.1.1 Estudio básico del medio físico natural.

Las variables seleccionadas para definir, clasificar y evaluar el sitio son las siguientes:

Clasificación climática de Köppen.

Determinar las coordenadas geográficas de un hábitat construido, es posible ubicarlo en un punto geográfico real. Para conocer las condiciones de un sitio, la clasificación climática de Köppen, una de las clasificaciones climáticas más usadas en el mundo, permite de forma simple entender las distintas variables climatológicas a nivel mundial (Kottek et al., 2006).

La clasificación de Köppen emplea una serie de tres caracteres, que a través de distintas combinaciones consigue clasificar el tipo de clima de una región, y con ello, describir las características climatológicas de la región.

Análisis solar.

Ya que el sol es la principal fuente de energía de nuestro planeta, conocer la ruta que sigue a lo largo del año permite comprender su comportamiento en las distintas estaciones del año.

El diseño solar tiene un papel importante en el proceso de diseño sostenible de un edificio ya que influye en su demanda energética para refrigeración y calefacción, iluminación, huella de carbono y el impacto ambiental. Existen distintos métodos y tecnologías que permiten realizar este análisis (Jakica, 2018); distintos softwares asistidos por computadora logran simular la posición solar; otros calculan la incidencia solar en un edificio dependiendo el material con el que esté construido; otros más básicos únicamente indican cual es el recorrido del sol. Haciendo uso de las coordenadas geográficas se utiliza un heliodón solar con cualquier software libre para logra ubicar la posición solar.

Este análisis es útil para tener un acercamiento a los parámetros de diseño bioclimático considerando los azimuts e inclinaciones del sol con las siguientes variables:

- Hora en la que se oculta el sol por estación del año.
- Hora salida de sol o amanecer por estación del año.
- Ángulo solar de acuerdo a cada una de las estaciones del año.
- Observación directa.

El último componente de las variables del sitio corresponde identificar los recursos materiales naturales disponibles en el sitio. Esta actividad se realiza partiendo de la observación directa del sitio. Los materiales que pueden ser observados e identificados pueden ser muy variados, pero tienen una clasificación inicial como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Características de la observación directa

Características	Variables
-----------------	-----------

Pétreos	Tierra, piedra, grava, arena, tejas, entre otros
Maderables	Pasto, bambú, paja, entre otros.
Líquidos	Arroyos, ríos, nacimientos, lagunas, manantiales, cenotes, pozo, pozo profundo, manglar, pantanos, lluvia,
Reciclables	Plásticos, bolsas, neumáticos, botellas, latas, hilos, tarimas, cartón, tejas,

3.1.1.2 Características constructivas naturales.

Las variables para definir las características materiales, el proceso de la técnica y conocer al autor de una obra de bioconstrucción son las siguientes:

Materiales.

Los materiales son los recursos, de preferencia del sitio, que no han sido sometidos a un proceso industrial, que se transforman para construir un hábitat.

Tabla 4. Características de y variables de los materiales.

Características	Variables
Materiales básicos	Arena (%). Limo (%). Arcilla (%). Tipo, cantidad y relación de agregados. Tipo, cantidad y relación de consolidantes. Otros.
Disposiciones complementarias	Tipo y material de cimentación. Tipo y material de cubierta. Tipo y material de estructura. Tipo de instalaciones. Morteros de unión. Tipo y material de acabados. Tipo de Pinturas. Tipo de Paredes.

	Tipo de Piso. Aberturas.
Cantidad de mano de obra	#
Área total construida	M ²

Técnica

La técnica es el conocimiento empleado para utilizar de la mejor forma los recursos del sitio:

Tabla 5. Características y variables de la técnica.

Características	Variables
Descripción de la técnica	Denominación de la técnica Familia de la técnica
Sistema estructural	Macizo Lineal Arco Portante Auto portante Otros Observaciones
El material permite	Almacenamiento previo del material. Aberturas posteriores o futuras. Cimentación posterior o futura. Instalaciones embutidas.
Respuesta a agentes climáticos (Bueno / Malo / Regular / Requiere tratamiento especial)	Humedad. Erosión. Insectos. Sismos. Fuego.
Herramientas empleadas para la técnica	(Descripción textual)
Modo de producción: Elementos Sistema constructivo	Artesana Semi - Industrial

Control de calidad	Selección de tierra Resistencia a la compresión Resistente al impacto Resistente a sismos Permeabilidad Durabilidad
---------------------------	--

Usuario

El usuario y/o constructor es quien habita el sitio. Su información es requerida para identificar las obras de bioconstrucción y en un futuro darles difusión:

- Nombre del proyecto.
- Nombre del arquitecto o constructor.
- Cantidad de personas habitando.
- Fecha de inicio de construcción.
- Fecha de término de construcción.

3.1.2 Creación de herramienta para recolección de experiencias

Las variables definidas se combinan y dan como resultado un formulario con el cual, se recolecta la mayor cantidad de información tanto del sitio como del medio físico; de distintas técnicas de bioconstrucción. Algunas de las variables recolectadas, serán ocupadas para futuras actividades que no están relacionadas con este proyecto.

El formulario presentado en el Anexo A, este compuesto por 14 bloques correspondientes las características de materiales, técnica, usuario y sitio.

3.2 Fase 2: Procesamiento de la base de experiencias.

Las experiencias son el conocimiento que estará almacenado dentro de la memoria de casos.

3.2.1 Recolección de experiencias de bioconstrucción.

Con la finalidad de conseguir un mayor número de experiencias de bioconstrucción para beneficiar el sistema de recomendación, se realizó el vaciado de 50 experiencias de bioconstrucción contenidas en el libro: "arquitecturas de tierra en iberoamericana", las

cuales, posteriormente fueron ubicadas geográficamente y para obtener la clasificación climática de Köppen, y con ello tener suficientes elementos en la base de conocimientos para pre-procesar un caso práctico.

Al mismo tiempo, el formulario fue distribuido a bioconstructores de la región, y de otros estados, para comenzar la recolección de experiencias en la región.

3.3 Fase 3. Diseño de la memoria de casos.

La memoria de casos basa la recomendación y almacenamiento de experiencias en un procedimiento de búsqueda y clasificación. El procedimiento parte de las variables del sitio que el usuario conoce para posteriormente clasificarlas y filtrar la información de la memoria de casos con la finalidad de conseguir la mejor técnica de recomendación con la información de las variables descritas en la memoria de conocimientos.

3.3.1 Proceso de recomendación.

El proceso de recomendación comienza haciendo uso de la información contenida en la base de datos, la cual, está clasificada en los 14 módulos que contienen cada una de las variables con las que se han recolectado experiencias.

Tabla 6. Representación gráfica de base de datos y clasificación de información.



Posteriormente, el proceso de recomendación solicita al usuario tres datos principales: Coordenadas geográficas del sitio en donde se busca construir, la prueba que determina la cantidad de arcilla, arenas y limo que contienen en la tierra del sitio, y, por último, los materiales o recursos observables en el sitio.

La clasificación climática consiste en tres variables representadas por tres caracteres descritos que en su conjunto definen el grupo climático del sitio: Climas principales (X), precipitaciones (x) y Temperatura (x), como se muestra en la tabla 6. Los tres caracteres de la clasificación climática de Köppen clasifican cada una de las técnicas de bioconstrucción en la memoria de casos como se representa en la tabla 7.

Tabla 7. Representación de % pruebas de tierra.

% Arena	%
% Arcilla	%
% Limo	%
Otros materiales	

Tabla 8. Resultado: representación de la clasificación climática de Köppen.

Principal grupo climático	Grupo climático (precipitación)	Grupo climático (temperatura)
X (Mayúscula)	x (Minúscula)	x (Minúscula)

El sistema debe reconocer las proporciones de arcilla, arena y limo que utilizan las técnicas almacenadas en la base de datos, para posteriormente comparar esta información con los porcentajes resultantes de la prueba de tierra. Con ello se descartan técnicas que requieran de materiales extra para el sitio.

Para justificar la recomendación con base en casos registrados anteriormente, se utiliza la respuesta ante los factores climáticos del sitio; humedad, erosión, insectos, sismos y fuego.

La similitud de las características de las variables en la matriz puede calcularse utilizando una función de distancia euclidiana.

Si el sistema detecta similitud con la clasificación climática, los materiales del sitio y los porcentajes de tierras, detectara que técnicas se han empleado en ese tipo del clima, con

que materiales se han construido las técnicas y cuál ha sido la respuesta a los agentes climáticos.

Tabla 9. Matriz que filtra las técnicas de bioconstrucción con sus respectivas variables.

¿Cuáles son las técnicas que se han utilizado en estos climas?		¿Cuáles han presentado mejores beneficios?								¿Qué materiales ocupan?				
Clasificación: Familia / Técnica		Respuesta a clima: Bueno / Mala / Regular / Tratamiento especial								Principales Arena / Arcillas / Limos / Otros				
Familia	Técnica	mm		hs	Vd	A					%	%	%	
		Hs	Hll	E	V	T	I	S	F	A	Ar	L	O	
F ₁	T ₁	B	B	M	B	R	M	TE	B		20%	80%	0%	
	T ₂	-	-	-	-	-	-	-	-		-%	-%	-%	
	T ₃	-	-	-	-	-	-	-	-		-%	-%	-%	
F ₂	T ₁	-	-	-	-	-	-	-	-		-%	-%	-%	
	T ₂	-	-	-	-	-	-	-	-		-%	-%	-%	
	T ₃	-	-	-	-	-	-	-	-		-%	-%	-%	
F ₂	T ₁	-	-	-	-	-	-	-	-		-%	-%	-%	
	T ₂	-	-	-	-	-	-	-	-		-%	-%	-%	
	T ₃	-	-	-	-	-	-	-	-		-%	-%	-%	

La recomendación obtenida del sistema se basa en la clasificación y beneficios climáticos de las técnicas almacenadas en la base de datos, clasificadas por familias y una subclasificación que contienen las distintas técnicas de bioconstrucción en sus variadas denominaciones.

Por lo tanto, el resultado obtenido de la recomendación debe complementarse con las disposiciones complementarias que de igual forma está almacenada en la base de conocimientos. Esta información corresponde a las siguientes características: tipo de cimentación (x), cubiertas (x), instalaciones (x), acabados (x), pinturas (x), pisos (x), aberturas (x) y mano de obra utilizada (x). Con esta información, el sistema puede realizar

una recomendación más completa, sin embargo, el resultado obtenido, no es una receta de fabricación.

Tabla 10. Recomendación obtenida del sistema.

F1	T₁	B	B	M	B	R	M	TE	B		20%	80%	0%
-----------	----------------------	---	---	---	---	---	---	----	---	--	-----	-----	----

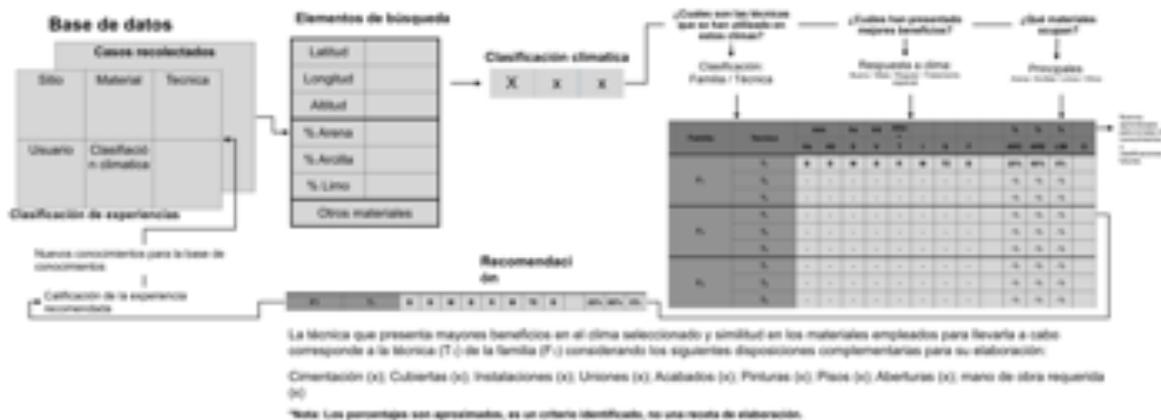
La tabla 9 con el resultado de la recomendación se interpreta de la siguiente forma:

“La técnica que presenta mayores beneficios en el clima seleccionado y similitud en los materiales empleados para llevarla a cabo corresponde a la técnica (T₁) de la familia (F₁) considerando las siguientes disposiciones complementarias para su elaboración:

*Cimentación (x); Cubiertas (x); Instalaciones (x); Uniones (x); Acabados (x); Pinturas (x); Pisos (x); Aberturas (x); mano de obra requerida (x). *Nota: Los porcentajes son aproximados, es un criterio identificado, no una receta de elaboración.”*

El resultado obtenido del sistema de recomendación sirve como un nuevo aprendizaje para la base de conocimientos, siempre y cuando el usuario evalúe indicando si esta recomendación es útil para lo que dispone realiza o no y en una escala. El conjunto del proceso de recomendación se muestra en la imagen 3.

Imagen 2. Proceso del sistema de recomendación.



3.3.2 Caso de estudio.

Para validar el sistema de recomendación se resolvió un caso en donde se busca encontrar la mejor técnica de bioconstrucción para la ciudad de Córdoba Veracruz, basándose en el conocimiento almacenado en la memoria de conocimientos.

3.3.2.1 Identificar las condiciones del sitio

Obtención de las coordenadas geográficas del sitio

Para obtener las coordenadas geográficas del sitio se utilizó el SFW de Google Earth dando el siguiente resultado:

Tabla 11. Ubicación relativa del sitio.

Altitud	938 m.s.n.m
Longitud	96°56'53.37" O
Latitud	18°55'53.23" N

Prueba de tierra.

Para conocer los porcentajes se realizó la prueba denominada “prueba de tierra por sedimentación” (van Lengen, 1991)”, que consiste en tomar una muestra de tierra del sitio colocarla en un frasco, colocar agua, y agitar hasta que todas las partículas de tierra se disuelvan. Previo a esto una vez que se asiente el líquido es posible visualizar las proporciones de materiales en la tierra del sitio, así como se muestra en la imagen 4 y tabla 11.

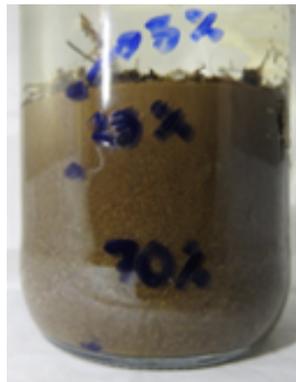


Imagen 3. Proporciones de tierra del sitio.

% Arcilla	25%
% Arena	70%

% Limo	5%
	100%

Tabla 12. Representación de proporciones de tierra del sitio.

Descripción visual de los recursos del sitio.

Con la finalidad de conocer los recursos naturales del sitio, se realizó una inspección visual que dio los resultados que se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Recursos naturales del sitio.

Materiales pétreos	Piedra de río, piedra de rastrojo, piedra caliza
	Arena de río
Recursos líquidos	Río
Materiales naturales	Bambú, pastos (pajas), cedros
Materiales reciclables	Botellas de plástico.

3.3.2.2 Clasificación climática del sitio.

A través de las coordenadas se obtuvo la clasificación climática correspondiente al sitio del caso de estudio. Con la clasificación se puede describir las características principales del sitio (precipitación y temperaturas máximas, mínimas y promedio) así como, el tipo de clima como se muestra en las tablas 14 y tabla 15, respectivamente.

Tabla 14. Clasificación climática según Köppen

Clima principal	Precipitación	Temperatura
C	f	a
Climas templados cálidos	Completamente húmedo	Verano caliente

Tabla 15. Información climática del sitio, según la clasificación climática de Köppen.

Precipitación			Temperaturas		
Promedio	Max	Min	Promedio	Max	Min

265 mm	257.9 mm	20.6	21.1 °C	30 °C	11.9 °C
	agosto	enero		Mayo	Enero

3.3.2.3 Selección de la técnica según la clasificación climática

Haciendo uso de la Matriz para clasificar las técnicas de bioconstrucción respecto al tipo de clima, el sistema realiza un filtrado y selecciona las técnicas que tengan la primera clasificación climática, “C” (climas templados húmedos), posteriormente, ubica las técnicas que poseen este comportamiento climático. El sistema vuelve a hacer un filtrado con la segunda letra de la clasificación climática “f” (Completamente húmedo), y así logra dar como resultado el total de técnicas que se han utilizado en este clima en una primera clasificación por familias y una segunda sub-clasificación:

- F1: Entramados (Técnicas, 8).
- F2: Albañilería. (Técnicas, 9).
- F3: Tierra apisonada (Técnicas, 4)

Tabla 16. Técnicas filtradas empleadas en climas Cfa.

Entramado	Albañilería	Tierra pisada	Tierra apisonada
Estanteo / Quincha	Adobe	Tapial e = 30 cm	Tapial
Estanteo / Quincha	Adobe mejorado	Tapial Cali castrado	Paneles de tierra apisonada
Tapia	Adobe	Tapial delgado e = 14 cm	Tapial mejorado
Bahareque prefabricado	Adobe prensado	Tapial con piedra	Tapial
Bahareque mejorado	Adobe estabilizado		Tapial tradicional
Bahareque	Adobe prensado de tierra cemento		Tapial mejorado

Bahareque prefabricado	Adobe prensado machihembrado
Bahareque con piedra	Adobe tipo U
	Adobe tipo "vaso"

Tabla 17. Resultados de la primera clasificación.

Para continuar con el proceso, se hace uso de los porcentajes de arena y arcillas necesarios para elaborar las técnicas considerando un rango del 10% aceptable entre el % obtenido en la prueba y el % de las experiencias en la base de conocimientos. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- F1: Entramados (Técnicas, 2).
- F2: Albañilería. (Técnicas, 0).
- F3: Tierra apisonada (Técnicas, 0)

Los resultados descartaron las familias de albañilería y tierras apisonadas dejando a los entramados con 2 técnicas: bahareque prefabricado (T1) y bahareque con piedra (T2).

Por último, estas dos técnicas fueron calificadas con los valores resultantes ante los agentes climáticos, donde ambas técnicas obtuvieron un resultado de 8 de 8 en calificaciones buenas ante los agentes climáticos.

Tabla 18. Resultados finales: dos técnicas de bahareque prefabricado y una de piedra.

Familia	Técnica		% Área Técnica		% Área Técnica	% Línea Técnica	%	número de beneficiarios	mas		Vigas dominadas		Vigas dominadas		Ados		Fleje
									Horizontal por	Horizontal Recta	Externa	Vertical	Tiraje	Interio	Interio		
Extratado	Bahareque prefabricado	✔	10%	27%	75%	0%		3	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Bahareque prefabricado	✔	10%	27%	75%	0%		3	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Bahareque con piedra	✔	10%	27%	75%	0%		3	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

3.3.2.4 Resultados del caso de estudio.

Por lo tanto, el caso de estudio, logra recomendar que para realizar bioconstrucción en Córdoba Ver, donde se tiene un clima templado - cálido, completamente húmedo con lluvias en verano (Cfa), las mejores técnicas para realizar bioconstrucción son las de bahareque prefabricado (T1) y bahareque con piedra (T2). Donde la primera de ellas requiere de en promedio 3 constructores y la segunda de 4; con disposiciones complementarias que han empleado como:

- **T1**
 - **Cimientos:** Piedra con tierra y cal.
 - **Cubiertas:** Viguetas de madera con láminas de zinc.
 - **Instalaciones:** Eléctricas expuestas y sanitarias de PVC
 - **Morteros de unión:** Tierra, cemento 1:8
- **T2**
 - **Cimientos:** Suelo - cemento
 - **Cubiertas:** Tejas
 - **Instalaciones:** Convencionales
 - **Morteros de unión:** No necesita.
 - **Acabados:** Convencional; CPV, leche, cal, agua 1:2:3:4.

3.4 Automatización del proceso.

Con el objetivo de alimentar la base de experiencias de forma colectiva, al mismo tiempo que el conocimiento de estas técnicas se difunda, aunado al beneficio cultural que representa la creación de una base de conocimientos de técnicas naturales de construcción; se realizó el diseño conceptual de una página web que combine la funcionalidad de sistema de razonamiento basado en conocimientos. El usuario de esta plataforma podrá almacenar en un perfil las experiencias de bioconstrucción que ha realizado, así como, visualizar las obras realizadas por otros usuarios y así contribuir al aprendizaje colectivo.

Para almacenar una experiencia se hacen uso de las características del medio físico natural y los criterios y variables que gestionan las experiencias de bioconstrucción en el sistema de recomendación.

Por otro lado, el diseño conceptual de la plataforma ofrece la obtención de una recomendación dada por las variables que solicita el sistema de recomendación para su funcionamiento tal como se muestra en la imagen 4.

Imagen 4. Funcionamiento del sistema de recomendación en la página WEB.



Capítulo 4. Diseño del CBR.

El caso de estudio permite identificar y seleccionar las variables que lo componen, y es posible diseñar la estructura responsable del procesamiento de datos. Además, la memoria de casos donde se almacenará la descripción de los casos de bioconstrucción para futuras soluciones.

4.1 Estructura de la base de datos.

Las 12 variables que se determinaron para construir un modelo, y su importancia ponderada, se describen en la tabla 19.

Tabla 19. Variables para la descripción del caso.

#	Importancia AHP	Variable
C1	.178	Clima principal
C2	.150	Precipitación
C3	.141	Temperatura
C4	.113	% Arena
C5	.095	% Arcilla
C6	.076	% Limo
C7	.070	Metros cuadrados
C8	.045	Número de empleados
C9	.041	Pétreos
C10	.039	Maderables
C11	.031	Líquidos
C12	.023	Reciclables

En la tabla 20 se muestran las variables de la solución, las cuales, consideran los parámetros que deben tomarse en cuenta para la solución. La solución no depende estrictamente de esos resultados, sino de las acciones que se realicen para ejecutar el proyecto, la posibilidad de ajustar los parámetros al sitio y retro alimentar la base de conocimientos.

Tabla 20. Variables para solución del caso.

#	Variable
---	----------

1	Técnica empleada
2	Familia de la técnica
3	Cimentación
4	Cubiertas
4	Estructura
5	Cerramientos
6	Acabados
7	Pisos

La tabla 21 muestra las características que justifican la solución. En este caso, la respuesta a los agentes climáticos que presenta cada técnica de bioconstrucción.

Tabla 21. Justificación del caso.

#	Variable	
1	Humedad	Bueno / Malo / Regular /tratamiento especial
2	Erosión	Bueno / Malo / Regular /tratamiento especial
3	Insectos	Bueno / Malo / Regular /tratamiento especial
4	Sismos	Bueno / Malo / Regular /tratamiento especial
5	Fuego	Bueno / Malo / Regular /tratamiento especial

4.2 Arquitectura del sistema de recomendación.

En esta sección se describe la operación del sistema de recomendación, y las características para diseñar el sistema. Se utilizaron los softwares NetBeans y XAMP para la programación del sistema.

4.2.1 Diagrama de casos de uso

El funcionamiento del sistema se describe con un diagrama de casos de uso. Para diseñar este modelo, se toma como referencia el diseño de la base de datos. Para demostrar cómo es que el usuario opera con el modelo el diagrama de caos de uso se muestra en la imagen 5.

Imagen 5. Diagrama de casos para uso del sistema.

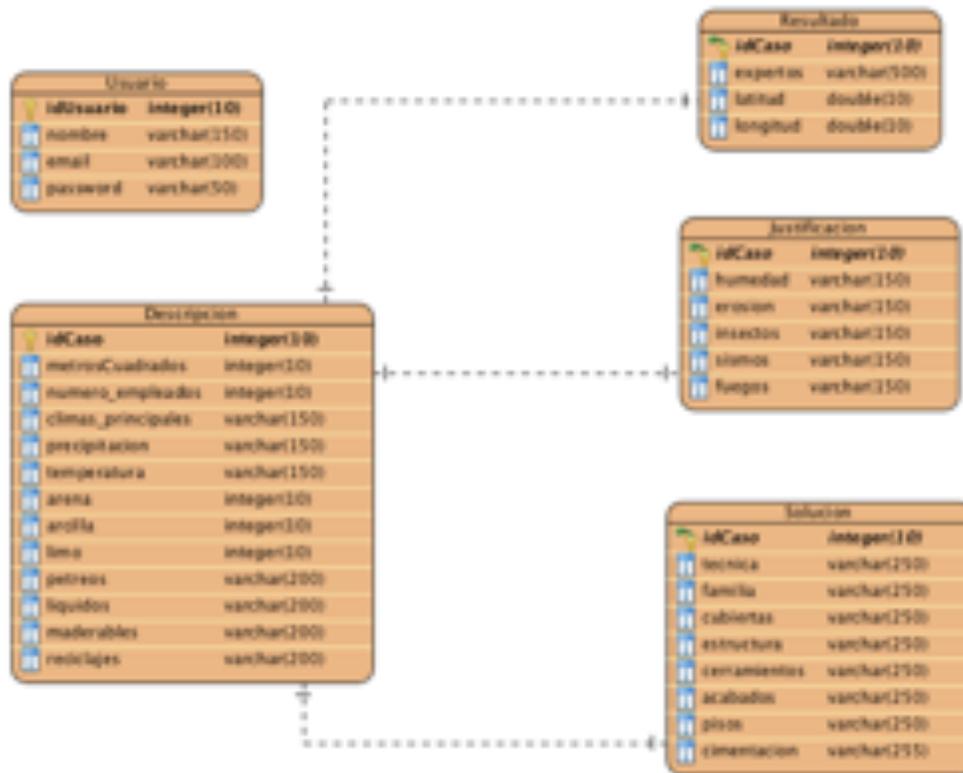


- **Iniciar sesión.** Es la función que controla el acceso al sistema. Cualquier persona que haga uso de la plataforma tendrá que tener asignado un usuario y una contraseña y con ello se controlan permisos de ingreso al sistema.
- **Registro.** Esta opción permite al usuario crear su usuario y contraseña para iniciar sesión, se crea un nombre de usuario y una contraseña.
- **Buscar un caso.** Esta ventana muestra al usuario una interfaz donde puede introducir los parámetros de búsqueda de cada una de las variables para consultar un caso. Para poder ingresar a esta ventana es necesario haber ingresado al sistema.
- **Registrar un nuevo caso.** Proporciona al usuario el permiso de almacenar información de un nuevo caso de uso al sistema.

4.3 Modelo relacional de base de datos.

El modelo relacional de la base de datos permite conocer las relaciones entre las diferentes tablas de una base de datos. En el caso de este proyecto, en la imagen 6, se muestra la relación entre las tablas para obtener información completa de un caso y la información de los usuarios que se han dado de alta en el sistema de recomendación.

Imagen 6. Modelo relacional de base de datos.



- **Usuario.** En esta clase se desarrolla el inicio de sesión del usuario, contiene las operaciones para buscar el usuario y la contraseña que habilitan el acceso al sistema.
- **Descripción.** Almacena los casos de la descripción y casos de bioconstrucción, busca usuarios y los obtiene para permitir el acceso al sistema.
- **Descripción.** Esta clase almacena los atributos de la descripción, es la responsable de las operaciones, que solicita ejecutar la API de JColibri e identifica las clases cuando se realiza la búsqueda de casos.
- **Solución.** En esta clase se almacena los atributos de la solución y está asociada con la descripción.
- **Resultado.** Se almacena los atributos de la solución.
- **Justificación.** En esta clase se almacenan los atributos de la solución, está asociada con la clase descripción.

Con la arquitectura del sistema descrita es posible desarrollar la interface del modelo antes de realizar la programación.

4.4 Interfaz gráfica del sistema.

El diseño de la interfaz gráfica se basa en el orden lógico que debe seguir el modelo para recibir y gestionar la interfaz. El diseño del sistema se describe a continuación.

4.4.1 Menú principal.

El acceso al sistema se realiza mediante un menú principal. Las opciones presentes en la pantalla son: registro, para crear un usuario y una contraseña; e iniciar sesión, con el usuario y contraseña utilizadas para el registro. La imagen 8 muestra el diseño del menú principal.

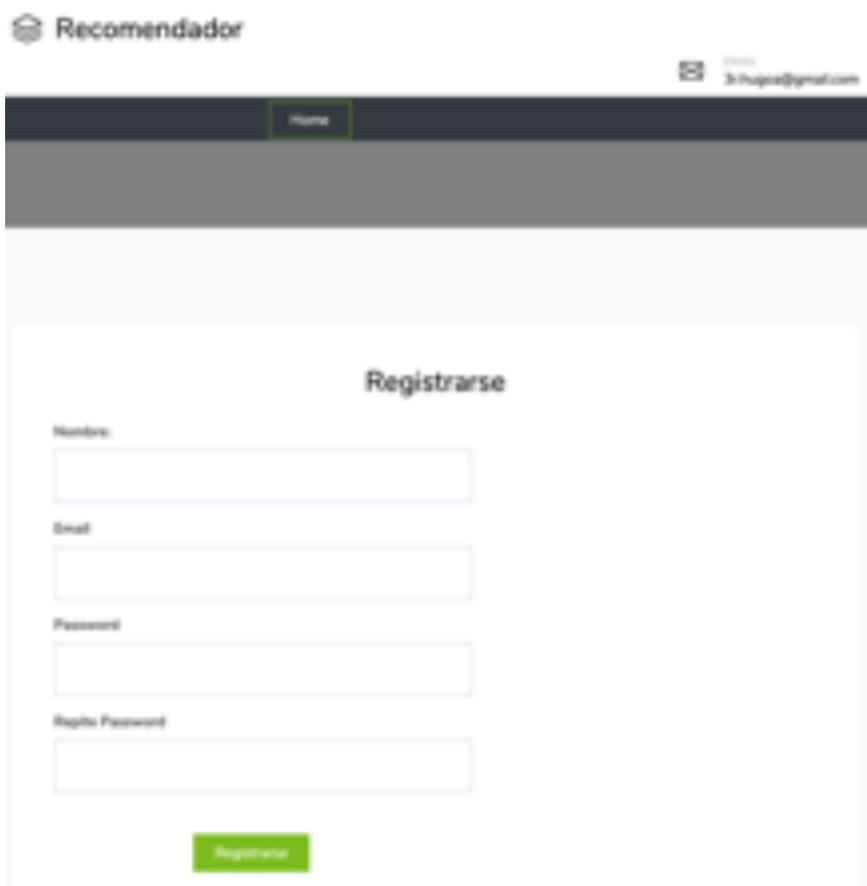
Imagen 7. Menú principal.



4.4.2 Registro

Para que una persona tenga acceso a la plataforma requiere un nombre de usuario y contraseña, los cuales están relacionados a una cuenta de correo. Esta información se ingresa al sistema través de un formulario de registro tal como se muestra en la imagen 9.

Imagen 8. Formulario de registro.



The image shows a web browser window with the title 'Recomendador'. In the top right corner, there is a user profile icon and the email address '31492@gmail.com'. A dark navigation bar contains a 'Home' button. The main content area features a registration form titled 'Registrarse'. The form includes four input fields: 'Nombre', 'Email', 'Password', and 'Repeat Password'. A green 'Registrar' button is positioned at the bottom of the form.

4.4.3 Iniciar sesión.

Una vez creado un nombre de usuario y contraseña se puede acceder al sistema. El acceso al sistema se realiza a través de un menú que solicita correo electrónico y contraseña creados en el menú de registro. Cualquier usuario que tenga un nombre de usuario y contraseña podrá acceder al sistema. La imagen 10 muestra el formulario para iniciar sesión.

Imagen 9. Inicio de sesión.

Recomendador

Home

3.hugos@gmail.com

Iniciar sesión

Email

Password

No tienes cuenta aún? [Regístrate aquí](#)

Login

4.4.3 Buscar un caso.

Dentro del sistema, en la parte superior se encuentra tres sub menús. El primero de ellos sirve para buscar un caso y el sistema de una recomendación. El sistema esté definido por un caso de estudio para viviendas empleado técnicas de bioconstrucción. La ventana para buscar un caso presenta las 12 variables que describen un caso en donde el usuario indica la información para buscar un caso.

Imagen 10. Búsqueda de casos.



The image shows a web interface for searching cases. At the top, there are three buttons: 'Bienvenido', 'Nuevo Caso', and 'Cerrar Sesión'. Below them is a section titled 'Buscar caso'. The form includes the following fields:

- Metros cuadrados:
- Número empleados:
- Climas principales:
- Precipitación:
- Temperatura:
- % Arena:
- % Arcilla:
- % Limo:
- Pétreos:
- Líquidos:
- Maderables:
- Reciclables:
- Casos a recuperar:

A green 'Buscar' button is located at the bottom of the form.

4.4.4 Casos recuperados.

Al llenar el formulario para la búsqueda de un caso el sistema de recomendación despliega una ventana con los casos registrados con mayor similitud de la búsqueda. Dependiendo de los casos a recuperar seleccionados el sistema desplegará los casos ordenados de mayor a menor con la similitud que exista. En la imagen 12 se muestra la ventana de casos recuperados.

Imagen 11. Casos recuperados.

Casos Recuperados
Porcentaje de similitud: 59.5 % No. pag. 1/0 

Descripción del caso		Justificación del caso	
Metros cuadrados:	0	Humedad:	Buena
Número empleados:	0	Escudo:	Buena
Clima principal:	0-Templado cálido	Incentivos:	Buena
Precipitación:	1-Completamente húmeda	Comos:	Buena
Temperatura:	0-Temera cálido	Fuerza:	Buena
N. Area:	70		
N. Area:	30		
N. Loma:	0		
Páramo:	Caf		
Ubicación:	Paiz		
Moderación:	Buena		
Resistencia:	Buena de vidrio		

Resultado

Espesor:

Ubicación

Latitud: **8.866727777777777**
Longitud: **-71.22222222222222**



[Adaptar caso](#)

4.4.5 Adaptar un caso.

La recomendación dada por el sistema puede ser adaptada a las condiciones que se utilicen para llevar a cabo una obra de bioconstrucción. En la imagen 13 se muestra la ventana en donde se puede adaptar un caso.

Imagen 12. Adaptación de casos.

Adaptar caso

Descripción del caso	Justificación del caso
Metros cuadrados: 4	Humedad: Regular
Número empleados: 2	Enseñ: Bueno
Clima principal: C-Tempestad cálida	Insectos: Bueno
Precipitación: 12-Completamente h	Somos: Bueno
Temperatura: 12-Viento caliente	Fuego: Bueno
N Área: 75	
N Ancho: 20	
N Largo: 5	
Pisos: Piedra	
Líquidos: Puro	
Materiales: Bambú	
Recubrimientos: Estuco de vidrio	

Solución del caso
Técnica empleada: Estereot
Familia de la técnica: Estereot
Orientación: Tierra compactada
Cubiertas: Viguetas de bambú, tejas de
Estructura: Convencional
Concreto: Madera y vidrio
Acabados: No necesita
Piso: Tierra y cemento

Resultado
Experto:
Adaptado

Ubicación
Latitud: 10.911254033333333
Longitud: 86.94876803333333



Guardar caso adaptado

4.4.4 Registrar un nuevo caso

La segunda opción en el menú sirve para ingresar un nuevo caso al sistema de recomendación. El menú, muestra los campos donde se vacía la información para dar de alta un nuevo caso en el sistema. Se muestran 5 secciones para registrar la información: descripción del caso, justificación del caso, solución del caso, resultado y ubicación. La interfaz gráfica de la ventana para registrar nuevos casos se muestra en la imagen 14.

Imagen 13. Registro de nuevos casos.

Registrar nuevo caso

<p style="text-align: center;">Descripción del caso</p> <p>Metros cuadrados: <input type="text"/></p> <p>Número empleados: <input type="text"/></p> <p>Clima principal: <input type="text" value="A-Ecuatorial"/></p> <p>Precipitación: <input type="text" value="ar-Desértico"/></p> <p>Temperatura: <input type="text" value="h-Ardo caliente"/></p> <p>N. Zona: <input type="text"/></p> <p>N. Avda: <input type="text"/></p> <p>N. Calle: <input type="text"/></p> <p>Filtros: <input type="text" value="Tierra"/></p> <p>Líquidos: <input type="text" value="Manantiales"/></p> <p>Materiales: <input type="text" value="Piedra"/></p> <p>Reciclables: <input type="text" value="Bolsas de plástico"/></p> <p style="text-align: center;">Resultado</p> <p>Experto:</p> <div style="border: 1px solid gray; height: 60px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: center;">Ubicación</p> <p>Latitud: <input type="text" value="18.4126077"/></p> <p>Longitud: <input type="text" value="-90.13120790999999"/></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Agregar caso"/></p>	<p style="text-align: center;">Justificación del caso</p> <p>Humedad: <input type="text"/></p> <p>Envidio: <input type="text"/></p> <p>Insectos: <input type="text"/></p> <p>Sonidos: <input type="text"/></p> <p>Fuegos: <input type="text"/></p> <p style="text-align: center;">Solución del caso</p> <p>Técnico empleado: <input type="text"/></p> <p>Familia de la técnica: <input type="text"/></p> <p>Orientación: <input type="text"/></p> <p>Cubiertas: <input type="text"/></p> <p>Estructura: <input type="text"/></p> <p>Ceramientos: <input type="text"/></p> <p>Acabados: <input type="text"/></p> <p>Pisos: <input type="text"/></p> 
---	---

4.5 Sistema de recomendación basado en casos.

En esta sección se describe el proceso de programación del modelo de razonamiento. Los códigos de programación se adjuntan en un anexo al final del documento.

4.5.1 Desarrollo de base de datos.

La base de datos del modelo de razonamientos se desarrolló mediante un gestor de bases de datos llamado MySQL/phpMyAdmin. El procedimiento que se siguió para la creación de la base de datos se describe a continuación

4.5.1.1 Ingreso al gestor phpMyAdmin.

Desde cualquier navegador WEB se introduce la dirección <http://localhost/phpmyadmin> en la barra de navegación.

Imagen 14. Ingreso al gestor de base de datos.



4.5.1.2 Creación de la base de datos.

Dentro del gestor se crea una nueva base de datos a la que se le da el nombre de “cbrarqui”. Para el cotejamiento o selección de idioma se selecciona “utf8_spanish2_ci”.

Imagen 15. Creación de la base de datos.



4.5.1.3 Creación de tablas de base de datos.

Para crear las tablas de base de datos, siguiendo la arquitectura del sistema se crean 5 tablas con sus respectivos contenidos.

Imagen 16. Tabla de descripción en phpMyAdmin..

+ Opciones		idCaso	metros_cuadrados	numero_empleados	climas_principales	precipitacion	temperatura	arena	arcilla	limo	petreos	liquidos	maderables	reciclajes
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	1	1	2	3	4	5	20	20	60	6	7	8	9
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	2	1	2	3	4	5	20	20	60	11	13	14	15
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	3	11	22	33	44	55	20	20	60	11	13	14	15
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	4	10	10	A-Ecuatorial	w-Desertico	h-Arido caliente	10	60	30	Tierra	Marantiales	Pasto	Bolsas de plastico
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	5	10	10	A-Ecuatorial	w-Desertico	w-Desertico	10	60	30	Tierra	Marantiales	Pasto	Bolsas de plastico
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	6	0	2	A-Ecuatorial	w-Desertico	h-Arido caliente	20	20	60	Piedra Bola	Marantiales	Pasto	Bolsas de plastico

Imagen 17. Tabla de justificación en phpMyAdmin.

+ Opciones		idcaso	humedad	erosion	insectos	sismos	fuegos
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	1	humedad	erosion	insectos	sismos	fuegos
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	2	humedad2	erosion2	insectos2	sismos2	fuegos2
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	3	humedad adaptada	erosion2 adaptada	insectos2 adaptada	sismos2 adaptada	fuegos2 adaptada
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	4	10	10	10	10	10
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	5	10	10	10	10	10
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	6	Tratamiento especial	Malo	Regular	Malo	Bueno

Imagen 18. Tabla de resultados en phpMyAdmin.

		idcaso	expertos	latitud	longitud
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	1	expertos	0	0
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	2	expertos2	0	0
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	3	10	0	0
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	4	10	19.4326077	-99.13320799999997
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	5	2	2	2
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	6		-17.017715	-64.680083

Imagen 19. Tabla de solución en phpMyAdmin.

		idcaso	tecnica	familia	cubierta	estructura	cerramientos	acabados	pisos	cimentacion
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	1	tecnica	familia	cubiertas	estructura	cerramientos	acabados	pisos	cimentacion
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	2	tecnica2	familia2	cubiertas2	estructura2	cerramientos2	acabados2	pisos2	cimentacion2
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	3	tecnica2 adaptada	familia2 adaptada	cubiertas2 adaptada	estructura2 adaptada	cerramientos2 adaptada	acabados2 adaptada	pisos2 adaptada	cimentacion2 adaptada
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	4	10	10	10	10	10	10	10	10
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	5	10	10	10	10	10	10	10	10
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	6	Tapial	Tierra apisonada	Paja, teja, calamina	Madera	Cal y arena Barro			Piedra bola con barro

Imagen 20. Tabla de usuarios phpMyAdmin.

		idUsuario	nombre	email	password
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	4	Hugo Antonio Tress Romero	3r.hugoa@gmail.com	12345

4.5.1.4 Estructura de la base de datos.

La base de datos queda formalizada después de crear las tablas. Los datos son importados de las experiencias recopiladas anteriormente. Y, por último, la interfaz gráfica del sistema se integra a la base de datos para continuar alimentando con experiencias el sistema.

4.6 Desarrollo de la interfaz.

El usuario tendrá que interactuar en una interfaz gráfica donde es más fácil poner en marcha el modelo y así obtener los resultados del sistema de recomendación. La interfaz funciona a través de capas como se muestra en la imagen 22.

Imagen 21. Función de la interfaz.



La arquitectura se divide en tres capas para el correcto funcionamiento de del sistema y se describe a continuación:

- **Capa de presentación.** Esta etapa contiene todos los elementos necesarios para la interacción del usuario con el sistema, la interfaz del sistema se construye mediante el uso de HTML5, CSS y JavaScript.
- **Capa de servicios.** En esta capa de se encuentra el módulo del sistema de recomendación que contiene toda la lógica para poder realizar el ciclo de razonamiento basado en casos, se hizo uso de la API de Jcolibri que brinda los

elementos necesarios para el desarrollo del razonador y el lenguaje de JSP para el desarrollo del mismo modulo.

- **Capa de datos.** Esta etapa contiene la base de casos del sistema de recomendación en donde están todos los nuevos casos almacenados y los casos adaptados.

Las operaciones que ejecuta el sistema están contenidas en el código de programación (anexo X). Para realizar estas operaciones se utilizan métricas de similitud y ponderación de pesos por método de AHP. Para programar la interfaz con la que el usuario interactúa se utiliza NetBeans, un entorno de desarrollo integrado al lenguaje de programación JAVA. A continuación, se describe el proceso de programación de la interfaz.

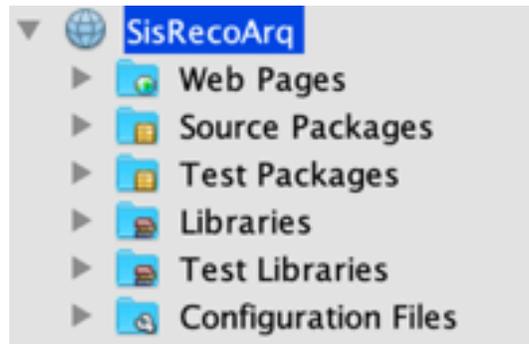
4.6.1 Creación de un nuevo proyecto en NetBeans.

Desde la interfaz del software se selecciona la opción crear un nuevo proyecto que tendrá el nombre de “SisRecoArq”. La categoría para este proyecto será *JavaWeb* dentro de los proyectos *Web Application*.

Imagen 22. Creación del proyecto "SisRecoArq" en NetBeans.



Imagen 23. Proyecto SisRecoArq.



4.6.1.1 Creación de archivos.

El proyecto SisRecoArq contiene los módulos para una aplicación web. Dentro del proyecto, se creó un archivo en donde se desarrolla la programación del tipo de archivo HTML para la página de internet. De igual forma se crea un archivo JSP, ambos son almacenados en una sola carpeta donde estarán todos los recursos que utiliza la interfaz WEB.

Imagen 24. Crear nuevo archivo.



Imagen 26. Interfaz gráfica para iniciar sesión.



Imagen 27. Código de página principal.

```
function verificarDatos() {
    document.getElementById("resultado").innerHTML = ""
    email = password = tipo = ""
    email = document.getElementById("email").value;
    password = document.getElementById("password").value;
    tipo = "login_usuario";

    if (email == "" || password == "") {
        document.getElementById("resultado").innerHTML = "Ingresa los datos solicitados... ";
        return false;
    }

    var regex = /^[1-9a-z-0-9-@,.,/]{1,40}$/i;

    if (regex.test(email) == false) {
        document.getElementById("resultado").innerHTML = "Nota: Información incorrecta, verifica el formato del campo email.";
        return false;
    }

    var parametros = {
        "email": email,
        "password": password,
        "tipo": tipo
    };

    $.ajax({
        data: parametros,
        url: "login_usuario.php",
        type: "post",
        beforeSend: function () {
            $("#resultado").html("Procesando, espere por favor...");
        },
        success: function (response) {
            if (response.trim() == "0" ||) {
                location.href = "bienvenida.php";
            } else {
                $("#resultado").html("Las datos son incorrectos, por favor verifica tus datos");
            }
        }
    });
}
```

Por último, el sistema ejecuta un código siguiendo una lógica donde permite al usuario registrar proyectos con las variables del CBR siguiendo la siguiente estructura:

Imagen 28. Estructura gráfica de la interfaz.



4.7 Ejecución del sistema.

En esta sección se explica la forma en que se ejecuta el sistema de recomendación en una computadora.

4.7.1 Servidor local XAMPP

El sistema de recomendación se ejecuta en una página web desde un servidor local. Por lo tanto, para gestionar la base de datos MySQL se hace uso de la paquetería de XAMPP. El primer paso consiste en ejecutar XAMPP y dentro de la pestaña de servidores iniciar la base de datos MySQL y el servidor Web apache.

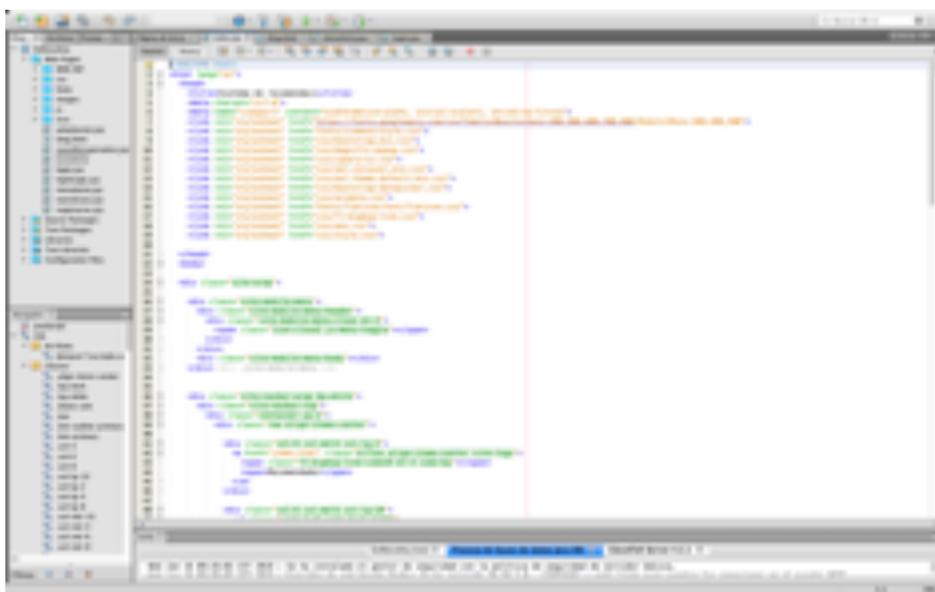
Imagen 29. Inicio de MySQL Database y Apache Web Server.



4.7.1 NetBeans

Después de activar las funciones de XAMPP se abre el programa NetBeans, que sirve para acceder a los comandos que ejecutan la página en el servidor local. El proyecto SisRecArq está localizado en menú de la izquierda, se busca y selecciona el archivo blog.html y se da inicio al corrimiento del programa.

Imagen 30. Interfaz de NetBeans.



Inmediatamente después de correr el programa en NetBeans se abrirá automáticamente una ventana en un buscador Web. Una vez en el sitio Web el sistema de recomendación está listo para usarse.

4.8 Implementación

Los casos recolectados manualmente se vaciaron a la base de datos. En total existen un total de 50 casos de bioconstrucción registrados en el momento en que se redacta este documento.

Los casos fueron obtenidos de diversas fuentes tanto de México como de algunos países latinoamericanos. La mayoría de los casos, y con la finalidad de crear una base de datos más sólida, fueron casos documentados en artículos y libros de bioconstrucción.

La prueba para validar el sistema se realizó comparando los resultados de la recomendación con un caso ya construido. Se verificó que las recomendaciones obtenidos fueran similares a las características con las que se construyó el caso.

4.8.1 Planteamiento del caso de validación.

Para seleccionar un caso se buscó un proyecto de bioconstrucción que no empleara técnicas similares a las ya almacenadas en la base de datos. Por ejemplo, no se utilizó un caso de bioconstrucción con pacas de paja ya que en la base de datos no existe un caso almacenado que utilice la técnica de pacas de paja.

Por lo tanto, la validación se realizó comparando las características de un baño seco construido con la técnica de adobe, ubicado en Tlaxco, Tlaxcala. Las imágenes 31, 32 y 33 muestran el caso de bioconstrucción.

Imagen 31. Perspectiva de baño seco en Tlaxco, Tlaxcala.



Imagen 32. Fachada de baño seco en Tlaxco, Tlaxcala.



Imagen 33. Interior de baño seco en Tlaxco, Tlaxcala.



La descripción del caso de bioconstrucción seleccionado tiene las siguientes variables:

Tabla 22. Variables de la descripción del caso de validación.

Variable	Valores
Metros cuadrados	6
Número de empleados	4
Climas principales	C – Templado cálido
Precipitación	f – completamente húmedo
Temperatura	k – árido frío
% Arena	80%
% Arcilla	20%
% Limo	0
Pétreos	Tierra
Líquidos	Agua de lluvia
Maderables	Paja
Reciclables	Tejas

La justificación del caso de bioconstrucción seleccionado tiene las siguientes variables:

Tabla 23. Variables de la justificación del caso de validación

Variable	Valores
Resistencia a humedad	Bueno
Resistencia a erosión	Bueno
Resistencia a insectos	Bueno
Resistencia a sismos	Bueno
Resistencia a fuego	Bueno

La solución del caso de bioconstrucción tiene las siguientes variables:

Tabla 24. Variables de la solución del caso de validación.

Variable	Valores
Técnica empleada	Adobe
Familia de la técnica	Albañilería
Cimentación	Base de cemento y cal
Cubiertas	Bóveda de adobe
Estructura	Convencional
Cerramientos	Adobe
Acabados	Tadelack; cal y arena
Piso	Firme de cemento

Para que el sistema de recomendación inicie el proceso de recomendación se utilizan las variables de descripción del caso. Se indicó al sistema arrojara los tres casos con mayor similitud

Las variables se ingresan al sistema de recomendación como se muestra en la imagen 34.

Imagen 34. Valores de búsqueda.

Buscar caso

Metros cuadrados:	<input type="text" value="4"/>	↑ ↓
Número empleados:	<input type="text" value="4"/>	↑ ↓
Climas principales:	<input type="text" value="C-Templado cálido"/>	↑ ↓
Precipitación:	<input type="text" value="I-Completamente húmedo"/>	↑ ↓
Temperatura:	<input type="text" value="I-Ardo frío"/>	↑ ↓
% Arena:	<input type="text" value="80"/>	↑ ↓
% Arcilla:	<input type="text" value="20"/>	↑ ↓
% Limo:	<input type="text" value="0"/>	↑ ↓
Pétreos:	<input type="text" value="Tierra"/>	↑ ↓
Líquidos:	<input type="text" value="Pozo"/>	↑ ↓
Maderables:	<input type="text" value="Paja"/>	↑ ↓
Reciclables:	<input type="text" value="Tejas"/>	↑ ↓
Casos a recuperar:	<input type="text" value="5"/>	↑ ↓

4.8.2 Resultados

Después de realizar el proceso de búsqueda de casos en la memoria de conocimientos recomienda los siguientes casos:

Caso 1

Imagen 35. Recomendación con similitud del 65.26%.

Casos Recuperados

Porcentaje de similitud: 65.26% No. pag. 1/5 ▶

Descripción del caso	Justificación del caso																																		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Metros cuadrados:</td><td>88</td></tr> <tr><td>Número empleados:</td><td>4</td></tr> <tr><td>Climas principales:</td><td>C-Templado cálido</td></tr> <tr><td>Precipitación:</td><td>I-Completamente húmedo</td></tr> <tr><td>Temperatura:</td><td>I-Viento cálido</td></tr> <tr><td>% Arena:</td><td>30</td></tr> <tr><td>% Arcilla:</td><td>30</td></tr> <tr><td>% Limo:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Pétreos:</td><td>Cal</td></tr> <tr><td>Líquidos:</td><td>Pozo</td></tr> <tr><td>Maderables:</td><td>Bambú</td></tr> <tr><td>Reciclables:</td><td>Baldosa de vidrio</td></tr> </table>	Metros cuadrados:	88	Número empleados:	4	Climas principales:	C-Templado cálido	Precipitación:	I-Completamente húmedo	Temperatura:	I-Viento cálido	% Arena:	30	% Arcilla:	30	% Limo:	0	Pétreos:	Cal	Líquidos:	Pozo	Maderables:	Bambú	Reciclables:	Baldosa de vidrio	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Humedad:</td><td>Buena</td></tr> <tr><td>Enchufe:</td><td>Buena</td></tr> <tr><td>Insulator:</td><td>Buena</td></tr> <tr><td>Sonido:</td><td>Buena</td></tr> <tr><td>Fuego:</td><td>Buena</td></tr> </table>	Humedad:	Buena	Enchufe:	Buena	Insulator:	Buena	Sonido:	Buena	Fuego:	Buena
Metros cuadrados:	88																																		
Número empleados:	4																																		
Climas principales:	C-Templado cálido																																		
Precipitación:	I-Completamente húmedo																																		
Temperatura:	I-Viento cálido																																		
% Arena:	30																																		
% Arcilla:	30																																		
% Limo:	0																																		
Pétreos:	Cal																																		
Líquidos:	Pozo																																		
Maderables:	Bambú																																		
Reciclables:	Baldosa de vidrio																																		
Humedad:	Buena																																		
Enchufe:	Buena																																		
Insulator:	Buena																																		
Sonido:	Buena																																		
Fuego:	Buena																																		
<p>Resultado</p> <p>Experto</p> <div style="border: 1px solid #ccc; height: 30px; width: 100%;"></div>	<p style="text-align: center;">Solución del caso</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Técnica empleado:</td><td>Adobe tipo U</td></tr> <tr><td>Fuente de la técnica:</td><td>Albañilería</td></tr> <tr><td>Composición:</td><td>Concreto-origano</td></tr> <tr><td>Cubierta:</td><td>Pavil uniego, baldosa de cer</td></tr> <tr><td>Estructura:</td><td>Comercial</td></tr> <tr><td>Características:</td><td>Madera y vidrio</td></tr> <tr><td>Acabados:</td><td>No necesario</td></tr> <tr><td>Piso:</td><td>Tierra, cemento 1:3:3</td></tr> </table>	Técnica empleado:	Adobe tipo U	Fuente de la técnica:	Albañilería	Composición:	Concreto-origano	Cubierta:	Pavil uniego, baldosa de cer	Estructura:	Comercial	Características:	Madera y vidrio	Acabados:	No necesario	Piso:	Tierra, cemento 1:3:3																		
Técnica empleado:	Adobe tipo U																																		
Fuente de la técnica:	Albañilería																																		
Composición:	Concreto-origano																																		
Cubierta:	Pavil uniego, baldosa de cer																																		
Estructura:	Comercial																																		
Características:	Madera y vidrio																																		
Acabados:	No necesario																																		
Piso:	Tierra, cemento 1:3:3																																		

Caso 2.

Imagen 36. Recomendación con similitud del 60.77%.

Casos Recuperados

← Porcentaje de similitud: 60.77 % No. pag. 2/5 →

Descripción del caso	Justificación del caso
Área cuadrada: 30	Humedad: Buena
Número empleados: 3	Exposición: Buena
Clima principal: C-Templado cálido	Insolación: Buena
Precipitación: 0-Completamente húmeda	Sonido: Buena
Temperatura: 3-Verano cálido	Fuego: Buena
N. Área: 30	
N. Área: 30	
N. Área: 0	
Materia: Cal	
Lugar: Pura	
Materia: Bamba	
Materia: Bamba de vidrio	

Solución del caso	
Número empleado:	Abbaigo
Familia de la familia:	Abbaigo
Composición:	Comodo cálido
Cubierta:	Estrella de bamba y tela
Estructura:	Convencional
Comentarios:	Madera y vidrio
Acabado:	No necesita
Piso:	Tierra cemento 3.50

Resultado

Experto

Caso 3.

Imagen 37. Recomendación con similitud del 36.32%.

Casos Recuperados

← Porcentaje de similitud: 36.32 % No. pag. 3/5 →

Descripción del caso	Justificación del caso
Área cuadrada: 3	Humedad: Buena
Número empleados: 3	Exposición: Buena
Clima principal: C-Templado cálido	Insolación: Buena
Precipitación: 0-Completamente húmeda	Sonido: Buena
Temperatura: 3-Verano cálido	Fuego: Buena
N. Área: 30	
N. Área: 30	
N. Área: 0	
Materia: Pura	
Lugar: Bamba	
Materia: Pura	
Materia: Bamba de vidrio	

Solución del caso	
Número empleado:	Tapa de madera y vidrio
Familia de la familia:	Tapa de madera
Composición:	Comodo cálido
Cubierta:	Viga de madera, vidrio y tela
Estructura:	Convencional
Comentarios:	Tapa
Acabado:	Tierra cemento 3.50
Piso:	

Resultado

Experto

Se utiliza el porcentaje de similitud para comparar los resultados que devuelve el sistema como se muestra a continuación:

Caso 1. % de similitud = 65.26 %

Caso 2. % de similitud = 60.77 %

Caso 3. % de similitud = 36.32 %

Según los resultados se comparó la similitud con las variables de la solución del caso con las variables de solución empleadas en el caso ya construido. La tabla 25 compara los resultados de las variables.

Tabla 25. Comparación de resultados de solución

Variables	Caso prueba	R1 65.26%	R2 60.77%	R3 36.32%
Técnica empleada	Adobe	Adobe tipo U	Adobe tipo	Tapial delgado e = 14 cm
Familia de la técnica	Albañilería	Albañilería	Albañilería	Tierra pisada
Cimentación	Base de cemento y cal	Concreto ciclópeo	Concreto ciclópeo	Concreto ciclópeo
Cubiertas	Bóveda de adobe	Bóveda	Esterilla de bambú	Vigas de madera
Estructura	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional
Cerramientos	Adobe	Madera y vidrio	Madera y vidrio	Tapial
Acabados	Tadelack; cal y arena	No necesita	No necesita	Tierra, cemento, cal 10:1:1
Piso	Firme de cemento	Tierra, cemento 1:10	Tierra, cemento 1:10	-

Justificación del caso.

En la tabla 25 se muestran los tipos de climas correspondientes tanto al caso construido y las recomendaciones resultantes del proceso de recomendación. Además, se muestra el

porcentaje de similitud de las técnicas recomendadas y la resistencia a las condiciones climáticas.

Tabla 26. Comparación justificación de caso.

Casos	Tipo de clima	Humedad	Erosión	Insectos	Sismos	Fuego
Caso construido (Adobe)	C – Templado húmedo f – completamente húmedo k – árido frío	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
R1 65.26% (Adobe tipo U)	B – Templado cálido f – completamente húmedo b – Verano cálido	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
R2 60.77% (Adobe Tipo)	B – Templado cálido f – completamente húmedo b – Verano cálido	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
R3 (36.32%) (Tapial delgado e = 14 cm)	B – Templado cálido f – completamente húmedo b – Verano cálido	Regular	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

Se observa que las técnicas con mayor similitud son las que son buenas ante los factores climáticos. Con el caso construido son las que mejor resistencia tiene a las inclemencias climáticas.

Con estos resultados se puede concluir que la técnica con mayor similitud al caso construido, es la técnica de Adobe tipo U. Siendo el Adobe la técnica principal con la que se construyó el caso de validación. Se podrá utilizar esta información como base para plantear la solución en un nuevo caso de bioconstrucción.

4.8 Diseño conceptual del modelo de negocios.

La propuesta de diseñar un modelo de negocios para el sistema de recomendación tiene como finalidad, convertirse en una fuente de ingresos, además de, encontrar alternativas para difundir el conocimiento de bioconstrucción almacenado en el sistema.

4.8.1 Definición de valores.

La bioconstrucción es un campo del pensamiento holístico de la permacultura, por lo tanto, se hace uso los principios descritos por Bill Mollison & David Holmgren (1990), autores del

concepto de permacultura, para definir los valores del modelo de negocio, ya que la visión de este concepto se orienta hacia un pensamiento ecológico bajo tres principios:

- Cuidado de la tierra.
- Cuidado de las personas.
- Repartición equitativa de bienes.

Por lo tanto, al ser la bioconstrucción una temática de interés social – ambiental, los valores empleados para el modelo de negocios son:

- **Cooperación.** La permacultura exhorta total cooperación entre cualquier cosa animada e inanimada.
- **Responsabilidad.** Trabajar responsablemente con la naturaleza y no en su contra.
- **Resiliencia.** Reconstruir las relaciones en el entorno humano gradualmente.

4.8.2 CANVAS.

En la propuesta de modelo de negocios empleado el lienzo CANVAS se visualiza en la imagen 26:

Tabla 27. Business Model Canvas.

Socios claves	Actividades claves	Propuesta de valor	Relación con el cliente	Segmento de clientes
Los clientes que habilitan. ACV	WEB master Investigación de más variables Localización (vecino más cercano) Alimentación de base de datos	<u>CBR</u> Experiencias reales Difusión de conocimientos Wiki-bioconstrucción <u>Reconocimiento</u> Concurso Comentarios Me gusta Valoración	Aquí describes la relación con el cliente	<u>Habilitador</u> Instituciones gubernamentales Taller de bioconstrucción Aldeas de bioconstrucción Escuelas <u>Compra</u>

	Validación de casos	Usuarios reconocidos <u>Comunicación</u> Comentarios Datos de contacto Infomulticulturalidad <u>Difusión</u> Casos de éxito Noticias Blog Anuncios de eventos		Usuario informal Usuario formal Usa Usuario informal Usuario promedio.
	Recursos claves Experiencias Expertos Plataforma online CBR		Canales Sitio WEB Redes sociales	
Estructura de costos Mantenimiento de la plataforma ACV Investigación		Fuentes de Ingreso Contrato constructor – propietario Nivel de suscripción Anuncios de paga		

A continuación, se describe cada uno de los componentes del modelo de negocios.

4.8.1 Segmento de mercado.

El modelo de negocios se centra principalmente a un segmento de mercado especializado en el área de la bioconstrucción y la construcción, además, un segmento que no posee conocimientos dentro del área, pero que recurre al segmento especializado para la creación de un proyecto. Por lo tanto, antes de seleccionar quienes son los clientes habilitadores, los

clientes que compran y los clientes que usan, es importante definir quiénes son los clientes formales, informales y básicos.

Cliente formal.

Aquel usuario que lucra con servicios de construcción, puede tener gente a su cargo convirtiéndolo en una firma o despacho de arquitectos. Sus proyectos integran el elemento de sustentabilidad con certificaciones con lo que promueve el desarrollo sustentable en sus actividades.

Cliente informal.

Es más especializado que el cliente formal ya que, se encuentra inmerso en el contexto de la bioconstrucción o la vida sustentable; difunde, practica y promueve estas prácticas como un estilo de vida y comparte sus creencias y cultura desde una perspectiva ambientalista, aspira a convertirse un cliente formal.

Cliente promedio.

Un usuario que no posee conocimientos en el contexto de la construcción por que contrata a un usuario formal o informal para realizar una construcción. No conoce de bioconstrucción más que las nociones básicas, es curioso y de mente abierta. Se desarrolla en un contexto académico e informativo.

Los clientes descritos anteriormente son los utilizados en el CANVAS de la siguiente forma:

Cliente que habilita.

Instituciones que promueven el desarrollo social y ambiental, pueden ser públicas o privadas. Talleres y escuelas de arquitectura, diseño, construcción, desarrollo sustentable, ambientales, entre otros. Los talleres que promueven actualmente las técnicas de bioconstrucción y que ofrecen capacitación para los usuarios formales e informales.

Cliente que compra.

Principalmente los clientes formales definidos anteriormente y se incluyen los clientes informales.

Clientes que usan.

Principalmente los clientes promedio y se incluyen nuevamente los clientes informales.

4.8.2 Propuesta de valor.

Bajo la perspectiva de dirigir las características del sistema de recomendación hacia un modelo que preserve y difunda conocimiento y cultura de las técnicas de bioconstrucción, la propuesta de valor desarrolla los siguientes conceptos de diseño:

Recomendación (CBR).

La propuesta del modelo de negocios se centra, en las *recomendaciones* que ofrece la aplicación al usuario para comenzar con un proyecto de bioconstrucción. El proceso de razonamiento basa las recomendaciones en *experiencias reales*, que se almacenan en una base de conocimientos.

Con un *perfil de usuario* es posible explorar los casos de bioconstrucción almacenados en la plataforma además de solicitar la recomendación. Toda esta información puede ser útil para generar una Wiki de bioconstrucción, donde los mismos usuarios podrían interactuar como autores de conocimientos especializados en la construcción de materiales naturales.

Reconocimiento.

Este concepto de diseño se basa en la posibilidad de reconocer los proyectos de los usuarios que han sido utilizados para generar más recomendaciones, además, de otorgar la posibilidad de comentar y evaluar los proyectos y usuarios que construyen desde el explorador de proyectos. Se considera también, usar una clasificación de súper - bioconstructor a aquellos usuarios que mejores calificaciones han recibido.

Comunicación.

Los usuarios tienen la opción de registrarse como usuarios pro o usuarios básicos. La membresía de usuarios pro va dirigida a aquellos usuarios formales e informales que lucran a través de proyectos de bioconstrucción, por lo tanto, la comunicación de ambos con los usuarios que no tienen conocimientos en el área de la construcción es importante para que puedan ofrecer sus servicios. Además de crear redes de contacto con bioconstructores de distintas regiones y fomentar la infomulticulturalidad.

Difusión.

Dar a conocer los casos de éxito más relevantes, noticias y blogs dentro del contexto de la bioconstrucción, además de promocionar cursos o talleres ofrecidos por los clientes habilitadores será una posibilidad dentro del sistema.

4.8.3 Relación con los clientes.

La forma en cómo se atraerán y mantendrán a los usuarios se hará a través de su registro recibirán notificaciones y newsletter sobre los proyectos que han sido útiles para una recomendación, además se incluyen redes sociales para dar difusión a la plataforma y, fomentar net-working entre los usuarios de la plataforma. Los usuarios que se registren a través de newsletter y redes sociales. Se fomenta el net-working entre los usuarios de la plataforma. Además, se manejan un tipo de suscripción para clientes que buscan dar a conocer y recibir más información de los proyectos que ejecutan, ofreciendo la posibilidad de asignar insignias a los usuarios que más hayan contribuido a difundir los conocimientos de bioconstrucción.

4.8.4 Canales de distribución.

La propuesta de valor se entrega a través del sitio WEB y se da a conocer a través de redes sociales.

4.8.5 Actividades clave.

Las actividades que permiten que la plataforma funcione, son:

- Incrementar los casos en la base de casos.
- La eficiencia y mantenimiento de la web.
- Buscar nuevas variables para mejorar las recomendaciones.
- Validar nuevos casos.
- Manejo de redes sociales.

4.8.6 Recursos clave.

Los elementos que permiten hacer llegar la propuesta de valor a los clientes:

- Experiencias de bioconstrucción.
- Bioconstructores.
- CBR.

4.8.7 Asociaciones clave.

Todos los clientes que habilitan además se considera que el análisis de ciclo de vida (ACV) aporta valor a los casos del sistema.

4.8.8 Fuentes de ingresos.

Los ingresos se ven reflejados en la plataforma cuando exista una suscripción pro.

Análisis del ciclo de vida.

Descarga de la recomendación.

4.8.9 Estructura de costos.

Mantenimiento de la plataforma WEB; generación de análisis de ciclos de vida e investigación y desarrollo de más variables para el sistema.

4.9 Diseño de servicio.

Con base en el diseño del modelo de negocios CANVAS se desarrolla el esquema de un servicio conceptual, el cual se puede visualizar en la imagen 38.

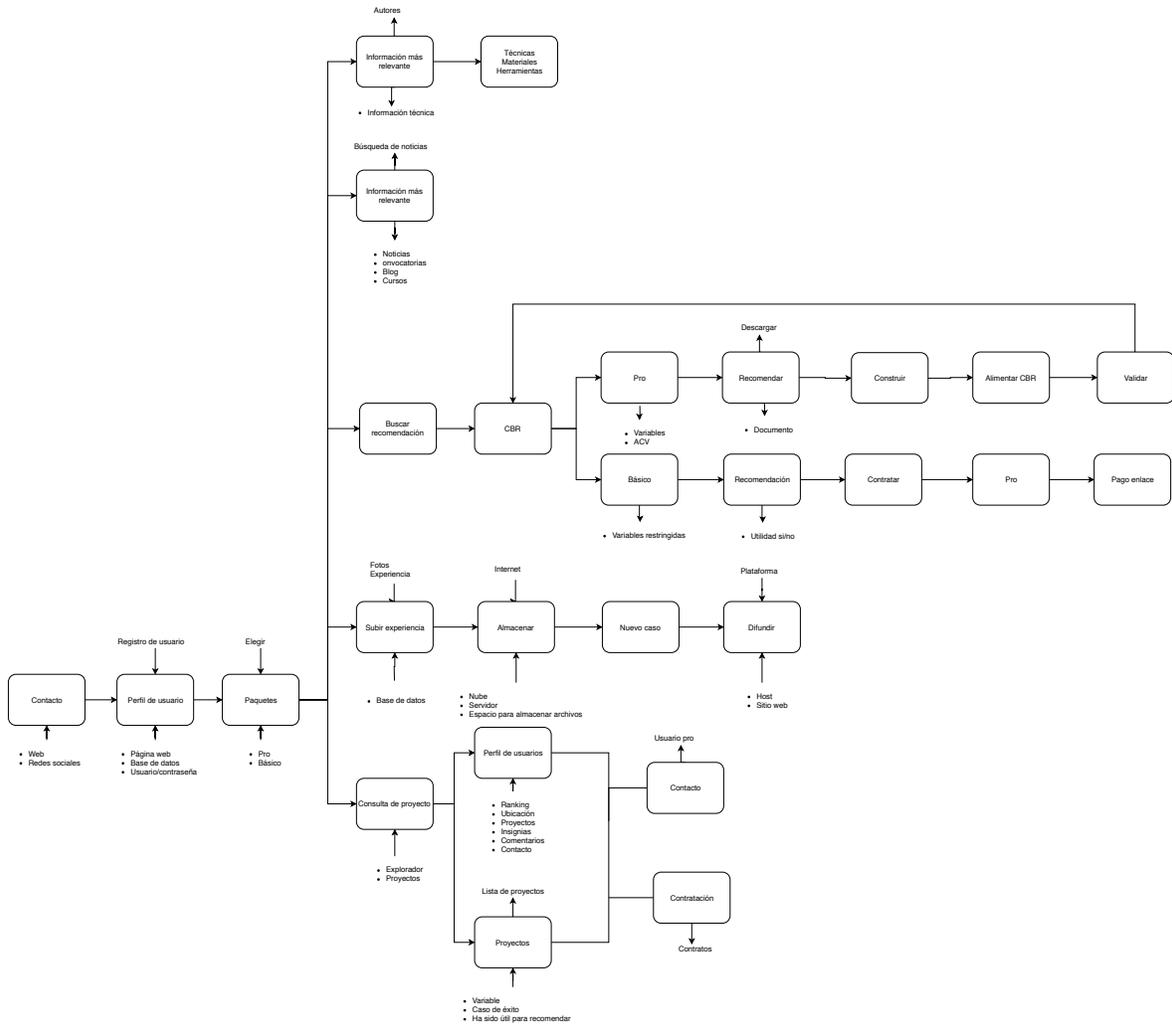


Imagen 38. Esquema de diseño de servicios.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.

5.1 Conclusiones.

Esta investigación se desarrolló desde el enfoque de integrar un componente tecnológico en un área especializada de conocimientos tradicionales en la construcción, la bioconstrucción.

La hipótesis planteada se cumple, ya que, se encuentran ventajas de un primer acercamiento con enfoque tecnológico, de inteligencia artificial, en el área de la bioconstrucción. Lo cual, es un apoyo para los expertos del área, además, de una nueva forma de preservar los saberes tradicionales para edificar utilizando materiales naturales.

Sin embargo, se encontraron desventajas donde se destaca lo citado por algunos autores en el estado del arte, “en la construcción y arquitectura el CBR es útil para las primeras etapas de planeación de un edificio”. Ya que un edificio nunca es igual a otro, las variables son distintas e incluso únicas, el CBR solo agiliza la solución de un problema de diseño para la construcción de un edificio, no es un manual de instrucciones o pasos a seguir.

Las limitaciones del proyecto se encuentran en función del número de experiencias recopiladas, así como de las características de las experiencias recopiladas.

- Variables. Un proyecto de construcción tiene muchas variables en función de los elementos que se pretenden analizar, el enfoque de esta tesis se desarrolló en función de las técnicas adaptadas a la zona climática de un sitio. Para ello, se hizo uso del conocimiento tradicional de una región determinada y con ello realizar la recomendación. El enfoque puede modificarse, por ejemplo, en función de las necesidades del usuario.
- Experiencias. No existe un número exacto de técnicas de bioconstrucción. Muchas técnicas han evolucionado, combinado y modificado a través del tiempo y es una constante que no se detendrá. Sin embargo, si se busca un alcance mayor, se puede hacer uso del modelo de negocios para recopilar aún más número significativo de experiencias y así mejorar el porcentaje de similitud de casos.

Se concluye de la siguiente forma, la metodología empleada es útil para desarrollar un CBR y complementa satisfactoriamente con el modelo de negocio CANVAS y el diseño de servicios. De esta forma, se encontraron áreas de oportunidad de negocio para la plataforma en la WEB, además de, áreas de oportunidad para desarrollar investigaciones que integren la bioconstrucción con la tecnología.

Con base en la participación para la recopilación de experiencias. Distintos adoptadores tempranos aportaron conocimiento de experiencias reales. Con ello se enriqueció la base de conocimientos. La plataforma montada en un host local, y las funciones del sistema de recomendación cumplen los objetivos de la esta investigación.

5.2 Recomendaciones

Para ampliar el marco de investigación e implementación de esta investigación, se sugiere trabajar sobre un contexto más específico respecto a los elementos de construcción empleando materiales naturales. Por ejemplo, analizar las características de las técnicas de construcción natural para techos o cubiertas, otro para cimentación, acabados, cerramientos, muros, entre otros.

Un análisis más específico de los elementos que componen una vivienda podría generar un sistema de programación por restricciones. En donde se podría definir combinaciones de dichos elementos adecuados a la condicione climática complementarios o excluyentes, por ejemplo, utilizar muros de adobe, cubierta de bahareque par aun clima muy húmedo podría resultar una buena o mala combinación.

Respecto al énfasis que se hace sobre las técnicas de construcción natural en temas de sustentabilidad. Un análisis de ciclo de vida de las técnicas podría incorporar una nueva lógica en el sentido del análisis de las variables para la recomendación. Entender cómo afecta o beneficia al ambiente emplear una técnica o la combinación de ellas al sitio podría estar incorporado al sistema de recomendación.

Por último, muchos grupos bioconstructores y constructores tradicionales, no están completamente familiarizados e incluso evitan el uso de tecnologías de la información como el internet. Un enfoque que no se aborda en esta investigación. Por lo tanto, en algunos

casos es complejo recopilar conocimientos de forma automática. Se sugiere analizar esta situación para la integración de herramientas en el futuro.

Anexos.

Anexo 1. Formulario para recopilar experiencias de bioconstrucción.

Denominación de la técnica		Materiales básicos		Elementos (diseños y dimensiones)	
Familia de la técnica		Arena			
		Limo			
Sistema constructivo		Arcilla			
		Otros			
Consolidantes		Agregados			
		Consolidantes			
Sistema estructural		Permite		Respuesta a agentes	
Maciso		Almacenamiento previo <input type="checkbox"/>		Humedad piso	
Limneal		Aberturas posteriores <input type="checkbox"/>		Humedad lluvia	
Arco		Crecimientos posteriores <input type="checkbox"/>		Erosión	
Portante		instalaciones embutidas <input type="checkbox"/>		Vientos	
Autoportante		Otros		Tiempo	
Ubicación geográfica		Herramientas		insectos	
Latitud				Sismos	
Logitud				Fuego	
Altitud				Otros	
Disposiciones complementarias					
Cimientos	Cubierta	Instalaciones y otros	Mortero de union	Acabados	Pinturas
Pared	Piso	Aberturas	Mano de obra	Area construida	Uso actual
Control de calidad			Uso Actual		M2
Selección de la tierra			Rural	Urbano	
Resistente a la compresión			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Resistente al impacto			Personas que participarán en el proyecto		
Resistente a sismos					
Permeabilidad					
Durabilidad					
Modo de producción	Elementos	Sistema constructivo			
Artesanal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Semi - Industrial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Industrial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Anexo 2. Constancia de participación en el II congreso nacional medio ambiente y sustentabilidad sol y arquitectura.

II CONGRESO NACIONAL MEDIO AMBIENTE Y SUSTENTABILIDAD: SOL Y ARQUITECTURA

La Facultad de Arquitectura Unidad Saltillo de la Universidad Autónoma de Coahuila, a través del CA de Tecnología en la Arquitectura otorga el presente.

CONSTANCIA A **Hugo Antonio Tress Romero**
Guillermo Cortes Robles
Eduardo Roldan Reyes

Por su valiosa participación con la PONENCIA: **Diseño de un sistema de recomendación de técnicas de bioconstrucción**

Presentada el 30 de agosto en el II Congreso Nacional Medio Ambiente y sustentabilidad: Sol y Arquitectura.



Arq. Francisco G. Aguirre Hernández
Director de la Facultad

Saltillo Coahuila, 2018



M.D. Arq. Jesús Velázquez Lozano
Líder del CA de Tecnología en la Arquitectura



SALTILLO



Anexo 4. Artículo publicado en el II congreso nacional medio ambiente y sustentabilidad sol y arquitectura.

Diseño de un sistema de recomendación de técnicas de bioconstrucción **Design of a recommendation system for bioconstruction techniques**

Mesa de trabajo: Tecnología y el sol.

Resumen

La bioconstrucción en México no ha sido totalmente reconocida como una alternativa para la creación de edificaciones sustentables. La creciente demanda de materiales populares (concreto, acero, prefabricados, entre otros) ha desplazado a las técnicas de construcción natural, ocasionado que su trascendencia cultural se abandone. Suficientes casos de bioconstrucción justifican que estas técnicas continúen empleándose, sin embargo, la aplicación de estas técnicas tiene serias limitaciones debido a su mala implementación y la falta de consideración por las características del sitio de construcción. Estas experiencias son un sustento para identificar cuáles han sido aplicadas con resultados favorables y transformarlas en conocimientos como una referencia de implementación.

Con el objetivo de preservar, difundir y fomentar las técnicas de bioconstrucción en México, y con ello, mejorar las prácticas de bioconstrucción, se siguió la metodología de cuatro etapas 1) creación de la memoria de casos, 2) procesamiento de la base de experiencias, 3) desarrollo del proceso de recomendación, 4) implementación del sistema de almacenamiento y la recopilación en la WEB, que tiene la creación de un sistema de recomendación basado en el conocimiento (CBR). El marco de trabajo descrito representa una aportación para el diseño de una memoria de casos y el diseño para el proceso de recomendación integrados en una página WEB, la cual se alimenta de forma colaborativa. Se emplea un caso de estudio para comprobar el procedimiento propuesto.

Palabras clave: Bioconstrucción, CBR, arquitectura vernácula.

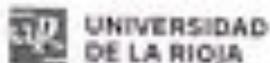
Abstract:

Bioconstruction in Mexico has not been fully recognized as an alternative for the creation of sustainable buildings. The growing demand for popular materials (concrete, steel, prefabricated, etc.) has displaced the techniques of natural construction and caused the abandoned of cultural significance. Sufficient cases of bioconstruction justify that these techniques continue to be used, however, the application of these techniques has serious limitations due to their poor implementation and lack of consideration for the characteristics of the construction site. These experiences are a support to identify which have been applied with favorable results and transform them into knowledge as an implementation reference.

Anexo 5. Premio de investigación en el XXIII congreso internacional de contaduría, administración e informática.



Anexo 5. Carta de satisfacción, estancia en la Universidad de La Rioja, Logroño, España.



Departamento
de Ingeniería Mecánica
Teléfono: 941 206 528
www.unla-rioja.es

Logroño (La Rioja), España a 2 de Octubre del 2018

ASUNTO: Carta de Satisfacción

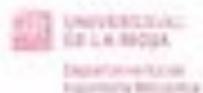
Dr. Albino Martínez Sibaja
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Orzaba
PRESENTE

Por este medio hago de su conocimiento que el Arq. Hugo Antonio Tress Romero alumno de la Maestría en Ingeniería Administrativa que ofrece el Instituto Tecnológico de Orzaba, ha concluido su movilidad de investigación, la cual desempeño satisfactoriamente, cubriendo los trabajos que se le encomendaron con eficiencia y contribuyendo con los objetivos planteados en el periodo comprendido del 31 de agosto del 2018 al 2 de octubre del 2018, bajo mi supervisión técnica.

Sin otro particular se extiende la presente a los 2 días del mes de octubre del 2018, en la ciudad de Logroño (La Rioja), España para los fines legales que el Arq. Hugo Antonio Tress Romero le convingan.

ATENTAMENTE

Dr. Julio Blanco Fernández
CO – Tutor en La Universidad de La
Rioja



Anexo 6. Artículo publicado en Coloquio de Investigación Multidisciplinaria CIM 2018, llevado a cabo en la ciudad de Orizaba.

Integración de herramientas en la nube para el diseño de un Cuadro de Mando Integral en la metodología SIGMIL

H. A. Tress Romero¹, D. Reyes Hernandez², M.R. Ordóñez Caudillo³, F. Aguirre Hernández⁴, G. Cortes Robles⁵

^{1,2,4,5} Instituto Tecnológico de Orizaba, División de Estudios de Posgrado. Av. Oriente 9, No. 852, 94320 Orizaba, Veracruz, México.

³ Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato, División de estudios de Posgrado e Investigación. Antonio García Cubas 600, Fovissste, Celaya, Gto, México.

3r.hugoa@gmail.com, dreyesh@ito-depi.edu.mx, yacy.1326@gmail.com, faquirre4093@gmail.com, gcortes@ito-depi.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

El propósito de este documento es demostrar la integración de las herramientas de computación en la nube (Google), aplicadas al Cuadro de Mando Integral (CMI) de la metodología SIGMIL®. La metodología fue implementada en el proceso de planeación estratégica de una empresa distribuidora de alimentos para animales. El proceso metodológico para el desarrollo del CMI se desarrolló en tres etapas (1. Definición de requisitos, 2. Diseño y modelado, 3. Implementación) junto con la metodología para el diseño de Dashboard (Tableros de control) que comprende la integración del CMI en la nube. Por lo tanto, el proceso representa un nuevo esquema integrador para la metodología SIGMIL® en la planeación estratégica con los beneficios de las nuevas tecnologías de la información en la nube.

Palabras clave: Cuadro de mando integral, Google Spreadsheets, SIGMIL.

Abstract

The purpose of this document is to demonstrate the integration between the cloud computing (Google) and the Balanced Scorecard (CMI) of the SIGMIL® methodology. The methodology was implemented in the strategic planning process for an animal food distribution company. The methodological process to develop the Balanced Scorecard was developed in three stages (1. Definition of requirements, 2. Design and modeling, 3. Implementation) and together with the methodology of the design of Dashboard make up the integration of the Balanced Scorecard in the cloud. Therefore, an integrating scheme for SIGMIL in strategic planning with the benefits of new information-based technologies in the cloud.

Key words: Balanced scorecard, Google Spreadsheets, SIGMIL.

Introducción

La inteligencia en los negocios ha desarrollado filosofías como la gestión del proceso de negocio (BPM), un pensamiento que permite comprender como funcionan los negocios y encontrar soluciones que mejoren las actividades en las organizaciones; se basa, en vertientes administrativas y técnicas que requieren de la colaboración de empresarios y tecnólogos de la información (Dumitriu, 2018). Distintos estudios justifican la integración de la gestión de los procesos de negocio (BPM) y las tecnologías de la información (TI), los cuales enfatizan la necesidad de combinar los roles de TI en las actividades de BPM (Rahimi, Moller y Hvam, 2016), en donde, la computación en la nube ha intervenido para crear cambios fundamentales en la forma en que los servicios de las tecnologías de la información son inventados, desarrollados, implementados, escalados, actualizados, mantenidos y pagados (Marston, Li, Bandyopadhyay, Zhang y Ghalsasi, 2011).

Referencias

- Apuestan proyectos a la sustentabilidad. (2016, junio 5). *El Norte (México D.F., México)*, p. 4.
- Bedoya Montoya, C. M. (2011). *Construcción sostenible: para volver al camino*. Biblioteca Jurídica Dike: Mares Consultoría Sostenible.
- Bogatyrev, N. R., & Bogatyreva, O. A. (2015). Permaculture and TRIZ – Methodologies for Cross-Pollination between Biology and Engineering. *Procedia Engineering*, 131, 644–650. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.458>
- C., J. M., G., J. A., & Z., J. N. (2013). Un sistema de razonamiento basado en casos para apoyar la toma de decisiones en la industria de la construcción. *Ingeniería*, 17, 111–125.
- Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 394–416. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>
- Castro, T. de J. (2016). *Desarrollo de una herramienta de ayuda a la desicion basada en la integracion del razonamiento casado en casos y el cuadro de mando integral*.
- Cecilia Navarro. (2014, diciembre 19). Sabiduría vernácula. Recuperado el 13 de diciembre de 2018, de <https://obrasweb.mx/soluciones/2014/12/26/sabiduria-vernacula>
- Chalmers, A. F., Máñez, P. L., & Sedeño, E. P. (2010). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo XXI de España Editores, S.A. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=Vv3CcQAACAAJ>
- Contreras, V. L., & Contreras, R. G. S. (2017). Algunas reflexiones sobre la “Arquitectura Vernácula”. *Cuadernos de Arquitectura*, 7(07), 67.
- de Soto, B. G., Streule, T., Klippel, M., Bartlomé, O., & Adey, B. T. (2018). Improving the planning and design phases of construction projects by using a Case-Based Digital Building System. *International Journal of Construction Management*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1502929>
- Dzeng, R.-J., & Tommelein, I. D. (2004). Product modeling to support case-based construction planning and scheduling. *Automation in Construction*, 13(3), 341–360. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2003.10.002>
- Elvis F. Mendieta Melchor. (2002). Energía Solar y Arquitectura. Recuperado el 19 de abril de 2018, de <http://ru.tic.unam.mx/handle/123456789/1085>
- Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) 2017. (s/f). Recuperado el 21 de noviembre de

- 2018, de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/enh/2017/>
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 29(3), 234–254. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732014000300002>
- Etchebarne, R., Caballero, A., Peña, J. L., González, A., Vassis, X., Ferreiro, A., & Aguirre, R. (2012). Horizontes, 64.
- Ferneș, R., Tămaș-Gavrea, D. R., Manea, D. L., Molnar, L. M., Munteanu, C., & Tiuc, A.-E. (2018). The influence of the binder and volcanic rocks in natural-organic building materials. *Procedia Manufacturing*, 22, 364–371. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.055>
- García, J. M. (2016, enero 2). El mapa que muestra cómo se ha acelerado el crecimiento de la población mundial. Recuperado el 21 de mayo de 2017, de <http://www.lavanguardia.com/vida/20160201/301816846969/mapa-crecimiento-poblacion-mundial.html>
- Guadagno, L. (2017, julio 6). La bioconstrucción, una opción sustentable que avanza en el país. Recuperado el 22 de mayo de 2018, de <https://www.lanacion.com.ar/2039627-la-bioconstruccion-una-opcion-sustentable-que-avanza-en-el-pais>
- Hodge, B. (2010). *Building your straw bale home: / From foundations to the roof*. Collingwood: Landlinks Press.
- Holmgren, D. (2010). *Permaculture: principles & pathways beyond sustainability* (1st UK ed). East Meon: Permanent Publications.
- Hu, X., Xia, B., Skitmore, M., & Chen, Q. (2016). The application of case-based reasoning in construction management research: An overview. *Automation in Construction*, 72, 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.023>
- Hunter, K., & Kiffmeyer, D. (2004). *Earthbag building: the tools, tricks and techniques*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers.
- Kennedy, J. (2009). *Building Without Borders: Sustainable Construction for the Global Village*. New Society Publishers. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=Zw-fDgAAQBAJ>
- Kéré, D. F. (2013). *How to build with clay ... and community*. Recuperado de https://www.ted.com/talks/diebedo_francis_kere_how_to_build_with_clay_and_community
- Klingelfus, M. L. de C. (2016). *Herramienta de certificación para la Bioconstrucción* (<http://purl.org/dc/dcmitype/Text>). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de

- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=116580>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Marisa Salanova. (2013). Claves de la resiliencia organizacional. TEDxCastellón.
- Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Birkhäuser. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=DUbVAAAAQBAJ>
- Mollison, B., & Holmgren, D. (1990). *Permaculture One: A Perennial Agriculture for Human Settlements*. Tagari. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=P7BbOQAACAAJ>
- Mollison, B., & Slay, R. M. (1994). *Introducción a la permacultura*. Tagari. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=fL47PwAACAAJ>
- Morel, K., Léger, F., & Ferguson, R. S. (2018). Permaculture. En *Encyclopedia of Ecology* (pp. 559–567). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10598-6>
- Olukoya Obafemi, A. P., & Kurt, S. (2016). Environmental impacts of adobe as a building material: The north cyprus traditional building case. *Case Studies in Construction Materials*, 4, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2015.12.001>
- Oshiro, F. (2013). *Construcción de vivienda económica con adobe estabilizado*. Obtenido de http://ri.search.yahoo.com/_ylt=A0LEVvaEZbtTFG0AI44PxQt.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., & Cao, L. V. (2013). *Generación de modelos de negocio*. Grupo Planeta. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=NBSaoWaxeRsC>
- Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, 29, 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>
- Parvin, A. (2013). *Architecture for the people by the people*. Recuperado de https://www.ted.com/talks/alastair_parvin_architecture_for_the_people_by_the_people
- Poó Rubio, A. (2004). El sector de la construcción en México. Recuperado de <http://148.206.79.158/bitstream/handle/11191/250/El%20sector%20de%20la%20construcci%C3%B3n.pdf?sequence=1>
- Rankin, J. H., & Froese, T. M. (2002). Information Population of an Integrated Construction Management System. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 17(4), 256–268. <https://doi.org/10.1111/1467-8667.00274>

- Schmitt, G. (1993). Case-based design and creativity. *Automation in Construction*, 2(1), 11–19. [https://doi.org/10.1016/0926-5805\(93\)90031-R](https://doi.org/10.1016/0926-5805(93)90031-R)
- Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (1995). *Arquitectura y energía natural* (1. ed). Barcelona: Edicions UPC.
- Shen, L., Yan, H., Fan, H., Wu, Y., & Zhang, Y. (2017). An integrated system of text mining technique and case-based reasoning (TM-CBR) for supporting green building design. *Building and Environment*, 124, 388–401. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.026>
- Tah, J. H. ., Carr, V., & Howes, R. (1999). Information modelling for case-based construction planning of highway bridge projects. *Advances in Engineering Software*, 30(7), 495–509. [https://doi.org/10.1016/S0965-9978\(98\)00128-8](https://doi.org/10.1016/S0965-9978(98)00128-8)
- Toro-Jarrín, M. A., Ponce-Jaramillo, I. E., & Güemes-Castorena, D. (2016). Methodology for the of building process integration of Business Model Canvas and Technological Roadmap. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 213–225. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.01.009>
- van Lengen, J. (1991). *Cantos del arquitecto descalzo*. SEP, Unidad de Publicaciones Educativas. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=Qyt1QwAACAAJ>
- van Lengen, J. (2002). *Manual del arquitecto descalzo: cómo construir casas y otros edificios*. Pax México. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=5wghlxA4TZEC>
- Vefago, L. H. M., & Avellaneda, J. (2013). Recycling concepts and the index of recyclability for building materials. *Resources, Conservation and Recycling*, 72, 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.12.015>
- Xiao, X., Skitmore, M., & Hu, X. (2017). Case-based Reasoning and Text Mining for Green Building Decision Making. *Energy Procedia*, 111, 417–425. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.203>