

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA

“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO PARA LA COMUNA SINCHAL, PARROQUIA MANGLARALTO, CON UN HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F'_c=210$ kg/cm² SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR LA FIBRA DE CAÑA BRAVA APLICANDO LA NEC-2015.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES

MANUEL REINEL SUÁREZ DOMÍNGUEZ
MIKE ANTHONY HERMENEJILDO TANDAZO

TUTOR

ING. RAÚL ANDRÉS VILLOA VERA, MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO PARA LA COMUNA SINCHAL, PARROQUIA MANGLARALTO, CON UN HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F'c=210$ kg/cm² SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR LA FIBRA DE CAÑA BRAVA APLICANDO LA NEC-2015.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES

MANUEL REINEL SUÁREZ DOMÍNGUEZ
MIKE ANTHONY HERMENEJILDO TANDAZO

TUTOR

ING. RAÚL ANDRÉS VILLOA VERA, MSc.

La Libertad, Ecuador

2023

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO PARA LA COMUNA SINCHAL, PARROQUIA MANGLARALTO, CON UN HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F'c=210$ kg/cm² SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR LA FIBRA DE CAÑA BRAVA APLICANDO LA NEC-2015.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES

MANUEL REINEL SUÁREZ DOMÍNGUEZ
MIKE ANTHONY HERMENEJILDO TANDAZO


TUTOR

ING. RAÚL ANDRÉS VILLO VERA, MSc.


La Libertad, Ecuador

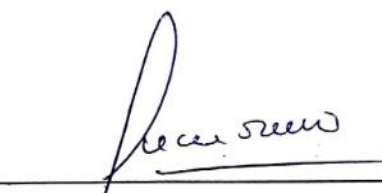
2023

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Jonny Raúl Villao Borbor, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.
DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Jaime Fernando Argudo
Rodríguez, PhD
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Lucrecia Cristina Moreno
Alcívar, PhD
DOCENTE UIC

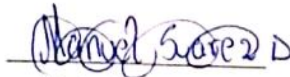
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

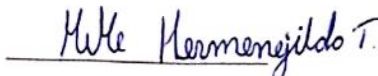
Nosotros, MANUEL REINEL SUAREZ DOMÍNGUEZ y MIKE ANTHONY HERMENEJILDO TANDAZO, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO PARA LA COMUNA SINCHAL, PARROQUIA MANGLARALTO, CON UN HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR LA FIBRA DE CAÑA BRAVA APLICANDO LA NEC-2015.", no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, Carrera de INGENIERÍA CIVIL, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



Manuel Reinel Suárez Domínguez
Autor de Tesis
C.I. 0923338800



Mike Anthony Hermenjildo Tandazo
Autor de Tesis
C.I. 2450878018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

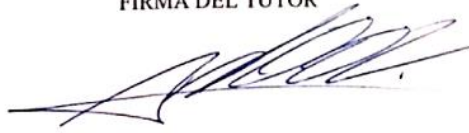
Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.

TUTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO PARA LA COMUNA SINCHAL, PARROQUIA MANGLARALTO, CON UN HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR LA FIBRA DE CAÑA BRAVA APLICANDO LA NEC-2015.**” previo a la obtención del Título de **INGENIERO CIVIL** elaborado por la Sr. **MANUEL REINEL SUAREZ DOMÍNGUEZ** y **MIKE ANTHONY HERMENEJILDO TANDAZO**, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**, Facultad **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.

DOCENTE TUTOR

CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

Certificación de Gramatólogo

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

Magíster En Diseño Y Evaluación

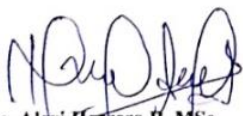
De Modelos Educativos

La Libertad, febrero 3 del 2023.

Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de titulación en opción al título de INGENIERO CIVIL de: SUAREZ DOMÍNGUEZ MANUEL REINEL & HERMENEJILDO TANDAZO MIKE ANTHONY, cuyo tema es: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO PARA LA COMUNA SINCHAL, PARROQUIA MANGLARALTO, CON UN HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F'c=210$ kg/cm² SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR LA FIBRA DE CAÑA BRAVA APLICANDO LA NEC-2015", me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



Lic. Alexi Herrera R, MSc.
Docente de Español A: Literatura
Cel: 0962989420
e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

La Libertad, 4 de Febrero del 2023

En mi calidad de Tutor del presente trabajo de investigación para titulación del tema **"DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO PARA LA COMUNA SINCHAL, PARROQUIA MANGLARALTO, CON UN HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F'c=210$ kg/cm² SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR LA FIBRA DE CAÑA BRAVA APLICANDO LA NEC-2015."** previo a la obtención del Título de INGENIERO CIVIL elaborado por el estudiante **MANUEL REINEL SUAREZ DOMÍNGUEZ** y **MIKE ANTHONY HERMENEJILDO TANDAZO**, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**, de la Facultad **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que una vez analizada en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimiento exigido de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 7% de la valoración permitida.

Adjunto mi reporte de solicitud.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.







C.I.: 0924204290

DOCENTE TUTOR

Document Information

Analyzed document	TESIS MANUEL y MIKE FINAL.docx (D158119903)
Submitted	2023-02-08 04:24:00
Submitted by	Rvillao
Submitter email	rvillao@upse.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	rvillao.upse@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5966/1/UPSE-TIC-2021-0008.pdf Fetched: 2022-05-12 06:06:14	 10
SA	TRABAJO EXPERIMENTAL SR CARLOS TISALEMA.pdf Document TRABAJO EXPERIMENTAL SR CARLOS TISALEMA.pdf (D155800310)	 2
SA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / SOLO TEORIA DE TESIS.docx Document SOLO TEORIA DE TESIS.docx (D14861836) Submitted by: ande1978@live.com Receiver: lmoreno.upse@analysis.orkund.com	 1
SA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / Tesis Helen Marcial - Israel Navarrete.docx Document Tesis Helen Marcial - Israel Navarrete.docx (D142664242) Submitted by: israel.navarremata@upse.edu.ec Receiver: rramirez.upse@analysis.orkund.com	 6
SA	tesisarevalo082015.pdf Document tesisarevalo082015.pdf (D15022814)	 1
SA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / Tesis Nanosilice Basurto Gonzalez.docx	 1

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular va dedicado a Dios, por darme la vida y brindarme salud para seguir adelante y así cumplir cada una de mis metas propuestas y por fuerza para seguir esforzándome en los momentos.

A mis padres por enseñarme los buenos principios y valores y saberme guiar en cada etapa de mi vida, que gracias a su esfuerzo, cariño y sacrificios me ha permitido llegar y ser la persona que soy en la actualidad.

MANUEL REINEL

El presente trabajo va dedicado a Dios, por nunca abandonarme y darme una esperanza de poder seguir mis sueños. A mis padres por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, ayudándome a salir adelante sin abandonar mi carrera profesional.

A mis hermanos, familiares y amigos que siempre me ayudaron cuando más lo necesitaba.

MIKE ANTHONY

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios por brindarme la oportunidad de vida, por guiarme en los momentos más difícil y por darme la fortaleza de seguir adelante en este proceso universitario.

A mis padres Sifredo Suárez, María Domínguez que gracias a su amor, cariño, comprensión y trabajo me han brindados su apoyo incondicional, por ser el motivo de inspiración para culminar con todo el proceso de formación profesional.

Agradezco a mi tutor Ing. Raúl Villao Vera por brindarnos su tiempo necesario y sabernos guiar durante el trabajo de titulación, por ser un excelente docente y profesional.

Agradezco a la Upse por darme la oportunidad de formarme profesionalmente que día a día en sus aulas se compartían conocimientos, a los docentes y autoridades de la carrera de ingeniería civil, que gracia a su trabajo y por dotar con sus conocimientos, nos van formando como profesionales.

Agradezco a mis compañeros que sin duda alguna día a día compartíamos conocimientos dentro de las instalaciones de la Upse, a mi compañero Alex Choez que nos brindó su ayuda en el proceso ensayos y fundición de cilindros, a Roger que también nos brindó de sus conocimientos en el laboratorio de suelos.

MANUEL REINEL

Agradezco a Dios por darnos muchas bendiciones en la vida, por guiarnos por el buen camino y ofrecer su fortaleza en los momentos más difícil que hemos pasado.

Le agradezco mucho a mis padres: Rene Hermenejildo y Rosita Tandazo, por enseñarnos siempre los buenos valores y principios de la vida, por ser el motivo de mi inspiración para culminar mis estudios y les agradezco mucho por creer en mí.

Estoy agradecido con mis hermanos, por todos esos días que me llenaron de alegría, por saber aconsejarme, por siempre estar en comunicación conmigo así no vivamos en la misma casa, siempre conté con el apoyo de todos ellos.

Agradezco a todos mis familiares por ayudarme en todo momento, en especial a mi abuelita (Elsa Reyes Villao) y tía (Mariuxi Tandazo), por educarme en mis estudios y guiarme por el buen camino en la vida.

A mis amigos, con los que compartí una gran etapa de mi vida, con los que pasé buenos momentos dentro y fuera del aula, a mi compañera Mercy que me ayudaba a estudiar y poder seguirá delante, a mi compañero Fernando que me ayudó y guio en mis pasantías, al compañero Alex que nos ayudó en los ensayos de la tesis.

Agradezco especialmente a Michelle García, quien fue mi motivo principal para no abandonar mis estudios, gracias por creer en mí.

MIKE ANTHONY

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA.....	v
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vi
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTOS	x
TABLA DE CONTENIDO	xii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. ANTECEDENTES	6
1.3. HIPÓTESIS	10
1.3.1. <i>Hipótesis general</i>	10
1.3.2. <i>Hipótesis Específicas.</i>	10
1.4. OBJETIVOS	10
1.4.1. <i>Objetivo General.</i>	10
1.4.2. <i>Objetivos Específicos.</i>	11
1.5. ALCANCE	11
1.6. JUSTIFICACIÓN	12
1.7. VARIABLES.....	13
1.7.1. <i>Variables Dependientes.</i>	13
1.7.2. <i>Variables Independientes.</i>	13
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. HORMIGÓN	14
2.2. HORMIGÓN REFORZADO CON ACERO.....	15
2.3. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS.	15
2.4. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS NATURALES.....	17
2.5. COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN.....	17

2.5.1. <i>Cemento</i>	18
2.5.2. <i>Cemento hidráulico</i>	18
2.5.3. <i>Cemento Holcim Tipo GU</i>	20
2.5.4. <i>Agua</i>	20
2.5.5. <i>Aire</i>	22
2.5.6. <i>Agregados (Áridos)</i>	23
2.5.7. <i>Aditivos químicos</i>	25
2.5.8. <i>Aditivos Minerales</i>	25
2.6. CURADO EN EL HORMIGÓN	25
2.6.1. Tipos de Curado	25
2.7. EVALUACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CURADO	27
2.8. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO	27
2.9. CAÑA BRAVA	28
2.9.1. Diferencias entre caña brava y caña mansa	29
2.9.2. Corte de caña	30
2.9.3. Bambú seleccionado para el proyecto	31
2.9.4. Tratamiento previo	31
2.9.5. Porcentaje de absorción de la fibra de caña brava	32
2.9.6. Ventajas y desventajas de la caña brava como material de construcción	32
2.9.7. Vida útil del hormigón y la caña brava dentro de la industria de la construcción	33
2.9.8. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE CAÑA	35
2.10. NORMAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO	35
2.10.1. NEC-SE-DS: Peligro Sísmico	35
2.10.2. NEC-SE-VIVIENDA	48
2.10.3. NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)	48
2.10.4. NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones	49
2.10.5. NEC-SE-HM	50
2.10.6. ACI 318-19	55
2.10.7. Normas ACI 211.1	56
2.10.8. ACI 544-4R-10	57
CAPITULO III: METODOLOGÍA	60

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	60
3.1.1. Tipo	60
3.1.2. Nivel	61
3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	61
3.2.1. Método	61
3.2.2. Enfoque	62
3.2.3. Diseño	63
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	63
3.3.1. Población	63
3.3.2. Muestra	64
3.3.3. Muestreo	64
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	64
3.5. DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.1	64
3.5.1. ENSAYOS PREVIOS PARA EL HORMIGÓN	65
3.5.1.1. Granulometría de agregados gruesos y finos norma NTE INEN 696 (ASTM C-136)	65
3.5.1.2. Densidad Saturada Superficialmente Seca y Absorción del Agregado Fino NORMA NTE INEN 856	67
3.5.1.3. Densidad Saturada Superficialmente Seca y Absorción del Agregado Grueso NORMA NTE INEN 857	68
3.5.1.4. Determinación del peso volumétrico norma NTE INEN 858	68
3.5.1.5. Determinación del contenido de humedad según norma NTE INEN 862	69
3.5.2. ENSAYOS REALIZADOS A LA FIBRA DE CAÑA BRAVA	70
3.5.2.1. Ensayo Granulométrico a la fibra de caña brava	70
3.5.3. DISEÑO DE MEZCLA	70
3.6. DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.2	73
3.6.1. Análisis económico	73
3.7. DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.3	73
3.7.1. Ubicación del proyecto	74
3.7.2. Datos de coordenadas del terreno	75
3.7.3. Análisis de las propiedades geotécnicas del suelo donde se implantará el proyecto	75
3.7.4. Planos arquitectónicos	76
3.7.5. Diseño estructural en hormigón armado	77

3.7.5.1. <i>Predimensionamiento de losa</i>	77
3.7.5.2. <i>Predimensionamiento de vigas</i>	79
3.7.5.3. <i>Predimensionamiento de columnas</i>	80
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
4.1. ENSAYOS EN LAS MUESTRAS DE HORMIGÓN	82
4.1.1. Asentamiento mediante el cono de Abrams	82
4.1.2. Resistencia a la compresión de Cilindros de hormigón	82
4.2. Resultados de ensayo a compresión de cilindros con fibra de Caña Brava	83
4.3. Resultados de ensayo a compresión de vigas de Caña Brava	84
4.4. Módulo de elasticidad del hormigón	85
4.5. ANÁLISIS SÍSMICO	86
4.5.1. Generalidades del proyecto	86
4.5.2. Análisis de cargas de la estructura	86
4.5.3. Cálculo del cortante basal y distribución del cortante en elevación	88
4.6. CREACIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL EN HORMIGÓN ARMADO	89
4.6.1. Datos para el modelamiento del sistema estructural	89
4.6.2. Proceso de modelamiento	90
4.7. Análisis de resultados	91
4.7.1. Diseño a flexión de viga	91
4.7.2. Diseño a torsión de viga	93
4.7.3. Elementos en flexo – compresión	94
4.8. Discusión de resultados	108
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXOS	119

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1</i> Tipos de mezcla de concreto.....	14
<i>Tabla 2</i> Clasificación de Tipos de fibras	17
<i>Tabla 3</i> Clasificación del cemento según su desempeño.....	19
<i>Tabla 4</i> Datos Técnicos del Cemento Holcim Fuerte Tipo GU.....	20
<i>Tabla 5</i> Influencia de la relación agua/cemento en la resistencia del cemento. ..	22
<i>Tabla 6</i> Análisis granulométrico para árido fino según la norma NTE INEN 872	24
<i>Tabla 7</i> Empleo de energía a ser utilizados dentro de la construcción.....	32
<i>Tabla 8</i> Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	36
<i>Tabla 9</i> Tipo de suelo y factores de sitio Fa.....	37
<i>Tabla 10</i> Tipo de suelo y Factores de sitio Fd.....	38
<i>Tabla 11</i> Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs.	38
<i>Tabla 12</i> Tipo de uso, destino e importancia de la estructura	39
<i>Tabla 13</i> Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles duales.....	42
<i>Tabla 14</i> Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles y otros sistemas.....	42
<i>Tabla 15</i> Coeficiente R para sistemas estructurales de ductilidad limitada.	43
<i>Tabla 16</i> Valores del coeficiente Ct y α	43
<i>Tabla 17</i> Configuraciones estructurales recomendadas en planta y elevación. ..	44
<i>Tabla 18</i> Configuraciones estructurales no recomendadas en planta y elevación.	45
<i>Tabla 19</i> Coeficientes de irregularidad en planta.....	45
<i>Tabla 20</i> Coeficientes de irregularidad en elevación.....	46
<i>Tabla 21</i> Valores de derivas máximas.	47
<i>Tabla 22</i> Factores de reducción de resistencia	51
<i>Tabla 23</i> Diámetros mínimos y máximos de varillas de refuerzo.....	51
<i>Tabla 24</i> Combinaciones de carga.	55
<i>Tabla 25</i> Momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losa en una dirección.....	56
<i>Tabla 26</i> Resultados del contenido de humedad.....	69
<i>Tabla 27</i> Agua/Cemento para diferentes mezclas de hormigón.....	71
<i>Tabla 28</i> Cantidades de materiales para la muestra con 25% de caña.	72
<i>Tabla 29</i> Cantidades de materiales para la muestra con 50% de caña	72
<i>Tabla 30</i> Datos del levantamiento del terreno.	75
<i>Tabla 31</i> Datos de la construcción existente.	75
<i>Tabla 32</i> Propuesta de diseño arquitectónico primer piso.....	77
<i>Tabla 33</i> Dimensiones de columnas para pórticos resistentes a momentos.....	80
<i>Tabla 34</i> Carga reactiva W por piso	80

Tabla 35 Cálculos de resistencia del hormigón patrón.....	83
Tabla 36 Resultados de ensayo a compresión de hormigón con caña brava.....	84
Tabla 37 Resistencia de ensayos	84
Tabla 38 Resultados de Resistencia de vigas.	85
Tabla 39 Combinaciones de Carga	87
Tabla 40 Carga según su ocupación o uso.....	88
Tabla 41 Tabla de valores para el proyecto.....	88
Tabla 42 Resultados de los valores cálculos del cortante basal.	89
Tabla 43 Momentos y cuantías de acero en la viga.....	91
Tabla 44 Resultados de torsión obtenidos del programa Etabs.....	93
Tabla 45 Cargas ultimas proporcionadas por el programa Etabs	95
Tabla 46 Relaciones de masa modales participantes.	106
Tabla 47 Resultados de torsión.	107
Tabla 48 Chequeo de las derivas de piso.	107
Tabla 49 Resultados de cortante basal.....	108

Índice de Imagen

	Pág.
Figura 1 Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor Z.	36
Figura 2 Espectro de diseño.....	40
Figura 3 Características de los elementos a flexión.	52
Figura 4 Requisitos del refuerzo longitudinal en elemento o flexión.....	53
Figura 5 Separación de estribos.	54
Figura 6 Curva granulométrica del agregado grueso.	66
Figura 7 Curva granulométrica del agregado fino.....	66
Figura 8 Ubicación donde se ejecutará el proyecto en la Comuna Sinchal.....	74
Figura 9 Muestra moldeada en sitio para el análisis de las propiedades geotécnicas.....	76
Figura 10 Espectro de diseño.....	81
Figura 11 Asentamiento del Hormigón.	82
Figura 12 Grafica de los resultados de ensayo a compresión en vigas de hormigón con caña.....	85
Figura 13 Acero en vigas y columnas eje 4.....	91
Figura 14 Elevación de la columna analizada.....	94
Figura 15 Resultados del análisis estructural para diseño a flexo-compresión. .	95
Figura 16 Resultados del análisis estructural para diseño a Flexo – Compresión (Cuantía requerida).	96
Figura 17 Revisión de capacidad de Columna / Capacidad de Viga.....	97
Figura 18 Capacidad de viga/ Capacidad de Columna.....	97
Figura 19 Planta analizada.....	98
Figura 20 Diagrama de Interacción para diseño de columnas $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, $f'_c < 350 \text{ kg/cm}^2$ y $d/h = 0.9$	101

“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO PARA LA COMUNA SINCHAL, PARROQUIA MANGLARALTO, CON UN HORMIGÓN DE RESISTENCIA $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR LA FIBRA DE CAÑA BRAVA APLICANDO LA NEC-2015.”

AUTORES:

Suárez Domínguez Manuel Reinel
Hermenejildo Tandazo Mike Anthony

TUTOR:

ING. Villao Vera Raúl Andrés

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se analiza la caña brava como material de construcción inmerso en el concreto, sustituyendo un porcentaje de material granular fino tradicional como una alternativa sostenible de recursos naturales ya que nuestro medio es productor de esta materia prima.

Para empezar con este estudio la caña brava fue sometida a un proceso de curado y secado, para luego realizar la molienda tipo fibra en la asociación Noble Guadua asociación ubicada en la comuna Olón. Previo a esto se procedió al diseño de la mezcla de hormigón para 1 m^3 , encontrando la dosificación idónea para ofrecer un hormigón de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, para comprobar lo antes descrito se realizaron diferentes muestras de hormigón los cuales fueron puestos en cilindros y reposaron en una piscina de agua hasta su rotura a los 7, 14, 21 y 28 desde su elaboración por medio del ensayo de compresión. Con los resultados obtenidos en los ensayos se verifico la resistencia al que llega cada cilindro dependiendo el tiempo de curado.

Con los valores obtenidos por medio de los ensayos se comprobó que la inclusión de la caña brava dentro de la mezcla de hormigón tienen resultados similares a los hormigón tradicionales, procediendo así a realizar un diseño estructural modelado en el programa ETABS 2018, en cumplimiento con los parámetros globales sismorresistente como determinan las normas.

Palabras claves: caña brava, fibra, diseño de hormigón, diseño de estructuras.

“STRUCTURAL DESIGN OF A COMMUNITY DEVELOPMENT CENTER FOR THE SINCHAL COMMUNITY, MANGLARALTO PARISH, WITH A RESISTANCE CONCRETE $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ REPLACING THE FINE AGGREGATE BY CANE BRAVA FIBER APPLYING THE NEC-2015.”

AUTORES:

Suárez Domínguez Manuel Reinel
Hermenejildo Tandazo Mike Anthony

TUTOR:

ING. Villao Vera Raúl Andrés

ABSTRACT

In the present titling work, cane brava is analyzed as a construction material immersed in concrete, substituting a percentage of traditional fine granular material as a sustainable alternative of natural resources since our environment is a producer of this raw material.

To begin with this study, the wild cane was subjected to a curing and drying process, to then carry out the fiber type grinding in the Noble Guadua association located in the Olón commune. Prior to this, we proceeded to design the concrete mix for 1 m³, finding the ideal dosage to offer a concrete with resistance $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, to verify the aforementioned, different concrete samples were made, which were placed in cylinders and rested in a pool of water until they broke at 7, 14, 21 and 28 days after their preparation by means of the compression test. With the results obtained in the tests, the resistance reached by each cylinder depending on the curing time was verified.

With the values obtained through the tests, it was verified that the inclusion of caña brava within the concrete mix has similar results to traditional concrete, thus proceeding to carry out a structural design modeled in the ETABS 2018 program, in compliance with the Global earthquake-resistant parameters as determined by the standards.

Keywords: cane brava, fiber, concrete design, structural design.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el concreto ha sido uno de los materiales de la construcción que más ha evolucionado, debido a las nuevas investigaciones que se han realizado con el único objetivo de encontrar nuevas alternativas de fabricación las cuales sean económicamente viables y amigables con el medio ambiente, considerando que es uno de los elementos más utilizados a nivel mundial en la construcción ya que debido a su trabajabilidad se le puede dar forma de acuerdo a las necesidades del constructor.

Maviael Carlos, Ana Clara (2022) expresan que “El hormigón es considerado uno de los materiales más utilizados en el mundo y tiene diversas aplicaciones en la construcción civil. A pesar de esta producción, todavía tiene inconvenientes que deben abordarse y superarse. Por esta razón, se han desarrollado varios materiales para superar estas deficiencias, como el hormigón reforzado con fibras de bambú (CRFB)”.

Las fibras naturales son respetuosas con el medio ambiente, económicas, ligeras, renovables y tienen un mejor rendimiento térmico y resistencia a la corrosión. La incorporación de fibras naturales en las mezclas de hormigón (CC) será un paso sostenible más para mejorar sus propiedades mecánicas y promover el desarrollo sostenible de la construcción ecológica. Hongwei Canción, Jing Lui (2021).

Desde épocas muy remotas se viene estudiando diferentes alternativas de sustitución del agregado fino por fibras de otros materiales ya sean estas de origen vegetal o animal, sin afectar las propiedades de resistencia del concreto, se busca encontrar la dosificación idónea que pueda ser utilizada en varios ámbitos de la construcción.

Maier Marcus (2020) expresa que “En los últimos años, se han desarrollado diferentes métodos para utilizar el bambú o caña brava con nuevos métodos de procesamiento, preservando así las propiedades mecánicas para la fabricación de

materiales compuestos de bambú de alto rendimiento de tal manera que se retengan las capacidades mecánicas inherentes de las fibras y abordando los problemas de durabilidad, especialmente con respecto a la absorción de agua, la hinchazón, la contracción del compuesto y la resistencia, para así ser aplicado como elementos estructurales en edificios”.

Martín Sendra, (2021) expresa que “Para lograr una construcción sostenible se tiene que considerar el impacto medioambiental que se realiza en todos los procesos de la construcción, desde la obtención de los materiales hasta los métodos de construcción que se va a utilizar. Las construcciones, por pequeñas que sean, tienen un impacto ambiental. Debido al aumento de la población, la influencia de la industria de la construcción también ha tenido un incremento significativo en las últimas décadas”.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La población mundial cada día va aumentando, a pesar de los altos índices de mortalidad que se han presentado en los últimos años (debido a la pandemia), la curvatura de natalidad no merma. Por lo cual cada día se necesitan más hogares, lugares de trabajo, sitios de recreación, y cualquier otro sitio que posea características de estructuras para albergar a la población en general. Siendo el hormigón parte fundamental en la construcción de dichos proyectos. (Salazar, J. & Tomalá, M., 2021)

Sin embargo, la calidad de estas está segmentada por todo el mundo, siendo Europa y Estados Unidos, los lugares con mejor infraestructura a diferencia de los países de América Latina los cuales no cuentan con una infraestructura de calidad, ya sea por el tipo de material utilizado o la mano de obra no calificada que se emplea, obras no concluidas por corrupción a nivel de entidades públicas. Incluso a pesar de haber entes reguladores para las construcciones de estructuras estas son deficientes. (Tangarife, O. & Silva, C., 2019).

En el Ecuador, existe un ente regulador, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015), la cual incluso ofrece un diseño sismorresistente para las nuevas edificaciones. Sin embargo, la realidad del país es otra ya que muchas de las familias no poseen los recursos económicos para obtener o construir una que cumpla con los estándares de calidad. Muchas empresas se dedican a ofrecer proyectos de viviendas los cuales debido a su alto costo son casi imposibles de alcanzar para ciudadanos que no poseen trabajado estable ya que de acuerdo con cifras obtenidas por parte del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC, 2010), solo 2 de cada 10 ecuatorianos poseen un trabajo fijo.

Los proyectos de infraestructura y los procesos de nuevas construcciones deberán considerar los parámetros planteado por la norma Ecuatoriana de la Construcción cuyos capítulos establecidos son los siguientes.

- NEC-SE-CG: Carga No Sísmica (NEC-2015)
- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico y Diseño Sísmico-resistente
- NEC-SE-RE: Rehabilitación Sísmica de Estructura
- NEC-SE-GC: Geotecnia y Diseño de Cementación
- NEC-SE-HM: Hormigón Armado de uso Estructural
- NEC-SE-VIVIENDA: viviendas de hasta 2 pisos con luces hasta 5 m.

Es ahí donde se plantea como alternativa el manejo de la guadua, bambú o caña brava en las construcciones lo cual permita ofrecerle a este sector vulnerable un techo digno que proporcione seguridad a estas familias.

La falta de información y conocimientos de las propiedades constructivas que posee la caña ha sido un gran impedimento para desarrollar construcciones de arquitectura moderna, debido a que este material es considerado sinónimo de pobreza y miseria ya que solo se puede observar viviendas de caña en sectores periféricos del Ecuador donde la pobreza es muy evidente.

En nuestro medio las edificaciones se las realiza del método tradicional sin buscar alternativas o medios que puedan mejorar las características de resistencia,

durabilidad, manipulación y economía, esto se debe al poco interés de profesionales e investigadores de innovar en el sector de la construcción que permitiría alcanzar mejores resultados de los que actualmente se conocen.

Dentro del medio se han realizado ciertas investigaciones para encontrar varias alternativas de reconstrucción, como es el caso del estudio de la introducción de fibras de origen vegetal al concreto pero al no contar con una investigación exhaustiva y la falta de interés de los gobiernos locales en apoyar investigaciones que puedan contribuir al desarrollo de una comunidad, no se ha logrado cambios positivos que permitan compartir estos resultados y dar paso a que más personas se interesen en el tema y puedan obtener efectos alentadores para innovar el sector constructivo. Por lo expuesto, si se brindara un análisis de estos sistemas, los interesados podrían tomar una decisión más acertada acorde a sus necesidades.

Adicional a esto, existe otra problemática como lo es la explotación insostenible de materiales pétreos ya que “Diariamente se extraen 18 kilos de arena y grava por cada habitante del planeta para la fabricación de concreto, asfalto y vidrio. Los cambios en los patrones de consumo, el aumento de la población y el incremento de la urbanización han triplicado su demanda en los últimos 20 años, y actualmente se explota más de la que se produce naturalmente afectando negativamente nuestro planeta” (ONU, 2019)

La sobreexplotación de la arena en las riberas de los ríos o áreas costeras es una gran contaminación provocando inundaciones, agotamiento de los acuíferos causando sequías lo que influyen en la baja producción agrícola.

Medina y Vásquez (2018) manifiesta que “Calizas Huayco S.A. es una empresa dedicada a la extracción y procesamiento de materiales de construcción, caliza y carbonatos. La empresa posee ocho concesiones mineras de materiales no metálicos y dos trituradoras. En la concesión A Guay El Huayco, la de mayor extensión de las ocho concesionadas por la empresa, se encuentra la trituradora primaria con una productividad de 700 t/h. Mientras que la trituradora secundaria se encuentra en el lado opuesto de la cantera en la concesión Ampliación Precón, y tiene una

productividad de 350 t/h. Siendo Calizas Huayco S.A. una de las empresas dedicadas a la extracción de caliza con las más altas capacidades del país”.

La comuna Sinchal no cuenta con una infraestructura de un centro de desarrollo comunitario para que el cabildo realice sus funciones como, por ejemplo: reuniones, administración de secretaría y no solamente eso porque en la actualidad existen algunas organizaciones, grupos, barrios que están organizado con sus respectivas directivas donde realizan programas, reuniones, talleres, festividades y no constan con un lugar adecuado para realizar las actividades.

Anteriormente existió una estructura que no cumplía con las normas mínima establecida, en aquellos años las normas ACI-318, por lo tanto, la estructuras cumplió con un alto índice de deterioros, por lo que dejo de ser utilizada por el cabildo y organizaciones asentadas dentro de la misma.

De esto nace la necesidad de crear un diseño estructural utilizando los recursos naturales propios de la zona como es la fibra de caña, y se realice los estudios preliminares determinado en laboratorio de una estructura del Centro de Desarrollo Comunitario de 2 plantas en la comuna Sinchal.

Luego, surge la necesidad de incentivar a los profesionales a experimentar e innovar nuevas técnicas constructivas con materiales ya existentes que disminuye la contaminación ambiental, para que las comunas rurales cuenten con una estructura de este tipo de índice. Por lo tanto la investigación plantea las siguientes interrogantes generales: ¿De qué manera beneficiara la estructura del centro de desarrollo comunitario para la Comuna Sinchal, con un hormigón de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo agregado fino por fibra de caña aplicando Nec-2015?, ¿De qué manera la sustitución del agregado fino del diseño de la mezcla de hormigón mejora la trabajabilidad y propiedades de resistencia ?, ¿Cómo va a mejorar en su resistencia esta nueva metodología en la parte técnica-económica en los procesos de la construcción de obras civiles como el Centro de Desarrollo Comunitario de la comuna Sinchal?, ¿De qué manera la estructura del Centro de Desarrollo Comunitario permitirá el crecimiento, desarrollo y progreso de la comunidad en

general, dejando así un presente para que estas nuevas técnicas constructivas puedan ser aplicadas?.

1.2. ANTECEDENTES

A nivel internacional

En la última década, ha existido un aumento considerable de FRP (polímeros reforzados con fibra) para ser usado como refuerzo de hormigón en la industria de la construcción. Para el refuerzo de FRP se utiliza las siguientes fibras: el carbono (CFRP), aramida (AFRP) y vidrio (GFRP) Dejke, V and R. Tepfers (2001) analizo las “PREDICCIÓN DE DURABILIDAD Y VIDA ÚTIL DE PRFV PARA REFUERZO DE HORMIGÓN”, el objetivo de esta investigación fue determinar la influencia ambiental a largo plazo del hormigón en las barras de refuerzo de GFRP, la metodología aplicada es investigar cuatro tipos de barras de refuerzo de PRFV de dos fabricantes, donde muestras se han sometido a tres ambientes: solución alcalina, hormigón y agua del grifo. Esta investigación tuvo como resultados el deterioro en la resistencia a la tracción y resistencia la corte interlamina (ILSS) para todos los tipos de GFRP y para todas las condiciones de exposición consideradas, y concluye que las diferentes propiedades mecánicas se deterioran a diferentes velocidades para los refuerzos de PRFV. Por lo tanto, el desempeño satisfactorio de las propiedades mecánicas después del envejecimiento ambiental no puede considerarse como una buena durabilidad general.

A nivel internacional

Se puede decir que la adición de fibras vegetales mejora las propiedades mecánicas de la mezcla de hormigón, dando así resultados que necesitamos para justificar el buen uso de nuevas fibras. Autores como Villanueva Vasquez (2019) ha estudiado las “ Propiedades mecánicas del concreto $f^c=280\text{kg/cm}^2$ con adición de fibras de Bambú en 2%, 4% y 6%, Chimbote, Ancosh-2019” esta investigación tuvo como objetivo determinar las propiedades mecánicas del concreto $f^c=280\text{kg/cm}^2$ con adición de fibras de bambú en 2%, 4% y 6%. La metodología empleada en esta

investigación presente es cuantitativa, debido que se desea obtener los resultados a través de pruebas para desarrollar el principal objetivo del presente proyecto de investigación. El autor obtuvo como resultado que el comportamiento del concreto de nuestro diseño de $f^c=280\text{kg/cm}^2$, referente al patrón alcanzo 281Kg/cm^2 a los 28 días de edad; los con adición del 2% de fibras de bambú alcanzo 291 Kg/cm^2 a los 28 días; el de 4% llega a alcanzar 297 Kg/cm^2 y el 6% con fibras de bambú alcanza 268 Kg/cm^2 a los 28 días, con esto podemos concluir que las propiedades físicas y mecánicas de la fibra de bambú cumplió con los requisitos para la adición en la mezcla de hormigón a de $f^c=280\text{kg/cm}^2$ y que se respetó las pruebas de ensayo de los testigos a los 7 días 179 Kg/cm^2 mientras que a los 14 días es 225 Kg/cm^2 y el caso de los 28 días es de 281 Kg/cm^2 de resistencia.

A nivel nacional

No obstante, en los últimos años se viene investigando nuevas alternativas de fibras naturales autor como (Narváz Chamorro Luis Sebastián, 2013) ha estudiado el "DESARROLLO DE LOSAS CON CAÑA DE GUADUA ANGUSTIFOLIA Y ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL Y ECONÓMICO CON LOS SISTEMAS DE LOSAS TRADICIONALES UTILIZADOS EN NUESTRO MEDIO" el objetivo de la investigación es desarrollar un estudio acerca de "los paneles de Caña de Guadua Angustifolia", de acuerdo a la norma ASTM para diseño de cilindros y vigas de hormigón, y realizar un análisis estructural y económico de los diferentes tipos de paneles utilizados en nuestro medio. Se viene experimentando con los diferentes tipos de caña ya que desde épocas inmemoriales el hombre ha construido edificaciones de todo tipo, siendo la mayor prioridad la vivienda.

Sinchal es una comuna perteneciente a la Parroquia Manglaralto del Cantón Santa Elena, la cual se encuentra ubicada en la ruta de la paja toquilla lindando al este con el recinto Barcelona y a 3.5 km de la comuna Valdivia. Cuenta con una población de 4000 habitantes de los cuales el 15% de su población se dedica principalmente a la elaboración de artesanías de paja toquilla y tagua.

Este sector es también conocido por su actividad agrícola y ganadera, posee grandes áreas de vegetación donde predomina la existencia de la caña brava y mansa, y algunos tipos de madera como bejuco, cascol y algodón de montaña.

A nivel nacional

A nivel nacional autor como (Correa, A., 2017) realiza la investigación de, “Hormigón reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar aplicado como baldosa”, el objetivo de la investigación es analizar el comportamiento mecánico con respecto a la resistencia a flexión y absorción de agua y particularmente experimentar con diferentes longitudes de fibra. La caña Brava o Guadua Angustifolia como se le conoce científicamente pertenece a la familia del bambú, es considerada una planta representativa de la costa ecuatoriana además de ser muy utilizada desde la antigüedad en el sector constructivo como es el caso de la iglesia San Francisco de Quito y varias obras distintivas de la ciudad de Guayaquil, no solo se la viene utilizando a nivel nacional sino también internacional como ejemplo se menciona a la cultura asiática que la viene manejando desde el año 4000 A.C.

A nivel nacional

En el Ecuador se vienen realizando diferentes investigaciones, autores como Carrión et al., (2020) realizaron la investigación del diseño de “Hormigón reforzado con fibra naturales de caña de azúcar y su resistencia a la compresión”. Esta investigación tuvo con objetivo de brindar alternativas de elaboración de concreto que pueda brindar mayor resistencia a las construcciones debido a sus propiedades físico-mecánicas que aumentan la resistencia del concreto. La metodología empleada en esta indagación es realizar un estudio que contribuya con las necesidades que tiene cada área de estudio y también se hará un análisis mediante gráficos que permiten tener mayor comprensión del problema, esto tuvo como resultados y discusiones obtenidos en las pruebas de resistencia antes mencionadas y en el análisis de los pisos fabricados. A partir de estos parámetros, es posible evaluar la resistencia mecánica del hormigón con la adición de fibras de bambú, aunque no todos los investigadores coinciden con este criterio, tal como lo indica (Mora, L., 1992) quien dice que una de las principales desventajas que tiene la caña

es su alta capacidad de absorción de agua, por lo tanto, se debe realizar un tratamiento previo para utilizarlo como material de refuerzo de concreto. Esta información es relevante para nuestra investigación ya que nos proporciona una idea de cómo manejar el material propuesto.

A nivel local

Para entender los orígenes del hormigón, se debe tener claro que este no posee un origen como tal, sino un periodo de evolución, resaltando que los materiales que conforman su composición, cambian de acuerdo a los avances tecnológicos, que tienen lugar en diferentes periodos de la historia de la civilización, autores como Salazar P. Jean Carlos (2021) ha estudiado la investigación del “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, UTILIZANDO HORMIGÓN DE ($f'c=210 \text{ KG/CM}^2$) Y UN DISEÑO DE FIBRAS DE CAÑA BRAVA AL 5%, 10% Y 15% UTILIZANDO ACI 211:1”, la investigación tuvo como el objetivo Analizar de forma comparativa la resistencia a la compresión del concreto, utilizando hormigón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y un diseño de fibras de caña brava al 5%, 10% y 15%, la metodología de la investigación es plantear y analizar de forma comparativa, 2 diseños diferentes de hormigón, por lo cual se prevé: - Recolección de datos, estatutos, e investigaciones, relacionados a la observación paralela previa, junto a la diversa información expuesta, referente a los agregados finos y gruesos que forman parte de la mezcla del diseño del hormigón, describiendo a su vez las diferencias entre los porcentajes de fibra de caña. Se obtuvo como resultados mediante el ensayo y se determinó resistencia a la compresión de las muestras obtenidas en las edades de 7, 14, 21 y 28 días de la muestra patrón y de las mezclas con adición del 5%, 10% y 15% de fibra de caña brava, concluyendo así que el análisis técnico comparativo a compresión del hormigón patrón se tiene un porcentaje de fibra de caña, donde concluimos que las muestras con adicción del 15% obtuvo una resistencia de $f'c= 247,88\text{kg/cm}^2$ y a los 28 días siendo la mayor de las resistencia.

Esta investigación parte de esas desventajas existentes, viendo la necesidad de seguir indagando, encontrar y brindar una solución a estos problemas lo cual

permitiría la utilidad de este material de forma correcta, permitiendo brindar nuevas alternativas de compuesto para hormigones tradicionales.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

Es viable diseñar la estructura sismorresistente del centro de desarrollo comunitario, con mezcla de hormigón de resistencia $f'c=210$ kg/cm² con sustitución de agregado fino convencional por fibra de caña brava, y cumplir las características físicas-técnicas y económicas, en cumplimiento con la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

H.E.1.: El diseño, análisis y la elección de los materiales incidirán en la dosificación adecuada para la mezcla de hormigón para alcanzar la resistencia propuesta.

H.E.2.: Mediante ensayo a compresión se comprobó las resistencias alcanzadas de cada cilindro en las diferentes edades 7, 14, 21 y 28 días, esto permitió conocer la factibilidad de implantar la fibra de caña brava de un hormigón tradicional. La comparación económica del hormigón tradicional con el de fibra de caña se analizará en 1 m³ de hormigón, permitirá identificar el costo de las diferentes dosificaciones.

H.E.3.: El modelamiento arquitectónico y software estructurales permitirá tener los respectivos análisis globales sismorresistente, cumpliendo así con las especificaciones técnicas de la norma NEC-2015 de hormigón armado, y su requerimiento necesario que alcancen para su correcto desempeño

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar una estructura de hormigón de resistencia $f'c=210$ kg/cm²,

sustituyendo agregado fino por fibra de caña brava, aplicando las normas NEC-2015, para la construcción de un centro de desarrollo comunitario para la comuna Sinchal, Parroquia Manglaralto.

1.4.2. Objetivos Específicos.

O.E1.: Obtener la dosificación del hormigón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con fibra de caña brava mediante análisis de laboratorio para cumplir con la resistencia adecuada.

O.E2.: Analizar mediante ensayo a compresión los resultados de resistencia de la mezcla de hormigón con fibra de caña brava, para determinar una comparación técnica-económica de la fabricación de un hormigón convencional con el hormigón de fibra de caña brava.

O.E3.: Realizar el diseño arquitectónico y estructural mediante los software AutoCAD y ETABS 2018, para que cumplan con los requisitos mínimo establecido en la norma NEC-2015 para el centro de desarrollo comunitario de la comuna Sinchal utilizando el diseño de mezcla del hormigón planteado.

1.5. ALCANCE

La presente investigación tendrá como alcance lo siguiente:

- Presentar la dosificación adecuada para la elaboración de concreto de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo el agregado fino por fibra de caña brava, cumpliendo con la normativa (NEC, 2015).
- Realizar pruebas de laboratorio a varios cilindros de concreto convencional y concreto con fibra de caña brava de diferentes dosificaciones y características físicas del material.
- Presentar informe de resultados de los ensayos practicados a los cilindros de concreto en los cuales se describirán los siguientes datos: nombre del cilindro, tiempo de curado, peso, diámetro, altura y resistencia a compresión.
- Presentar resultados de los ensayos practicados para conocer el módulo de elasticidad y peso volumétrico del cilindro que cumpla con la resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con agregado fino de caña brava.

- Presentar el diseño arquitectónico del Centro de Desarrollo Comunitario de la comuna Sinchal.
- Presentar análisis estructural del diseño del Centro de Desarrollo Comunitario de la comuna Sinchal.
- Presentar los planos respectivos de acuerdo con los resultados del diseño estructural.

1.6. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador actualmente no existen nuevas técnicas o alternativas de construcción, por lo que el 86% de las edificaciones han sido construidas por el método convencional el cual es el hormigón armado, esto de acuerdo con datos obtenidos del (INEC, 2010), siendo este la técnica más costosa lo cual hace casi imposible que familias de bajos recursos económicos puedan construir.

Al buscar e implementar nuevas técnicas constructivas económicas que garanticen la seguridad y el cuidado al medio ambiente lograrían que las familias de clase media o baja puedan construir una vivienda digna que cumpla con todas las necesidades del hogar.

El sector de la construcción es considerado el principal agente contaminante de recursos naturales, esto se debe a la falta de normas de control de esta actividad al momento del desecho de los residuos de material utilizados ya que la mayoría de estos no son biodegradables, he ahí la necesidad de encontrar nuevas alternativas de construcción que permitan disminuir este problema.

La caña brava es muy utilizada en la construcción de viviendas en pequeñas comunidades de América Latina por sus características físicas de resistencia, de esto parte la iniciativa de aprovechar estos recursos en la edificación de infraestructuras de arquitectura moderna. (Comisión Nacional Forestal)

Desde hace mucho tiempo se vienen realizando investigaciones, probando combinaciones de hormigón simple más restos de fibra vegetal tratando de innovar y crear alternativas de construcción que permitan un desarrollo ecosostenible, el cual sea viable para todas las familias. (Encalada, J., 2016)

El siguiente proyecto busca encontrar una alternativa adecuada para la construcción de viviendas con un hormigón no convencional que permita brindar las mismas propiedades del tradicional, pero a su vez sea económicamente sostenible para que todas las familias puedan utilizarlo sin importar clase social.

1.7. VARIABLES

1.7.1. Variables Dependientes.

- Sistema estructural de la edificación, modelamiento a base del hormigón obtenido con la fibra de caña, con respeto a las especificaciones técnicas de la norma NEC-2015.
- Resistencia a la compresión de la mezcla de hormigón.

1.7.2. Variables Independientes.

- Propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibra de caña brava.
- Aplicando software ETABS 2018, análisis del comportamiento estructural de diseño de un centro de desarrollo comunitario de hormigón armado aplicando fibra de caña.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. HORMIGÓN

El hormigón es un material compuesto que se obtiene de la mezcla de cemento, arena, piedra y agua en dosificaciones apropiadas de acuerdo con la necesidad y resistencia que se requiera para las diferentes obras civiles, se puede utilizar hormigón realizado en sitio o prefabricado, esto dependerá del uso que se le dará. Dentro del campo de la construcción es el material más utilizado ya que posee gran resistencia a la compresión, posee maleabilidad, es de secado rápido y no es inflamable.

El hormigón fresco posee propiedades de trabajabilidad, homogeneidad, densidad y consistencia la cual se mide realizando el ensayo de Cono de Abrams tal como lo indica la INEN 1578 -ASTM 143.

También existen diferentes tipos de mezclas que se pueden realizar para la elaboración del hormigón, las cuales se describen en la tabla 1. (Gagg, C., 2014)

Tabla 1 Tipos de mezcla de concreto.

	Cemento (%)	Agua (%)	Aire (%)	Agregados Finos (%)	Agregados gruesos (%)
Mezcla 1	15	18	8	28	31
Mezcla 2	7	14	4	24	51
Mezcla 3	15	21	3	30	31
Mezcla 4	7	16	½	25-1/2	51

Fuente: Cement and concrete as an engineering material. Gagg 2014

En la tabla antes expuesta, se puede observar un ítem en el cual aparece el aire, y es que el término “aire incorporado”, fue implementado por primera vez en 1930, y fue un gran avance en la historia reciente de la construcción. Donde, el aire se

incorpora de forma controlada durante la mezcla del material antes mencionado. Debido a esto, el aire se coloca también como elemento cuantificable dentro de la elaboración del hormigón. (Gokce, A. Nagataki, S. Hisada, M., 2004).

2.2. HORMIGÓN REFORZADO CON ACERO.

El hormigón reforzado o armado es un concreto compuesto de un hormigón simple más una armadura metálica interna, sin embargo, también se destaca la utilidad de varios agregados que comúnmente conocemos como lo es la arena además del uso de fibras de diferentes clases que actualmente se están adicionando a los hormigones ya sean de origen animal o vegetal.

Debido a que el concreto es un material constructivo frágil, cuyo principal defecto es su escasa resistencia a la tracción (en comparación con su elevada resistencia a la compresión), este necesita ser reforzado con materiales que si poseen una gran resistencia a la tracción, como lo es el acero. (BECOSAN, 2020).

Debido a que el concreto reforzado presenta ligeramente mayor resistencia a la tracción a diferencia del concreto simple, esto permite disminuir considerablemente la formación de fisuras con el paso del tiempo.

2.3. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS.

La norma ASTM C1116-89, define las fibras como filamentos delgados y elongados en forma de haces o hilos, de cualquier material natural o manufacturado, que pueda ser distribuido uniformemente en la mezcla del mortero fresco.

A diferencia de los demás tipos, el concreto reforzado con fibras es un material que no posee una armadura interna en el sentido tratado. Más bien, es un material que se origina del mezclado de agregados gruesos (gravas), agregados finos (arena), cemento agua y fibras. (BECOSAN, 2020).

Las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse por diferentes consideraciones tal como se muestra en la tabla 2, cada una de ellas respetando las siguientes normas ASTM C 1399 y ASTM C 1116.

Fibras por material.

Fibras de acero (FA): Son secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero.

Fibras sintéticas (FSN): Son secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno (PP), poliestireno, nylon, poliéster etc.

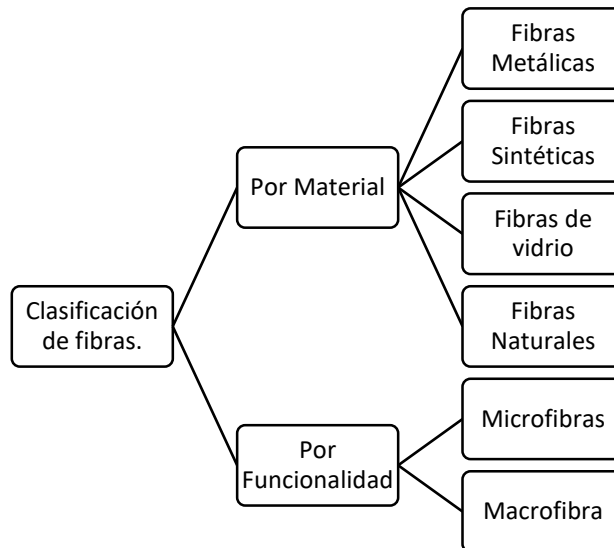
Fibras de vidrio (FV): Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.

Fibras naturales (FN): Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0,5 y 0,2 mm, con valores de absorción superiores al 12%. (SIKA, 2014)

Fibras por funcionalidad, geometría y dosificación.

Microfibras: Estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Se dosifican en el concreto para volúmenes entre 0.03% a 0.15% del mismo.

Tabla 2 Clasificación de Tipos de fibras



Autor: Manuel Suarez y Mike Hermenejildo. Fuente: Concreto reforzados con fibras SIKA (2014)

2.4. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS NATURALES.

El hormigón reforzado con fibra (FRC) es un hormigón compuesto de una lechada a base de cemento, cantidades apropiadas de agregados finos y gruesos, y fibras cortas y añadidas que son discretas y se distribuyen al azar en toda su masa. Según la definición del ACI (American Concrete Institute), el hormigón reforzado con fibras naturales (NCRF) requiere proporciones de mezcla especiales para contrarrestar el efecto de retardo debido al contenido de glucosa en las fibras (ACI 544-1R, 2009).

El principal motivo por el que se está añadiendo fibras naturales a los hormigones es para reducir la permeabilidad del material lo que provoca agrietamientos debido a la pérdida de agua durante el curado. Especialmente se está utilizando en hormigones que están constantemente al contacto con el agua como en muros, túneles y alcantarillados ya que al estar compuesto por fibras estos le permiten disminuir la probabilidad de agrietamiento.

2.5. COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN.

2.5.1. Cemento.

Utilizando una mezcla de arcilla y caliza calcinada molida, a una temperatura de 1350 grados centígrados, se puede obtener el cemento como material de construcción, donde el resultado de esta trituración de materiales se conoce como Clinker; constituido por silicato tricálcico, aluminio tricálcico y ferrito aluminato tetracalcico. Pueden existir 2 tipos de cementos, uno no hidráulico y otro hidráulico. El no hidráulico no actúa utilizando el agua como agente aglutinante, reaccionando mejor con el dióxido de carbono del aire, mientras que, es el más común, popular y utilizado dentro de las obras de ingeniería, un ejemplo de estos es el cemento portland (Rodgers, L, 2018).

2.5.2. Cemento hidráulico

Según ARIANA, (2015, p. 14) el hormigón hidráulico “es una piedra artificial, catalogado como un material aglomerado, conformado por aire, agua, cemento hidráulico, agregados y en muchos casos aditivos, que al estar en estado plástico puede tomar diversas formas y este a su vez en estado endurecido puede resistir esfuerzos mecánicos y puede ser durable con el paso del tiempo”.

La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 151, 2010) expresa que el cemento hidráulico es “un cemento que fragua y endurece por reacción química con agua y es capaz de hacerlo aún bajo el agua”.

De acuerdo con la (NEC-2015, p, 101), los cementos hidráulicos deben cumplir con los requisitos contemplados en las siguientes normas:

- Cemento Portland de los tipos I a V, incluyendo los subtipos IA, IIA y IIIA, que cumplan con los requisitos contemplados en la norma NTE INEN 152 (ASTM C 150);
- Cemento compuesto tipo IP cumplirá con los requisitos de la norma NTE INEN 490 (ASTM C595);

- Cementos clasificados de acuerdo con requisitos de desempeño, según los requerimientos establecidos en la norma NTE INEN 2380 (ASTM C 1157);
- Cementos para mampostería de acuerdo con los requerimientos establecidos en la norma NTE INEN 1806 (ASTM C 91).

a) **Cemento hidráulico compuesto.** La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 151, 2010) define al cemento hidráulico compuesto “un cemento hidráulico que consistente de dos o más compuestos inorgánicos (uno de los cuales, por lo menos, no es cemento portland o Clinker de cemento portland), los cuales separadamente o en combinación contribuyen a mejorar las propiedades de resistencia del cemento (producido con o sin otros constituyentes, adiciones de proceso y adiciones funcionales, por molido conjunto u otra mezcla)”.

b) **Topología del cemento hidráulico y sus nomenclaturas.** La norma NTE INEN 2380, (2011) establece los requisitos de desempeño que deben cumplir los cementos hidráulicos y clasifica a los cementos de acuerdo a sus propiedades específicas sin considerar restricciones sobre su composición o la de sus constituyentes.

De acuerdo con su tipología, los cementos hidráulicos se clasifican de la siguiente forma, tal y como lo muestra la Tabla 3.

Tabla 3 Clasificación del cemento según su desempeño

Por desempeño	Tipos	Descripción
	GU	Para construcción en general.
HE	Altas resistencias inicial.	
MS	Moderada resistencia a los sulfatos.	
HS	Altas resistencias a los sulfatos.	
MH	Moderado calor de hidratación.	
LH	Bajo calor de hidratación.	

Nota: Descripción del cemento según su desempeño.(NTE INEN 2380, 2011)

2.5.3. Cemento Holcim Tipo GU.

De acuerdo con el Departamento Técnico de Holcim Ecuador S.A (2015), el Cemento Holcim Fuerte Tipo GU “ está generalmente diseñado para todo tipo de estructuras, está compuesto por Clinker de cemento portland, sulfato de calcio y una o más adiciones de puzolanas naturales, sus principales características es la resistencia, durabilidad y desempeño que cumplen y superan los estándares de la norma NTE INEC 2380”.

La Tabla 4 detalla los datos técnicos del Cemento Holcim Fuerte Tipo GU en comparación con los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 2380.

Tabla 4 Datos Técnicos del Cemento Holcim Fuerte Tipo GU.

	INEN 2380	Valor referencial HOLCIM
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	0.8	0
Tiempo de fraguado, método de Vicat		
Inicial, no menos de, minutos	45	45
Inicial, no más de, minutos	420	151
Contenido de aire mortero, en volumen, %	...	4
Resistencia a la compresión, mínimo MPa		
1 día
3 días	13	17
7 días	20	22
28 días	28	30
Expansión en barras de mortero 14 días, % máx.	0.02	0.001
Resistencia a sulfatos, 6 meses

Nota: Valores referenciales del Cemento Holcim Fuerte Tipo GU. (Holcim Ecuador, 2021)

2.5.4. Agua

El agua desempeña uno de los papeles vitales en el diseño del hormigón,

(NEC-SE-HM 2015) expresa que el agua “es el componente que se combina químicamente con el cemento para producir la pasta que aglutina las partículas del árido, las mantiene unidas y colabora en gran medida con la resistencia y todas las propiedades mecánicas del hormigón.

El contenido del agua en el hormigón permite que este desarrolle una fuerza de compresión adecuada, sin embargo, esto está relacionado con varios factores, como lo son: la textura, tamaño y forma de los materiales agregados, junto con la capacidad de la mezcla en la absorción de aire.

El agua de la mezcla debe cumplir con NTE INEN 1108. A falta de agua potable, esta debe reunir las siguientes condiciones. (NTE INEM 1855-1, 2016)

El agua en la mezcla de hormigón debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o para el acero de refuerzo. De acuerdo con (Troyano Moreno, 2019) “el agua demandada para la hidratación del cemento durante el fraguado se denomina agua de fraguado”. Dada la cantidad de agua de amasado debe ser superior a la de fraguado fundamentalmente por las siguientes razones:

- Se producen pérdidas de agua durante el amasado, transporte y puesta en obra del hormigón, así como por evaporación.(Troyano 2019)
- Parte del agua de amasado es succionada por los áridos, en mayor cantidad cuanto menor sea su tamaño. (Troyano 2019)
- El agua le proporciona movilidad a la masa de hormigón, facilitando la colocación en obra de ese hormigón.(Troyano 2019)

Por lo tanto, el agua de amasado desempeña dos papeles fundamentales en el proceso de las mezclas de hormigón: como un agente de hidratación en la mezcla provocando reacciones químicas dentro de la mezcla, y en base a su cantidad esta

brindara mejor trabajabilidad en proceso de la construcción de la obra.

- a) **Relación Agua/Cemento** (Guevara Fallas et al., 2012) expresa que “ en esta relación agua/cemento, la importancia del agua resulta de gran magnitud, ya que ella y su relación con el cemento están altamente ligados a una gran cantidad de propiedades del material final que se obtendrá, en donde usualmente conforme más agua se adicione, aumenta la fluidez de la mezcla y, por lo tanto, su trabajabilidad y plasticidad, lo cual presenta grandes beneficios para la mano de obra; no obstante, también comienza a disminuir la resistencia debido al mayor volumen de espacios creados por el agua libre”, por lo tanto se puede afirmar que la resistencia de la mezcla de hormigón depende altamente de la relación por peso entre el agua y el cemento.

Tabla 5 Influencia de la relación agua/cemento en la resistencia del cemento.

A/C	$f'c'$ (Kg/cm ²)
0.36	420
0.40	370
0.45	340
0.50	295
0.55	275
0.60	230
0.65	220
0.70	185
0.75	165
0.80	140

Nota: La tabla muestra la influencia de la relación agua/cemento en cada resistencia del hormigón, tomada del efecto de la variación agua/cemento en el concreto.(Guevara Fallas et al., 2012)

2.5.5. Aire

Cuando el concreto se encuentra en estado de mezclado, es normal que atrape aire dentro de la masa el cual es posteriormente liberado por los procesos de

compactación al que es sometido una vez ha sido colocado. Sin embargo, es imposible extraer todo el aire y siempre queda un porcentaje de la masa endurecida. También podemos decir que el contenido de aire atrapado reduce el requerimiento de agua en la mezcla de hormigón para la misma trabajabilidad mientras mejora la cohesión. (RUGELES, 2008)

- a) **Contenido de aire.** La norma (NTE INEN 1762, 2015) lo define como “el Volumen de vacíos de aire en el mortero u hormigón, excluido del ocupado por los poros de las partículas de agregado, usualmente expresado como un porcentaje del volumen total del mortero u hormigón”.
- b) **Aire atrapado.** La norma (NTE INEN 1762, 2015) expresa que “la cantidad de aire contenido en una mezcla después de ser compactada, generalmente burbujas de 1 mm o más de diámetro, de forma irregular”.
- c) **Aire incorporado.** La norma (NTE INEN 1762, 2015) lo expresa como “burbujas microscópicas de aire intencionalmente incorporadas por un aditivo en morteros u hormigones durante el mezclado, generalmente mediante el uso de un agente activo de superficie, generalmente burbujas entre 10 μm y 1 000 μm de diámetro, de forma esférica o aproximadamente esférica”.

2.5.6. Agregados (Áridos)

La norma (NTE INEN 1762, 2015) establece que los áridos son “el material granular como: arena, grava, piedra triturada o escoria de altos hornos de hierro, que se usa con un cementante para elaborar hormigón o mortero de cemento hidráulico”.

- a) Agregado fino: la norma (NTE INEN 1762, 2015) lo define como “árido que pasa por el tamiz de 9,5 mm (3/4) que la mayor partes de sus partículas pasan el tamiz de 4,75 mm (N°4) y son retenidas en su mayoría en el tamiz

75 μm (N° 200), o (2) la parte de un árido que pasa por el tamiz de 4,75 (N° 4) y es retenido en de 75 μm (N° 200).

Tabla 6 Análisis granulométrico para árido fino según la norma NTE INEN 872

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa (%)
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 μm	25 a 60
300 μm	5 a 30
150 μm	0 a 10

Nota: Muestra los límites del análisis granulométrico de áridos finos.(NTE INEN 872, 2011)

Los agregados finos generalmente son partículas menores a 5mm deben estar limpios y libre de productos químicos que puedan afectar a la mezcla del concreto por lo general las arenas de rio o provenientes de minas previamente lavadas son las óptimas.

- b) Agregado grueso: La norma (NTE INEN 1762, 2015) define que el agregado grueso es “un árido en que la mayor de sus partículas quedan retenidas en el tamiz de 4,75 mm (N° 4), o (2) la porción de un árido retenido sobre el tamiz 4,75 mm (N° 4). Las gravas idóneas para el hormigón deben oscilar entre 9.5mm y 38 mm aquellos que generalmente sean retenidos por el tamiz #4 y posean una densidad mayor a 2.6 gr/cm³.

Los agregados gruesos están constituidos por partículas con tamaños superiores a 2,5 mm, a su vez estas presentan mejores propiedades de adherencia en la mezcla de concreto, resistencia al desgaste, se clasifican en partículas redondeadas (esta tiene menor adherencia en la mezcla), cubicas, lajas (partículas planas) y agujas (partículas alargadas).

2.5.7. Aditivos químicos.

Actualmente los hormigones necesitan añadir aditivos en su dosificación, esto con el propósito de modificar sus propiedades, y así garantizar sus prestaciones ya sea en su estado fresco o endurecido.

La dosis de uso recomendada para estos materiales debe ser menor al 5% en relación con el contenido de cemento que por lo general esta entre el 0.2% al 2%. Sus efectos pueden ser diversos ya sea en la consistencia, tiempo de fraguado, resistencia y durabilidad, incluso puede representar una disminución de consumo de materiales por ejemplo el agua y cemento.

2.5.8. Aditivos Minerales.

Esta clase de aditivos suelen ser de origen natural o artificial, cuya incorporación en las mezclas permiten mejorar el desempeño del hormigón en resistencia y durabilidad. Así mismo la utilización de estos materiales en reemplazo parcial de Clinker portland permite mejorar la eficiencia energética del cemento, al reducir el consumo de energía insumida en la producción, y, por consiguiente, supone beneficios asociados en la preservación de recursos y el ambiente, así como en la eliminación de desechos de otros procesos industriales. (ICPA)

2.6. CURADO EN EL HORMIGÓN.

Según el (ACI-308, 1992) el curado del hormigón consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto recién colado, para que se puedan desarrollar las propiedades deseadas. Para que el hormigón alcance su máxima resistencia la humedad relativa debe ser mayor del 80% y tener una temperatura recomendada de 20°C. El curado del hormigón se lo puede realizar con varios métodos y materiales.

2.6.1. Tipos de Curado.

- Inmersión

Consiste en la introducción total de las muestras en agua, al estar sumergidas se crea un borde impermeable en sus extremos, esto con el fin de evitar la aparición de grietas. Este método es ideal para losas, pisos y techos horizontales.

- **Riego Periódico**

Este método consiste en bañar periódicamente el hormigón con mangueras sin utilizar mucha presión. Al realizar esta técnica se debe tener cuidado de cumplir con el tiempo adecuado y no empezar con el riego demasiado pronto para evitar que al entrar en contacto con el agua se lleguen a desprender capas superficiales con este lavado, ya que el objetivo de este procedimiento es que se evapore el agua que se aporta, mas no la que se utilizó para el amasado del concreto.

- **Uso de telas.**

Este método consiste en envolver con telas o sacos el hormigón permitiendo conservar por más tiempo la humedad, usualmente se utiliza con frecuencia en columnas ya que en otros armados dificultaría el trabajo. En esta técnica se debe tener mucha precaución de tener las telas siempre húmedas, ya que al secarse se obtendría un efecto contrario y no obtener el curado deseado.

- **Laminas que eviten la desecación.**

Este es uno de los métodos que no requiere el aporte de agua, para esto se utiliza láminas plásticas las cuales se colocan sobre el hormigón evitando la evaporación del agua del amasado permitiendo que se mantenga la humedad requerida para el fraguado.

- **Curado con Tierra.**

La aplicación de tierra mojada se ha utilizado con éxito en pisos para esto se debe verificar que la tierra no tenga partículas de más de 25mm de diámetro que contenga agentes nocivos o materia orgánica.

2.7. EVALUACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CURADO.

La norma ASTM C 156 se puede utilizar para comparar la efectividad de retención de agua de los materiales para el curado del concreto. Se ha dicho con frecuencia que el método ideal se basa en mantener un contenido satisfactorio de humedad mediante la aplicación directa de agua, ya sea por aspersión, anegamiento o cubiertas mojadas. Estos métodos son satisfactorios solo mientras la presencia de agua sea continua y el concreto no se seque al grado de que se evite el desarrollo de propiedades deseables. El mojado intermitente, especialmente después de 2 o 3 días de curado satisfactorio, permitirá el desarrollo continuo de la resistencia, aunque no de manera tan rápida como el curado continuo. Es posible que el curado intermitente durante las etapas iniciales de curado como de como resultado la formación de grietas en la superficie y la reducción de la durabilidad en servicio. (Carrier, 1978)

2.8. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO.

Al hormigón se le puede diseñar de varias formas con diferentes compuestos o agregados lo cual permitirá obtener la resistencia que se requiere. Para comprobar sus propiedades mecánicas se debe realizar el ensayo a la compresión, el cual consiste en la elaboración de varias muestras de cilindros de concreto las cuales se someterán a compresión hasta lograr su ruptura.

Las probetas cilíndricas para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6x12 pulgadas (150 x 300 mm) o 4x8 pulgadas (100 x 200 mm), cuando así se especifique. Las probetas más pequeñas tienden a ser más fáciles de elaborar y manipular en campo y laboratorio. El diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto. (IMCYC, 2006)

Una vez que la muestra de concreto fresco ha sido correctamente seleccionada se sigue el procedimiento para llenar los cilindros:

- Antes de colocar el concreto en el molde, es necesario aceitar el interior del cilindro para evitar que el concreto se adhiera al metal, se debe evitar que exista exceso de aceite en el fondo.
- El cilindro se debe llenar en tres capas de 10 cm cada una, entre capa se debe apisonar el concreto con ayuda de una varilla de 16mm de diámetro con uno de sus extremos redondeados, la cual debe introducirse 25 veces en diferentes partes de la superficie del concreto, teniendo en cuenta que la varilla solo atraviese la capa que se está compactando, sin pasar a la capa siguiente. (Bejarano, D, 2019)
- Al final se completa el llenado del cilindro hasta el borde y se alisa con ayuda de una regla.

La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (PSI) en unidades corrientes utilizadas en Estados Unidos o en megapascuales (MPa) en unidades SI. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2.500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4.000 psi (28MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 10.000 psi (70 MPa) y más. (CivilMac, 2016)

2.9. CAÑA BRAVA.

La caña brava forma parte de la familia del bambú fácil de encontrar en nuestro medio, eso lo convierte en un material económico y de fácil alcance. Dentro del medio constructivo se ha venido utilizando desde épocas muy antiguas en diferentes tipos de edificaciones, es de rápido crecimiento, se encuentran en zonas tropicales y pueden alcanzar su madurez entre los 5 y 6 años.

Dentro de las propiedades mecánicas de la caña se destaca que es un material ligero, resistente y de alta rigidez, por estas características se considera un excelente material constructivo, debido a su peso aligerado permite una alta disipación de energía la cual la hace estructuralmente resistente ante movimientos sísmicos.

En la presente investigación se busca implementar la caña brava como aditivo para el concreto y comprobar si cumple las mismas propiedades de resistencia antes descritas con esta nueva alternativa de hormigón.

La guadua constituye el género de bambú más importante de América latina, endémico de este continente y formado por unas 30 especies. La guadua angustifolia, nativa de Colombia alcanza una altura entre los 17 y 23m, con un diámetro del tallo de 10 a 14 cm y demora de 4 a 6 meses a desarrollarse y alcanzar su altura definitiva. (Lárraga Sánchez, 2011)

La caña guadua es la más importante de estas gracias a sus extraordinarias propiedades físico-mecánicas y al avance en el estudio silvicultural y estructural que se viene llevando a cabo en el país en los últimos años. Aunque se encuentran en estado natural desde Ecuador a Venezuela y entre los 0 y 2000 m sobre el nivel del mar, el desarrollo óptimo de las plantas se alcanza entre los 500 y 1500m, con temperaturas de 17°C a 26°C, precipitaciones de 1200 a 2500 mm/año, humedad relativa del 80 a 90% y suelos con fertilidad moderada. (Bambusa, 2015)

Ecuador, por su tamaño, posee una inmensa diversidad de bambús. Tiene 6 géneros, y 42 especies identificadas, de las cuales 11 son endémicas y 15 especies que aún faltan por identificar y describir. (Londoño, X, 2001)

2.9.1. Diferencias entre caña brava y caña mansa.

- **Caña Guadua angustifolia (caña brava)**

La caña brava puede alcanzar una altura máxima de 30 m, con espesores que van desde 1 a 2.5 cm y diámetro de 11 a 20 cm, una característica especial que posee esta caña es que en su tallo se pueden observar espinos.

- **Caña *Guadua angustifolia* (caña mansa)**

A diferencia de la caña Brava esta no tiene ningún tipo de espinos, es decir es totalmente lisa, además el diámetro del tallo es más delgado que el anterior, va de 3 a 15cm. Con estas características es muy fácil identificarlas.

2.9.2. Corte de caña.

El crecimiento de la caña brava se da en zonas tropicales, no necesita de realizar sembríos ya que ellas crecen de forma involuntaria, pero para que esto se efectúe de modo correcto, se deben tomar ciertas recomendaciones para preservar este material que se encuentra fácilmente en el Ecuador al momento de cortarlas.

- Se debe tomar en cuenta el color, la edad y las cualidades del producto.
- Las cañas más viejas deben ser las primeras en ser cortadas verificando que no se encuentren infestados por plagas u hongos.
- Se recomienda realizar el corte cuando se encuentren en luna menguante, preferiblemente en las primeras horas del día (00:00 a 4:30 am)
- Para facilitar el nacimiento de nuevas cañas el corte se lo debe realizar entre los dos primeros nudos para evitar que se acumule humedad y se pudra la raíz, el corte debe ser lo más limpio posible.
- El corte de las ramas será realizado con machete o sierra.
- Al realizar la extracción de la caña se debe tener cuidado con el arrastre

ya que se pueden deteriorar sus extremos.

2.9.3. Bambú seleccionado para el proyecto.

Nombre: GUADUA ANGUSTIFOLIA

Nombre común: Caña brava

Características: Crecen en culmos (conjunto de cutícula, haces vasculares y células de parénquima) de 1.5 a 10 m de largo.

2.9.4. Tratamiento previo.

Las muestras de caña que se emplearon en esta investigación fueron extraídas de la comuna Sinchal donde prevé aplicar este método de hormigón.

2.9.4.1. Secado a la intemperie.

Para la introducción de la caña brava como aditivo en la dosificación del concreto, primero se seleccionó la materia prima con un cierto grado de antigüedad, se la sometió a un secado en condiciones ambiente, ya que la humedad interna que estas poseen al estar en contacto con el exterior pueden causar la proliferación de hongos que afectarían las propiedades mecánicas del material, para finalmente someterla a un proceso de molienda en el centro especializado de caña Guadua ubicado en la comuna Olón, donde se obtuvieron las fibras de caña. (ver anexo 1)

2.9.4.2. Tamizado.

Una vez obtenida la muestra se procedió a realizar el ensayo granulométrico de la caña brava. Con los resultados obtenidos se procede a realizar varias mezclas con el material pasante de cada tamiz, es así como se llega a la conclusión que al trabajar con la muestra pasante del tamiz N°100 fue más sencillo realizar la adición del material al concreto ya que al ser de similares características de la arena se garantiza la correcta distribución en toda la mezcla de hormigón. (ver anexo 2)

2.9.4.2. Secado al horno.

Se colocan las muestras en recipientes y se lo deja en el horno por 24 horas a una temperatura de 110°C para eliminar la humedad contenida.

2.9.5. Porcentaje de absorción de la fibra de caña brava.

Para conocer el porcentaje de absorción de la muestra de caña brava, se toma el peso antes de ingresar por 24 horas al horno a una temperatura de 110°C luego de este tiempo se debe pesar de nuevo la muestra.

Con los valores obtenidos de este ensayo podemos conocer el contenido de humedad, pérdida de peso y el porcentaje de pérdida de humedad 1.045 kg y 0.376 kg luego del secado, con esto se determina que la caña brava absorbe un gran contenido de humedad. Para conocer la capacidad de absorción y retención de humedad se procede a someter a la muestra a saturación durante 24 horas luego de este tiempo se vuelven a tomar pesos para finalmente volver a colocar la muestra al horno a 10°C por un día y obtener el peso final. Teniendo el peso inicial y el peso final se procede a calcular la pérdida de peso, la absorción del agua y el porcentaje de absorción de humedad.

2.9.6. Ventajas y desventajas de la caña brava como material de construcción.

Este es un material ligero, fuerte, de muy buena rigidez y resistente, que debido a estas cualidades las estructuras elaboradas con caña son muy resistente, reportándose dentro de la literatura, que otra ventaja es su capacidad de resistir antes los sismos, debido a su disipación de energía y bajo peso en cuanto a su materia. Otra cualidad es que se necesita menos energía en la utilización de la caña dentro de la construcción, que las de otros materiales tradicionales. (Ordoñez, V., 2013)

Tabla 7 Empleo de energía a ser utilizados dentro de la construcción.

Materiales	Energía por Esfuerzo
Concreto	240 MJ/m ³ por N/mm ²
Acero	1500 MJ/m ³ por N/mm ²
Madera	80 MJ/m ³ por N/mm ²

Fuente: Manual para la construcción sustentable con bambú. Ordoñez, V. (2013)

Debido a que es un material natural, la caña requiere en algunos casos de preservadores, como suele suceder con la madera, con el propósito de que agentes

como el hongo o insectos, no influyan en su deterioro. Siendo esta la primera desventaja que podemos mencionar al utilizar a la caña dentro de la construcción. La segunda desventaja es su capacidad de ser inflamable, y puede poner en peligro de destrucción toda una estructura construida en base de caña brava. Al ser un material natural su producción en masa no es controlable ni medible; cada tallo de bambú posee características físicas de dimensión y composiciones diferentes, siendo algunos más altos y otros más pequeños (Ordoñez, V., 2013)

2.9.7. Vida útil del hormigón y la caña brava dentro de la industria de la construcción.

Alrededor de más de 750.000 personas han fallecido por movimientos tectónicos alrededor del mundo la principal causa se da por fallas de las estructuras de concreto. En el Ecuador, luego de un sismo ocurrido en abril del 2016 que afecto el 60% y 70% aproximadamente del sector inmobiliario de las provincias de Manabí y Esmeraldas, se debate la necesidad de construir edificaciones con materiales resistentes a eventos telúricos. Solo para tener una idea de los daños, hubo 1.125 edificios destruidos, 829 estructuras quedaron afectadas, incluyendo 281 escuelas las cuales tuvieron que ser demolidas.

En la provincia de Manabí el 35% de las viviendas son de madera y/o caña las cuales no presentaron daños durante el sismo ocurrido, incluso se toma como ejemplo el sector Playita Mia ubicado en la denominada zona cero, donde existen alrededor de 30 restaurantes y canchas deportivas las cuales están construidas con Guadua Angustifolia y no sufrieron daños estructurales. Esta es la muestra más evidente de que el bambú es un material sino resistente que puede salvar vidas y mitigar los efectos del cambio climático.

En Ecuador desde el 2017 se cuenta con la Norma Ecuatoriana de Construcción (capitulo Guadua), es decir, a partir de este año el bambú es considerado un material constructivo como elemento estructural, así como para acabados o componentes arquitectónicos.

Un estudio realizado en Duran, dentro de las comunidades que residen en la cooperativa 5 de junio, tuvo como objetivo evaluar el periodo de vida de las residencias hechas con caña brava como material de construcción, siendo el promedio de duración de estas de entre 20 a 30 años. Estos datos fueron corroborados por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (Telégrafo, 2016).

Estos datos concuerdan con los datos recabados en la zona cero donde ocurrió el terremoto, vale recalcar que el bambú no es igual a la caña brava, aunque si poseen ciertas similitudes.

Ahora bien, en cuanto a la duración, ¿Qué sucede si se combina ambos materiales para la construcción (caña brava y hormigón)? La respuesta es subjetiva, se puede pensar que la caña brava en este ámbito debe estar estandarizada, lo cual no es así, debido a que esta planta varia en morfología, de acuerdo con las partes del mundo y terreno donde es cosechada, sumado a diversas formas de preparar mezclas de hormigón, con diferentes porcentajes de materiales agregados. Sin embargo, en países subdesarrollados de Asia Occidental, utilizan un promedio de entre 40 a 45 años, contrario al pensamiento popular, que cree que la caña podría reforzar la vida útil del concreto. Pero estos datos deben ser considerados con lupa, ya que son reportados por medio de investigaciones, sino por medio de recolección de datos tipo diario, a manera de registro (Flores, H, 2021)

Una de las causas por las cuales puede que la combinación de ambos materiales no dure más de medio siglo, puede ser explicada por lo expuesto por (Merino, H, 2015), quien reporto una mineralización del tipo alta sulfatación, en materiales que contenían la caña brava combinada con el concreto. Esto se podría deber a reacción químicas como lo puede ser la reacción de Millard, debido a los carbohidratos que posee la caña dentro de su estructura bioquímica. Tomando en cuenta que los carbohidratos se pueden transformar en alcoholes, los cuales pueden ser esterificados, produciendo así la sulfatación de la caña brava.

2.9.8. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE CAÑA

Durante miles de años se ha venido utilizando los diferentes tipos de caña existentes pertenecientes a la familia del bambú en varios tipos de construcciones, aunque anteriormente solo se conocía de su uso en edificaciones asiáticas obteniendo buenas referencias de uso en las mismas.

Actualmente el bambú está siendo semi-industrializado, debido a sus excelentes características de resistencia junto al hormigón, en nuestro medio se están realizando muchas investigaciones para poder utilizar la fibra de bambú en el mortero, creando un material resistente, ecológico y económico que pueda ser útil para todas las comunidades sin importar su razón social.

Hasta el momento se ha venido implementando la fibra de caña en pequeños pedacillos obteniendo muy buenos resultados. En el presente estudio se pretende darle un nuevo uso a la fibra de la caña, pulverizándola hasta que se pueda utilizar como un agregado fino reemplazando a la arena convencional y que aun así alcance o mejore los niveles de resistencia.

2.10. NORMAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO

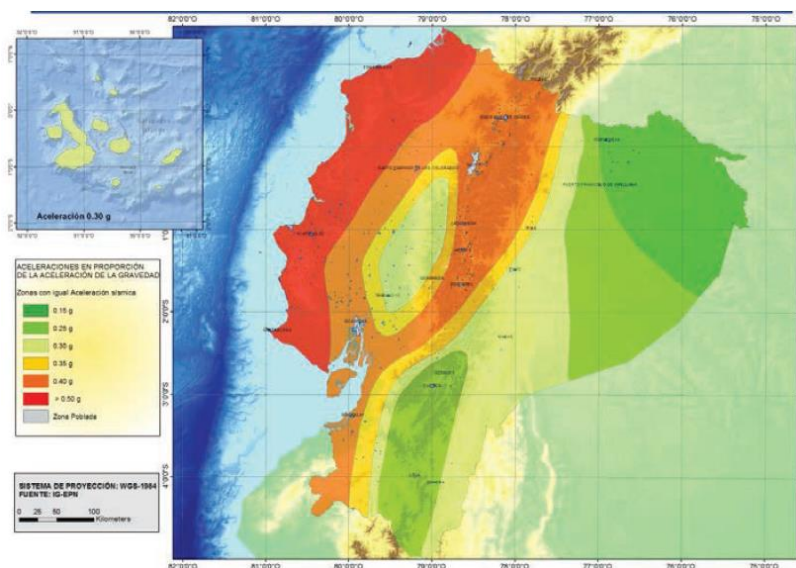
2.10.1. NEC-SE-DS: Peligro Sísmico.

El principal objetivo de un diseño sismoresistente es soportar las fuerzas causadas por los sismos, esto se logra con un adecuado diseño y configuración estructural, respetando las dimensiones apropiadas de sus elementos. Para esto se debe cumplir con las condiciones establecidas en la NEC-SE-DS.

2.10.1.1 Zonificación sísmica y factor de zona Z.

La (NEC-SE-DS, 2015) indica que, para los edificios de uso normal, se usa el valor Z, que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. El Ecuador se encuentra dividido en 6 zonas sísmicas, cada uno con un factor Z, el cual representa el peligro sísmico, el mapa de zonificación (Figura 1), muestra el resultado del estudio de peligro sísmico.

Figura 1 Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor Z.



Fuente: NEC-SE-DC 2015

Tabla 8 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: NEC-SE-DC 2015

De acuerdo con estudios realizados sobre tipo de suelo en la Comuna Sinchal se determinó que es una zona con alta peligrosidad sísmica por lo que se trabajara con el valor de Z=0.5.

2.10.1.2. Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico.

De acuerdo con lo establecido en la (NEC-SE-DS, 2015), se definen seis tipos de perfiles de suelo en su sección 3.2.1, clasificados en A, B, C, D, E, y F, los cuales van desde perfil de roca competente hasta rellenos colocados sin control ingenieril.

Es necesario realizar un estudio de suelo para conocer con que tipo se va a ejecutar el análisis sismorresistente. La NEC-2015 indica que para conocer el tipo de suelo se debe tomar la muestra a 30 m de profundidad, en este caso la muestra se tomó de 0-1 m por lo que sus resultados no nos proporcionarían un resultado aproximado sobre el estrato de suelo, es por esto por lo que nos basaremos por la ubicación geográfica del proyecto y los datos que nos proporciona la NEC-2015.

El tipo de suelo predominante en la Península de Santa Elena es tipo **D**, con este detalle se determinan los siguientes coeficientes:

- **Coefficiente de ampliación de suelo en la zona de periodo corto (Fa).**

En la tabla 10 se especifican los valores del coeficiente Fa que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio. (NEC-SE-DS, 2015)

Tabla 9 Tipo de suelo y factores de sitio Fa

TIPO DE PERFIL DEL SUELO	ZONA SISMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85
F	VEASE LA TABLA 2: CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS Y LA SECCION 10.5.4.					

Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

- **Ampliación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca (Fd).**

En la tabla 11 se presentan los valores del coeficiente F_d que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. (NEC-SE-DS, 2015)

Tabla 10 Tipo de suelo y Factores de sitio F_d

TIPO DE PERFIL DEL SUELO	ZONA SISMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	VEASE LA TABLA 2: CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS Y LA SECCION 10.6.4.					

Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

- **Comportamiento no lineal de los suelos (F_s)**

En la tabla 12 se presentan los valores del coeficiente F_s , que consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

Tabla 11 Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s .

TIPO DE PERFIL DEL SUELO	ZONA SISMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.4
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	VEASE LA TABLA 2: CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS Y LA SECCION 10.6.4.					

Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

2.10.1.3. Cortante basal

La (NEC-SE-DS, 2015) señala que es la “Fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones de la presente

norma”. Como señala la (NEC-SE-DS, 2015) cuando se va a terminar el cortante basal total de diseño V se utilizará la siguiente expresión:

$$V = \frac{S_a(T_a) * I}{R * \phi_p * \phi_E} * W$$

$S_a(T_a)$: Espectro de diseño en aceleración.

$\phi_p \phi_E$: Coeficiente de configuración en planta y elevación.

I: Coeficiente de importancia.

R: Factor de reducción de resistencia sísmica.

V: Cortante basal de diseño.

W: Carga sísmica reactiva.

T_a : Periodo de vibración.

2.10.1.4. Coeficiente de importancia en función de la categoría y uso de la estructura.

El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño. (NEC-SE-DS, 2015). En este proyecto trabajaremos con factor de importancia I=1.0

Tabla 12 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.3
		1

Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.
-------------------	---

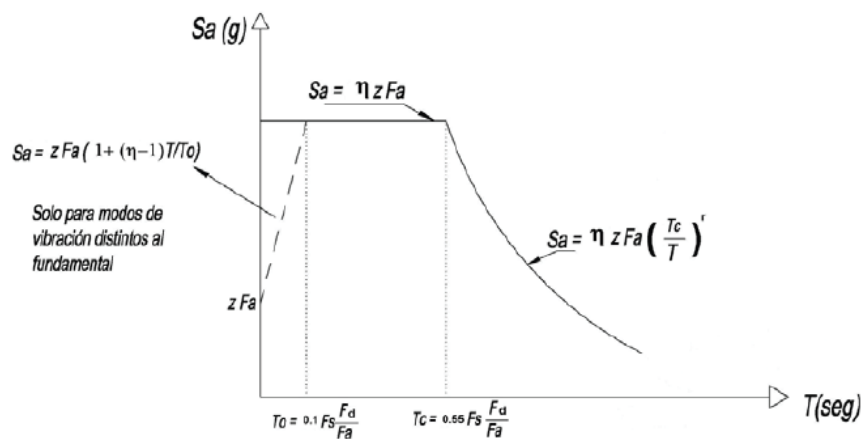
Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

(NEC-SE-DS, 2015) propone que las estructuras con factor de importancia 1.0 deben cumplir con todos los requisitos establecidos en la norma y que para las estructuras con factor de importancia superior a 1.0, deberán obedecer con los otros requisitos que se establecen en sección 4.3 de la misma.

2.10.1.5. Espectro de diseño

(NEC-SE-DS, 2015) define que “El espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura”. Además, la (NEC-SE-DS, 2015) añade que “Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño”.

Figura 2 Espectro de diseño



Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

η : Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.

F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

F_d : Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

F_s : Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

S_a : espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura.

T : Periodo fundamental de vibración de la estructura.

T_0 : Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_c : Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g .

Dicho espectro, según (NEC-SE-DS, 2015) hace referencia a una fracción de amortiguamiento respecto al 5% y se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, que son válidas para periodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos.

$$S_a = \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \text{ para } T > T_c$$

r : Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

- r : 1 para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
- r : 1.5 para tipo de suelo E

Con las siguientes expresiones se obtienen los periodos de vibración T_C y T_L este último para la definición de espectro de respuesta de desplazamiento.

$$T_c = 0.55 F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_L = 2.4 F_d$$

T_c: Es el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_L: Es el periodo límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamiento.

2.10.1.6. Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R.

El factor R permite una reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, lo cual es permitido siempre que las estructuras y sus conexiones se diseñen para desarrollar un mecanismo de falla previsible y con adecuada ductilidad, donde el daño se concentre en secciones especialmente detalladas para funcionar como rotulas plásticas. (NEC-SE-DS, 2015)

Tabla 13 Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles duales.

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistente, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales)	8
Pórticos especiales sismo resistente de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excentricas o concentricas) o con muros estructurales de hórmiqon armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excentricas o concentricas)	8

Tabla 14 Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles y otros sistemas.

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistente, de hormigón armado con vigas banda con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero hormigón armado con vigas descolgadas	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Nota: Tomado de la norma NEC-SE-DS-(2015)

Tabla 15 Coeficiente R para sistemas estructurales de ductilidad limitada.

Pórticos resistentes a momentos	R
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia.	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Nota: Tomado de la norma NEC-SE-DS-(2015)

2.10.1.7. Periodo de vibración T.

De acuerdo con la (NEC-SE-DS, 2015) el periodo de vibración aproximativo de la estructura T, será estimado a partir del método 1 que se describe a continuación.

$$T = C_t h_n^\alpha$$

C_t : Coeficiente que depende del tipo de edificio.

h_n : Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura en metros.

Tabla 16 Valores del coeficiente C_t y α .

Tipo de estructura	Ct	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramiento	0.072	0.8
Con arriostramiento	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural.	0.055	0.75

Nota: Tomado de la norma NEC-SE-DS-(2015)

Para este análisis se trabajará con los valores pertenecientes a Pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadores.

2.10.1.8. Relación de amplificación espectral

De acuerdo a la (NEC-SE-DS, 2015) los análisis de las ordenadas de los espectros de peligro uniforme en roca para el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años), que se obtienen a partir de los valores de aceleraciones espectrales proporcionados por las curvas de peligro sísmico de la sección 3.1.2 y, normalizándolos para la aceleración máxima en el terreno Z, se definieron los valores de la relación de amplificación espectral η , que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

η : 1.80: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas)

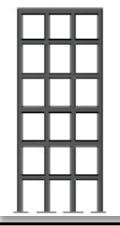
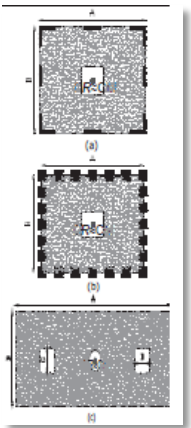
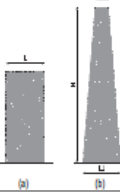
η : 2.48: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos

η : 2.60: Provincias del Oriente

2.10.1.9. Regularidad e Irregularidad en planta y elevación.

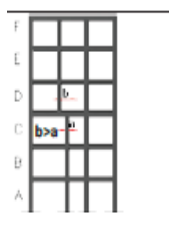
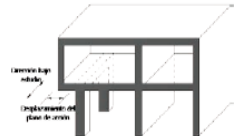


Los datos para los coeficientes ϕ_p ϕ_E fueron tomados de las tablas 14 y 15 de acuerdo con las características que presenta la estructura, en este caso presenta regularidad en planta y en elevación, siendo coeficientes $\phi_p = 1$ y $\phi_E = 1$.

Tabla 17 Configuraciones estructurales recomendadas en planta y elevación.

CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN		CONFIGURACIÓN EN PLANTA $\phi_p=1$	
La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporricados, es constante en todos los niveles $\phi_E=1$		La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa. $\phi_p=1$	
La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional. $\phi_E=1$			

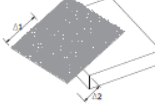
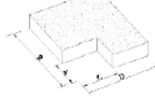
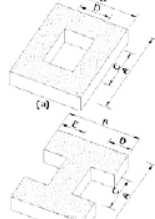

Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

Tabla 18 Configuraciones estructurales no recomendadas en planta y elevación.

IRREGULARIDADES EN ELEVACIÓN		IRREGULARIDADES EN PLANTA
<p>Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas.</p> <p>La estructura se considera irregular no recomendada cuando existan desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.</p>		<p>Desplazamiento de los planos de acción de elementos vertical.</p> <p>Una estructura se considera irregular no recomendada cuando existen discontinuidad en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</p> 
<p>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia. La estructura se considera irregular no recomendada cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p>	 RESISTENCIA PISO B < 0.70 RESISTENCIA PISO C	
<p>Columna corta</p> <p>Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en tu construcción de las estructuras.</p>		

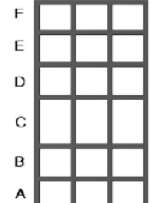
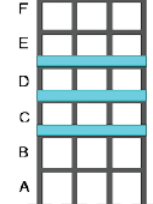
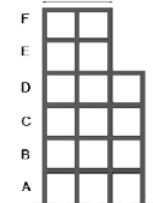
Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

Tabla 19 Coeficientes de irregularidad en planta.

<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{tr}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{tr}=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{tr}=0.9$ a) $CxD > 0.5AxB$ b) $[CxD + CxE] > 0.5AxB$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_{tr}=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

Tabla 20 Coeficientes de irregularidad en elevación.

<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_{tr}=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_o $Rigidez < 0.80 \frac{(K_o + K_c + K_e)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_{tr}=0.9$ $m_o > 1.50 m_e$ ó $m_o > 1.50 m_c$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_{tr}=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

2.10.1.10. Derivas de piso.

Según la (NEC-SE-DS, 2015) las derivas son el “Desplazamiento lateral relativo de un piso – en particular por la acción de una fuerza horizontal – con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura”. (NEC-SE-DS, 2015) menciona en su tabla 18 que la deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos, en la que la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso:

Tabla 21 Valores de derivas máximas.

Estructuras de:	Δ_M máxima
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015

La deriva máxima se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Delta_M = 0.75 R \Delta_E$$

Δ_M : Deriva máxima inelástica.

Δ_E : Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas.

R: Factor de reducción de resistencia

2.10.1.11. Torsión.

(NEC-SE-DS, 2015) señala que “El momento torsional de diseño en un piso determinado debe calcularse como el momento resultante de las excentricidades entre las cargas laterales de diseño en los pisos superiores al piso considerado y los elementos resistentes a cargas laterales en el piso”.

Para el cálculo de la torsión se debe considerar un incremento de torsión accidental en cada nivel, calculado con la siguiente expresión:

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1.2 \delta_{prom}} \right)^2$$

Donde:

A_x : Factor de amplificación torsional

δ_{prom} : Promedio de desplazamiento de los puntos extremos de la estructura en el nivel x.

δ_{max} : Valor del desplazamiento máximo en el nivel x.

2.10.1.12. Índice de estabilidad.

De acuerdo con algunos autores el índice de estabilidad debe ser $Q_i \leq 0.30$. si este valor se incrementa la estructura es potencialmente inestable.

$$Q_i = \frac{P_i \Delta i}{V_i h_i}$$

Donde:

P_i : Suma de la carga vertical total sin mayores, incluyendo el peso muerto y la sobrecarga por carga viva.

Δi : Deriva del piso i calculada en el centro de masa del piso.

V_i : Cortante sísmico del piso.

h_i : Altura del entrepiso.

2.10.2. NEC-SE-VIVIENDA

La (NEC-SE- VIVIENDA, 2015), establece los requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción de viviendas sismo resistentes de hasta 2 pisos, que sus luces no sean mayores a 5m y la altura de entrepisos no debe exceder 3m.

2.10.3. NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)

La (NEC-SE-CG, 2015) trata de las cargas permanentes (principalmente debidas al peso propio), de las cargas variables (cargas vivas y cargas climáticas) y de sus combinaciones.

a) Cargas permanentes (carga muerta)

La (NEC-SE-CG, 2015) indica “Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos,

instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura.

b) **Carga viva**

También denominada sobrecarga de uso dependerá del uso de ocupación que se le vaya a aplicar a la estructura, considerando pesos de personas, mobiliarios y otras.

2.10.4. NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones.

La (NEC-SE-GC, 2015) define al estudio geotécnico como “Actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo”.

Dentro de este grupo se encuentran las cimentaciones o subestructuras las cuales deben colocarse sobre materiales de características geomecánicas suficientes para garantizar la resistencia al corte, capacidad de carga y asentamientos. Las cimentaciones serán clasificadas como superficiales o profundas, diferenciándose entre sí por la relación:

$$\frac{Df}{B} \leq 4 = \text{cimentacion superficial}$$

$$\frac{Df}{B} \geq 4 = \text{cimentacion profunda}$$

Donde:

Df: Profundidad de desplante

B: ancho de la cimentación.

Para elegir la cimentación adecuada para el proyecto se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- Condiciones de suelo respaldados por ensayos de campo y laboratorio.
- Capacidad admisible del suelo
- Cargas de la edificación.

2.10.5. NEC-SE-HM.

(NEC-SE-HM, 2015) indica que “En el diseño de hormigón estructural, los elementos deben diseñarse para que tengan una resistencia adecuada, de acuerdo con las disposiciones la norma, utilizando los factores de carga y los factores de reducción de resistencia ϕ especificados en cada sección”

- a. Requisitos de resistencia.** (NEC-SE-HM, 2015) indica que “La resistencia de diseño proporcionada por un elemento, sus conexiones con otros elementos, así como sus secciones transversales, en términos de flexión, carga axial, cortante y torsión, deben tomarse como la resistencia nominal calculada, multiplicada por los factores ϕ de reducción”.

Para esto se debe cumplir con la siguiente condición: Resistencia de diseño \geq Resistencia requerida.

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

Donde:

P_u : Resistencia a carga axial requerida.

M_u : Resistencia a momento requerida.

V_u : Resistencia a cortante requerida.

Resistencia a la compresión.

Se usarán los siguientes valores de resistencia especificada a la compresión:

- Valor mínimo para el hormigón normal: $f'_c=21$ MPa
- Valor mínimo para elementos de hormigón liviano: $f'_c=35$ MPa

Factores de reducción de resistencia.

Los factores de reducción de resistencia son definidos en la siguiente tabla 19:

Tabla 22 Factores de reducción de resistencia

Solicitaciones	Factores de reducción de resistencia ϕ
Secciones controladas por tracción	0.90
Tracción axial	0.90
Secciones controladas por compresión	
Elementos con refuerzo transversal en espiral	0.75
Otros elementos reforzados	0.65
Cortante y torsión	0.75
Aplastamiento	0.65

Fuente: NEC-SE-HM (2015)

b. Diámetros de barras de refuerzo. El acero empleado en la construcción de estructuras de hormigón armado debe tener un diámetro nominal (**db**) comprendido dentro de los valores expresados en la tabla 14.

Tabla 23 Diámetros mínimos y máximos de varillas de refuerzo.

Tipo	Diámetro mínimo de barras db	Diámetro máximo de barras db
Barras corrugadas	8 mm	36 mm
Alambres de malla	4 mm	10 mm
Estribos	10 mm	16 mm

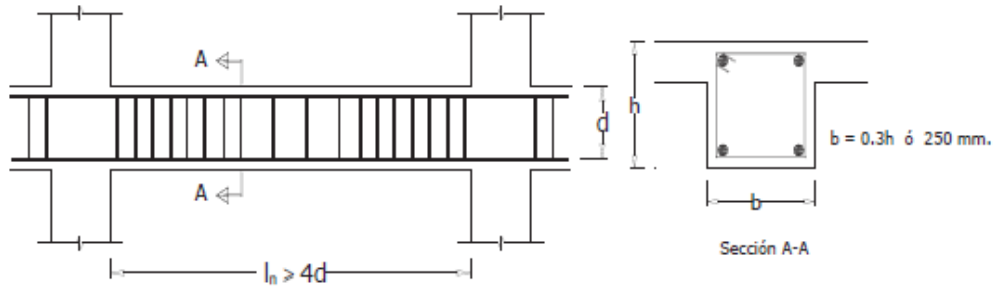
Fuente: NEC-SE-HM (2015)

c. Requisitos para elementos a flexión. En la sección 4.2.1 de la NEC-SE-HM indica que “Las vigas y otros elementos estructurales de pórticos en flexión deberán presentar las siguientes características:

- Ser parte de sistemas resistentes a cargas sísmicas.
- Resistir esas fuerzas fundamentalmente por flexión.
- Las fuerzas axiales mayoradas de compresión del elemento, P_u , no exceden $0.10 f'c A_g$ en ninguna combinación de cargas en que participen las cargas sísmicas.
- La luz libre sea mayor que cuatro veces la altura útil de la sección transversal.
- El ancho mínimo b sea 250 mm.

- El peralte mínimo cumpla con los requisitos de ACI 318 sección 9.5.

Figura 3 Características de los elementos a flexión.



Fuente: NEC-SE-HM (2015)

El ϕV_n de vigas y columnas que resisten efectos sísmicos, E, no debe ser menor que el menor de (a) y (b):

- La suma del cortante asociado con el desarrollo de los momentos nominales del elemento en cada extremo restringido de la luz libre y el cortante calculado para cargas gravitacionales mayoradas.
- El cortante máximo obtenido de las combinaciones de carga de diseño que incluyan E, considerando E como el doble del prescrito por la (NEC-SE-DS, 2015)
- Refuerzo longitudinal mínimo en elemento sometido a flexión. La (NEC-SE-HM, 2015) indica que “En toda sección de un elemento sometido a flexión cuando por análisis se requieren refuerzo de tracción, el A_s proporcionado no debe ser menor que el obtenido por medio de “:

$$A_s \geq \max \left[\frac{1.4}{f_y} bwd; A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} bwd \right]$$

Donde:

$A_{s_{min}}$: Área mínima de refuerzo de flexión (mm^2).

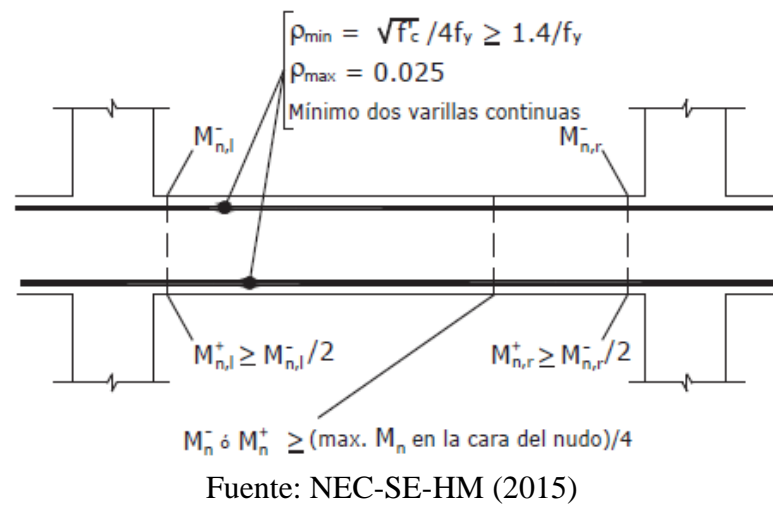
bw : Ancho del alma o diámetro de la sección circular (mm).

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm).

f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo (MPa).

f'_c : Resistencia especificada a la compresión del Hormigón (MPa).

Figura 4 Requisitos del refuerzo longitudinal en elemento o flexión.



- d. **Estribos para confinamiento.** La (NEC-SE-HM, 2015) indica que “Se deberá prever estribos para confinamiento, de al menos 10 mm de diámetro, en toda la longitud de traslape de varillas de refuerzo longitudinal”.

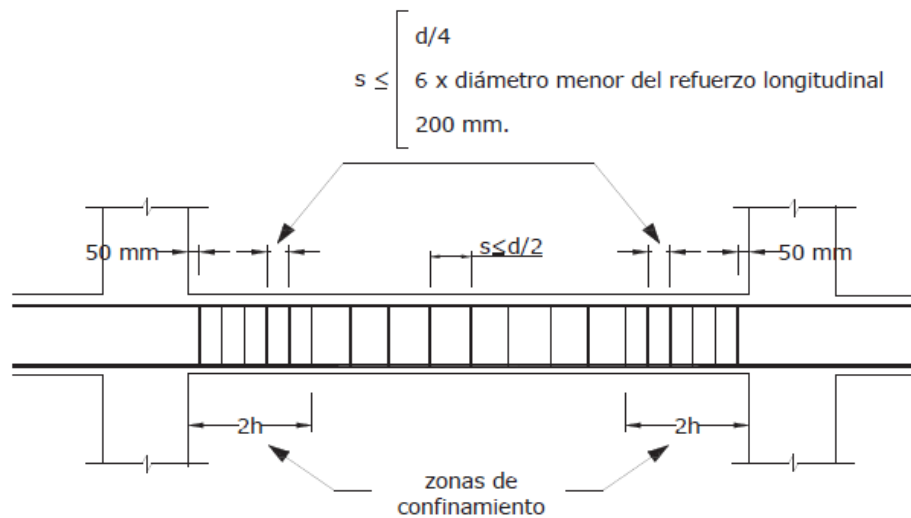
Además, la (NEC-SE-HM, 2015) añade “El espaciamiento máximo de este refuerzo en esas zonas no puede exceder $d/4$ ó 100 mm, tal como se muestran en la figura”.

No se debe realizar traslapes de varillas de refuerzo longitudinal en los nudos, a una distancia menor que $2h$ de los extremos del elemento, donde h es el peralte o en sitios donde el análisis indique la posibilidad de formación de rotulas plásticas.

- e. **Ubicación de los estribos para confinamiento.** En todas las estructuras se debe colocar estribos para confinamiento en las siguientes regiones.

- En los extremos del elemento; en cuyo caso el primer estribo se coloca a 50 mm y el último a una distancia de $2 \cdot h$ de la cara de la conexión.
- En longitudes $2 \cdot h$ a cada lado de una sección en la que se puedan formar rotulas plásticas.
- En estas regiones de confinamiento, el espaciamiento máximo de los estribos no debe ser mayor que el menor de: $d/4$, 6 veces el diámetro menor del refuerzo longitudinal o 200 mm.
- Para estructuras de cualquier tipo, en regiones donde colocar refuerzo de confinamiento sea de menor importancia, se debe colocar estribos con varillas de 10 mm ó mayores, con espaciamiento máximo de $d/2$. Ver figura 5.
- En regiones donde se requiera refuerzo de confinamiento, los estribos se deben colocar de tal manera que todas las varillas esquineras y las varillas colocadas a más de 150 mm de las anteriores, estén unidas a la esquina del estribo o a un amarre suplementario. Los estribos consecutivos deben tener sus extremos en los lados opuestos del elemento.
- En regiones de confinamiento, cuando la altura de la sección sea 800 mm o más se colocarán varillas longitudinales adicionales distribuidas en la altura del estribo con separación no mayor a 350 mm.

Figura 5 Separación de estribos.



Fuente: NEC-SE-HM (2015)

2.10.6. ACI 318-19

El código (ACI 318-19) establece que “Las cargas deben incluir el peso propio, las cargas aplicadas y los efectos debido al preesforzado, sismo, restricciones a los cambios de volumen y asentamientos diferenciales”. Los requisitos de este reglamento se muestran en la tabla 15, indica que están asociados a las cargas que intervienen en una estructura, tales como carga muerta, viva, cargas por vientos y carga sísmica.

Tabla 24 Combinaciones de carga.

Combinación de carga	Ecuación	Carga primaria
$U = 1.4D$	(5.3.1a)	D
$U = 1.2D+1.6L+0.5 (L, o S o R)$	(5.3.1b)	L
$U = 1.2D+1.0W (L, o S o R) + (1.0L o 0.5W)$	(5.3.1c)	L, o S o R
$U = 1.2D+1.0W+1.0L+0.5 (L, o S o R)$	(5.3.1d)	W
$U = 1.2D+1.0E+1.0L+0.2S$	(5.3.1e)	E
$U = 0.9D+1.0W$	(5.3.1f)	W
$U = 0.9D+1.0E$	(5.3.1g)	E

Fuente: Código ACI 318-19 (2019)

a) Análisis estructural

Mu debido a cargas gravitacionales debe calcularse de acuerdo con lo que indica la tabla 16 del (ACI 318-19).

Tabla 25 Momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losa en una dirección.

Momento	Ubicación	Condición	Mu
Positivo	Vanos extremos	Extremos discontinuos monolíticos con el apoyo	$\frac{w_u l_n^2}{14}$
		El extremo discontinuo no está restringido	$\frac{w_u l_n^2}{11}$
	Vanos internos	Todos	$\frac{w_u l_n^2}{16}$
Momento	Ubicación	Condición	Mu
Negativo	cara interior de los apoyos exteriores	Miembros construidos monolíticamente con viga dintel de apoyo	$\frac{w_u l_n^2}{24}$
		Miembros construidos monolíticamente con columna como apoyo	$\frac{w_u l_n^2}{16}$
	cara exterior del primer apoyo interior	Dos vanos	$\frac{w_u l_n^2}{9}$
		Más de dos vanos	$\frac{w_u l_n^2}{10}$
	las demás caras de apoyos	Todas	$\frac{w_u l_n^2}{11}$
		(a) Losas con luces que no excedan de 10 pies (b) Vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 pie en cada extremo del vano	$\frac{w_u l_n^2}{12}$

Fuente: Código ACI 318-19

2.10.7. Normas ACI 211.1

La Norma ACI 211.1 ayuda a la dosificación de mezclas de concreto para determinar la combinación más óptima y económicamente viable con los agregados

disponibles garantizando la manejabilidad, durabilidad y resistencia necesaria para la construcción. De acuerdo con las características de los agregados se realizarán varias muestras hasta encontrar la dosificación requerida.

Los datos básicos para la dosificación son los siguientes:

- **Cemento:**

Densidad (Gc).

Masa unitaria suelta (MUSc).

- **Agua:**

Densidad (Ga) se puede asumir $G_a=1,00 \text{ kg/dm}^3$

- **Agregados:**

Análisis granulométrico de los agregados, módulo de finura.

Densidad aparente seca (G) y porcentaje de absorción de los agregados (%ABS).

Porcentaje de humedad (Wn)

Masas unitarias sueltas (MUS).

Pasos para seguir.

- a. Selección del asentamiento.
- b. Chequeo del tamaño máximo nominal
- c. Estimación del agua de mezcla
- d. Determinación de la resistencia de dosificación
- e. Selección de la relación Agua/Cemento

$$c = \frac{a}{a/c}$$

- f. Cálculo del contenido de cemento y aditivo
- g. Cálculo de la cantidad de cada agregado
- h. Cálculo de proporciones iniciales
- i. Primera mezcla de prueba. Ajuste por humedad de los agregados

2.10.8. ACI 544-4R-10 Propiedades Físicas del Hormigón Reforzado con Fibra (FRC).

- **Fluencia**

De acuerdo con (ACI 544.5R-10, 2010) la fluencia se define como un fenómeno en el que la deformación en un sólido aumenta con el tiempo mientras que la tensión que produce la deformación se mantiene constante.

La deformación por fluencia por compresión en el concreto convencional puede ser de 1,30 a 4,15 veces la deformación elástica inicial en condiciones estándar (ACI 209R)

El coeficiente de fluencia C_t sugerido por él (ACI 209R) se define como la relación entre la deformación por fluencia y la deformación elástica inicial y depende del tiempo después de la aplicación de estrés y se la calcula con la siguiente expresión:

$$C_t = \frac{t^{0,6}}{10 + t^{0,6}} C_{tu} Q_{cr}$$

Donde:

C_{tu} : Coeficiente de fluencia máxima.

Q_{cr} : factor de corrección para modificar condiciones no estándar.

La adición de macro y microfibras beneficia principalmente el comportamiento del hormigón después de la fisuración.

- **Contracción**

Se ha demostrado que la adición de microfibras sintéticas o de celulosa aumenta la resistencia y la capacidad de deformación lo suficiente durante las edades muy tempranas (hasta 12 horas) de modo que se minimiza el potencial de agrietamiento bajo las tensiones de tracción generadas por la contracción. Se ha demostrado que agregar acero y fibras macro sintéticas proporciona resistencia y capacidad de carga de tensión después de que el concreto se ha endurecido hasta el punto en que el FRC resiste y controla el agrietamiento por retracción por secado.

- **Permeabilidad y difusión**

El refuerzo de fibra influye en la forma en que se desarrollan las grietas en el concreto y puede impartir una mejor resistencia al crecimiento de grietas, una mayor rugosidad de la superficie de las grietas individuales y una mayor probabilidad de ramificación de grietas y desarrollo de múltiples grietas. Debido a

esto, el refuerzo de fibra se puede utilizar para reducir significativamente la permeabilidad del hormigón fisurado.

(Aldea, CM, 2000) evaluaron el efecto de la longitud de la fibra y el ancho de la grieta (0 a 0,012 pulg.) sobre la permeabilidad al agua y la resistencia a la penetración de iones de cloruro de morteros reforzados con fibras de PVA en estado descargado, en el que se había inducido una fisura mediante una configuración de rotura por tracción. Se observó que cuando las fibras iniciaron la ramificación de grietas, resultó una menor permeabilidad al agua.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo

Para Vargas Cordero (2009) expresa que la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

Cucalón Walter. (2022) indica que se establecerá propuestas de diseño con proyección a ser aplicada en un futuro, convirtiendo el conocimiento teórico en conocimiento práctico y útil para la vida de la humanidad. Por ende, es necesario investigar nuevos materiales y formas estructurales que tengan en cuenta la economía, la durabilidad, la resistencia antes los eventos sísmicos, bajo especificaciones establecidos en norma.

El propósito de esta investigación es recopilar información que pueda proporcionar conocimientos y generar nuevos conceptos generales, para esto se recogerá información de varias fuentes (libros, revistas científicas, sitios web)

En el estudio se utilizará la investigación de tipo experimental, donde se realizarán pruebas mecánicas y físicas para obtener probetas de mezclas de hormigón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo agregado fino por fibra de caña brava, se caracterizará la composición del material utilizado para las muestras de la mezcla de hormigón.

Se estudiaron, 30 muestras de hormigón con diferentes dosificaciones, 10 muestras con hormigón convencional, 4 vigas y 16 columnas con hormigón de caña, para determinar cuál cumpliría la resistencia requerida de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ mediante

la elaboración de diferentes ensayos de probetas de hormigón, a los que se sometieron pruebas de compresión para ser estudiadas con el fin de analizar sus trabajabilidad en las diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días como lo establece la Norma Ecuatoriana de Construcción.

3.1.2. Nivel

Los niveles de investigación aplicados en el presente son explicativo y aplicativo:

- A nivel aplicativo se determina evaluar las propiedades mecánicas de la mezcla de hormigón utilizando cemento portland como su durabilidad, trabajabilidad y lograr una resistencia de alto desempeño de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ aplicando la fibra de caña brava.
- A nivel aplicativo se desarrolla cálculos matemáticos que permitan determinar la dosificación necesaria de cada compuesto para la elaboración de la mezcla de hormigón reforzado con caña brava, el cual servirá para diseñar en el software ETABS 2018 la estructura del centro de desarrollo comunitario de la comuna Sinchal, parroquia Manglaralto, en cumplimiento con la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método.

Neill David y Cortez Liliana (2018) expresa que “Un método se entiende como un conjunto de acciones y reglas que deben desarrollarse para lograr un objetivo; también indica el camino por el cual se conduce un pensamiento para llegar a la meta. En términos generales, métodos es la vía que se utiliza para lograr un fin o llegar a un objetivo”.

Método deductivo: En este método del presente trabajo de investigación se ejecutaron variaciones al diseño de mezcla de hormigón patrón, mediante la

sustitución de agregado fino por fibra de Caña Brava en porcentaje para analizar los hormigones y su comportamiento de las propiedades mecánicas y si alcanzan las altas resistencia, calculando también el precio unitario de los dos hormigones.

Método inductivo: En este método de investigación se desarrollará un diseño estructural modelado en base a la nueva técnica de mezcla de hormigón con fibras de caña brava, para analizar los resultados globales extraídos de la hipostasis planteada para determinar el correcto desempeño en cumplimiento con las normas establecidas NEC-2015.

3.2.2. Enfoque

Neill y Cortez (2018) manifiestan que “La investigación cuantitativa pretende establecer el grado de asociación o correlación entre variables mediante la generalización y objetivación de los resultados por medio de una muestra que permite realizar inferencias causales a una población”.

Iño Daza Weimar (2018) considera que “La investigación cualitativa es un proceso interpretativo de indagación basado en diferentes tradiciones metodológicas- biográfica, fenomenológica, teórica fundamental, etnografía y estudios de casos: prueba de un problema humano o social.

Este trabajo de investigación se desarrollará mediante enfoque cuantitativo en donde se evaluará el comportamiento de la mezcla de hormigón sustituyendo un porcentaje de agregado fino por fibras de caña brava.

Otro enfoque de investigación es aplicar los conocimientos fundamentales y elegir un modelo más adecuado, esto permitirá analizar los datos obtenidos a través de variables de varias fuentes, esto implica el uso de herramientas tales como software Excel, AutoCAD y ETABS para obtener resultados y evaluar el comportamiento de la estructura del Centro de Desarrollo Comunitario de la Comuna Sinchal.

3.2.3. Diseño

Abreu José (2012) Explica cómo se realiza el trabajo objeto de investigación son “Los parámetros que se establecen y los datos estadísticos usados para evaluar la información recolectada. Mediante este diseño se relata si es un estudio de investigación exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo

Neill y Cortez (2018) explica que “El diseño experimental, el investigador no solo debes identificar las características a estudiar, sino también controlarlas, cambiarlas o manipularlas para poder observar los resultados, tratando de evitar otros factores que infieran con la observación”.

Conocido el concepto de diseño experimental se utilizará esta técnica debido a que se desarrollará una experimentación del modelamiento con el software de ingeniería civil ETABS 2018, en base al nuevo diseño de mezcla de hormigón con fibra de caña brava, para luego obtener información del diseño estructural del centro de desarrollo comunitario y determinar el análisis de los chequeos globales de la estructura en cumplimiento con la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población

La población es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formara el referente para la elección de la muestra, y que cumple con los criterios determinados, es relevante especificar la población de estudio porque al concluir la investigación a partir de una muestra de dicha población, será posible generalizar o extrapolar los resultados obtenidos del estudio hacia el resto de la población o universo. (Miranda, M., Arias-Gómez, J., & Villacis-Keever, M., 2016)

Por la teoría antes expuesta se considera que la población de este proyecto son todas las probetas de hormigón realizadas con distintas dosificaciones, estos cilindros fueron ensayados a los 3, 7,14 y 28 días de curado del hormigón.

3.3.2. Muestra

La muestra es parte de la población que está siendo investigada, en este caso son un total de 20 muestras que se realizaron para someterlas a ensayos de resistencia a compresión y conocer sus características.

3.3.3. Muestreo

(Otzen, J., & Manterola, C., 2017) consideran que es una herramienta cuya función es determinar que parte de la realidad en estudio (población) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias. En la investigación la selección de los elementos de las muestras tomadas estos basados por criterio de los investigadores, siempre procurando que estas representen a la población estudiada.

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se pretende realizar el estudio para investigar, experimentar y determinar si es posible adquirir la resistencia de hormigón $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino del concreto convencional por fibra de caña brava la cual será utilizado para diseñar un centro de desarrollo comunitario en la comuna Sinchal, mismo que serviría de referencia a nuevas técnicas de producción. Además, permitiría economizar costos y aprovechar material propio de la zona.

Los ensayos de materiales fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Estatal Península de Santa Elena mediante pruebas y estudios de laboratorio todo esto previo a una investigación bibliográfica en Normas y Códigos.

3.5. DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.1

Para cumplir con el objetivo específico número uno se realiza el procesamiento y análisis de los resultados de los ensayos realizados a los agregados para la

elaboración del hormigón con agregado de fibra de caña con la resistencia adecuada. Además de conocer el lugar donde se va a construir el proyecto.

3.5.1. ENSAYOS PREVIOS PARA EL HORMIGÓN

Previo a la obtención de los datos en los ensayos a compresión realizados a las probetas de hormigón con fibra de caña brava se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

3.5.1.1. Granulometría de agregados gruesos y finos norma NTE INEN 696 (ASTM C-136).

El ensayo radica en dividir y separar el material mediante una serie de tamices de diferentes tamaños granulométricos en forma decreciente. En este caso utilizaremos los siguientes tamices 2 ½”, 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N° 4 y N°8. Este ensayo nos permite obtener resultados para nuestro diseño. Una vez terminado el ensayo se procede a colocar en diferentes recipientes el material retenido en cada tamiz y a pesar en la balanza.

Cálculos.

- % Retenido

$$R = \frac{P_p}{P_T} * 100$$

Donde:

R=Porcentaje parcial retenido en el tamiz n, %

P_p =Peso parcial retenido en el tamiz n, gr.

P_T =Peso total de la muestra, gr.

- Módulo de Finura

$$MF = \frac{\sum R}{100}$$

Donde:

MF= Modulo de Finura.

$\sum R$ = Suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices utilizados.

- **Resultados.**

Los resultados granulométricos obtenidos se muestran en Anexo 1 y en las figuras 9 y 10, módulos de finura del agregado fino es 2,43 y 4,64 para el agregado grueso.

Figura 6 Curva granulométrica del agregado grueso.

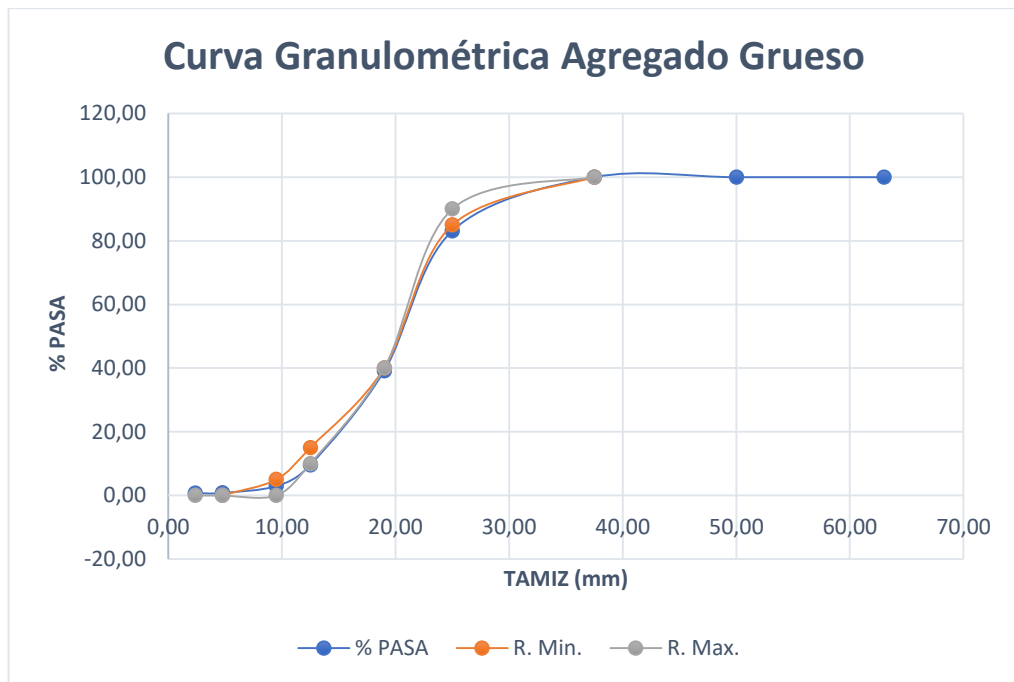
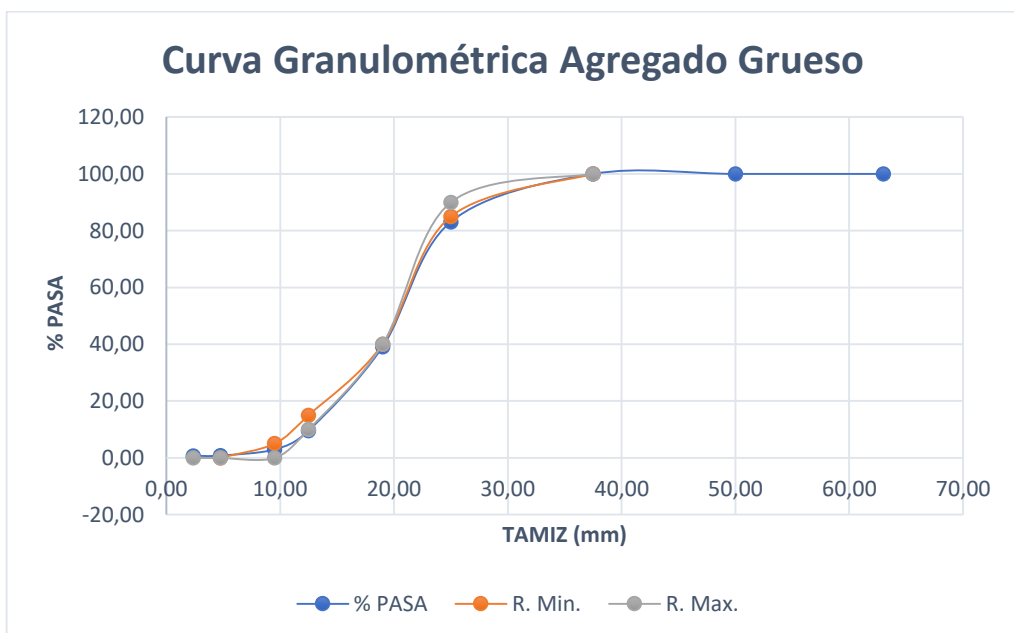


Figura 7 Curva granulométrica del agregado fino.



3.5.1.2. Densidad Saturada Superficialmente Seca y Absorción del Agregado Fino NORMA NTE INEN 856.

Se denomina densidad saturada de un suelo a la masa total de las partículas y del agua que ocupa la totalidad de los poros, dividida por el volumen total. Este ensayo nos permite conocer datos importantes para determinar el vacío entre partículas y la humedad del material.

Equipos

- Balanza o bascula con una capacidad de 1 kg y precisión de 0.1%.
- Picnómetro.
- Matraz: frasco de Le Chateleir
- Cono truncado.
- Compactador para ensayo de humedad superficial.
- Horno con temperatura constante de 110 °C ± 5°C.
- Espátula.

Procedimiento

- Se escoge una muestra del agregado, se lava y se procede a sumergirla en un recipiente durante 24 horas.
- Se coloca la muestra en un recipiente para obtener el volumen por medio del método gravitacional.
- Se coloca la muestra al horno a una temperatura de 110°C por 24 hora

Cálculos.

$$G_{sss} = \frac{S_1}{0,9975 (R_2 - R_1)}$$

Donde:

S₁= Masa de la muestra superficialmente seca.

R₁= Lectura inicial del nivel de agua en el matraz.

R₂= Lectura final del nivel de agua en el matraz.

$$Absorción = \left(\frac{S - A}{A} \right) * 100$$

Donde:

S= Masa de la muestra de agregado fino superficialmente seca.

A= Masa de la muestra seca al horno.

Resultados.

La densidad saturada del agregado fino es 2631.58 kg/m³ y 2.40 % de absorción, ver detalles en el (Anexo 2)

3.5.1.3. Densidad Saturada Superficialmente Seca y Absorción del Agregado Grueso NORMA NTE INEN 857.

La densidad saturada sirve para calcular el volumen del agregado grueso de la mezcla de hormigón, los valores de absorción nos permiten realizar la corrección de agua este valor es leído luego de sumergir el agregado seco en agua por un periodo controlado de tiempo. (Salazar J, Tomalá M., 2021)

Cálculos.

$$G_{sss} = \frac{B}{(B - C)}$$

Donde:

B= Masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca.

C= Masa aparente en agua de la muestra saturada.

Resultados.

La densidad saturada del agregado grueso es 2677.38 kg/m³ y 1.67 % de absorción, ver detalles en el (Anexo 2)

3.5.1.4. Determinación del peso volumétrico norma NTE INEN 858.

Procedimiento.

Para evitar que el material de muestra se segregue debe estar totalmente seco. La norma indica que se debe utilizar un cucharón a una altura no mayor a

50mm por encima del borde superior hasta la tercera parte del molde y compactar 25 veces con una varilla.

Calculo.

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M= Masa unitaria

G= Masa del agregado + masa del molde

T= Masa del molde

V= Volumen del molde

3.5.1.5. Determinación del contenido de humedad según norma NTE INEN 862.

El contenido de humedad se determina mediante el secado de la muestra en caliente y se registra la pérdida de peso debido a la evaporación del agua los resultados se muestran en la tabla 31.

Equipos.

- Balanza de precisión.
- Horno a temperatura de 110 °C.
- Recipiente que se vea afectado por el calor.

Resultados.

Tabla 26 Resultados del contenido de humedad.

HUMEDAD DE ARENA		HUMEDAD DE GRAVA	
Recipiente	W	Recipiente	W
W Recipiente(gr)	166.96	W Recipiente (gr)	78.00
W Arena+ R	2054.00	W Grava + R	1450.00
W Arena seca + R	1939.00	W Grava seca + R	1420.00
W de agua	115.00	W de agua	30.00
W Arena seca	1772.04	W Grava seca	1342.00
HUMEDAD	6.49	HUMEDAD	2.24

Elaborado por: Manuel Suarez y Mike Hermenejildo.

3.5.2. ENSAYOS REALIZADOS A LA FIBRA DE CAÑA BRAVA

Para realizar el curado y secado de las muestras de caña brava a utilizar en la composición del hormigón primero se seleccionaron varias cañas originarias del sitio para secarlas de forma natural exponiéndolas al sol.

Luego se realizó la molienda de la caña en un centro especializado para el tratamiento de esta.

3.5.2.1. Ensayo Granulométrico a la fibra de caña brava.

Al tener lista la fibra de caña se procede a pasarlas por los tamices para agregados finos, el porcentaje de material pasante se puede observar en el Anexo 1. Además se tomaron 2 kg de fibra los cuales fueron sumergidos en agua para luego conocer el contenido de humedad que esta posee. Debido a los resultados obtenidos se pudo notar que la caña tiene un nivel elevado de absorción de agua ya que antes de ingresar al horno peso 1.045 kg y ya en estado seco peso 0.376.

3.5.3. DISEÑO DE MEZCLA.

El Código ACI 211 (INSTITUTO AMERICANO DEL HORMIGÓN) nos permite diseñar una mezcla de concreto, práctica y económica de forma simplificada las cuales corresponden a un sistema estructural, esto con la finalidad de producir una mezcla manejable dependiendo del grado requerido por el diseñador.

Para poder evaluar el comportamiento de la mezcla con la sustitución de fibra de caña brava se debe encontrar un diseño de mezcla patrón para evaluar las variaciones que se presenten en los diferentes ensayos. Para una correcta experimentación es necesario definir las propiedades del agregado fino, porcentaje de fluidez, relación de agua/cemento (a/c), calcular la dosificación de la mezcla en peso.

3.5.3.1. Relación Agua-Cemento (a/c).

Para que se forme el concreto es necesario realizar la unión agua – cemento, para esto se debe conocer la proporción exacta de ambos materiales, la misma que permita obtener una mezcla resistente, manejable y que a la vez tenga una buena resistencia en seco.

La tabla 27 indica los valores a utilizar dependiendo de los días que las muestras estén en curado, en este caso los cilindros permanecerán por 28 días por lo que se utiliza una relación 0.55 del hormigón sin aire incluido.

Tabla 27 Agua/Cemento para diferentes mezclas de hormigón

Resistencia a la Compresión a los 28 días – Mpa.	RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN MASA	
	Hormigón sin aire incluido	Hormigón con aire incluido
45	0.35	...
40	0.40	...
35	0.45	0.35
30	0.50	0.43
26	0.55	0.48
22 (220 Kg/cm ²)	0.60	0.53
18	0.65	0.60
16	0.70	0.62
14	0.80	0.65

3.5.3.2. Cálculo del contenido de concreto.

Para determinar la cantidad de cemento para la mezcla se aplica lo siguiente:

$$C = \frac{A}{A/C}$$

Donde:

C= Cantidad de cemento por m³ de hormigón.

A= Cantidad de agua seleccionada de la tabla 43.

A/C= Relación agua cemento a utilizar de la tabla 44.

Para conocer el número de sacos de cemento a utilizar se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$\# \text{ de sacos de cemento} = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{Peso de saco de cemento}}$$

3.5.3.3. Dosificación de las mezclas.

El Código ACI 211 (INSTITUTO AMERICANO DEL HORMIGÓN) nos permite diseñar una mezcla de concreto, práctica y económica de forma simplificada las cuales corresponden a un sistema estructural, esto con la finalidad de producir una mezcla manejable dependiendo del grado requerido por el diseñador.

De acuerdo con la norma (ACI 211), la proporción del agregado grueso no debe de exceder el 60% y 40% del agregado fino del volumen de los agregados. Evaluar si al aumentar el porcentaje de caña brava es factible para mejorar la resistencia del hormigón, para incluir la caña brava se debe restar a la arena el valor del agregado de fibra a la dosificación, que determina que el porcentaje ideal de reemplazo de arena por caña brava es de 25%.

En las tablas 27 y 28, se muestran resultados de las cantidades de materiales definidos para utilizar en las dos mezclas patrón y la mezcla con el 25% de fibra

Nota: Para incluir la caña brava se debe restar a la arena en volumen como el valor del agregado de fibra a la dosificación.

Tabla 28 Cantidades de materiales para la muestra de la mezcla Patrón.

Material	W (kg)	D (kg/m3)	V (m3)
Agua	193	1000	0,193
Cemento	355,67	2950	0,121
Grava	1026,901	2677,38	0,384
Arena	757,59	2631,58	0,288
Aire			0,015
Total			1,000

Tabla 29 Cantidades de materiales para la muestra con 25% de fibra de caña brava.

Material	W (kg)	D (kg/m3)	V (m3)
Agua	193	1000	0,193
Cemento	354,14	2950	0,120
Grava	1026,90	2677,38	0,384
Arena	569,22	2631,58	0,216
Fibra de caña	72,43	1004,52	0,072
Aire	1.5	100	0,015
Total			1,000

Fuente: Elaboración propia

3.6. DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.2.

Para el desarrollo metodológico del objetivo específico número dos, el cual consiste en Analizar mediante ensayo a compresión los resultados de resistencia de la mezcla de hormigón con fibra de caña, para determinar una comparación técnica-económica de la fabricación de un hormigón convencional con el hormigón de fibra de caña brava.

Para esto se realizó un análisis económico sobre el costo de fabricación de ambos hormigones.

3.6.1. Análisis económico.

Cuando se requiere elegir un sistema estructural para la ejecución de un proyecto, el factor económico es uno de los puntos con mayor relevancia a tomar en consideración, por lo que es imprescindible realizar un análisis comparativo económico entre los dos sistemas para determinar cual resulta ser el más rentable.

Se desarrollará un análisis de comparación económica de las mezclas de hormigones tanto convencional y con la sustitución parcial de la arena por fibra de caña brava, estudiar los materiales y mano de obra del proceso constructivo desde la trituración del proceso de la caña y su aplicación en la mezcla.

3.7. DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.3.

Para el desarrollo metodológico del objetivo específico número tres, el cual consiste en realizar el diseño arquitectónico y estructural mediante el software AutoCAD y ETABS 2018, para que cumplan con los requisitos mínimo-establecidos en la norma NEC-2015 para el centro desarrollo comunitario de la comuna Sinchal utilizando el diseño de mezcla del hormigón planteado. Se realizará el prediseño de los elementos estructurales, los cuales serán analizados en el programa ETABS y así obtener una estructura con una resistencia adecuada, analizando el comportamiento de sus materiales y elementos, verificando que cumplan con las normativas NEC-2015 y AISC.

Antes de empezar con el análisis se deben conocer características esenciales del proyecto tales como: Ubicación del proyecto, levantamiento topográfico, análisis de propiedades geotécnicas a una profundidad de 1 metro y planos arquitectónicos de la distribución de elementos estructurales.

Los mismos serán utilizados para realizar el análisis sismorresistente de la estructura la cual está diseñado de la siguiente forma: en la planta baja se ubicarán oficinas, sala de sesiones de directiva, bodega y baños. Mientras que la planta alta será utilizada como área de recepciones.

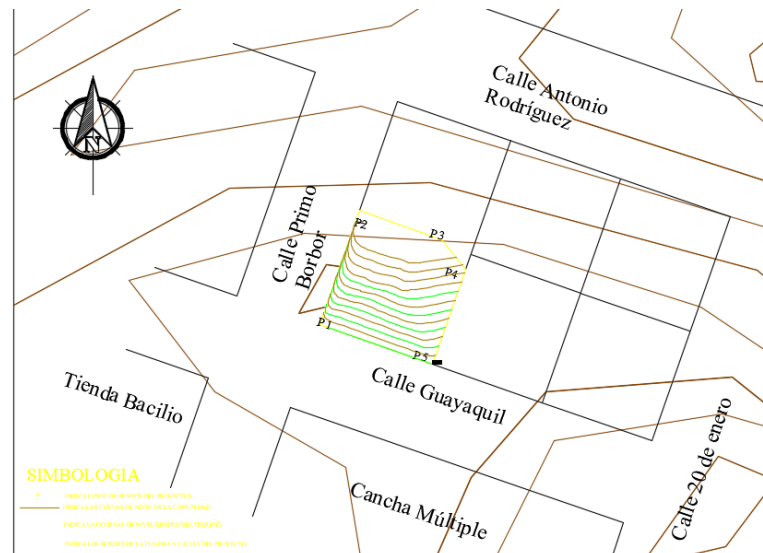
3.7.1. Ubicación del proyecto.

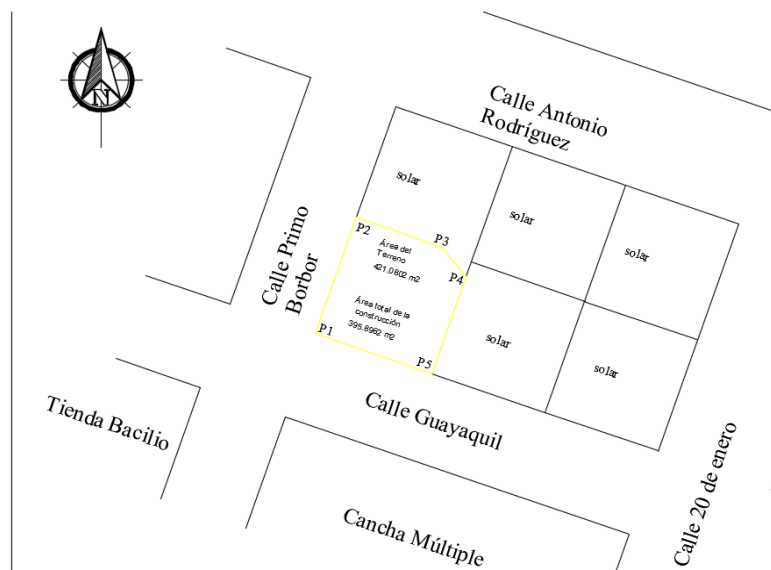
El proyecto está ubicado en la Provincia de Santa Elena, Cantón Santa Elena, Parroquia Manglaralto, Comuna Sinchal.

Figura 8 Ubicación donde se ejecutará el proyecto en la Comuna Sinchal



Nota: Vista satelital tomado de Google Map.





Nota: Plano elaborado desde AutoCAD 2016

3.7.2. Datos de coordenadas del terreno.

Tabla 30 Datos del levantamiento del terreno.

Puntos	Distancia (m)		Este (X)	Norte (Y)	Elevación (m)
P1	P1 – P2	20.91	533608.62	9785555.53	18
P2	P2 – P3	15.05	533628.36	9785548.63	19
P3	P3 – P4	6.55	533623.29	9785534.46	19
P4	P4 – P5	17.42	533618.97	9785530.88	19
P5	P5 – P1	20.61	533601.71	9785536.06	18

Tabla 31 Datos de la construcción existente.

Puntos	Distancias (m)		Este (X)	Norte (Y)	Elevación (m)
P1	P1 – P2	8.00	533627.97	9785547.30	19
P2	P2 – P3	9.00	533620.55	9785549.66	19
P3	P3 – P4	8.00	533617.32	9785541.95	19
P4	P4 – P1	9.00	533624.80	9785539.21	19

3.7.3. Análisis de las propiedades geotécnicas del suelo donde se implantará el proyecto.

La (NEC-SE-GC, 2015) indica en el estudio geotécnico “Comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras.”

El estudio geotécnico permite conocer las características físicas y mecánicas del suelo, para este proyecto se realizó una toma de muestra de una calicata realizada en el sitio de 1,40 m de profundidad, se colocó la muestra en una caja de plywood de 35x35 cm como se ve en la figura 2, luego se llevó al laboratorio para realizar los ensayos granulométricos, límites de Atterberg y gravedad específica, para este último se utilizó 100 g el material pasante del tamiz N° 40.

Figura 9 Muestra moldeada en sitio para el análisis de las propiedades geotécnicas.



Nota: Extracción de muestra inalterada en el sitio.

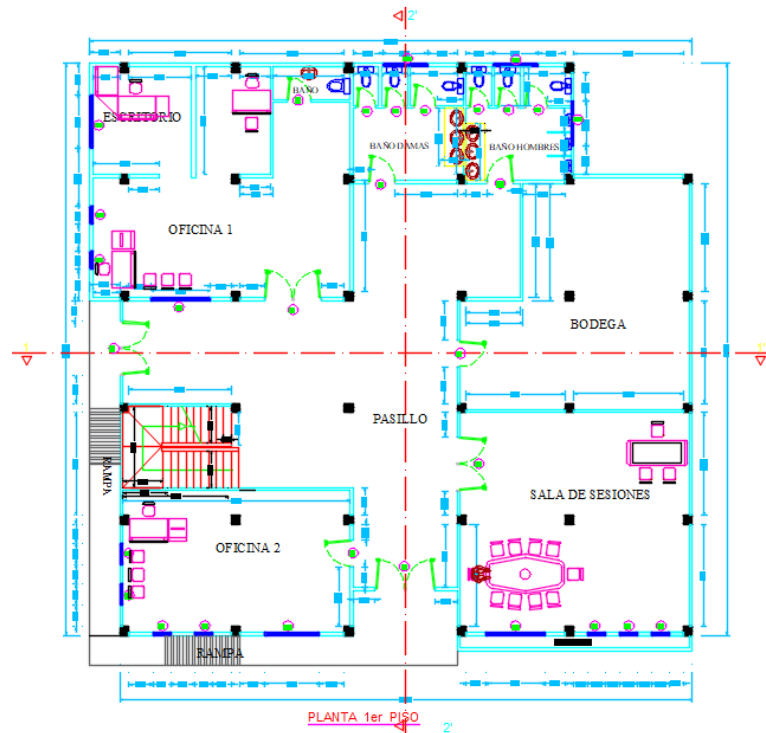
Los resultados de estos ensayos se pueden observar en el Anexo 2 de ensayos de laboratorio.

3.7.4. Planos arquitectónicos

Uno de los objetivos de este proyecto es el diseño de una estructura la cual funcionará como un Centro de Desarrollo social en beneficio de la Comuna Sinchal, la cual estará constituida de dos plantas.

La edificación tendrá un área de construcción de 734 m² con una altura de entre piso de 3,00 m y estará conformada sala de sesiones, oficinas, bodega, servicios higiénicos, sala de reuniones y Rampa de acceso peatonal.

Tabla 32 Propuesta de diseño arquitectónico primer piso.



3.7.5. Diseño estructural en hormigón armado

3.7.5.1. Predimensionamiento de losa.

Las losas son las encargadas de recibir las fuerzas de gravedad y transmitir las a las vigas, además de que conecta los elementos estructurales. Para su Predimensionamiento se va a tomar en cuenta el siguiente criterio:

- h= 17 cm luces menores de 4m.
- h= 20 cm luces comprendidas entre 4 y 5.5m.
- h= 25 cm luces comprendidas entre 5 y 6.5m
- h= 30 cm luces comprendidas entre 6 y 7.5m

En este proyecto se trabajará con una losa aligerada en una sola dirección con h=20 cm ya que cumple con la siguiente condición

$$h > L/25 = 15.68 \text{ cm.}$$

En este proyecto se diseñó una losa en una dirección por metro cuadrado.

$$W_{losa} = \frac{(\text{Volumen de losa})(\gamma \text{ Hormigón})}{\text{Area de losa}}$$

$$W_{losa} = \frac{(0,05m * 1m * 1m)(2400 \text{ kg/m}^3)}{1 \text{ m}^2}$$

$$W_{losa} = 120 \text{ kg/m}^2$$

Peso propio de nervios

$$W_{nervio} = \frac{(\# \text{ de nervios})(\text{Volumen de nervio})(\gamma \text{ Hormigón})}{\text{Area de losa}}$$

$$W_{nervio} = \frac{(2)(0,15m * 1m * 0,1m)(2400 \text{ kg/m}^3)}{1 \text{ m}^2}$$

$$W_{nervio} = 72 \text{ kg/m}^2$$

Peso de casetón bloque liviano

$$W_{caseton} = \frac{(\# \text{ de casetones})(\text{Volumen de caseton})(\gamma \text{ bloque liviano})}{\text{Area de losa}}$$

$$W_{caseton} = \frac{(2)(0,15m * 1m * 0,4m)(850 \text{ kg/m}^3)}{1 \text{ m}^2}$$

$$W_{caseton} = 102 \text{ kg/m}^2$$

Peso de enlucido

$$W_{enlucido} = (\text{espesor})(\gamma \text{ arena y cemento})$$

$$W_{enlucido} = (0,02m)(2000 \text{ kg/m}^3)$$

$$W_{enlucido} = 40 \text{ kg/m}^2$$

Carga muerta CM por metro cuadrado de piso 1

$$CM = W_{losa+nervio} + W_{caseton} + W_{enlucido} + W_{baldosa} + W_{pared} + W_{instalaciones}$$

$$CM = 120 \frac{kg}{m^2} + 72 \frac{kg}{m^2} + 102 \frac{kg}{m^2} + 40 \frac{kg}{m^2} + 80 \frac{kg}{m^2} + 100 \frac{kg}{m^2} + 40 \frac{kg}{m^2}$$

$$CM = 554 kg/m^2$$

$$CM = 0.554 Ton/m^2$$

Carga muerta CM por metro cuadrado de cubierta

$$CM_{cubierta} = W_{correas} + W_{acabado} + W_{varios} + W_{instalaciones} + W_{tumbado} + W_{eternit}$$

$$CM_{cubierta} = 20 \frac{kg}{m^2} + 10 \frac{kg}{m^2} + 10 \frac{kg}{m^2} + 40 \frac{kg}{m^2} + 50 \frac{kg}{m^2} + 20 \frac{kg}{m^2}$$

$$CM_{cubierta} = 150 \frac{kg}{m^2}$$

$$CM_{cubierta} = 0,15 \frac{Ton}{m^2}$$

3.7.5.2. Predimensionamiento de vigas.

Para el dimensionamiento de las vigas se debe considerar la acción de cargas de gravedad y sismo a continuación se muestran criterios prácticos para predimensionar la h de una viga.

- $h = L/12 @ L/10$
- $h = L/10$ (Criterio para frente a sismos)
- $b = 0.3h @ 0.5 h$

Vigas principales: $h = 392/10$; $h = 39.2$; $b = 25cm$

Vigas secundarias: $h = 387/10$; $h = 38$; $b = 25cm$

Considerando que en la sección 18.6.1.2 del código ACI 318-19 se especifica el límite dimensional de vigas y debe cumplir con lo siguiente:

- La luz libre l_n no debe ser menor que $4d$.
- El ancho b_w debe ser al menos igual al menor de $0.3h$ y 10 pulg.
- La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna soportante a cada lado no debe exceder el menor de c_2 y $0.75 c_1$.

Se determina trabajar con una viga de 25x30 cm.

3.7.5.3. Predimensionamiento de columnas.

Para el Predimensionamiento de elementos estructurales como vigas y columnas se empleó el Código ACI 318-19, específicamente en el capítulo 18 sección 18.6 y 18.7.

Columnas

Tabla 33 Dimensiones de columnas para pórticos resistentes a momentos.

Dimensiones de columnas
C 30 cm x 30 cm
C 30 cm x 30 cm
C 30 cm x 30 cm

Columnas de pórticos especiales resistentes a momento

Esta sección se habla de los pórticos especiales resistentes a momentos los cuales se diseñan principalmente para resistir flexión, cortante y fuerzas axiales, además de cumplir lo siguiente:

- La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, debe ser al menos 12 pulg.
- La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular debe ser al menos 0.4.

a) Determinación del peso sísmico.

En la tabla se muestran los valores obtenidos del software ETABS.

Tabla 34 Carga reactiva W por piso

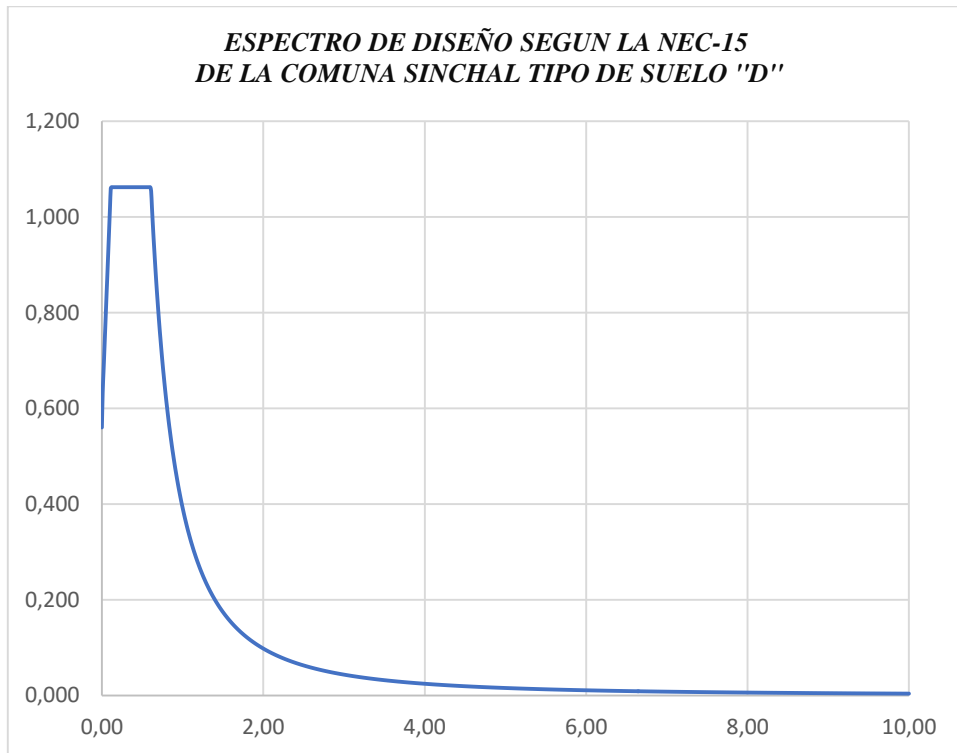
# PISOS	Peso (Ton)
Piso 2	107.04
Piso 1	261.79
	368.83

Nota: Datos obtenidos del programa ETABS

b) Espectro de diseño

Debido a que solo se realizó un análisis de suelo de una excavación poco profunda a 1m de profundidad, se debe ser cautelosos al momento de escoger los valores y parámetros considerados en el espectro de diseño.

Figura 10 Espectro de diseño



Nota: Espectro de diseño de la comuna Sinchal

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ENSAYOS EN LAS MUESTRAS DE HORMIGÓN

4.1.1. Asentamiento mediante el cono de Abrams

Luego de la fabricación del hormigón se procede a realizar la prueba del revenimiento utilizando un cono de Abrams con las siguientes características: base mayor de 200mm, base menor 100 mm de diámetro, altura 300 mm. Para esto se procede a colocar la mezcla en el cono en tres capas proporcionándole 25 golpes a cada una, esto con la ayuda de una varilla, antes de los dos minutos se levanta el cono cuidadosamente y se mide la distancia del cono hasta la muestra de hormigón. Ver figura 23.

Figura 11 Asentamiento del Hormigón.



4.1.2. Resistencia a la compresión de Cilindros de hormigón.

Para tener una correcta evaluación del desempeño de la fibra se fundieron dos tipos de cilindros con hormigón tradicional y con fibra de caña brava tanto como para los cilindros como en vigas, de los cuales se deben tomar los diámetros altura establecida y horaria para garantizar una buena obtención de información.

Para realizar el ensayo de compresión se debe contar con una prensa normada por la ASTM.

En la tabla 35 se muestran los resultados obtenidos de la resistencia del hormigón convencional con un revenimiento de 10 cm. También se observa el incremento de resistencia en relación con el tiempo de curado.

Tabla 35 Cálculos de resistencia del hormigón patrón.

fecha de vaciado del hormigon patron 210kg/cm2	PATRON CONVENCIONAL: VACIADO, MARTES 2 DE AGOSTO I							
	revenimiento	FECHA	D1	D2	PROMEDIO	ALTURA	AREA	PESO
	cm	DE	cm	cm	cm	cm	cm ²	KG
2/8/2022	10	5-ago-22	15,04	15,12	15,08	30,01	178,60	12,645
	10	5-ago-22	15,17	15,21	15,19	30,12	181,22	12,782
	10	9-ago-22	15,19	15,22	15,21	30,01	181,58	12,838
	10	9-ago-22	15,08	15,24	15,16	30,23	180,50	12,764
	10	16-ago-22	15,28	15,21	15,25	30,13	182,53	12,872
	10	16-ago-22	15,26	15,25	15,26	30,14	182,77	12,948
	10	30-ago-22	15,01	14,99	15,00	29,96	176,71	12,52
	10	30-ago-22	15,16	15,21	15,19	30,02	181,10	12,82

EDAD	CARGA(KN)	RESISTENCIA	R ensayada	R. MEDIA	% DE EFICIENCIA
días	KN	MPA	KG/cm ²	KG/cm ²	
0				0	0
3	210,9	11,93	121,65	124,71	59,39
	221,4	12,53	127,77		
7	310,7	17,58	179,27	171,97	81,89
	285,3	16,15	164,68		
14	343,4	19,32	197,01	200,32	95,39
	352,9	19,97	203,64		
28	407,5	23,06	235,15	244,48	116,42
	439,9	24,89	253,81		

4.2. Resultados de ensayo a compresión de cilindros con fibra de Caña Brava

En las tablas 36 y 37 se muestran los resultados de las resistencias alcanzadas del ensayo a la compresión de los cilindros con agregado de Fibra de caña. Se observa que al trabajar con un revenimiento de 10 cm la resistencia del hormigón con fibra de caña va aumentando, esto depende del tiempo de curado que tenga la muestra. Entre más tiempo se mantenga la muestra en curado mayor va a ser la resistencia del hormigón.

Tabla 36 Resultados de ensayo a compresión de hormigón con caña brava

PROBETAS #	revenimiento	FECHA DE ROTURA	D1	D2	PROMEDIO	ALTURA
	cm		cm	cm	cm	cm
		22-sep-22				
1	10	29-sep-22	15.05	15.09	15.07	29.53
2	10	29-sep-22	15.19	15.2	15.20	29.92
1	10	6-oct-22	15.25	15.12	15.19	29.88
2	10	6-oct-22	15.22	15.28	15.25	30.02
1	10	13-oct-22	15.23	15.11	15.17	29.92
2	10	13-oct-22	15.18	15.17	15.18	30.07
1	10	20-oct-22	15.27	15.18	15.23	30.00
2	10	20-oct-22	15.24	15.25	15.25	29.93

Tabla 37 Resistencia de ensayos

ÁREA	PESO	CARGA(KN)	RESISTENCIA	R ensayada
cm ²	KG	KN	MPA	KG/cm ²
178.37	10.66	200.1	11.32	115.43
181.34	10.76	204.3	11.54	117.67
181.10	10.18	269.2	15.24	155.40
182.65	10.43	282.5	15.99	163.05
180.74	10.53	335.7	18.99	193.64
180.86	10.65	333.6	18.97	192.42
182.06	10.47	370.8	20.98	213.94
182.53	10.67	365.6	20.61	210.16

En los resultados de los ensayos se muestra que, si se logró llegar a la resistencia propuesta, misma que cumple con lo establecido por las normas ASTM, estos resultados indican que la dosificación obtenida alcanzan similares resistencia al modelo de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

4.3. Resultados de ensayo a compresión de vigas de Caña Brava

En la tabla 38 se muestran los resultados obtenidos al momento de someter las vigas de hormigón con fibra al ensayo de compresión, aquí se observa que el hormigón tradicional tiene más resistencia que el hormigón con caña. En la figura 12 se puede observar notoriamente la diferencia de resistencias de los hormigones.

En ambos casos la falla de rotura se da en el tercio medio de la viga. En los anexos de ensayos se encuentran más detalles del ensayo realizado.

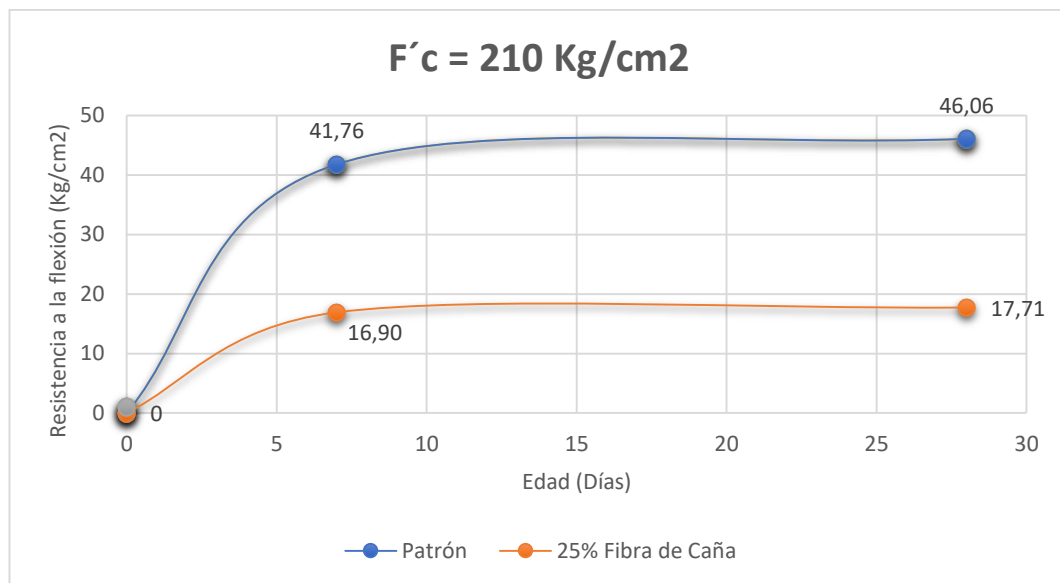
Para determinar la resistencia se planteó la siguiente ecuación de módulo de rotura.

$$MR = \frac{P * L}{d * b^2}$$

Tabla 38 Resultados de Resistencia de vigas.

Fecha de vaciado	Dosificación	Edad (Días)	Nº	Dimensiones			Distancia entre apoyos	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Resistencia	Promedio	Seccion de falla
				Base	Altura	Largo						
2/8/2022	F'c 210 - Patrón	7	1	15,15	15,00	51	45	31,02	3163,11	41,76	41,76	Tercio medio
		28	2	15,00	15,00	52	45	34,17	3484,31	46,46		
		28	3	15,00	15,20	51	45	34,48	3515,92	45,65		
9/9/2022	F'c 210 Con 25% de fibra	7	1	15,18	15,19	52	45	12,90	1315,41	16,90	16,90	Tercio medio
		28	2	15,10	15,22	51	45	13,50	1376,59	17,71		

Figura 12 Grafica de los resultados de ensayo a flexión en vigas de hormigón con fibra de caña.



Nota: Se determinó que la resistencia a flexión de una viga es menor a la viga de patrón y de diseño, esto se debe a que la fibra en vigas actuara de manera inapropiada propiedades físicas-mecánicas dentro de la mezcla de hormigón.

4.4. Módulo de elasticidad del hormigón

El código (ACI 318-19) en sus normas recomienda calcular el módulo de elasticidad del hormigón con la siguiente ecuación:

$$E_c = 15100\sqrt{f'c} \text{ en } kg/cm^2$$

Esta ecuación está formulada para hormigones normales sin aditivos, por lo que se calcula con la resistencia obtenida por los ensayos de hormigón con fibra de caña.

Entonces tenemos:

$$f'c = 213,94 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15100\sqrt{213,94}$$

$$E_c = 220862,987 \text{ kg/cm}^2$$

4.5. ANÁLISIS SÍSMICO.

4.5.1. Generalidades del proyecto.

El proyecto de diseño arquitectónico y estructural de un Centro de Desarrollo Social tiene un área aproximada de 353 m² en la planta baja y 381 m² en planta alta y será implantado en la comuna Sinchal, provincia de Santa Elena sobre un suelo tipo D.

La parte estructural del diseño está conformada de la siguiente manera:

- Conformado de dos plantas con una altura de entrepiso de 3,20 m.
- La altura total de la edificación es de 6,40m.
- La luz mayor entre ejes es de 3.95 m

4.5.2. Análisis de cargas de la estructura.

4.5.2.1. Combinaciones de cargas.

Las construcciones en general deberán diseñarse para resistir las combinaciones de:

- Cargas permanentes o cargas muertas: constituida por los pesos de todos los elementos estructurales
- Cargas vivas: también llamadas sobrecargas de uso, estas cargas dependen del uso que se le vaya a dar a la estructura, conformadas por

los pesos de personas y mobiliarios, en este caso el uso que se le dar es como áreas de recepciones.

- Cargas accidentales o sísmicas: estas cargas dependen de la ubicación geográfica donde esté ubicada la edificación. (NEC-SE-CG, 2015)

Se presentan las combinaciones de cargas que se deben aplicar a cada uno de los tipos de carga como indica la (NEC-SE-CG, 2015), de tal forma pueda ser diseñada la estructura de forma correcta.

Tabla 39 Combinaciones de Carga

	Combinaciones de Cargas
Combinación 1	1.4 D
Combinación 2	1.2 D + 1.6 L + 0.5 max (Lr; S; R)
Combinación 3	1.2 D + 1.6 max (Lr; S; R) + max (L ; 0.5 W)
Combinación 4	1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max (Lr; S; R)
Combinación 5	1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
Combinación 6	0.9 D + 1.0 W
Combinación 7	0.9 D + 1.0 E

Fuente: NEC-SE-CG (2015)

Donde:

- D,** Carga permanente
- E,** Carga de sismo
- L,** Sobrecarga (carga viva)
- Lr,** Sobrecarga cubierta (carga viva)
- S,** Carga de granizo
- W,** Carga de viento

4.7.2.2. Análisis de carga variable.

Se escogen las cargas variables de acuerdo con el uso de la estructura tal como lo indica la NEC-SE-CG (Cargas No Sísmicas).

Tabla 40 Carga según su ocupación o uso

Ocupación o Uso		Carga Uniforme (kN/m ²)	Carga Uniforme (Tn/m ²)
Cubiertas	Cubiertas planas, inclinadas y curvas.	0.7	0.007
Áreas de reunión y teatros	Asientos fijos	2.90	0.29
	Áreas de recepción	4.80	0.48
	Asientos móviles	4.80	0.48
	Plataformas de reunión	4.80	0.48
	Salones de uso público y sus corredores	4.80	0.48

Fuente: NEC-SE-CG (Cargas No Sísmicas)

4.5.3. Cálculo del cortante basal y distribución del cortante en elevación.

Par empezar a evaluar la estructura se debe conocer el tipo de suelo con el que se va a trabajar, en esta ocasión se tiene un suelo poco rígido tipo D, con un sistema estructural de pórticos especiales sismo resistente de hormigón armado con vigas descolgadas, con un coeficiente de importancia básico, todos estos datos seleccionados de acuerdo con las características de la estructura se detallan en la tabla 41.

Para determinar el constante basal (C_s) se utilizó la siguiente ecuación

$$C_s = \frac{I * S_a}{R * \phi_p * \phi_E}$$

Donde:

I: Coeficiente de Importancia de la estructura NEC-2015.

S_a: Aceleración máxima del espectro de diseño.

R: factor de Reducción.

Q_p, Q_E: Coeficiente de Regularidad e Irregularidad.

C_s: Cortante Basal

Tabla 41 Tabla de valores para el proyecto.

Cortante Basal Suelo Tipo "D" ORIGINAL (Santa Elena, Z = 0,5)							
n	1.8	z	0.5	Fa	1.12	Sa	1.062
Ct	0.055	α	0.9	ht	6.4	T	0.29
Φ_p	1	Φ_e	1	k	1	I	1
R	8	C_s	0.133	V_x (ORIGINAL)	48.96		

Tabla 42 Resultados de los valores cálculos del cortante basal.

Peso Sísmico (Ws)			
# PISOS	Carga Viva (Ton/m ²)	Carga Muerta (Ton/m ²)	Peso Sísmico (Ton)
Piso 2	0.2	0.8	107.04
Piso 1	0.2	0.8	261.79
WT (Ton)			368.83

COEFICIENTE SISMICO ORIGINAL	V_x / W	0.13275
------------------------------	-----------	---------

Cortante Basal ORIGINAL Suelo Tipo "D"							
# PISOS	Peso (Ton)	Altura de piso (hx)	$w_x \cdot (h_x^k)$	$w_x \cdot (h_x^k) / \sum (w_x \cdot (h_x^k))$	$F_x = F_i$	V_x (Ton)	$0,3 \cdot F_x$ (Ton)
Piso 2	107,04	3,12	333,965	0,180	8,803	8,803	2,641
Piso 1	261,79	5,82	1523,618	0,820	40,160	48,962	12,048
	368,83		1857,583	1,000	48,962		

COEFICIENTE SISMICO:

C_{s_r}	0.28		
C_{s_o}	0.13	C_{s_r}/C_{s_o}	2.08

CORTANTE BASAL

V_r	72.94		
V_s	48.96	C_{s_r}/C_{s_o}	1.4896213

PROPORCIÓN $M_u/\Phi M_n$

M_u	3.6		
ΦM_n	1.77	$M_u/\Phi M_n$	2.0338983

4.6. CREACIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL EN HORMIGÓN ARMADO.

4.6.1. Datos para el modelamiento del sistema estructural

- Peso específico del hormigón (γ)= 2,4 ton/m³
- Esfuerzo del hormigón $f'_c=210$ kg/cm², para losas.
- Esfuerzo del hormigón $f'_c=213,94$ kg/cm², para columnas y vigas.
- Esfuerzo de fluencia del acero $f_y=4200$ kg/cm²

- Módulo de elasticidad del hormigón (E) = $15100 \sqrt{f'c} = 15100 \sqrt{213.94} = 220862.98 \text{ kg/cm}^2$ para columnas y vigas.
- Módulo de elasticidad del hormigón (E) = $15100 \sqrt{f'c} = 15100 \sqrt{210} = 218819,78 \text{ kg/cm}^2$ para losa.
- Sección de columnas 30 x 30 cm
- Sección de vigas 25 x 30 cm

4.6.2. Proceso de modelamiento

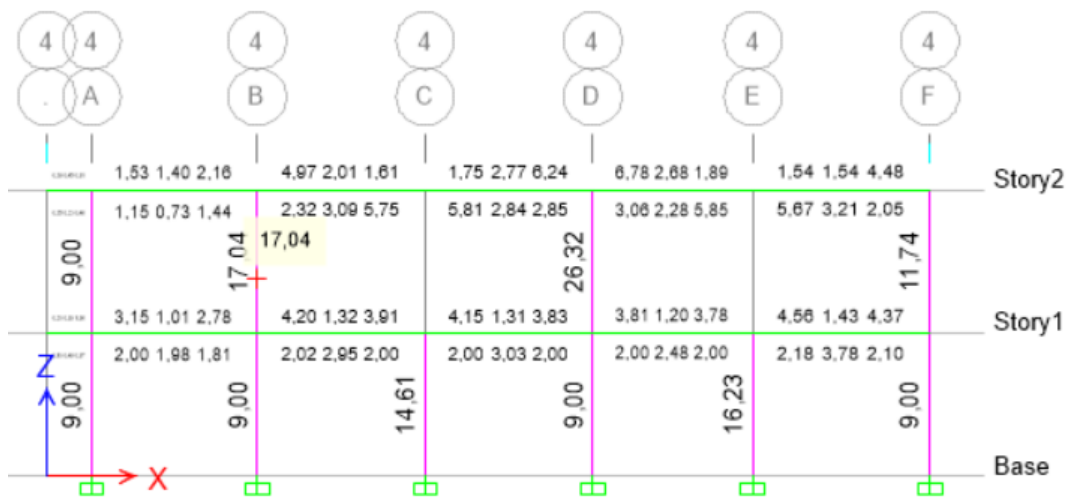
- Se crea la grilla y se establece las unidades con las que se va a trabajar en el programa.
- Se establecen los ejes con sus respectivas distancias en el x y el eje y.
- Se establecen los niveles de la edificación.
- Se crean los materiales de hormigón ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) y acero de refuerzo con sus respectivas características esto en el menú definir (agregar nuevo material)
- Se crean los elementos estructurales, columnas y vigas. Se colocan secciones, inercia de 0.8 en columnas y 0.5 en vigas.
- Creación de losas.
- Creación de cubierta.
- Asignación del espectro sísmico.
- Asignación de combinaciones de carga siguiendo los parámetros que indica la Norma NEC 2015.
- Modelado de la estructura respetando los ejes arquitectónicos.
- Asignación de cargas a la estructura, cargas vivas, muertas.
- Correr el programa para obtener los resultados y realizar el análisis de resultados. (ver anexo III).

4.7. Análisis de resultados

4.7.1. Diseño a flexión de viga.

Con los resultados obtenidos del programa Etabs se obtienen las cantidades de refuerzo que se necesitan en las vigas en la parte superior e inferior. En este caso se trabajará en el pórtico 4.

Figura 13 Acero en vigas y columnas eje 4.



Como se observa en la figura la mayor cantidad de acero se encuentra entre los ejes D y E. A partir de esto se procede a realizar el diseño manual para comparar los resultados con los del programa.

Datos:

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 30 \text{ cm} - 4 \text{ cm} = 26 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

Tabla 43 Momentos y cuantías de acero en la viga.

	Design Moment tonf-m	Design P_u tonf	-Moment Rebar cm^2	+Moment Rebar cm^2	Minimum Rebar cm^2	Required Rebar cm^2
Top (+2 Axis)	-5,5568	1,0919	6,78	0	2	6,78
Bottom (-2 Axis)	2,7784	1,0919	0	3,06	2	3,06

$$As = \frac{K}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 * Mu}{\Phi * K * d} \right)} \right)$$

$$K = 0,85 * f'c * b * d$$

$$K = 0,85 * 217,4 * 25 * 30$$

$$K = 138592.5$$

$$As^+ = \frac{138592.5}{4200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 5556.8 * 100}{0,9 * 138592.5 * 26}} \right)$$

$$As = 6.24 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{As}{b * d}$$

$$\rho = \frac{6.24 \text{ cm}^2}{25 \text{ cm} * 26 \text{ cm}}$$

$$\rho = 0.0096$$

4.7.1.1. Comprobación de requerimiento del acero.

El valor de acero mínimo longitudinal requerido para flexión se encuentra en la norma (NEC-SE-HM, 2015), 4.2.5.

$$As_{min} = \frac{14}{fy} * b * d$$

$$As_{min} = \frac{14}{4200} * 25 * 26$$

$$As_{min} = 2.16 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 * fy} * b * d$$

$$As_{min} = \frac{\sqrt{217.4}}{4 * 4200} * 25 * 26$$

$$As_{min} = 0.57 \text{ cm}^2$$

Entre los dos valores encontrados se escoge el mayor $As_{min} = 2.16 \text{ cm}^2$

$$A_s > A_{s_{min}}$$

$$6.24 > A_{s_{min}} \text{ CUMPLE//}$$

$$p_b = \frac{0,85 * 210}{4200}$$

$$p_b = 0,0425$$

$$p_{max} = 0.5 * P_b$$

$$p_{max} = 0.5 * 0.0425$$

$$p_{max} = 0.021$$

$$\rho < \rho_{max}$$

$$0.0096 < 0.021 \text{ CUMPLE//}$$

Con estos resultados verificamos que las dimensiones de la viga cumplen nuestro diseño.

4.7.1.2. Cuantía de acero mínimo por temperatura.

$$\rho_{min} = 0.0018 \quad ACI 24.4.3.2$$

$$A_{s_{temp}} = 0.0018 * 25cm * 26cm$$

$$A_{s_{temp}} = 1.17 \text{ cm}^2$$

4.7.1.3. Diseño a corte de la viga.

$$s = \frac{d}{4} = \frac{26cm}{4} = 6.5 \text{ cm}$$

$$s = 8 * 1.2cm = 9.6 \text{ cm}$$

$$s = 24 * 1 \text{ cm} = 24 \text{ cm}$$

$$s = 300mm = 30cm$$

Para la viga en estudio se toma un espaciamiento de 6 cm

4.7.2. Diseño a torsión de viga.

Tabla 44 Resultados de torsión obtenidos del programa Etabs.

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

T _u tonf-m	ϕT _{th} tonf-m	ϕT _{cr} tonf-m	Area A _o cm ²	Perimeter, p _h cm	Rebar A _t /s cm ² /m	Rebar A _t cm ²
0,0014	0,1644	0,6575	289,1	74,4	0	0

$$A_{cp} = \frac{3}{2} * 0.0289 = 0.0433 \text{ m}^2$$

$$P_{cp} = 2 * (0.0005 + 0.17) = 0.35 \text{ m}$$

$$T_{th} = 0.0833\lambda\sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{th} = 0.0833\lambda\sqrt{21.74} \left(\frac{0.0433}{0.35} \right)$$

$$T_{th} = 0.206 \text{ t.m}$$

$$T_u < \Phi T_{th}$$

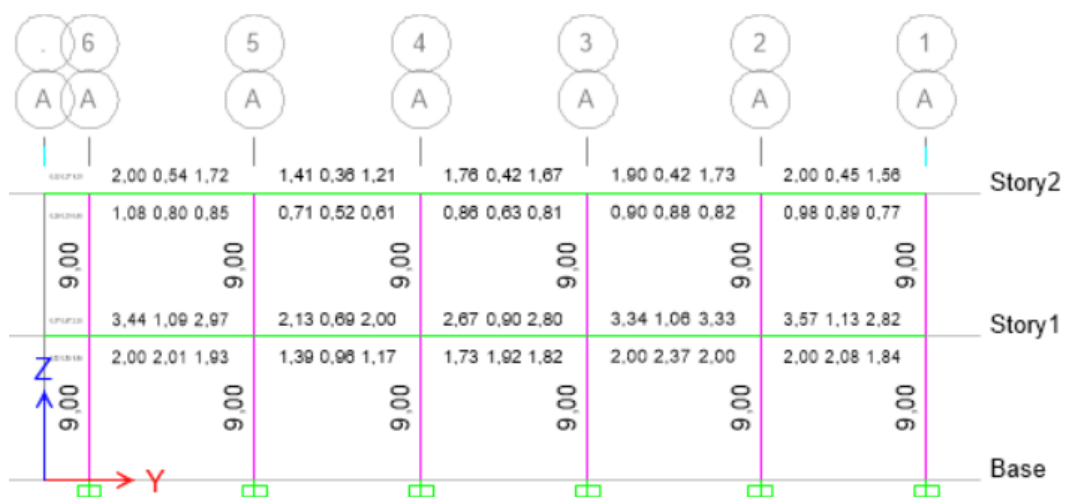
$$0,0014 \text{ t.m} < 0.206 \text{ t.m CUMPLE//}$$

Comprobamos que los resultados son casi similares a los que indica el programa de análisis estructural, por lo que no se requiere armadura ya que los efectos de torsión se desprecian.

4.7.3. Elementos en flexo – compresión.

Para el diseño de la columna se lo realizara en el pórtico 3, eje E tal como se puede observar en la figura 34.

Figura 14 Elevación de la columna analizada.



Características de la columna:

- Resistencia a la compresión del hormigón = 217.4 kg/cm²
- Dimensiones= 30x30 cm

- Esfuerzo de la fluencia del acero = 4200 kg/cm²
- Altura de entrepiso = 3.00m

4.7.3.1. Diseño de la sección de columna.

Tabla 45 Cargas ultimas proporcionadas por el programa Etabs

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)														
Story1	C13	25	COL 30x30CM CON HORM. DE CAÑA	1.2D+L+Sy _d	290	320														
Section Properties																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>b (cm)</th> <th>h (cm)</th> <th>dc (cm)</th> <th>Cover (Torsion) (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>30</td> <td>5,6</td> <td>2,7</td> </tr> </tbody> </table>							b (cm)	h (cm)	dc (cm)	Cover (Torsion) (cm)	30	30	5,6	2,7						
b (cm)	h (cm)	dc (cm)	Cover (Torsion) (cm)																	
30	30	5,6	2,7																	
Material Properties																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>E_c (kgf/cm²)</th> <th>f'_c (kgf/cm²)</th> <th>Lt.Wt Factor (Unitless)</th> <th>f_y (kgf/cm²)</th> <th>f_{ys} (kgf/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>222641,8</td> <td>240</td> <td>1</td> <td>4218,42</td> <td>4218,42</td> </tr> </tbody> </table>							E _c (kgf/cm ²)	f' _c (kgf/cm ²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (kgf/cm ²)	f _{ys} (kgf/cm ²)	222641,8	240	1	4218,42	4218,42				
E _c (kgf/cm ²)	f' _c (kgf/cm ²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (kgf/cm ²)	f _{ys} (kgf/cm ²)																
222641,8	240	1	4218,42	4218,42																
Axial Force and Biaxial Moment Design For P_u , M_{u2} , M_{u3}																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Design P_u tonf</th> <th>Design M_{u2} tonf-m</th> <th>Design M_{u3} tonf-m</th> <th>Minimum M2 tonf-m</th> <th>Minimum M3 tonf-m</th> <th>Rebar Area cm²</th> <th>Rebar %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15,1818</td> <td>-1,034</td> <td>6,7767</td> <td>0,368</td> <td>0,368</td> <td>16,11</td> <td>1,79</td> </tr> </tbody> </table>							Design P _u tonf	Design M _{u2} tonf-m	Design M _{u3} tonf-m	Minimum M2 tonf-m	Minimum M3 tonf-m	Rebar Area cm ²	Rebar %	15,1818	-1,034	6,7767	0,368	0,368	16,11	1,79
Design P _u tonf	Design M _{u2} tonf-m	Design M _{u3} tonf-m	Minimum M2 tonf-m	Minimum M3 tonf-m	Rebar Area cm ²	Rebar %														
15,1818	-1,034	6,7767	0,368	0,368	16,11	1,79														

$$M_{2 \min} = Pu * (15 + 0.03 * h)$$

$$M_{2 \min} = 15.18 \text{ ton} * 10^3 * (15 + 0.03 * 30 \text{ cm}) = 364.3 \text{ ton} * m$$

Estos resultados son parecidos a los momentos arrojados por el programa con lo que se comprueba que está correcto.

4.7.3.2. Diseño a flexo - compresión.

El programa Etabs reporta los siguientes valores de acero de refuerzo longitudinal en centímetros cuadrados las cuantías de refuerzo en vigas y columnas como se observa en las gráficas.

Figura 15 Resultados del análisis estructural para diseño a flexo-compresión.

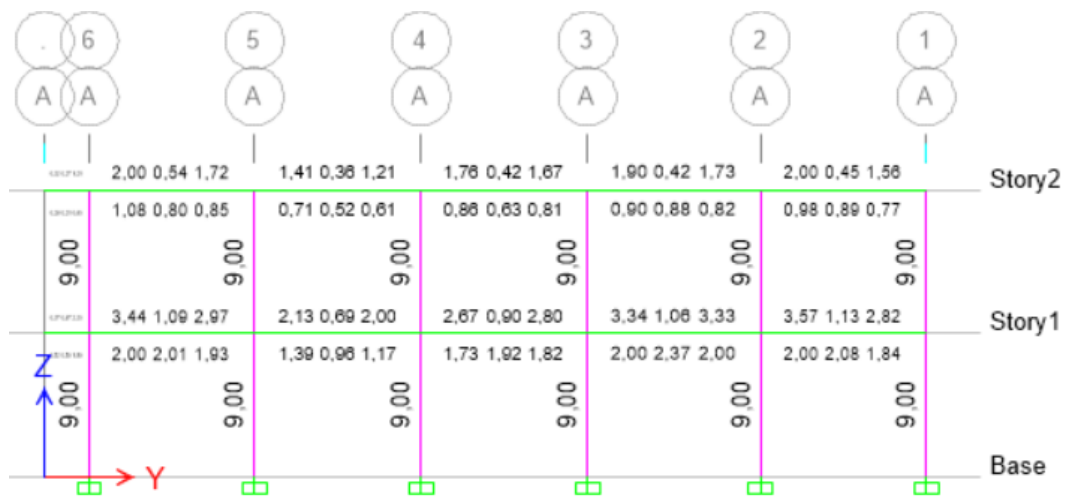
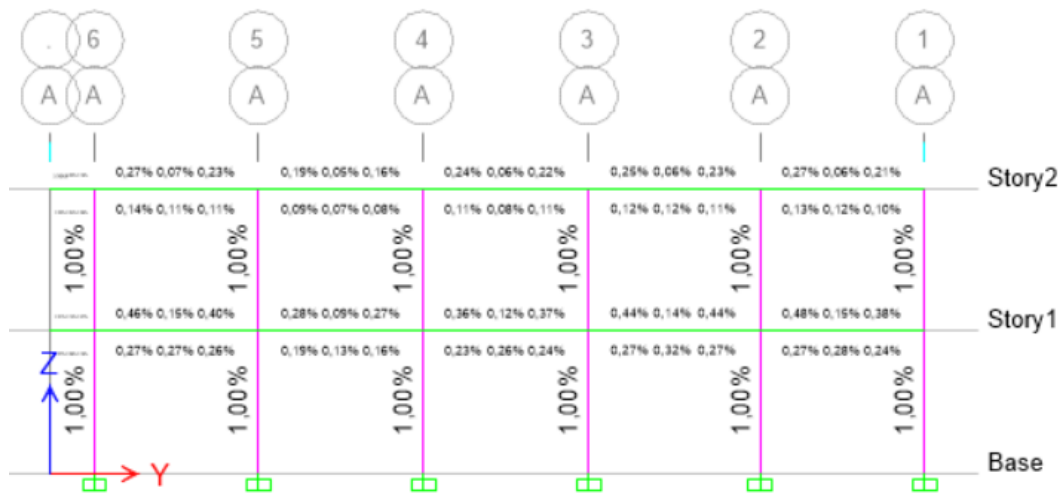


Figura 16 Resultados del análisis estructural para diseño a Flexo – Compresión (Cuantía requerida).



4.7.3.3. Diseño de columnas.

Se calcula la eficiencia de las columnas para las cargas aplicadas.

$$eff = \frac{13.2 \text{ ton} * m}{15.67 \text{ ton} * m} = 0.84 = 84\%$$

Cuantía de refuerzo según la (NEC-SE-HM, 2015)

$$0.01 \leq \frac{As}{b * h} \leq 0.03$$

$$0.01 \leq \frac{9 \text{ cm}^2}{30 * 30} \leq 0.03$$

$$0.01 \leq 0.01 \leq 0.03 \text{ CUMPLE///}$$

4.7.3.4. Diseño de columna considerando efectos de esbeltez.

Para este cálculo se toma como base la ecuación de Euler. El método analiza 2 casos: columnas arriostradas contra el desplazamiento lateral y no arriostradas contra el desplazamiento lateral.

Verificación de Esbeltez

$$\frac{K * Lu}{r} < 22 \text{ (Portico no arriostrado)}$$

$$\frac{K * Lu}{r} = \frac{1.5(300\text{cm} - 0.5 * (30\text{cm}))}{0.3 * 30} = 47.5$$

47.5 > 22: se debe revisar los efectos de esbeltez

4.7.3.5. Chequeo columna fuerte – viga débil.

Se revisa la capacidad de las columnas que llegan al nudo, sean mayor que 1,20 veces la capacidad de viga.

Figura 17 Revisión de capacidad de Columna / Capacidad de Viga

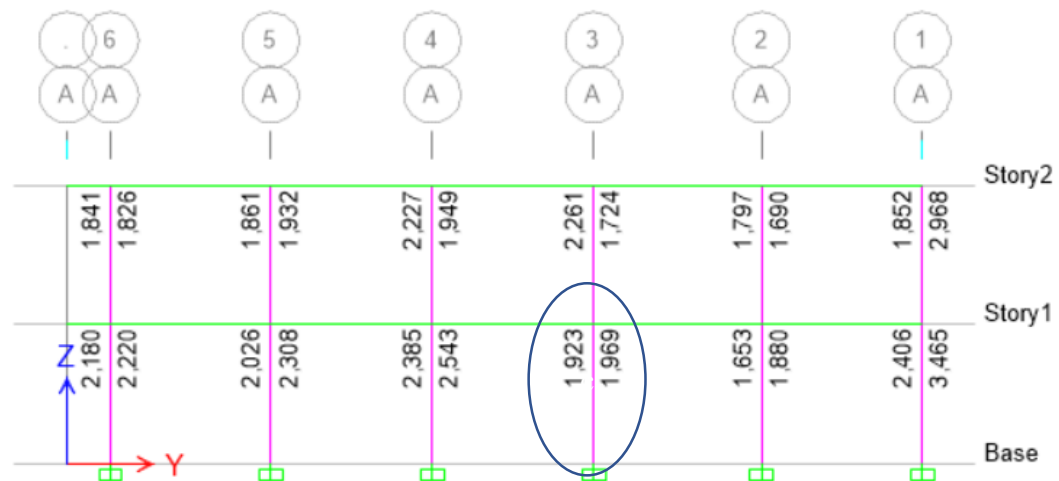
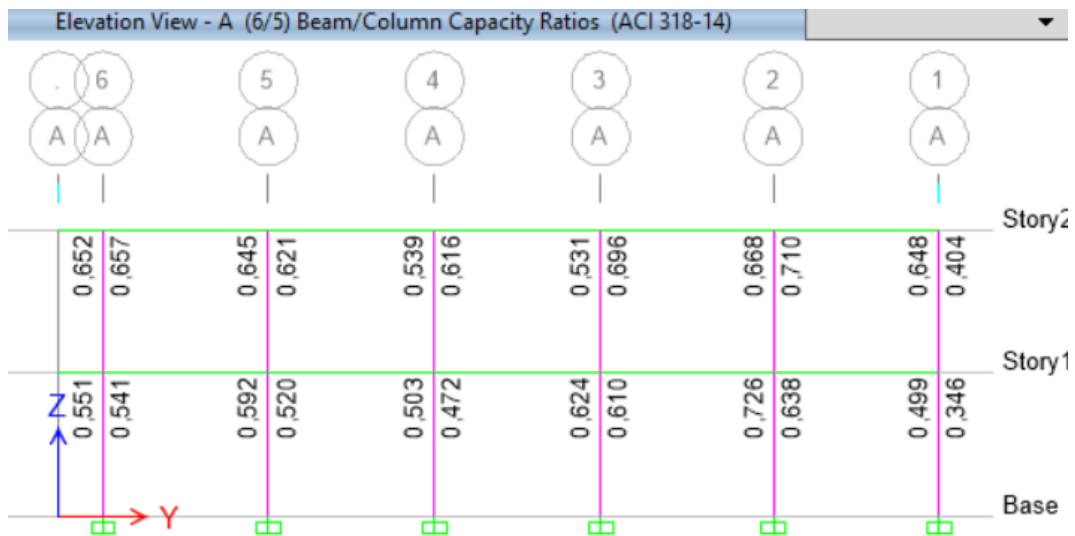


Figura 18 Capacidad de viga/ Capacidad de Columna



$$1) \frac{\text{Capacidad de Columna}}{\text{Capacidad de Viga}} \geq 1.20$$

$$1.923 \geq 1.20$$

$$\frac{1.20}{1.923} \leq 1.20$$

$$0.624 \leq 1.20$$

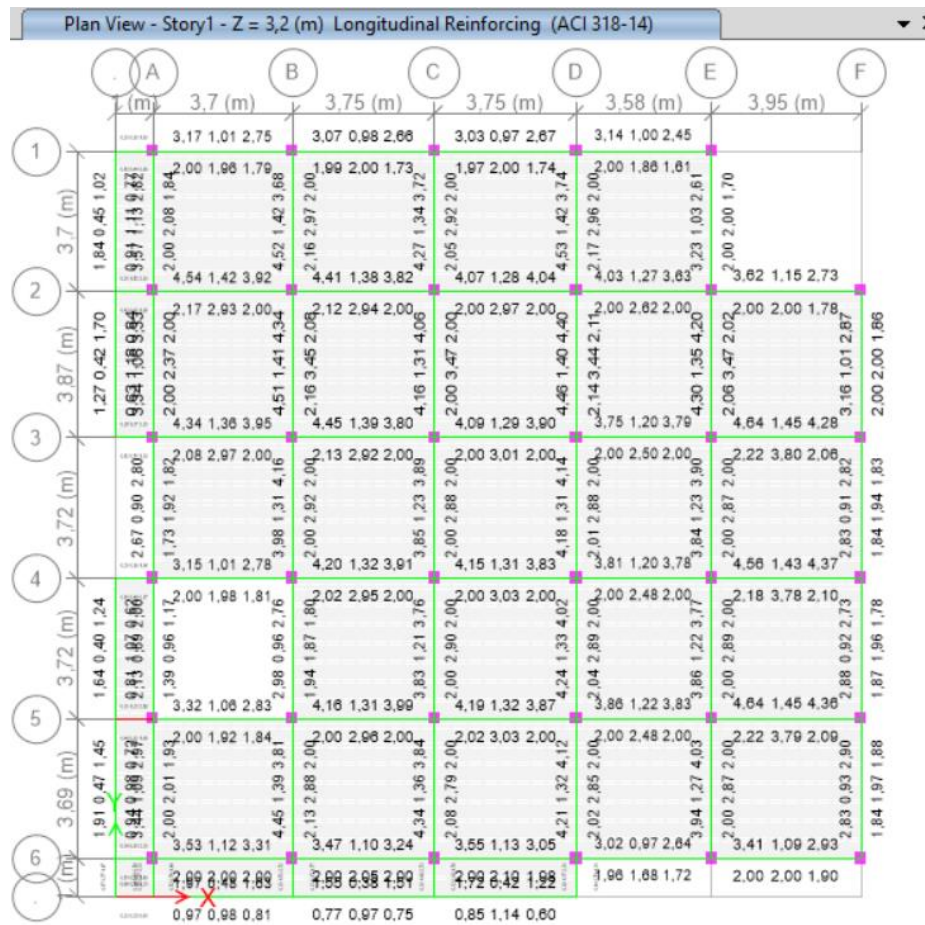
$$2) \frac{\text{Capacidad de Viga}}{\text{Capacidad de Columna}} = 0.624$$

$$\frac{\text{Capacidad de Columna}}{\text{Capacidad de Viga}} = \frac{1.2}{0.624}$$

$$\frac{\text{Capacidad de Columna}}{\text{Capacidad de Viga}} = 1.92 \geq 1.20$$

Para esto se chequea el área de acero de refuerzo de los extremos de las vigas que concurren al nudo. Como se muestra en la figura 18.

Figura 19 Planta analizada



Se calcula el momento probable en el sentido x para las vigas que concurren el nudo. Para el cálculo se considera los refuerzos superior e inferior calculados por el programa.

$$M_p = \frac{1.25 * A_s \pm f_y * (d - \frac{a}{2})}{1.02} * 10^6 (N * m)$$

Refuerzo superior

$$a = \frac{A_s * \alpha * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$$a = \frac{4.45 * 1.25 * 420}{0.85 * 21.7 * 30} = 4.22 \text{ cm}$$

$$M_p = \frac{1.25 * 4.45 \pm 420 * (0.26 - \frac{0.042}{2})}{1.02} * 10^6 (N * m)$$

$$M_p = 5.69 \text{ t * m}$$

$$M_{pn} = 4.55 \text{ t} * \text{m}$$

Refuerzo interior

$$a = \frac{2.92 * 1.25 * 420}{0.85 * 21.7 * 30} = 2.77 \text{ cm}$$

$$M_p = \frac{1.25 * 2.97 \pm 420 * (0.26 - \frac{0.0277}{2})}{1.02} * 10^6 \text{ (N * m)}$$

$$M_p = 3.92 \text{ t} * \text{m}$$

$$M_{pn} = 3.13 \text{ t} * \text{m}$$

$$\sum Mv = 7.68 \text{ t} * \text{m}$$

Columna Superior

$$P_{\text{peso propio}} = 15.8 \text{ ton}$$

$$P_{\text{muerta}} = 36.7 \text{ ton}$$

$$P_{\text{sismo}} = 0.88 \text{ ton}$$

$$P_n = (15.8 + 36.7 - 0.88) = 51.62 \text{ ton}$$

$$K_{n \text{ max}} = \frac{P_n}{f'c * A_g} = \frac{51.62 * 1000}{217.4 * (30 * 30) \text{ cm}^2} = 0.26$$

$$K_{n \text{ max}} = \frac{P_n \text{ max}}{f'c * A_g} = 0.26 \rightarrow R_{n \text{ max}} = \frac{M_n \text{ max}}{f'c * A_g * h} = 0.145$$

Los valores de Rn Max se sacan del diagrama de interacción nominal ver figura 40.

Se calcula el momento máximo probable

$$M_{n \text{ max}} = 0.145 * 217.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * (30 * 30 * 30) \text{ cm}^3 * 10^{-5} = 8.5 \text{ t} * \text{m}$$

Columna interior

$$P_p = 28.2 \text{ ton}$$

$$P_{\text{muerta}} = 45.7 \text{ ton}$$

$$P_{\text{sismo}} = 1.23 \text{ ton}$$

$$P_n = (28.2 + 45.7 - 1.23) = 72.67 \text{ ton}$$

$$K_{n \max} = \frac{P_n}{f'c * A_g} = \frac{72.67 * 1000}{217.4 * (30 * 30) \text{cm}^2} = 0.37$$

$$K_{n \max} = \frac{P_n \max}{f'c * A_g} = 0.37 \rightarrow R_{n \max} = \frac{M_n \max}{f'c * A_g * h} = 0.155$$

Se calcula el momento máximo probable

$$M_{n \max} = 0.155 * 217.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * (30 * 30 * 30) \text{cm}^3 * 10^{-5} = 9.1 \text{ t} * \text{m}$$

$$\sum M_c = 6.98 \text{ t} * \text{m}$$

Verificación de comportamiento columna fuerte – viga débil.

$$\sum M_c \geq \frac{6}{5} * \sum M_v$$

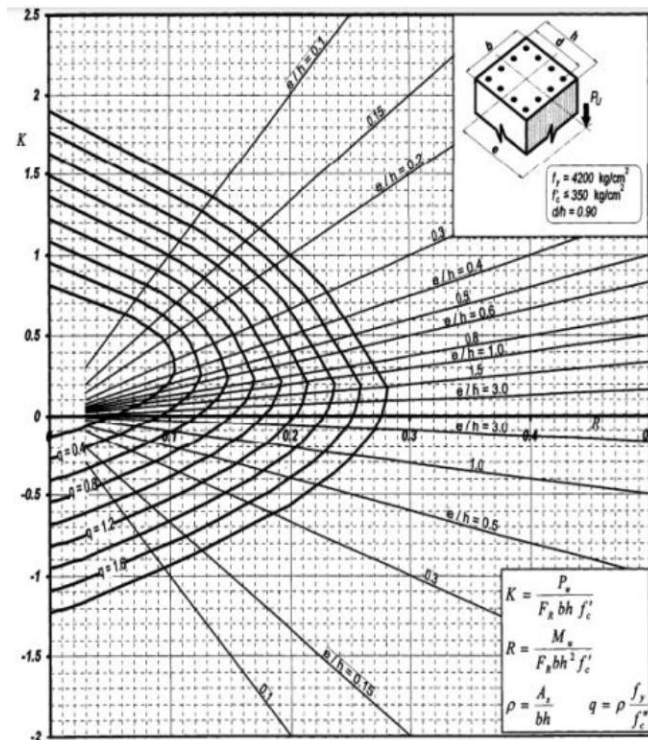
$$\frac{\sum M_c}{\sum M_v} \geq 1.2$$

$$\frac{\sum 17.6}{\sum 7.607} \geq 1.2$$

$$2.31 \geq 1.2$$

Con esta comprobación cumple la condición columna fuerte – viga débil

Figura 20 Diagrama de Interacción para diseño de columnas $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, $f'c < 350 \text{ kg/cm}^2$ y $d/h = 0.9$



Fuente: Tomado de Oscar M. González Cuevas (2005)

4.7.3.6. Diseño de zapatas.

Datos:

PD	15.10 Ton	Mx	0.055 Ton -m	My	0.094 Ton-m
PL	6.95 Ton	Mx	0.0098 Ton-m	My	0.0482 Ton-m

- Sobrecarga: 220 kg/m²
- Peso Promedio del concreto y suelo: 1500 kg/m³
- Esfuerzo admisible del suelo: 20 Ton/ m²
- Dimensiones de las columnas: 30 x 30 cm : 8 ø 12 mm
- Df: 1,50 m
- Fy concreto: 2400 kg/m³

Dimensionamiento en planta

$$qn = \sigma_{adm} - (\text{sobrecarga} + Df + \text{peso suelo y cemento})$$

$$qn = 20 \text{ Ton/m}^2 - \left(\frac{0.22 \text{ Ton}}{\text{m}^2} + 1.5 \text{ m} + 1,5 \text{ Ton/m}^3 \right)$$

$$qn = 16.78 \text{ Ton/m}^2$$

$$P = 15.10 + 6.95 = 22.05 \text{ Ton}$$

$$M_x = 0.055 + 0.0098 = 0.0648 \text{ Ton} - m$$

$$M_y = 0.094 + 0.0482 = 0.1422 \text{ Ton} - m$$

$$\sigma_{max.min} = \frac{P}{L^2} + \frac{6M}{L^3} + \frac{6M}{L^3}$$

$$\sigma_{max.min} = \frac{22.05 \text{ Ton}}{L^2} + \frac{6(0.0648 \text{ Ton} - m)}{L^3} + \frac{6(0.1422 \text{ ton} - m)}{L^3}$$

$$\leq 16.78 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{max.} = \frac{22.05 \text{ Ton}}{L^2} + \frac{0.3888}{L^3} + \frac{0.8532}{L^3} \leq 16.78 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{max} = \frac{22.05 \text{ Ton}}{L^2} + \frac{1.242}{L^3} \leq 16.78 \text{ Ton/m}^2$$

$$16.78 L^3 - 22.05L + 1.242 = 0$$

Se resuelve la ecuación por método de Newton Raphson.

$$X_{n+1} = X_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

$$f(x) = 16.78 L^3 - 22.05L + 1.242$$

$$f'(x) = 50.34 L^2 - 22.05$$

$$L = 1.10 \text{ m}$$

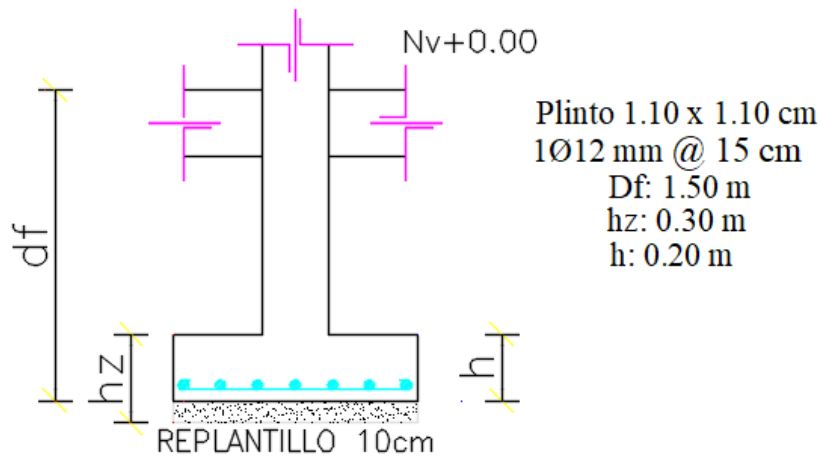
Dimensión de Zapata: 1.10 x 1.10 m

Cálculo de espesor de zapata.

$$hz = 25 \text{ db}$$

$$hz = 25 (1.131) = 28.28 \text{ cm}$$

$$hz = 30 \text{ cm}$$



Cálculo de presión de diseño.

$$\mu = 1.2D + 1.6L$$

$$Pu = 1.2(15.08) + 1.6(6.95) = 29.22 \text{ Ton}$$

$$Mux = 1.2(0.055) + 1.6(0.0098) = 0.082 \text{ Ton.m}$$

$$Muy = 1.2(0.094) + 1.6(0.048) = 0.189 \text{ Ton.m}$$

$$\sigma_{max} = \frac{P}{L^2} + \frac{6My}{L^3} + \frac{6Mx}{L^3}$$

$$\sigma_u = \frac{22.05}{(1.10)^2} + \frac{6(0.1422)}{(1.10)^3} + \frac{6(0.0648)}{(1.10)^3}$$

$$\sigma_u = 18.22 \pm 0.64 \pm 0.29$$

Cargas de presión en extremos de zapata

$$\sigma_{uA} = 18.22 - 0.64 + 0.29 = 17.87 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{uB} = 18.22 + 0.64 + 0.29 = 19.15 \text{ Ton/m}^2$$

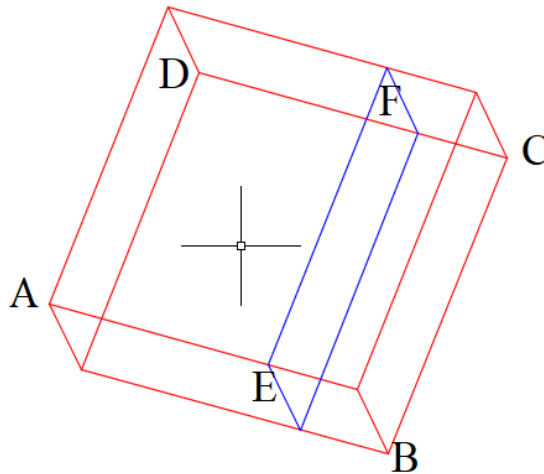
$$\sigma_{uC} = 18.22 + 0.64 - 0.29 = 18.57 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{uD} = 18.22 - 0.64 - 0.29 = 17.29 \text{ Ton/m}^2$$

$$\frac{1.10 - 0.20}{2} - 0.20 = 0.25$$

$$\sigma_{UE} = 17.87 + \left(\frac{19.15 - 17.87}{1.10} \right) (1.10 - 0.20) = 18.91 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{UF} = 17.29 + \left(\frac{18.57 - 17.29}{1.10} \right) (1.10 - 0.20) = 18.33 \text{ Ton/m}^2$$



Revisando por cortante.

$$V_{ud} = qo \text{ prom.} * b * (L - d)$$

$$V_{ud} = \frac{19.15 + 18.57 + 18.91 + 18.33}{4} * 1.10 * 0.20$$

$$V_{ud} = 4.12 \text{ Ton}$$

$$\phi V_c = \frac{0.85 * 0.53 \sqrt{217.4} * 110 * 30}{1000} = 21.91 \text{ Ton}$$

$$\phi V_c \geq V_{ud}$$

$$21.91 \text{ Ton} \geq 4.12 \text{ Ton} \text{ CUMPLE//}$$

Punzonamiento

$$\sigma = \frac{Pu}{B^2} \pm \frac{Muyx}{Iy} \pm \frac{Muxy}{Ix}$$

$$\sigma = \frac{29.22}{1.10^2} \pm \frac{0.082}{0.12} \pm \frac{0.189}{0.12}$$

$$I_x = I_y = \frac{(1.10)(1.10)^3}{12} = 0.12 \text{ m}^4$$

$$\sigma_u = 24.15 \pm 0.68x \pm 1.575y$$

$$\sigma_{uG} = 24.15 - 0.68(0.30) + 1.575(0.30) = 24.42 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{uH} = 24.15 + 0.68(0.30) + 1.575(0.30) = 24.83 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{uI} = 24.15 + 0.68(0.30) - 1.575(0.30) = 23.88 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{uJ} = 24.15 - 0.68(0.30) - 1.575(0.30) = 23.47 \text{ Ton/m}^2$$

$$V_{ud} = qo \text{ prom.} * \text{area a punzonar}$$

$$V_{ud} = \frac{24.42 + 24.83 + 23.88 + 23.47}{4} * 0.70 * 0.70 =$$

$$V_{ud} = 11.83 \text{ Ton}$$

$$Vu = Pu - qu = 29.22 - 11.83 = 17.39 \text{ Ton}$$

$$bo = 4 * 0.70 = 280 \text{ cm}^2$$

$$\phi Vc = \frac{0.85(1.06\sqrt{217.4} * 280 * 20)}{1000} = 74.39 \text{ Ton}$$

$$\phi Vc \geq Vud$$

$$74.39 \text{ Ton} \geq 11.83 \text{ Ton CUMPLE//}$$

4.7.4 Resultados del programa ETABS.

4.7.4.1. Chequeo de torsión en la estructura.

Se verifica las relaciones de masas modales para corroborar que no exista más torsión de la permitida, esta no debe pasar más del 30%. Lo cual cumple tal como se observa en la tabla 47.

Tabla 46 Relaciones de masa modales participantes.

Case	Period	UX	UY	RZ
	sec			
Modal	0.43	0.8374	0.0135	0.0162
Modal	0.425	0.0165	0.8486	0.011

Modal	0.385	0.0123	0.0122	0.8661
Modal	0.169	0.1317	0.000009483	0.0019
Modal	0.165	0.00002986	0.1255	0.0001
Modal	0.145	0.0021	0.0002	0.1047
Modal	0.053	0	0	0
Modal	0.042	0.000003034	0.000001197	0
Modal	0.04	5.962E-07	0.000001771	0.000001289
Modal	0.029	0	0	0
Modal	0.028	0	0	0

Nota: Datos obtenidos del programa Etabs 2018

Tabla 47 Resultados de torsión.

Mode	UX	UY	RZ	RZ/Max (Ux,Uy) < 30%	No hay torsión en planta
1	0.8374	0.0135	0.0162	1.93	ok
2	0.0165	0.8486	0.011	1.29	ok

Nota: Datos obtenidos del programa Etabs 2018

4.7.4.2. Chequeo de derivas.

La NEC-SE-DS establece que las derivas de piso no deben ser mayores al 2%, lo cual cumple y se puede verificar con los valores de la siguiente tabla.

Tabla 48 Chequeo de las derivas de piso.

DERIVAS	ELÁSTICO	inelástico	Observ.
SX	0,001469	0,008	OK
SY	0,001342	0,008	OK

$$Deriva\ inelastica = 0,75 * R * D.Elastic. < 0,02$$

$$Deriva\ inelastica = 0,75 * 8 * 0,001469 < 0,02$$

$$0,008 \leq 0,02 \quad OK$$

$$Deriva\ inelastica = 0,75 * R * D.Elastic. < 0,02$$

$$Deriva\ inelastica = 0,75 * 8 * 0,001342 < 0,02$$

$$0,008 \leq 0,02 \quad OK$$

4.7.4.3. Chequeo de cortante basal.

En las siguientes tablas se observa los valores obtenidos del cortante basal del programa Etabs tanto del eje sísmico en X y Y. Las cuales cumplen con la relación cortante basal dinámico versus estático deben ser mayor al 80 %.

Tabla 49 Resultados de cortante basal.

		V Dinámico/ V Estático	≥80%
SX	40407,08	87%	OK
ESPECTRO X	35193.6		
		V Dinámico/ V Estático	≥80%
SY	40407,08	88%	OK
ESPECTRO Y	35503,30		

4.8. Discusión de resultados

Para Salazar P. Jean Carlos (2021) los resultados que expone en sus análisis determinaron mediante el ensayo a la compresión las resistencias obtenidas a las edades de 7, 14, 21 y 28 días de la muestra patrón con hormigón de resistencia $f_c=239.82\text{kg/cm}^2$, y de las mezclas con adición del 5%, 10% y 15% de fibra de caña brava. Para el 5% de fibra de caña a los 28 días se obtuvo una resistencia de $f_c=242.69\text{kg/cm}^2$ mucho mayor a la del hormigón convencional, mientras para el 10% de fibra de caña se obtuvo una resistencia a los 28 días de curado de $f_c=244.91\text{kg/cm}^2$, culminando con el 15% de fibra de caña se logró alcanzar la resistencia de $f_c=247.88\text{ kg/cm}^2$ siendo esta la resistencia más alta del diseño de mezcla de hormigón.

Teniendo el modelo estructural aporticada en el software ETABS se procederá al análisis estático y dinámico de la estructura del centro de desarrollo comunitario para la comuna Sinchal. Posteriormente se corre el programa para verificar los desplazamientos laterales, torsiones y derivas en cumpliendo con las normas.

Finalmente se realizó los chequeos globales donde nos encontramos con la novedad de que existían torsiones y derivas, por ser una estructura irregular en la segunda planta donde existen columnas que no tienen continuidad, ya que esta también brindara el servicio de salón de eventos. Pero luego se analizó la estructura en el programa cambiando ciertos paramentos y secciones de columnas de 25x25cm a

columnas de 30x30cm, esto también tomando en cuenta el módulo de elasticidad de la mezcla de hormigón planteado con fibra de caña.

Aunque las resistencia a compresión de nuestras muestras con fibra de caña brava dieron resultados muy similares con relación al hormigón patrón de la investigación de “DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO PARA LA COMUNA SINCHAL, PARROQUIA MANGLARALTO, CON UN HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR LA FIBRA DE CAÑA BRAVA APLICANDO LA NEC-2015”, esto hace que el uso de los materiales que van hacer desechados puede ayudar a la sustentabilidad en las técnicas constructivas, eso va a evitar de alguna manera el alto índice de explotación de canteras o ríos que exciten en el Ecuador, cuidando así el medio ambiente para prevenir inundaciones a futuros.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Luego de obtener los resultados del agregado grueso y fino para la elaboración del hormigón se obtuvieron los siguientes resultados: módulo de finura de 2.43 mm para la arena y 4.64 mm para la piedra. Así mismo se obtuvo el porcentaje de absorción de 2.40 para la arena y 1.67 de la piedra, con estos datos certificamos que son óptimos para el diseño del hormigón.

- Realizando el análisis técnico comparativo de los ensayos a compresión realizados a las muestras de hormigón con fibra de caña se concluye que, la sustitución del 25% de fibra reducen su resistencia por lo que estas alcanzan resistencias similares a la del diseño, obteniendo así beneficios mecánico y una resistencia de 213,94 kg/cm² a los 28 días de curado.

- De todas las muestras realizadas y ensayadas en la máquina de compresión se concluye que los resultados son similares frente a los cilindros convencionales, demostrando que las fibras reaccionan poco inadecuado a cargas aplicadas, concluyendo así también la parte técnica-económica que ambos diseños de mezclas de hormigón convencional con el de fibra de caña brava, tendrá precios unitarios similares en base a la sustitución del 25% de fibra de caña brava como agregado fino.

- En el análisis estructural del Centro de Desarrollo Comunitario para comuna Sinchal se determina mediante el software ETABS 2018 en base a los requerimientos establecidos de la norma NEC-2015, presento resultados donde se concluyen que los chequeos globales tales como derivas que cumplieron menor al 2% en sus dirección X y dirección Y como lo establece la norma garantizando que la estructura sea suficientemente rígida, la

estructura de hormigón armado con mezcla de hormigón con fibra de caña no presenta grandes esfuerzos horizontales por ende no existen torsión.

- El diseño estructural con hormigón de resistencia alcanzada de 213.94 kg/cm², muestra las siguientes características tales como altura entre piso de 3 m, se diseñan columnas de 30x30 cm con 8 varillas de 12 mm y estribos de 10mm cada 10 cm en la zona de confinamiento y cada 15 cm en la zona central. Además de Vigas peraltadas de 25x30 cm con un armado de hierro de 3 varillas superiores de 12 mm y 2 varillas de 12 mm más una de 10 mm en el inferior de la viga con estribos de 10 mm cada 10 cm en la zona de confinamiento y cada 15 cm en la zona central.

5.2. RECOMENDACIONES

- Investigar diferentes tipos de fibras para encontrar nuevas técnicas de aplicar de un hormigón tradicional y buscar alternativas de curado de los cilindros con fibra de caña para mejorar la resistencia del hormigón para construcciones que lo requieran, debido a que las fibras de caña tiene alto porcentaje de absorción y así mismo contiene mucha humedad, esto hace que la fibra pierda sus propiedades y reaccione de manera poco inadecuada en la mezcla.
- Al incluir la fibra de caña en la mezcla de hormigón se recomienda dejar durante varios minutos en la concreteira, para poder asegurar que está quede bien mezclada y tener mayor adherencia entre las partículas alcanzando eficientes propiedades físicas y mecánicas, de tal manera que la mezcla de hormigón obtenga mejores o similares resistencia.
- Así mismo, se recomienda dar más seguimiento a estas nuevas técnicas constructivas, aprovechando este recurso natural como es la fibra de caña

brava que por razones de conocimiento técnicos investigativos este material se desprecia en los centros de acopios que tiene la zona norte de la provincia de Santa Elena, evitando así también el alto índice de explotación de canteras y ríos donde se obtiene el agregado fino como la arena.

- Para los controles y diseño de los elementos estructurales del proyecto se toma en cuenta las especificaciones técnicas de las normas establecidas por la NEC-2015, esto con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de ductilidad, durabilidad y seguridad de vida de los ocupantes que desempeñaran actividades en el centro de desarrollo comunitario de Sinchal.
- Se puede evitar que las estructuras cuenten con volados excesivos, esto a que pueden ocasionar que la edificación presente su punto de excentricidad y posteriormente esto haga que el centro de masa actúe de manera incorrecta, puesto a que existan torsiones en la estructura diseñada, a su vez las derivas no deben exceder el 2% esto hace que la capacidad portante de la estructura sea dúctil por muchas ocasiones.
- Así mismo se debe modelar de manera correcta los elementos dentro del programa ETABS, para luego extraer datos que ayuden al correcto diseño de los elementos estructurales (vigas, columnas, nudos) en base a los momentos últimos y cargas puntuales que arroja el programa, si en tal caso estos datos son erróneos se debe corregir los elementos dentro del programa, o verificar las propiedades de los elementos y módulo de elasticidad del hormigón.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACI 209R. (s.f.). Predicción de efectos de fluencia, contracción y temperatura en estructuras de hormigón.
2. ACI 211. (s.f.). Diseño de mezclas de Concreto.
3. ACI 318-19. (s.f.). Instituto Americano del Concreto.
4. ACI 544.5R-10. (2010). Informe sobre las propiedades físicas y la durabilidad del hormigón reforzado con fibra. EE.UU.
5. ACI 544-1R. (2009). Informe sobre hormigón armado de fibra.
6. ACI-308. (1992). Práctica estándar para el curado del concreto.
7. Aldea, CM. (2000). Permeabilidad de compuestos a base de cemento reforzado con fibra de alto rendimiento agrietados. Francia.
8. Bambusa. (2015). Características de la caña guadua angustifolia.
9. BECOSAN. (19 de Junio de 2020). BECOSAN, Concrete Floors-Made Better. Obtenido de <https://www.becosan.com/es/concreto-reforzado/>
10. Bejarano, D. (2019). Estudio de la Resistencia Mecánica del Concreto Reforzado con Fibras de Guadua Angustifolia KUNT. BOGOTÁ.
11. Carrier, R. E. (1978). Curing Materials, capítulo 44 de significance of Test and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials, ASTM STP169B.
12. Carrión, L. (2020). Hormigón reforzado con fibra natural de caña de azúcar y su resistencia a la compresión . Machala.
13. CivilMac. (29 de enero de 2016). CivilMac Ingenieria Civil y Arquitectura. Obtenido de <https://www.civilmac.com/construccion/resistencia-a-la-compresion-del-concreto/>
14. Comisión Nacional Forestal . (s.f.). Manual para la construcción sustentable con bambú. México.
15. Correa, A. (2017). Hormigón reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar aplicado como baldosa. Loja.
16. Dejke, V. and R. Tepfers. (2001). Durability and service life prediction of GFRP for concrete reinforcement. Proc., 5th Int. conf.on Fiber-Reinforced Plastics for Reinforced Concrete Structures.
17. Encalada, J. (2016). Modelo de panel prefabricado en guadúa, aplicado a la industrialización de la construcción, para divisiones verticales. Cuenca.

18. Flores, H. (2021). Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto. Chiclayo, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Facultad de Ingeniería.
19. Gagg, C. (2014). Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis. *Engineering Failure Analysis*.
20. Gokce, A. Nagataki, S. Hisada, M. (2004). Freezing and thawing resistance of air-entrained concrete incorporating recycled coarse aggregate: The role of air content in demolished concrete. *Cement and Concrete Research* 34; 799-806.
21. ICPA. (s.f.). Adiciones Minerales. Instituto del Cemento Portland Argentino, Buenos Aires.
22. IMCYC. (2006). Pruebas de resistencia a la compresión del concreto. México: Construcción y Tecnología.
23. INEC. (2010). Instituto Nacional de Estadísticas y Censo.
24. Lárraga Sánchez. (2011). Propagación vegetativa de tres especies de bambú. México: Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable.
25. Londoño, X. (2001). Evaluation of Bamboo Resource in Latin America. . Bamboo Rattan Instituto Vallecaucano de Investigación Científicas.
26. Merino, H. (2015). Estudio de la relación entre las anomalías magnéticas terrestres y los tipos de alteración hidrotermales presentes en la concesión minera de "caña brava". Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
27. Miranda, M., Arias-Gómez, J., & Villacis-Keever, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. Mexico: Revista Alergia.
28. Mora, L. (1992). Latillas de Bambú y carrizo como elemento resistente a la tracción en columnas de materiales tradicionales, orientado a la búsqueda de alternativas para la construcción de una vivienda económica.
29. Narváez Chamorro Luis Sebastián. (2013). Desarrollo de losas con caña de Guadúa Angustifolia y Análisis comparativo estructural y económico con los sistemas de losas tradicionales utilizados en nuestro medio. Sangolquí.
30. NEC . (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
31. NEC. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Quito.
32. NEC-SE- VIVIENDA. (2015). Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m.
33. NEC-SE-CG. (2015). NEC-SE-CG-CARGAS (NO SISMICAS). QUITO.

34. NEC-SE-DS. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción - Peligro Sísmico. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
35. NEC-SE-GC. (2015). Geotécnica y Cimentaciones. Ecuador.
36. NEC-SE-GUADÚA. (2016). ESTRUCTURAS DE GUADÚA. QUITO: MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA.
37. NEC-SE-HM. (2015). Estructuras de Hormigón Armado. Ecuador.
38. ONU. (7 de mayo de 2019). Noticias ONU. Obtenido de La explotación insostenible de arena destruye ríos y mares.:
<https://news.un.org/es/story/2019/05/1455611>
39. Ordoñez, V. (2013). Manual para la construcción sustentable con bambú. México: SEMARNAT.
40. Otzen, J., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio.
41. Quintero, A. (2014). Diseño de mezclas de hormigón por el método ACI y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión. Universidad Santo Tomás. Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá D.C.
42. Rodgers, L. (2018). "El emisor masivo de CO₂ que quizás no conozcas". Obtenido de Noticias de la BBC: <https://www.bbc.com/new/science-environment-46455844>
43. Salazar J, Tomalá M. (2021). Análisis comparativo de las resistencias a la compresión del concreto, utilizando hormigón de ($f'c=210$ kg/cm²) y un diseño de fibras de caña brava al 5%, 10% y 15% utilizando ACI 211:1". Ecuador.
44. Salazar, J. & Tomalá, M. (2021). Análisis comparativo de las resistencias a la compresión del concreto, utilizando Hormigón de ($f'c=210$ kg/cm²) y un diseño de fibras de caña brava al 5%, al 10% y 15% utilizando ACI 211:1". La Libertad.
45. SIKA. (2014). Concreto Reforzado con Fibras.
46. Tangarife, O. & Silva, C. (2019). Determinación de la resistencia a compresión del concreto (3000 psi) modificado con material de cambio de fase orgánico. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23900/1/Determinacion%20de%2>
47. Telégrafo. (2016). La caña guadua, un material que puede proteger vidas. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/1/la-cana-gadua-unmaterial-que-puede-protoger-vidas>

48. Abreu, J. (2012). Hipótesis, Método & Diseño de Investigación. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 7(2), 187–197.
49. ARIANA, Y. T. C. J. L. R. J. (2015). Universidad estatal península de santa elena. In Repositorio DSPACE (Issue “PLAN DE COMERCIALIZACIÓN PARA LA LÍNEA DE PRODUCTOS A BASE DE TAGUA DE LA COMUNA DOS MANGAS, PARROQUIA MANGLARALTO, CANTÓN SANTA ELENA, 2013”).
50. Carrión, L., Ordoñez, J., Duran, J., & Farias, J. (2020). Hormigón reforzado con fibra natural de caña de azúcar y su resistencia a la compresión. *Conference Proceedings (Machala)*, 4(1), 112–121. <https://doi.org/10.48190/cp.v4n1a7>
51. CUCALÓN SUAREZ WALTER PAUL, M. R. D. B. (2022). “ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO ENTRE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y UNA ESTRUCTURA METÁLICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS QUE FUNCIONARÁ COMO CENTRO GERONTOLÓGICO Y CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL; EMPLEANDO LA NORMA E.
52. Dejke, V. and R. T. (2001). PREDICCIÓN DE DURABILIDAD Y VIDA ÚTIL DE PRFV PARA REFUERZO DE HORMIGÓN.
53. Guevara Fallas, G., Hidalgo Madrigal, C., Pizarro García, M., Rodríguez Valenciano, I., Rojas Vega, L. D., & Segura Guzmán, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Revista Tecnología En Marcha*, 25(2), 80. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i2.1632>
54. Holcim Ecuador. (2021). *Holcim Fuerte*. 16.
55. Holcim Ecuador S.A. (2015). Ficha técnica - Cemento hidráulico Tipo GU para la construcción en general. *Holcim*, 1, 17. https://www.portaldirecta.com/portaldirecta/ec/CEMENTO_GU_G.pdf
56. Hongwei, C., Liu, J., Kaiyu, C., & Ahmed, W. (2021). Casos de Estudio en Materiales de Construcción Una descripción completa de los compuestos cementosos reforzados con fibra de yute. 15, 10.
57. Iño Daza, W. G. (2018). Investigación educativa desde un enfoque cualitativo: la historia oral como método. *Voces de La Educación*, 3(6), 93–110. <https://www.revista.vocesdelaeducacion.com.mx/index.php/voces/article/view/123>
58. Maier, M., Javadian, A., Saeidi, N., Unluer, C., Taylor, H. K., & Ostertag, C. P. (2020). Mechanical properties and flexural behavior of sustainable

- bamboo fiber-reinforced mortar. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(18).
<https://doi.org/10.3390/APP10186587>
59. Martín Sendra, A. (2021). Estudio Comparativo De Fibras Naturales Para Reforzar El Hormigon. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2013–2015.
 60. Maviael, C., Clara, A., Sousa, O. De, Perazzo, N., Targino, U., Binoti, T., & Moreira, G. (2022). Estudio del uso del bambu en la composicion del hormigon. *Articulo*, 1–13.
 61. Medina, X., & Vásquez, J. (2018). Evaluación de la Operación de Transporte Minero Usando Simulación por Eventos Discretos en la Cantera Calizas Huayco S.A. Ubicada en el Cantón Guayaquil, Provincia del Guayas - Ecuador.
 62. NEC-SE-HM 2015. (2015). Estructuras de hormigón armado.
 63. Neill, D., & Cortez, L. (2018). Procesos y fundamentos de la investigacion científicanvestigacion científica. In Ediciones UTMACH (Vol. 1).
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiacionCientifica.pdf>
 64. NTE INEM 1855-1. (2016). Norma Técnica Ecuatoriana Hormigón De Cemento Hidráulico . Determinación De La Densidad , Rendimiento Y Contenido De Aire (Método Gravimétrico). In Instituto Ecuatoriano de Normalización. www.inen.gob.ec
 65. NTE INEN 151. (2010). Cemento hidráulico. Definición de términos. In Norma técnica ecuatoriana.
 66. NTE INEN 1762. (2015). Hormigón. Definiciones y terminología. Inen 900, 10. www.inen.gob.ec
 67. NTE INEN 2380. (2011). Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos: NTE-INEN-2380. In Inen (Vol. 1, Issue Primera Edición).
<http://181.112.149.203/buzon/normas/2380.pdf>
 68. NTE INEN 872. (2011). Áridos Para Hormigón. Requisitos. Intituto Ecuatoriano de Normalizacion, 16.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
 69. RUGELES, R. A. D. R. E. D. D. (2008). MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ACERO CON PORCENTAJES DE 6, 8, 10, 12% Y 14% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA. In UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA.

70. Salazar P. Jean Carlos, T. A. M. E. (2021). "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, UTILIZANDO HORMIGÓN DE ($f'c=210$ KG/CM²) Y UN DISEÑO DE FIBRAS DE CAÑA BRAVA AL 5%, 10% Y 15% UTILIZANDO ACI 211:1." In Suparyanto dan Rosad (2015).
71. Troyano Moreno, M. (2019). Tema 2 : Componentes del hormigón. https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/17355/Tema_02_02.pdf?sequence=1&isAllowed=y
72. Vargas Cordero, Z. R. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155. <https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>
73. Villanueva Vasquez, L. H. (2019). "Propiedades mecánicas del concreto $f'c=280$ kg/cm² con adición de fibras de Bambú en 2%, 4% Y 6%, Chimbote, Ancash - 2019".

ANEXOS

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

Anexo 1: Registro fotográfico del Proceso de obtención de fibra de caña.



Molienda de la caña brava.



Obtención de la fibra de caña brava.

Anexo 2: Ensayo de granulometría.



Anexo 4: Ensayo de Límites de Atterberg.



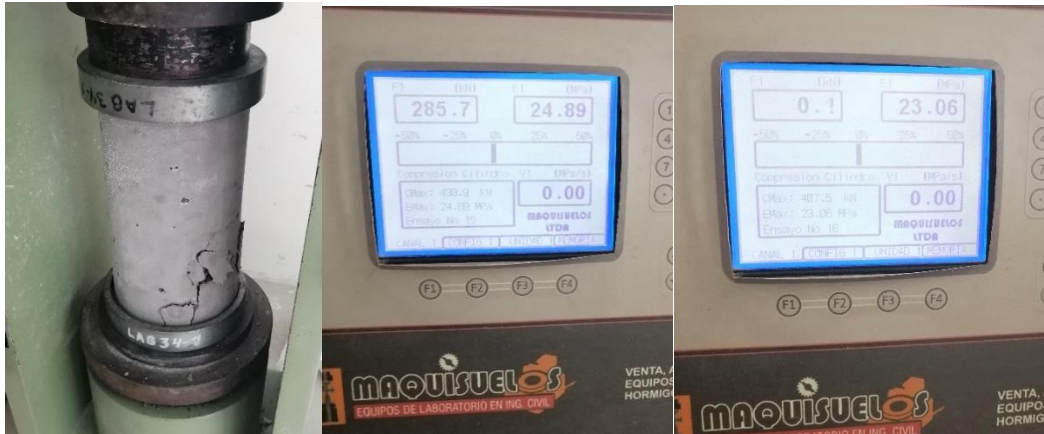
Anexo 3: Ensayo de Densidad Saturada.



Anexo 4: Vaciado de probetas.



Anexo 5: Ensayo a Compresión del hormigón patrón



Rotura a los 28 días.

Anexo 6: Ensayo a flexión de viga patrón.



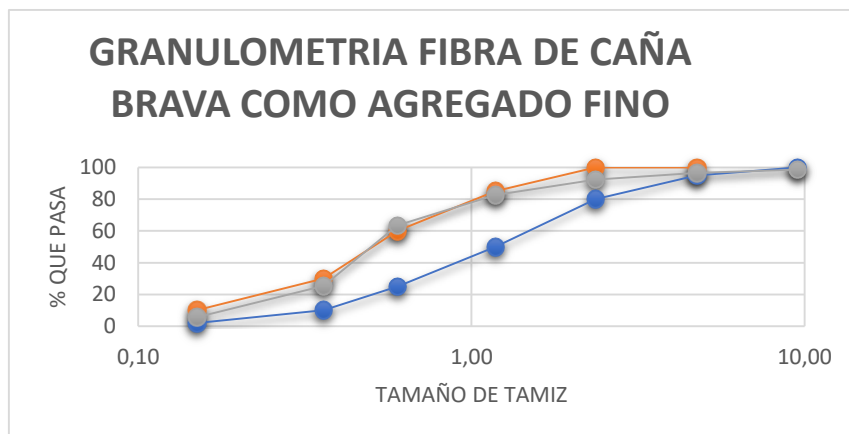
Anexo 7: Ensayo a compresión y flexión de cilindros y viga con el 25% de fibra de caña.



ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Anexo 8. Resultados del ensayo Granulométrico a la fibra de caña.

GRANULOMETRIA DE LA FIBRA DE CAÑA BRAVA COMO AGREGADO FINO							
TAMIZ (IN)	TAMIZ (mm)	RETENIDO	% RETENIDO	% acumulad	% PASA	A.S.T.M.	
3/8	9.53	6.87	1.32	1.32	98.68	100	
No 4	4.75	10.70	2.06	3.38	96.62	95	100
No 8	2.36	22.40	4.32	7.70	92.30	80	100
No 16	1.18	50.32	9.69	17.39	82.61	50	85
No 30	0.6	98.67	19.01	36.40	63.60	25	60
No 50	0.36	198.70	38.28	74.68	25.32	10	30
No 100	0.15	101.98	19.65	94.33	5.67	2	10
FONDO	0	29.44	5.67	100.00	0.00	0	0
TOTAL		519.08		235.22			



Anexo 9. Resultados de ensayos realizados a los agregados finos y gruesos para diseño del hormigón patrón.

AGREGADO GRUESO (CALIZAS HUAYCO)					
PESO VOLUMETRICO SUELTO			PESO VOLUMETRICO VARILLADO		
VOLUMEN	0.0097369	m3	VOLUMEN	0.00974	m3
P.V.S.+ R	23.36	Kg	P.V.V.+ R	25.08	Kg
RECIPIENTE	10.94	Kg	RECIPIENTE	10.94	Kg
PESO DEL MATERIAL	12.42	Kg	PESO DEL MATERIAL	14.14	Kg
P.V.S.	1275.56	kg/m3	P.V.V.	1452.21	kg/m3
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)			% ABSORCION		
P.S.S.S.	2000.00	gr	RECIPIENTE	W22	
W(canastilla sumergido)	1051.00	gr	W RECIPIENTE (gr)	78.00	
W(canastilla sumergido + material)	2304.00	gr	W GRAVA SATURADA+	1539.00	
W(can sumer+mat)-W(can sumer)	1253.00	gr	W GRAVA SECA+ R	1515.00	
VOLUMEN	747.00	cm3	W de AGUA	24.00	
D.S.S.S.	2.68	gr/cm3	W GRAVA SECA	1437.00	
	2677.38	Kg/m3	% ABSORCION	1.67	
AGREGADO FINO CONVENCIONAL DE CONSTRUCCION					
PESO VOLUMETRICO SUELTO					
VOLUMEN	0.00281	m3	0.00281	m3	
P.V.S.+ R	7.78	Kg	4.78	Kg	
RECIPIENTE	4.42	Kg	4.42	Kg	
PESO DEL MATERIAL	3.36	Kg	0.36	Kg	
P.V.S.	1195.73	kg/m3	128.11	kg/m3	

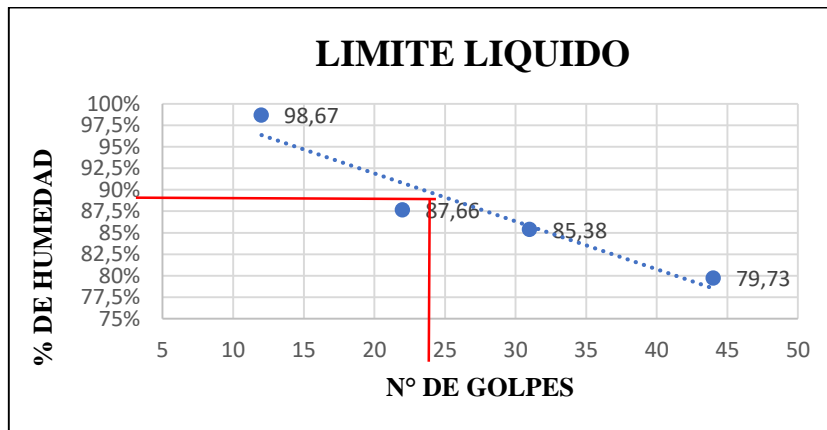
			% ABSORCION		
P.S.S.S.	500.00	gr	RECIPIENTE	D	
LECTURA INICIAL	510.00	gr	W RECIPIENTE (gr)	31.96	
LECTURA FINAL	700.00	gr	W ARENA SATURADA	285.00	
W (desalojado)	190.00	gr	W ARENA SECA+ R	279.07	
VOLUMEN	190.00	cm3	W de AGUA	5.93	
D.S.S.S.	2.63	gr/cm3	W ARENA SECA	247.11	
	2631.58	Kg/m3	% ABSORCION	2.40	
GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO					
TAMIZ (IN)	TAMIZ (mm)	RETENIDO	% RETENIDO	% acumulado	% PASA
2 1/2	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.00	1.69	16.83	16.83	83.17
3/4	19.00	4.40	43.90	60.73	39.27
1/2	12.50	2.95	29.41	90.14	9.86
3/8	9.50	0.67	6.64	96.78	3.22
No 4	4.75	0.25	2.45	99.23	0.77
No 8	2.36	0.01	0.06	99.29	0.71
FONDO	0.00	0.07	0.71	100.00	
TOTAL		10.02		462.99	
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO					
TAMIZ (IN)	TAMIZ (mm)	RETENIDO	% RETENIDO	% acumulado	% PASA
3/8	9.53	24.04	1.36	1.36	98.64
No 4	4.75	52.85	2.99	4.35	95.65
No 8	2.36	74.18	4.19	8.54	91.46
No 16	1.18	142.57	8.06	16.60	83.40
No 30	0.6	217.55	12.30	28.90	71.10
No 50	0.36	995.00	56.25	85.15	14.85
No 100	0.15	226.62	12.81	97.97	2.03
FONDO	0	35.96	2.03	100.00	0.00
TOTAL		1768.77		242.87	
		MF	2.43		

Anexo 10. Ensayos realizados al suelo donde se implantará el proyecto en la Comuna Sinchal.

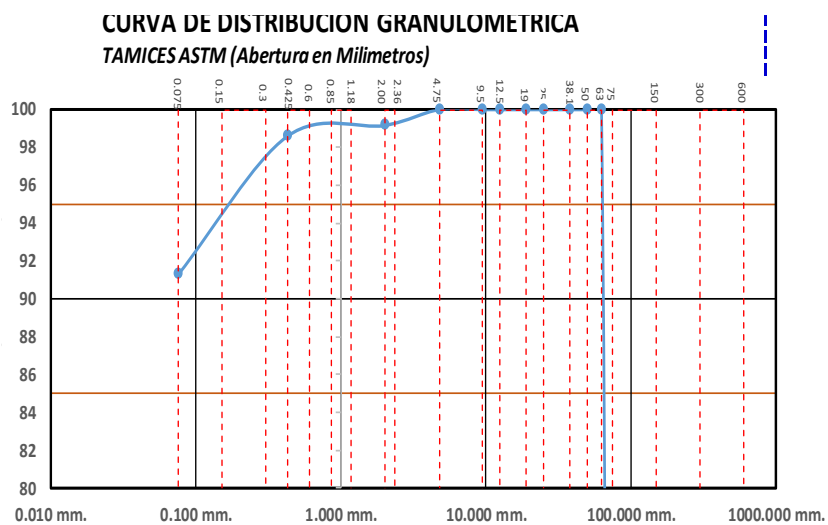
DATOS DEL ENSAYO			
RECIPIENTE #	R	W	L1
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	16,33	15,77	15,60
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	14,61	14,11	14,02
MASA DE AGUA (P3 = P1 -P2)	1,72	1,66	1,58
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,52	9,17	9,33
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2- P4)	5,09	4,94	4,69
% DE HUMEDAD (W = P3* 100 ÷ P5)	33,79	33,60	33,69

Limites

RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	87,86
LIMITE PLASTICO=	33,69
INDICE DE PLASTICIDAD=	54,17



Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°		W2
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)		367.07
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		271.29
Masa de Agua (P3 = P1 -P2)		95.78
Masa de Recipiente (P4)		39.20
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)		232.09
% de Humedad (W= (P3 ÷ P5)*100%)		41.27



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S)	CLASIFICACION AAHSTO		IG	
SUELO TIPO CH	ES UNA ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD	A - 7 - 5	SUELO ARCILLOSO	0

Anexo 11. Resultados del Diseño de Hormigón Calizas Huayco – Fibra de Caña noble Guadua 75% agregado fino y 25% caña.

DISEÑO DE HORMIGÓN CALIZAS HUAYCO - FIBRA DE CAÑA NOBLE GUADUA "OLÓN" - ARENA DEL TRIUNFO

f'c	210	kg/cm ²
f'cr (sin aire)	295	kg/cm ²
f'cr (con aire)	0	kg/cm ²

Material	W (kg)	D (kg/m ³)	V (m ³)
Agua	193	1000	0,193
Cemento	354,14	2950	0,120
Grava	1026,90	2677,38	0,384
Arena	569,22	2631,58	0,216
Fibra de caña	72,43	1004,52	0,072
Aire	1.5	100	0,015
Total			1,000

	CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION					Diferencia	W (kg)	D (kg/m ³)	V (m ³)	%propor V	
	humedad		absorcion								
	W (kg)	%	kg	%	kg						
AIRE							100	0,015	1,6		
CEMENTO	349,48						349,48	2950	0,118	12,5	
GRAVA	999,81	2,24	22,35	1,67	-16,70	5,65	1005,46	2660	0,378	39,9	
ARENA	499,91	6,49	32,44	2,40	-12,00	20,45	520,35	2632	0,198	20,9	
CAÑA	72,18	20,11	14,51	59,36	-42,85	-28,33	43,85	1005	0,044	4,6	
AGUA	193,000		-69,31		71,54	-2,23	195,235	1000	0,195	20,6	
ADITIVO	0,000						0,000	1200	0,000	0,0	
TOTAL	2114,37	para un metro cubico de hormigón					2114,37			1	100

Corrección de la mezcla por absorción y humedad con fibra de caña brava

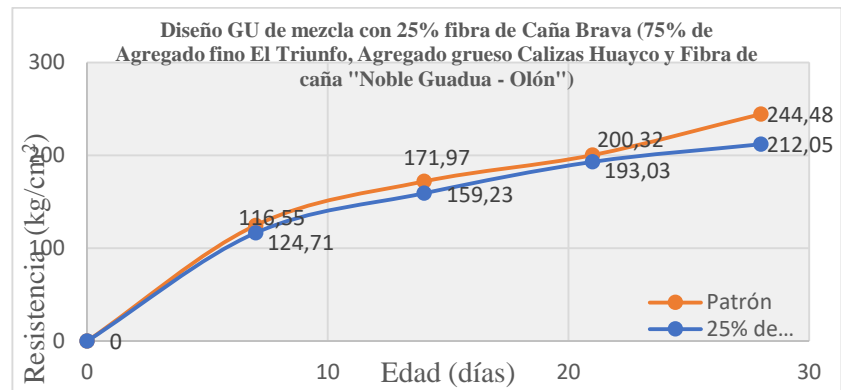
CANTIDADES OPTIMIZADAS DE MATERIALES PARA FUNDIR MUESTRAS					
MATERIALES	V (m ³)	V muestra(m ³)	Vol material	D (kg/m ³)	kg (PESAR)
AIRE	0,02	0,0714	0,0011		
CEMENTO	0,12		0,0089	2950	26,32
GRAVA	0,38		0,0285	2660	75,72
ARENA	0,20		0,0149	2632	39,19
AGUA	0,20		0,0147	1000	14,703
Caña triturada	0,04		0,0033	1005	3,302
Aditivo	0,000		0,0000	1200	0,000
TOTAL	1			0,0714	

Valores a pesar para realizar la mezcla de hormigón con el 25% de fibra de caña.

Anexo 12. Resistencias obtenidas del ensayo a compresión de cilindros del hormigón con 75% agregado fino y 25% fibra de caña brava.

fecha de vaciado del hormigon con fibra de Caña Brava 210kg/cm2	DISEÑO DE HORMIGON CON FIBRA DE CAÑA: VACIADO, JUEVES 22/SEPTIEMBRE/2022; REVENIMIENTO REAL 10 cm.														
	PROVETAS #	revenimiento cm	FECHA DE	D1 cm	D2 cm	PROMEDIO cm	ALTURA cm	AREA cm ²	PESO KG	EDAD dias	CARGA(KN)	RESISTENCIA MPA	R ensayada KG/cm ²	R. MEDIA KG/cm ²	% DE EFICIENCIA
22/9/2022			22-sep-22							0				0	0
	1	10	29-sep-22	15,05	15,09	15,07	29,53	178,37	10,66	7	200,1	11,32	115,43	116,55	55,50
	2	10	29-sep-22	15,19	15,2	15,20	29,92	181,34	10,76		204,3	11,54	117,67		
	1	10	6-oct-22	15,25	15,12	15,19	29,88	181,10	10,18	14	269,2	15,24	155,40	159,23	75,82
	2	10	6-oct-22	15,22	15,28	15,25	30,02	182,65	10,43		282,5	15,99	163,05		
	1	10	13-oct-22	15,23	15,11	15,17	29,92	180,74	10,53	21	335,7	18,99	193,64	193,03	91,92
	2	10	13-oct-22	15,18	15,17	15,18	30,07	180,86	10,65		333,6	18,87	192,42		
	1	10	20-oct-22	15,27	15,18	15,23	30,00	182,06	10,47	28	370,8	20,98	213,94	212,05	100,98
	2	10	20-oct-22	15,24	15,25	15,25	29,93	182,53	10,67		365,6	20,61	210,16		

Anexo 13. Resistencias obtenidas del ensayo a compresión de cilindros del hormigón con 75% agregado fino y 25% fibra de caña brava.

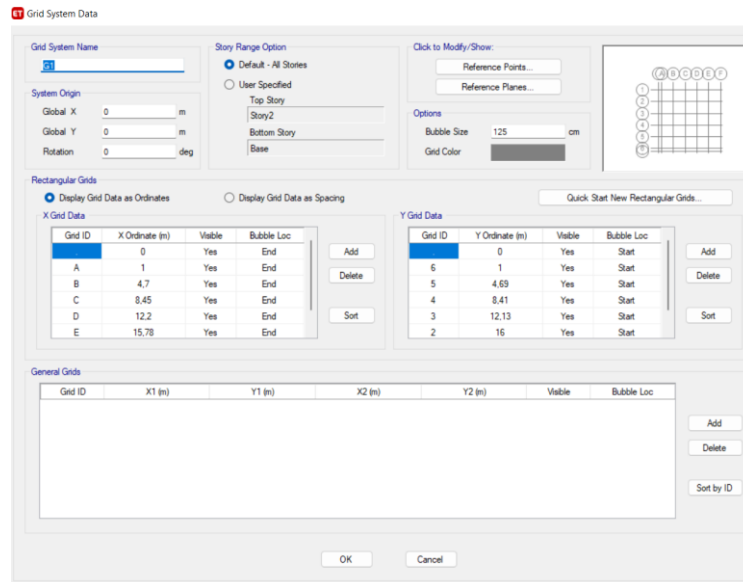


Anexo 14. Resistencias obtenidas del ensayo a flexión de vigas de hormigón.

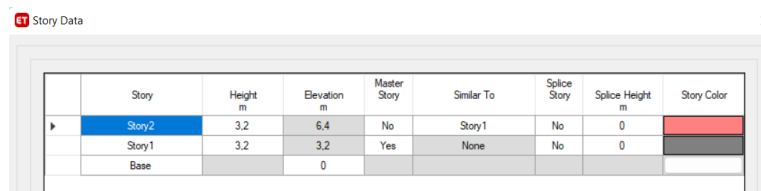
Fecha de vaciado	Dosificación	Edad (Días)	Nº	Dimensiones			Distancia entre apoyos	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Resistencia	Promedio	Seccion de falla
				Base	Altura	Largo						
2/8/2022	F'c 210 - Patrón	7	1	15,15	15,00	51	45	31,02	3163,11	41,76	41,76	Tercio medio
		28	2	15,00	15,00	52	45	34,17	3484,31	46,46	46,06	
		28	3	15,00	15,20	51	45	34,48	3515,92	45,65		
9/9/2022	F'c 210 Con 25% de fibra	7	1	15,18	15,19	52	45	12,90	1315,41	16,90	16,90	Tercio medio
		28	2	15,10	15,22	51	45	13,50	1376,59	17,71	17,71	

MODELADO Y RESULTADOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL EN ETABS 18.

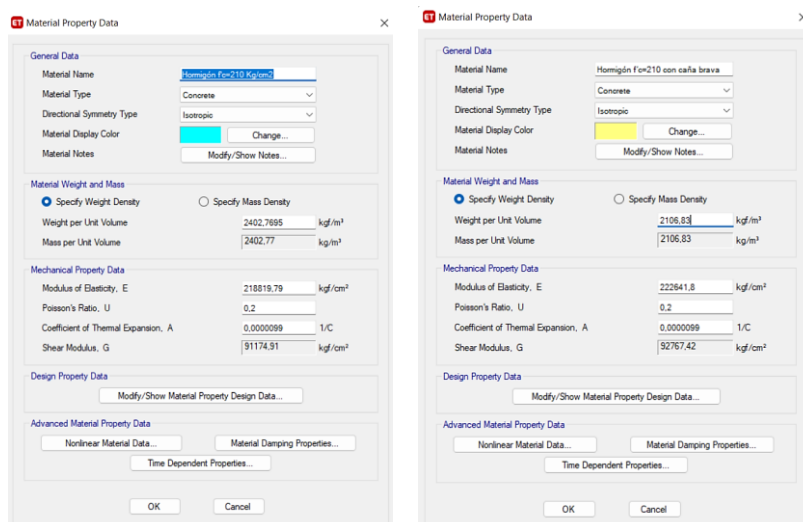
Anexo 15. Creación de ejes y longitudes.



Anexo 16. Creación de niveles.

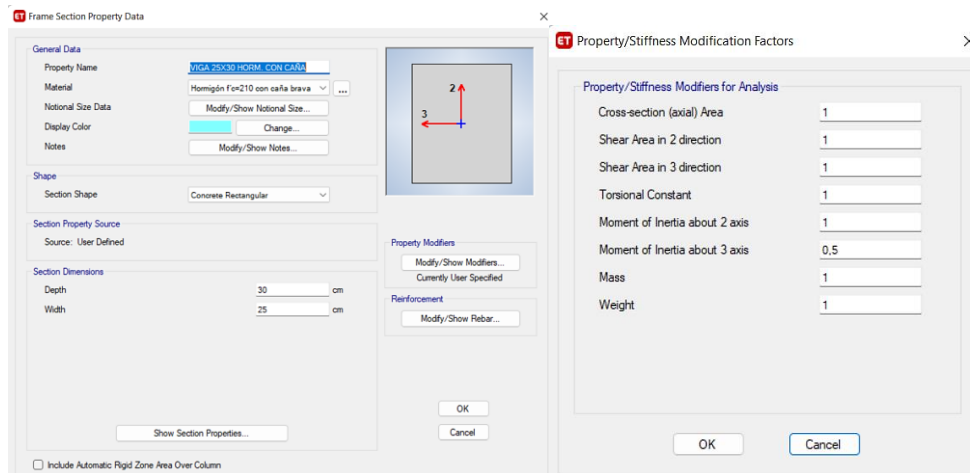
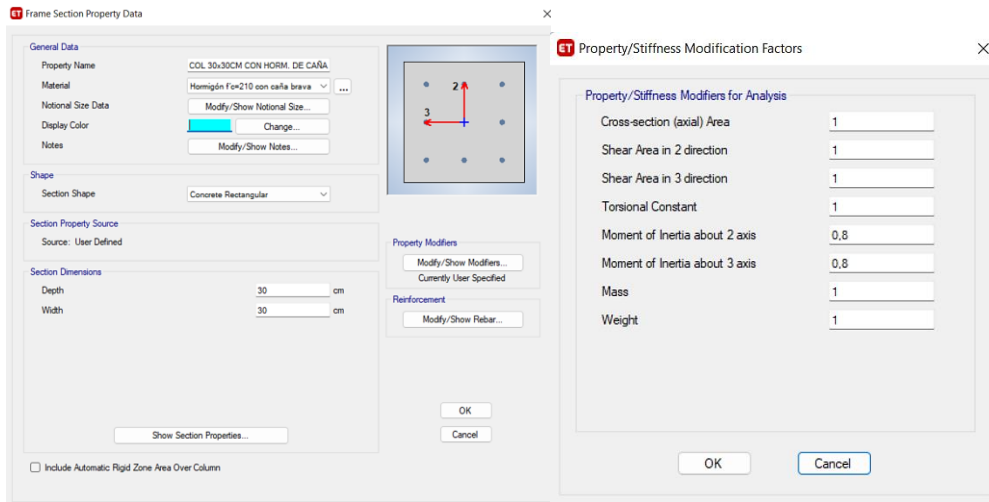


Anexo 17. Creación de material hormigón convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y fibra de caña.

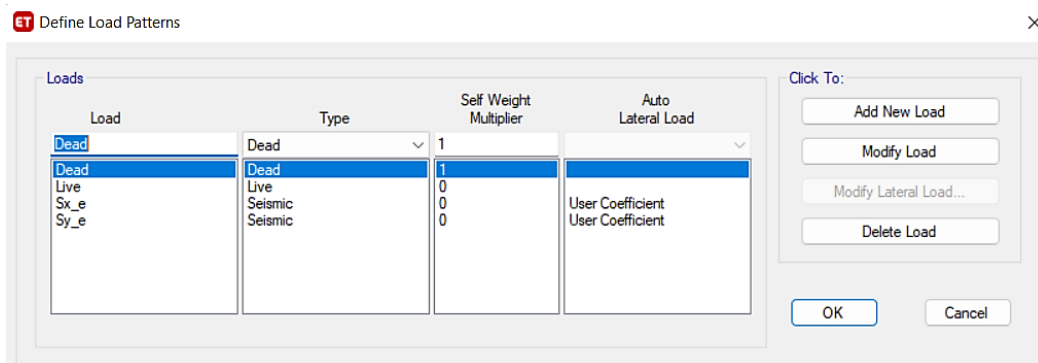


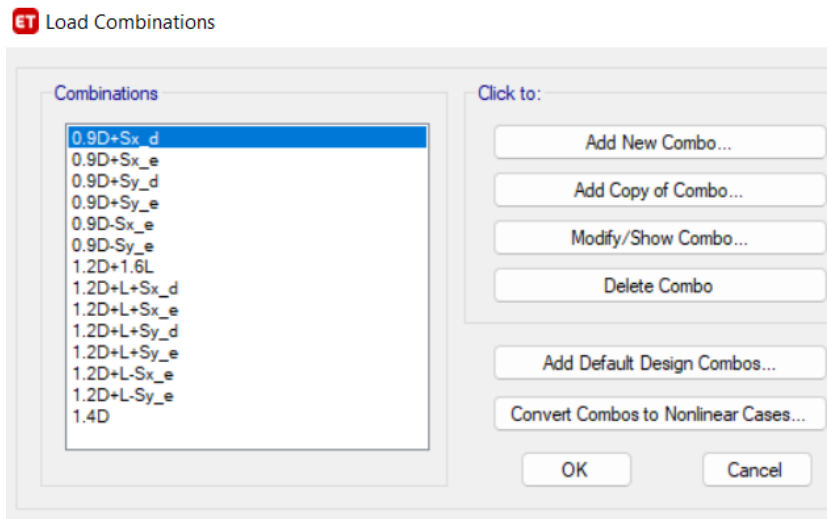
Se crean los elementos estructurales, columnas y vigas. Se colocan secciones, inercia de 0.8 en columnas y 0.5 en vigas.

Anexo 18. Creación de secciones vigas, columnas, losa y cubierta.

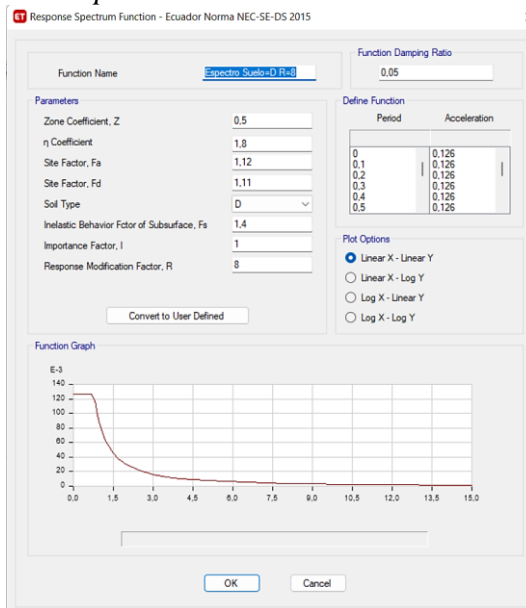


Anexo 19. Asignación de patrones de carga.

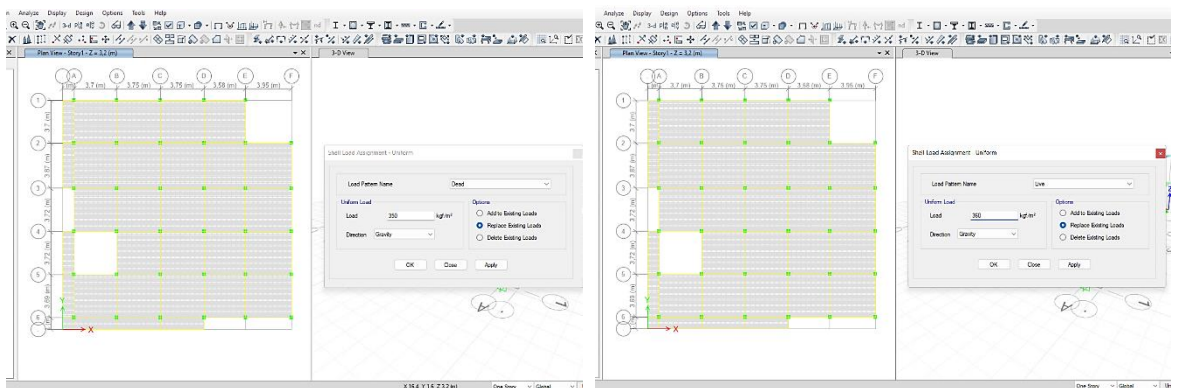




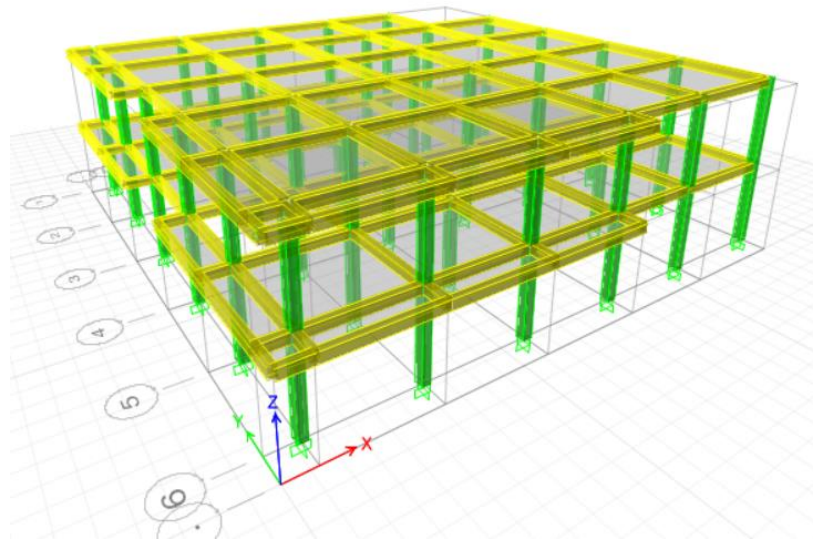
Anexo 20. Asignación de espectro sísmico.



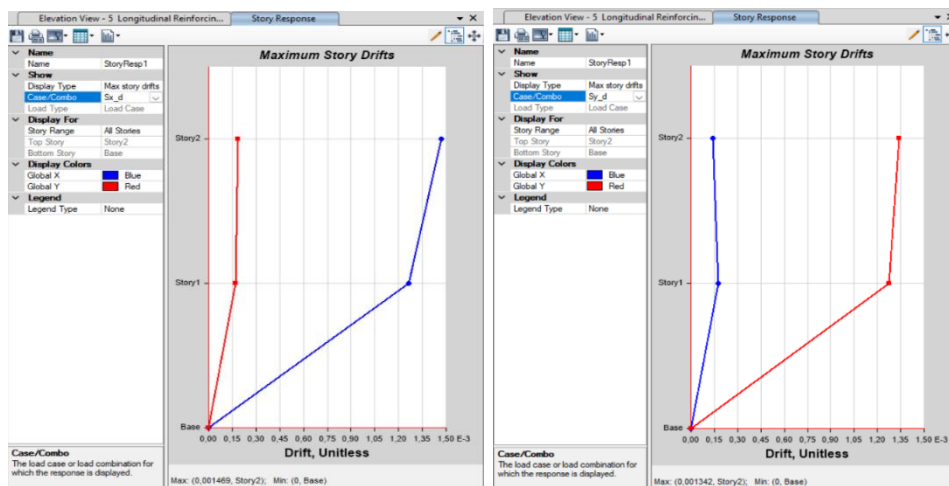
Anexo 21. Asignación de cargas vivas y muertas en la estructura.



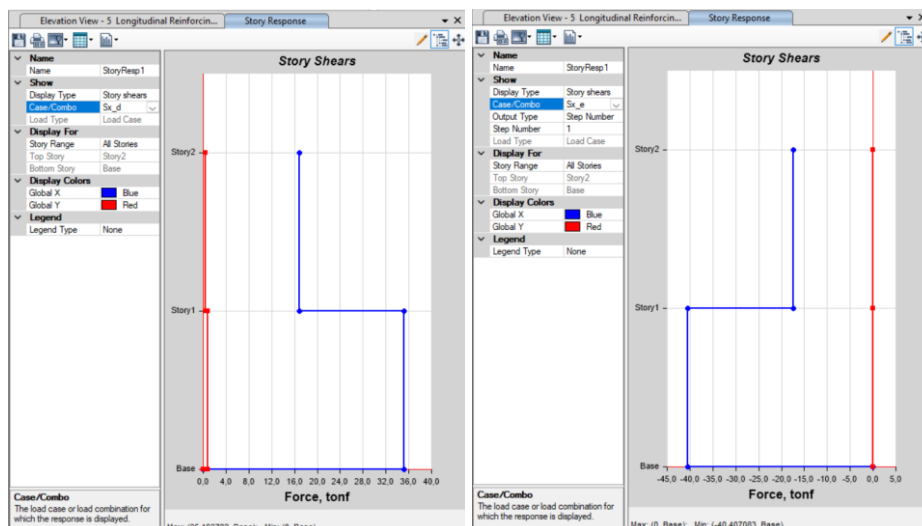
Anexo 22. Modelado final



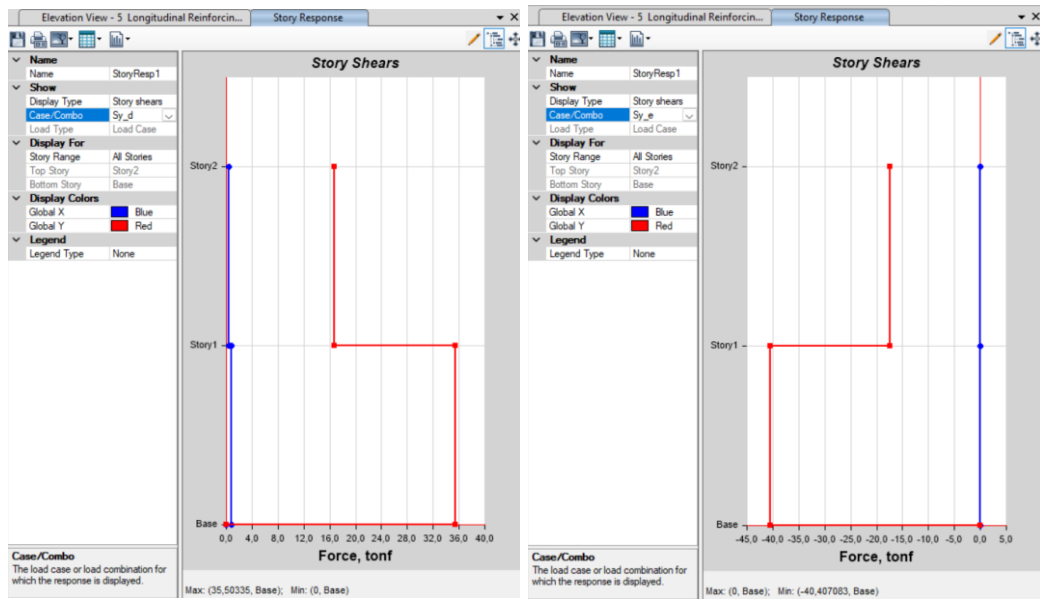
Anexo 23. Resultados de derivas de piso sacados de Etabs 18.



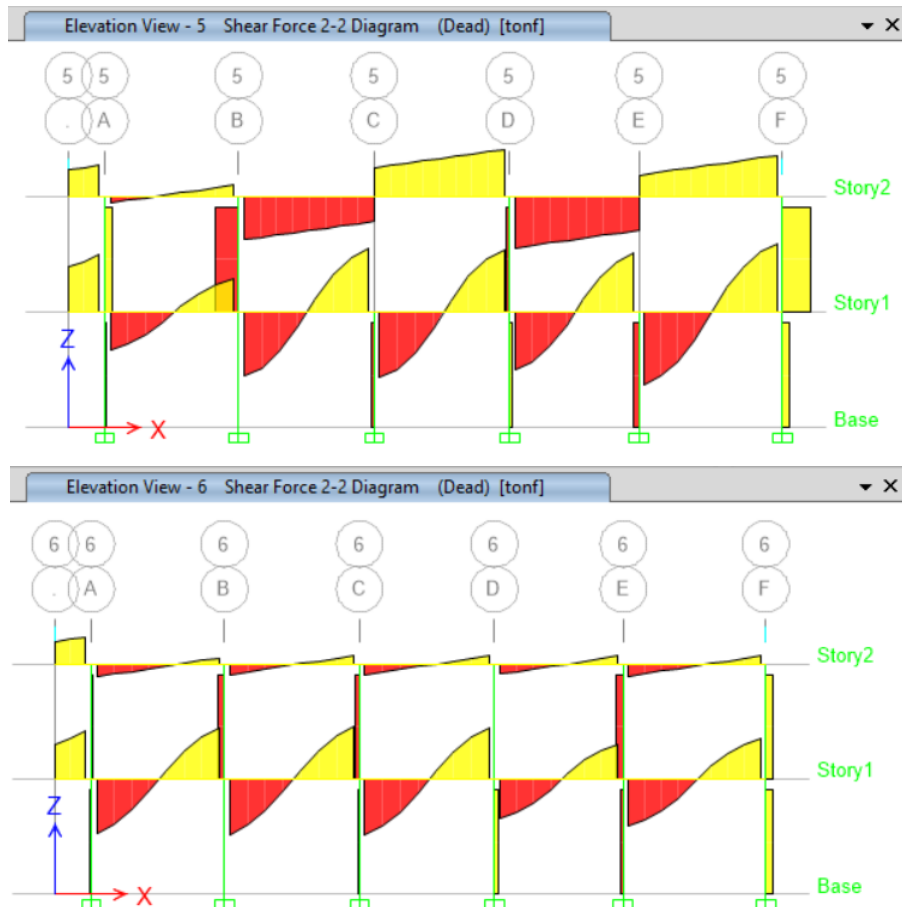
Anexo 24. Resultados de Cortante basal en X sacados de Etabs 18.



Anexo 25. Resultados de Cortante basal en Y sacados de Etabs 18.



Anexo 26. Resultados de cortantes.



ESPECTRO DE DISEÑO SEGÚN NEC - 15 (SANTA ELENA, SUELO TIPO C)

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
Z	0.5	η	1.8	r	1
F_d	1.12	F_d	1.11	F_s	1.4
T_0	0.14	T_c	0.76	S_a	1.06

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

VALORES DEL FACTOR Z EN FUNCIÓN DE LA ZONA SÍSMICA ADOPTADA

PROVINCIA DE LA COSTA (EXCEPTO ESMERALDAS)	1.8
PROVINCIAS DE LA SIERRA, ESMERALDAS Y GALAPAGOS	2.48
PROVINCIAS DEL ORIENTE	2.6

RELACION DE AMPLIFICACION ESPECTRAL η

TIPO DE PERFIL DEL SUELO	ZONA SISMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85
F	VEASE LA TABLA 2. CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS Y LA SECCION 10.5.4.					

COEFICIENTE DE AMPLIFICACION DE SUELO EN LA ZONA DE PERIODO CORTO F_a

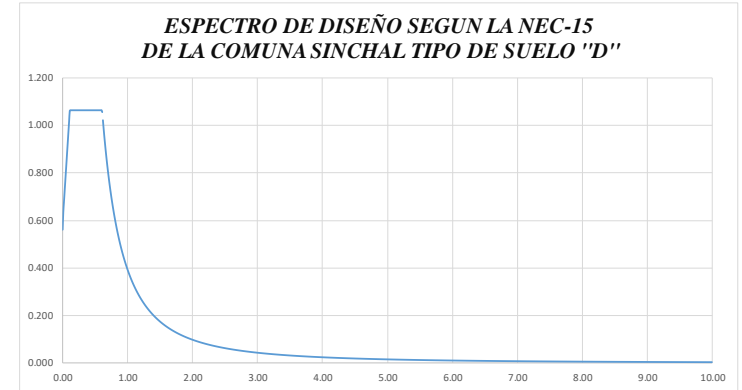
TIPO DE PERFIL DEL SUELO	ZONA SISMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	VEASE LA TABLA 2. CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS Y LA SECCION 10.6.4.					

AMPLIFICACION DE LAS ORDENADAS DEL ESPECTRO ELASTICO DE RESPUESTA DE DESPLAZAMIENTO PARA DISEÑO EN ROCA F_d

TIPO DE PERFIL DEL SUELO	ZONA SISMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.4
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	VEASE LA TABLA 2. CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS Y LA SECCION 10.6.4.					

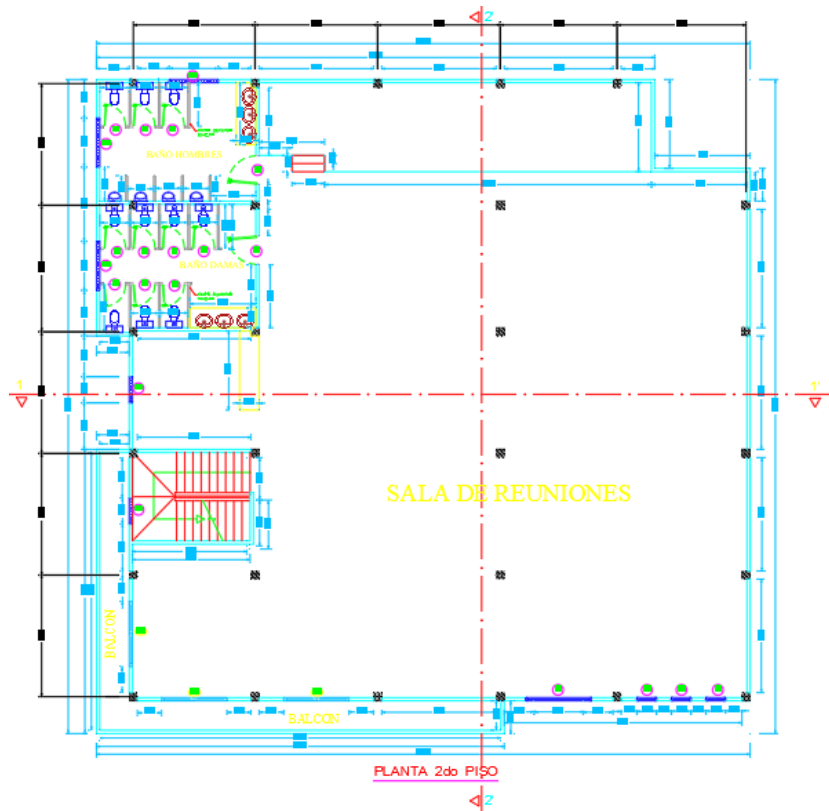
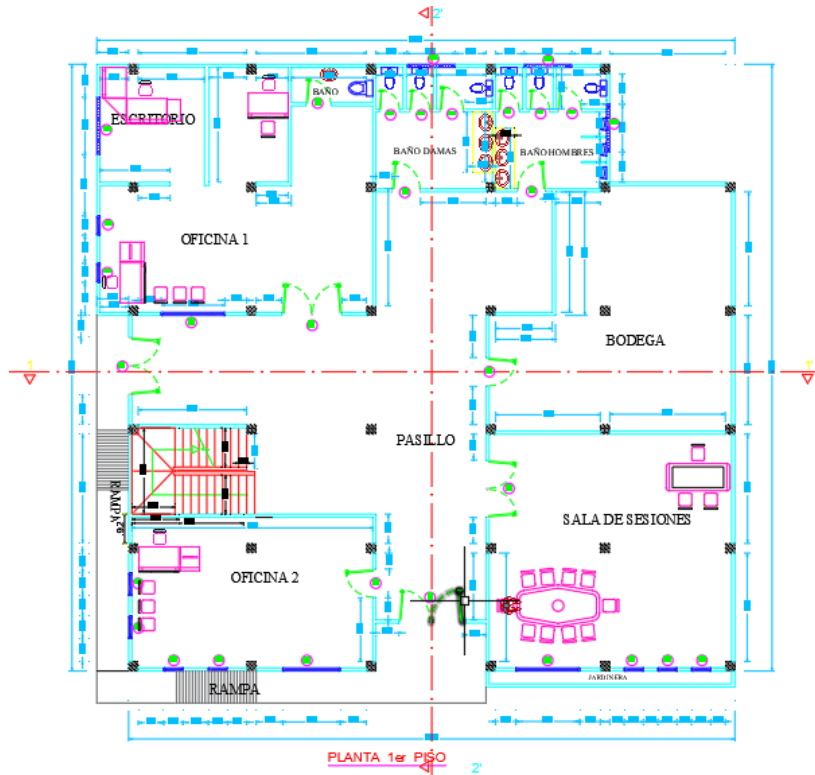
COMPORTAMIENTO NO LINEAL DE LOS SUELOS F_s

T	S_a	S_a	S_a	S_a
0.00	0.56	0.00	0.00	0.560
0.01	0.63	0.00	0.00	0.633
0.02	0.68	0.00	0.00	0.675
0.03	0.72	0.00	0.00	0.718
0.04	0.76	0.00	0.00	0.761
0.05	0.80	0.00	0.00	0.804
0.06	0.85	0.00	0.00	0.846
0.07	0.89	0.00	0.00	0.889
0.08	0.93	0.00	0.00	0.932
0.09	0.97	0.00	0.00	0.974
0.10	1.02	0.00	0.00	1.017
0.11	1.06	0.00	0.00	1.060
0.12	0.00	1.06	0.00	1.062
0.13	0.00	1.06	0.00	1.062
0.14	0.00	1.06	0.00	1.062
0.15	0.00	1.06	0.00	1.062
0.16	0.00	1.06	0.00	1.062
0.17	0.00	1.06	0.00	1.062
0.18	0.00	1.06	0.00	1.062
0.19	0.00	1.06	0.00	1.062
0.20	0.00	1.06	0.00	1.062
0.21	0.00	1.06	0.00	1.062
0.22	0.00	1.06	0.00	1.062
0.23	0.00	1.06	0.00	1.062
0.24	0.00	1.06	0.00	1.062
0.25	0.00	1.06	0.00	1.062
0.26	0.00	1.06	0.00	1.062
0.27	0.00	1.06	0.00	1.062
0.28	0.00	1.06	0.00	1.062
0.29	0.00	1.06	0.00	1.062
0.30	0.00	1.06	0.00	1.062
0.31	0.00	1.06	0.00	1.062
0.32	0.00	1.06	0.00	1.062
0.33	0.00	1.06	0.00	1.062
0.34	0.00	1.06	0.00	1.062
0.35	0.00	1.06	0.00	1.062
0.36	0.00	1.06	0.00	1.062
0.37	0.00	1.06	0.00	1.062
0.38	0.00	1.06	0.00	1.062
0.39	0.00	1.06	0.00	1.062
0.40	0.00	1.06	0.00	1.062
0.41	0.00	1.06	0.00	1.062
0.42	0.00	1.06	0.00	1.062
0.43	0.00	1.06	0.00	1.062
0.44	0.00	1.06	0.00	1.062

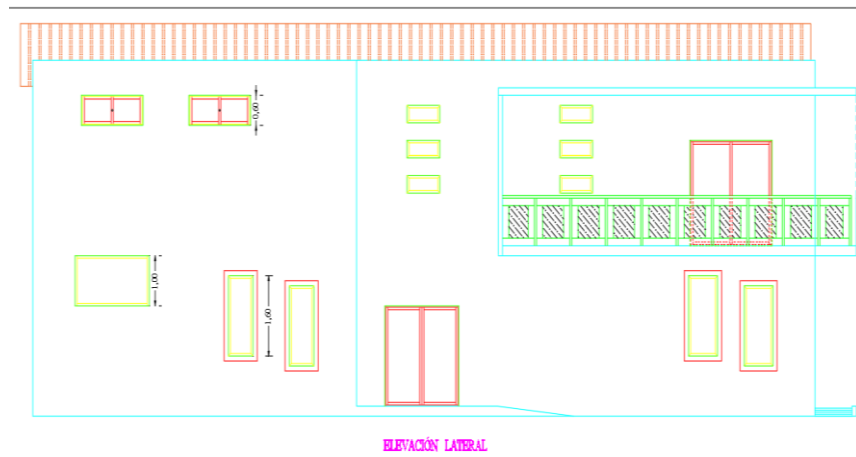
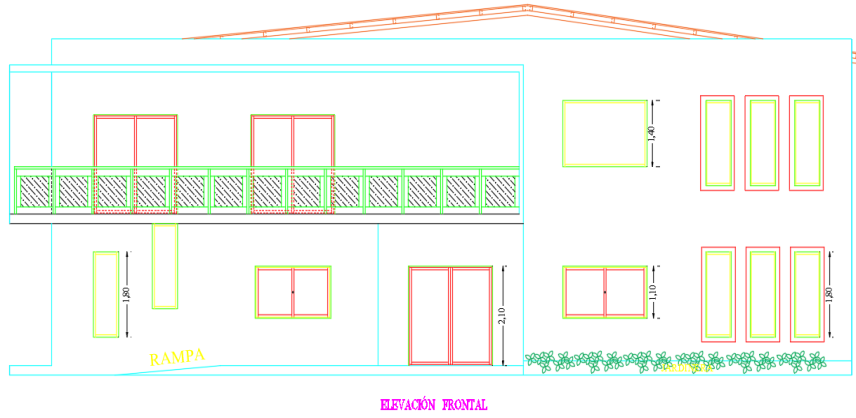


PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES.

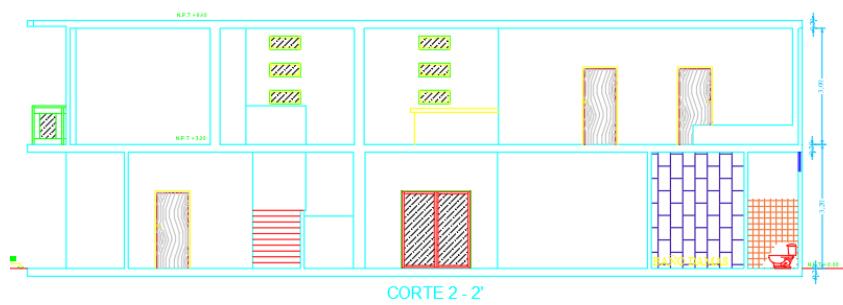
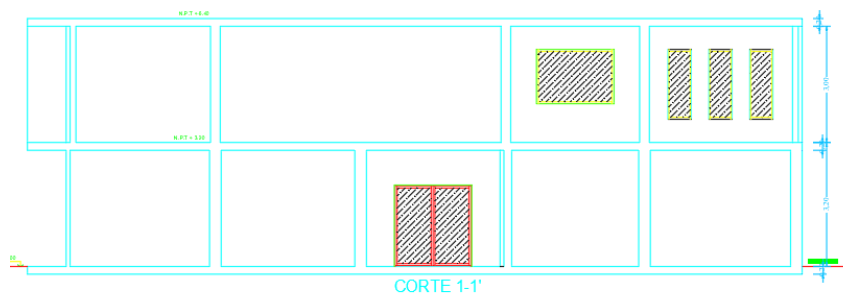
Anexo 27. Distribución arquitectónica del primer y segundo piso



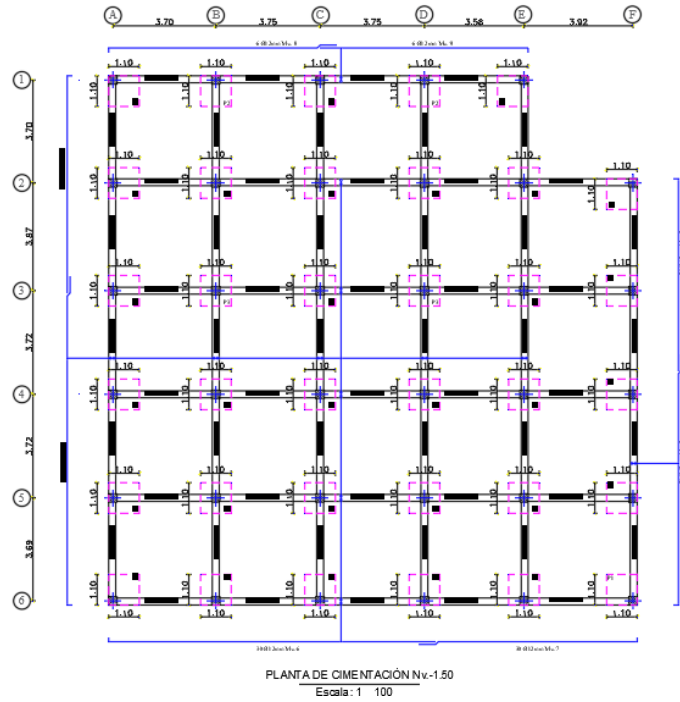
Anexo 28. Planos de vista frontal y lateral del centro de desarrollo comunitario comuna Sinchal.



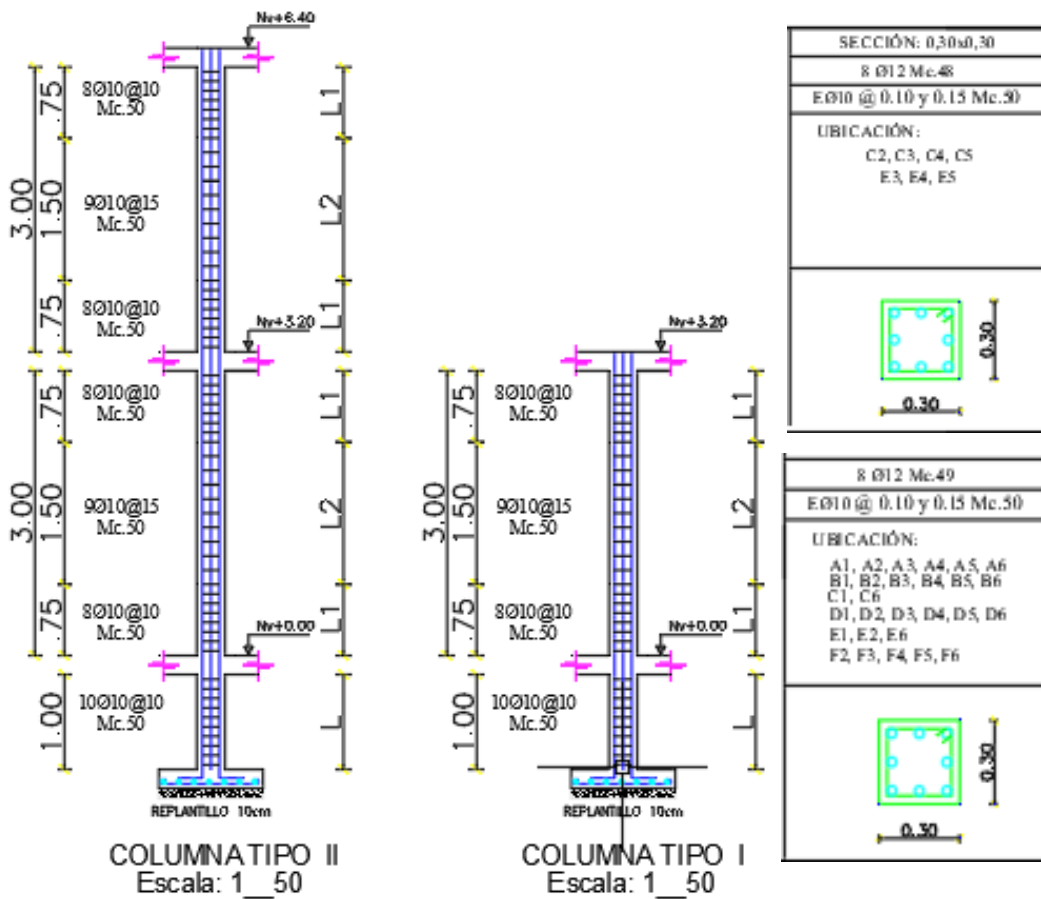
Anexo 29. Planos de cortes A Y B



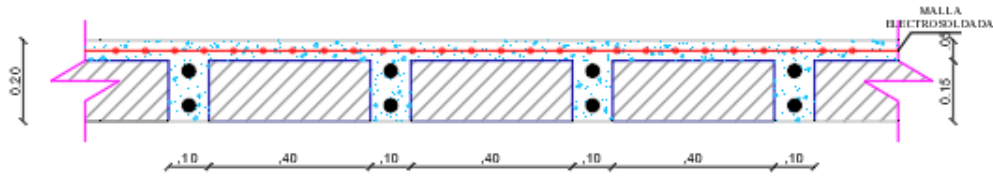
Anexo 30. Planos de distribución de Zapatas



Anexo 31. Diseño estructural de Columnas.

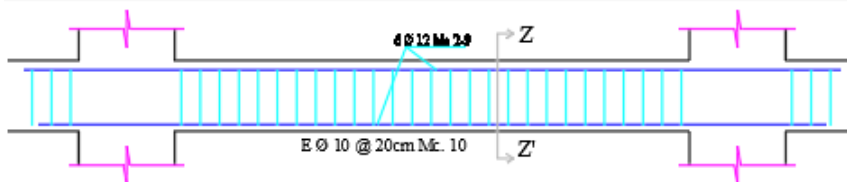


Anexo 32. Corte de losa.



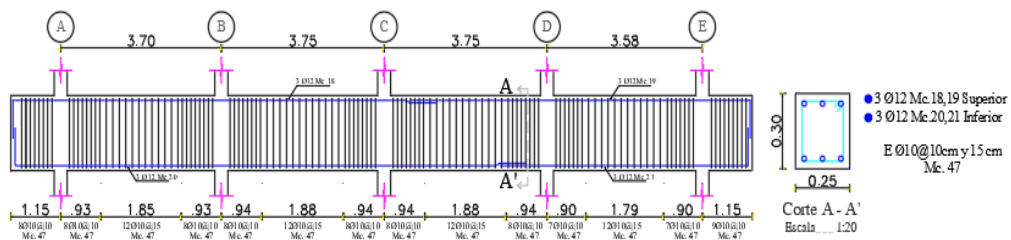
CORTE TIPO DE LOSA

Anexo 33. Corte de Cadena de amarre.

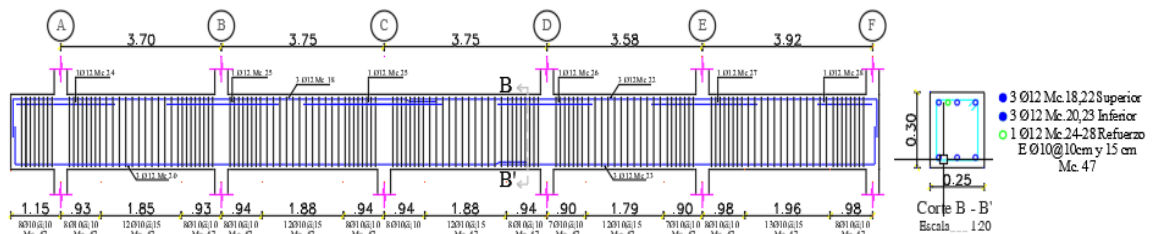


CADENA DE AMARRE TIPO

Anexo 34. Diseño estructural de vigas



VIGA EJE (1) Nv. +3.20
Escala: ... H:1:100
V:1:20



VIGA EJE (2) Nv. +3.20
Escala: ... H:1:100
V:1:20

PRESUPUESTO REFERENCIAL.

Anexo 35. Análisis de precio unitario de mezclas de hormigón convencional.

O HORMIGÓN F'c-210 KG/CM2					
IPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HO	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C-A*B	R	D-C*R
Herramienta menar 5% MPO Concretora de 1 Saca	1,000	4,3750	4,3750	1,6667	2,3958 7,292
SUBTOTAL M-					9,6878
HANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORIAS)	CANTIDAD	ORNAL/HO	COSTO HO	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C-A*B	R	D-C*R
Pean (extr. acc. E2)	5,000	3,1250	8,7500	1,6667	26,0417
Albañil (extr. acc. D2)	2,000	4,3750	8,7500	1,6667	14,5833
Maztra (extr. acc. C1)	1,000	4,3750	4,3750	1,6667	7,2917
SUBTOTAL H-					47,9167
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C-A*B	
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	400,000	0,1800	72,0000	
Piedra 3/4"	m3	0,900	25,0000	22,5000	
Arena	m3	0,600	23,0000	13,8000	
Agua	m3	0,200	1,5000	0,3000	
SUBTOTAL O-					108,6000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C-A*B	
SUBTOTAL P-					0,0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X-(M+N+O)					166,2045
INDIRECTOS Y UTIL 20,00%					33,2409
OTROS INDIRECTOS %					0,0000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					199,4454
VALOR OFI				\$	199,45

Anexo 35. Precio unitario de mezcla de hormigón con 25% de fibra de caña brava.

RUBRO HORMIGÓN CON FIBRA DE CAÑA AL 25%					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HOR C-A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D-C*R
Herramienta menor 5% M/O Concretera de 1 Saca	1,000	4,3750	4,3750	1,6670	2,3963 7,293
SUBTOTAL M-					9,6894
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	ORNAL/H B	COSTO HOR C-A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D-C*R
Peon (cctr.pcp. E2)	5,000	3,1250	15,6250	1,6670	26,0469
Albañil (cctr.pcp. D2)	2,000	4,3750	8,7500	1,6670	14,5863
Moztero (cctr.pcp. C1)	1,000	4,3750	4,3750	1,6670	7,2931
SUBTOTAL N-					47,9263
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C-A*B	
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	400,000	0,1800	72,0000	
Piedra 3/4"	m3	0,900	25,0000	22,5000	
Arena	m3	0,450	23,0000	10,3500	
Agua	m3	0,200	1,5000	0,3000	
Fibra de caña	kg	0,0770	0,4500	0,0347	
SUBTOTAL O-					105,1847
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C-A*B	
SUBTOTAL P-					0,0000
TOTAL COSTO DIRECTOS Σ-(M+N+O)					162,8004
INDIRECTOS Y UTIL 20,00%					32,5601
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					195,3605
VALOR OFI \$					195,36