

**SUPERVISIÓN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN MUNICIPIOS  
DE SANTANDER AFECTADOS POR SISMO DEL 10 DE MARZO DE 2015**

**LUZ ANGELA JARAMILLO DÍAZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2016**

**SUPERVISIÓN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN MUNICIPIOS  
DE SANTANDER AFECTADOS POR SISMO DEL 10 DE MARZO DE 2015**

**LUZ ANGELA JARAMILLO DÍAZ**

**TRABAJO DE GRADO**

**Práctica Empresarial como requisito para optar al título de ingeniero civil**

**Supervisor:**

**DAVID JOSEPH AURESY SERRANO SUAREZ I.C. Esp.**

**Docente de Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2016**

Nota de Aceptación

---

---

---

**Ing. Leidy Johana Buitrago Martínez**

**Tutor Empresarial**

**Ing. David Joseph Auresy Serrano Suarez**

**Tutor Académico**

---

Jurado

---

Jurado

Bucaramanga, Enero de 2016

Dedico este proyecto en primer lugar a Dios quien guía e ilumina mis pasos y me enseña a ser mejor persona cada día de mi vida; y a mis padres por ser el apoyo incondicional en este proceso de formación personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente a Dios, por guiar mis pasos al camino correcto de la vida, por las personas y las experiencias que puso en el para hacerme mejor persona cada día.

A mis padres, por ser mi apoyo incondicional durante todo mi proceso de formación tanto personal como profesional, por educarme con valores que me hacen ser una persona de bien, por darme el amor y la felicidad que han brindado hasta el día de hoy.

A mis hermanos, por ser la mejor compañía en cualquier situación, hoy, mañana y siempre.

A los docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, quienes me impartieron sus conocimientos y me formaron para ser una profesional íntegra basada en la investigación constante y más importante en la ética.

A mi supervisora empresarial, la ingeniera Leidy Johana Buitrago Martínez, por brindarme sus conocimientos y experiencias vividas, por haberme dado la confianza de aportar mis conocimientos al proyecto y por haberme entregado su valiosa amistad.

A mi supervisor académico, David Joseph Auresy Serrano Suarez, por su amabilidad, colaboración y dedicación para mi buen desarrollo durante la práctica empresarial.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	16
2. OBJETIVOS .....	17
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	18
3.1 PROCINCO INGENIEROS SAS.....	18
3.1.1 Misión.....	18
3.1.2 Visión .....	19
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
4.1 ESTIMACIÓN DE AMENAZA SÍSMICA EN COLOMBIA.....	20
4.1.1 Sismos significativos en Colombia .....	21
4.2 JUSTIFICACIÓN PROYECTO.....	23
5. MARCO TEÓRICO .....	25
5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MATERIALES VULNERABLES A MOVIMIENTOS SÍSMICOS .....	25
5.1.1 Adobe y Tapia Pisada .....	25
5.1.2 Mampostería no estructural.....	28
5.1.3 Madera.....	29
5.2 AFECTACIÓN SÍSMICA PRODUCIDA A LAS ESTRUCTURAS .....	30
5.3 CRITERIOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO SISMO RESISTENTE .....	38
5.3.1 Problemas de configuración en planta .....	39
5.3.2 Problemas de configuración vertical.....	40
5.3.3 Problemas de configuración estructural .....	41
5.3.4 Problemas colaterales .....	44
6. ESTADO DEL ARTE.....	46
6.1 RECONSTRUCCIÓN POR SISMO EN CHRISTCHURCH, NUEVA ZELANDA.....	46
6.2 RECONSTRUCCIÓN POR SISMO EN BAM, IRÁN .....	48
6.3 UNA VISIÓN DE SISTEMAS DE PROYECTOS DE VIVIENDAS TEMPORALES EN LA RECONSTRUCCIÓN POST-DESASTRE.....	50
6.4 MODELO DE EMPODERAMIENTO EN LA RECONSTRUCCIÓN RESIDENCIAL SOSTENIBLE .....	53

7. MATERIALES Y MÉTODOS .....	57
7.1 DURAPANEL – POLIESTIRENO EXPANDIDO.....	57
7.1.1 Proceso constructivo.....	57
7.1.2 Registro fotográfico proceso constructivo .....	58
7.2 METODOLOGÍA.....	61
7.2.1 Análisis del ordenamiento territorial.....	61
8. DESCRIPCIÓN GENERAL PRÁCTICA .....	65
8.1 DURACIÓN .....	65
8.2 ESTADÍSTICA DE VIVIENDAS .....	65
8.3 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO .....	66
8.3.1 Especificaciones particulares de las viviendas.....	71
9. CONCLUSIONES .....	76
10. RECOMENDACIONES.....	77
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
12. GLOSARIO .....	79
13. ANEXOS .....	80

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> VILORIA, PILAR S. INVENTARIO DE SISMOS HISTÓRICOS EN COLOMBIA QUE HAN GENERADO MOVIMIENTOS EN MASA.....	23
<b>TABLA 2.</b> ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES .....	25
<b>TABLA 3.</b> VALORES PROMEDIOS DE LAS PRUEBAS MECÁNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES .....	26
<b>TABLA 4.</b> CLASIFICACIÓN ASTM C-270 DE MORTEROS DE PEGA PARA MAMPOSTERÍA SIMPLE .....	28
<b>TABLA 5.</b> CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA DEL BLOQUE, EL TIPO DE MORTERO Y LA RESISTENCIA DE LA MAMPOSTERÍA F'M [KG/CM <sup>2</sup> ] .....	28
<b>TABLA 6.</b> PROPIEDADES MECÁNICAS DE ALGUNAS MADERAS .....	30
<b>TABLA 7.</b> UNIDADES PARA RECONSTRUCCIÓN (2009, 29 DE OCTUBRE). RECONSTRUCTION MANAGEMENT POLICIES IN RESIDENTIAL AND COMMERCIAL SECTORS AFTER THE 2003 BAM EARTHQUAKE IN IRAN. ....	48
<b>TABLA 8.</b> MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (2009, 29 DE OCTUBRE). RECONSTRUCTION MANAGEMENT POLICIES IN RESIDENTIAL AND COMMERCIAL SECTORS AFTER THE 2003 BAM EARTHQUAKE IN IRAN. ....	49
<b>TABLA 9.</b> NÚMERO DE VIVIENDAS CONCERNIENTES AL GRUPO 1. CONTRATISTA: CONSORCIO CASAS DE SANTANDER. ....	61
<b>TABLA 10.</b> NÚMERO DE VIVIENDAS CONCERNIENTES AL GRUPO 2. CONTRATISTA: CONSORCIO INDUCASA.....	62
<b>TABLA 11.</b> TIPOS DE VIVIENDAS .....	65

## LISTA DE GRÁFICAS

<b>GRÁFICA 1.</b> TIPOS DE VIVIENDA.....	65
<b>GRÁFICA 2.</b> VIVIENDAS POR MUNICIPIO VS VIVIENDAS EN EJECUCIÓN POR MUNICIPIO .....	70
<b>GRÁFICA 3.</b> TOTAL VIVIENDAS VS VIVIENDAS EN EJECUCIÓN .....	71

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> CINTURÓN DE FUEGO DEL PACIFICO. GEOTERMIA. (2010).....	20
<b>FIGURA 2.</b> VILORIA, PILAR S. INVENTARIO DE SISMOS HISTÓRICOS EN COLOMBIA QUE HAN GENERADO MOVIMIENTOS EN MASA.....	22
<b>FIGURA 3.</b> UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES USADAS EN LA LOCALIZACIÓN DEL SISMO.....	24
<b>FIGURA 4.</b> SISMOGRAMA REGISTRADO EL 10 DE MARZO DE 2015 .....	24
<b>FIGURA 5.</b> CURVA ESFUERZO – DEFORMACIÓN PARA MUROS DE ADOBE Y TAPIA PISADA .....	26
<b>FIGURA 6.</b> TIPOS DE FALLAS Y AGRIETAMIENTOS ASOCIADOS A FUERZAS SÍSMICAS .....	27
<b>FIGURA 7.</b> ANTES Y DESPUÉS DEL SISMO DEL 28 DE JULIO DE 1957 EN MÉXICO .....	32
<b>FIGURA 8.</b> FALLA POR TENSIÓN DIAGONAL EN COLUMNA .....	32
<b>FIGURA 9.</b> FALLA EN UNIÓN DE VIGA-COLUMNA POR ESCASEZ DE ANCLAJE EN LA CONEXIÓN DE LA COLUMNA CON EL SISTEMA DE PISO .....	33
<b>FIGURA 10.</b> DAÑOS EN MURO DE CORTANTE.....	34
<b>FIGURA 11.</b> VIBRACIÓN TORSIONAL CAUSADA POR LA FALTA DE COINCIDENCIA ENTRE EL CENTRO DE MASA Y EL CENTRO DE RIGIDEZ.....	34
<b>FIGURA 12.</b> ESQUEMA BÁSICO DE FALLA POR PUNZONAMIENTO .....	35
<b>FIGURA 13.</b> DAÑO GENERAL EN COLUMNAS DE PRIMER NIVEL .....	35
<b>FIGURA 14.</b> FALLA DEBIDA AL GOLPETEO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES QUE NO COINCIDEN CON LA ALTURA DE SUS ENTREPISOS .....	36
<b>FIGURA 15.</b> COLAPSO DE LOS NIVELES SUPERIORES DE UN EDIFICIO DE 11 PISOS .....	37
<b>FIGURA 16.</b> FALLA POR TENSIÓN DIAGONAL EN COLUMNA ACORTADA POR ENTREPECHOS .....	37
<b>FIGURA 17.</b> PLANTA DE GRAN LONGITUD .....	39
<b>FIGURA 18.</b> PLANTA DE GRAN LONGITUD SEPARADA POR JUNTAS TOTALES.....	39
<b>FIGURA 19.</b> EJEMPLOS DE PLANTA DE FORMA IRREGULAR Y SU POSIBLE SOLUCIÓN. ....	40
<b>FIGURA 20.</b> IRREGULARIDADES VERTICALES.....	40
<b>FIGURA 21.</b> CATEDRAL DESPUÉS DEL SISMO (2014, 1 DE FEBRERO).....	47
<b>FIGURA 22.</b> REGISTRO DE SISMOS EN NUEVA ZELANDA (2014, 1 DE FEBRERO .....	47
<b>FIGURA 23.</b> ESTRUCTURA DE CARTÓN COMO REEMPLAZO DE LA CATEDRAL DESTRUIDA TRAS TERREMOTO DE NUEVA ZELANDA. (2011, 11 DE AGOSTO). ....	47
<b>FIGURA 24.</b> GROMICKO, NICK. LA INSPECCIÓN DE ADOBE. LA CIUDADELA BAM DE IRÁN. ....	49
<b>FIGURA 25.</b> DONCEL, JOSÉ A. BAM DESPUÉS DEL SISMO DE 2003 (2011, 16 DE NOVIEMBRE). CONSTRUIR FRENTE A TERREMOTOS: LA ARQUITECTURA SISMO-RESISTENTE.....	50
<b>FIGURA 26.</b> VISTAS DEL ARREGLO DE VIVIENDA TEMPORAL CONSTRUIDO EN LAS AFUERAS DE LAS CIUDADES DE ADAPAZARI Y IZMIT.. (2006, 1 DE ABRIL). ....	51
<b>FIGURA 27.</b> VISTAS DEL PROYECTO DE VIVIENDAS TEMPORAL EN COLOMBIA. (2006, 1 DE ABRIL). ....	52
<b>FIGURA 28.</b> A) FALLA VIVIENDA DE CLASE MEDIA DESPUÉS DEL TERREMOTO B) VIVIENDA DE CLASE ALTA QUE COLAPSO CON EL TERREMOTO. (2012, 1 DE OCTUBRE .....	53
<b>FIGURA 29.</b> A) VIVIENDAS COLAPSADAS B) PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN, TRAS EDUCACIÓN A BENEFICIARIOS ACERCA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL FORJADO. C) VIVIENDAS EN CONSTRUCCIÓN DE SEGUNDO PISO. (2012, 1 DE OCTUBRE).....	54

<b>FIGURA 30.</b> A) UNIDADES EN MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN (CMU) B) CONSTRUCCIÓN DE MUROS EN CMU, CON COLUMNAS EN MANERA. C) ENCOFRADO DE MADERA PARA FUNDICIÓN CON LOSA DE HORMIGÓN. (2012, 1 DE OCTUBRE). .....	55
<b>FIGURA 31.</b> PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA ALTERNATIVA, PANELES LIGEROS DE HORMIGÓN ARMADO. (2012, 1 DE OCTUBRE). .....	56
<b>FIGURA 32.</b> INSTALACIÓN ANCLAJES.....	58
<b>FIGURA 33.</b> LEVANTAMIENTO DE PANELES.....	58
<b>FIGURA 34.</b> INSTALACIÓN TUBERÍAS ELÉCTRICAS .....	59
<b>FIGURA 35.</b> ALINEACIÓN DE MUROS Y APLICACIÓN PRIMERA CAPA DE MORTERO .....	59
<b>FIGURA 36.</b> APLICACIÓN SEGUNDA CAPA DE MORTERO Y FRISADO.....	60
<b>FIGURA 37.</b> RESULTADO FINAL DE FRISADO.....	60
<b>FIGURA 38.</b> VIVIENDA FINALMENTE TERMINADA CON ESMALTE EN FACHADA.....	61
<b>FIGURA 39.</b> VIVIENDA AFECTADA BETULIA.....	62
<b>FIGURA 40.</b> VIVIENDA AFECTADA EN BETULIA .....	62
<b>FIGURA 41.</b> VIVIENDA AFECTADA EN BETULIA .....	62
<b>FIGURA 42.</b> VIVIENDA AFECTADA EN BETULIA .....	62
<b>FIGURA 43.</b> VIVIENDA AFECTADA EN RIONEGRO .....	63
<b>FIGURA 44.</b> VIVIENDA AFECTADA EN RIONEGRO .....	63
<b>FIGURA 45.</b> VIVIENDA AFECTADA EN RIONEGRO .....	63
<b>FIGURA 46.</b> VIVIENDA AFECTADA EN RIONEGRO .....	63
<b>FIGURA 47.</b> VIVIENDA AFECTADA EN LOS SANTOS .....	63
<b>FIGURA 48.</b> VIVIENDA AFECTADA EN LOS SANTOS .....	63
<b>FIGURA 49.</b> VIVIENDA AFECTADA EN LOS SANTOS .....	64
<b>FIGURA 50.</b> VIVIENDA AFECTADA EN LOS SANTOS.....	64
<b>FIGURA 51.</b> VIVIENDA AFECTADA EN ONZAGA.....	64
<b>FIGURA 52.</b> VIVIENDA AFECTADA EN ONZAGA .....	64
<b>FIGURA 53.</b> PERLIN ESTRUCTURAL PARA CUBIERTA.....	74

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A.</b> PLANTA ARQUITECTÓNICA MODELO DE VIVIENDA 01 .....	80
<b>ANEXO B.</b> PLANTA ARQUITECTÓNICA MODELO DE VIVIENDA 02 .....	81
<b>ANEXO C.</b> PLANTA ARQUITECTÓNICA MODELO DE VIVIENDA 03 .....	81
<b>ANEXO D.</b> PRESUPUESTO INTERVENTORÍA .....	82
<b>ANEXO E.</b> PROPUESTA ECONÓMICA CONTRATRISTA .....	83
<b>ANEXO F.</b> PROPUESTA ECONÓMICA MODELO 01 .....	84
<b>ANEXO G.</b> PROPUESTA ECONÓMICA MODELO 02 .....	85
<b>ANEXO H.</b> PROPUESTA ECONÓMICA MODELO 03 .....	86
<b>ANEXO I.</b> MODELO DE DIAGNÓSTICO .....	87
<b>ANEXO J.</b> MODELO DE ACTA DE CONCERTACIÓN .....	87
<b>ANEXO K.</b> FICHA TÉCNICA MALLA DE ACERO, SISTEMA ALTERNATIVO DURAPANEL .....	87
<b>ANEXO L.</b> FICHA TÉCNICA PANEL POLIESTIRENO EXPANDIDO, SISTEMA ALTERNATIVO DURAPANEL .....	87

## **RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO**

**TÍTULO:** SUPERVISIÓN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN MUNICIPIOS DE SANTANDER AFECTADOS POR SISMO DEL 10 DE MARZO DE 2015.

**AUTOR:** Luz Angela Jaramillo Díaz

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** David Joseph Auresy Serrano Suárez

### **RESUMEN**

Práctica empresarial realizada por medio de una unión temporal, enfocada en la supervisión como interventoría de la reconstrucción de las viviendas que se afectaron en los diferentes municipios debido al sismo ocurrido el 10 de marzo de 2015.

En este informe se describen detalladamente las actividades realizadas para llevar a cabo un trabajo exitoso, los conocimientos adquiridos durante dicho periodo de gran importancia para la formación profesional de un ingeniero civil, los métodos de construcción y materiales utilizados, especificaciones particulares de las viviendas; además de los procesos administrativos en los que se desarrolla la labor de supervisión.

Igualmente se exponen las bases con el que se rige el contrato y el compromiso que adquiere la interventoría para velar por la calidad y seguridad en la reconstrucción de dichas viviendas.

Por último, se realizan las observaciones, conclusiones y recomendaciones a partir del aprendizaje adquirido y ejecutado lo largo de la práctica empresarial.

**PALABRAS CLAVE:** Interventoría, sismo, reconstrucción, catástrofe, supervisión.

## **GENERAL SUMMARY OF DEGREE WORK**

**TITLE:** SUPERVISION IN THE REBUILDING OF HOUSES  
AFFECTED BY 10<sup>th</sup> MARCH EARTHQUAKE IN THE  
DEPARTMENT OF SANTADER

**AUTHOR:** Luz Angela Jaramillo Diaz

**FACULTY:** Faculty of Civil Engineering

**DIRECTOR:** David Joseph Auresy Serrano Suárez

### **ABSTRACT**

Internship done by a Joint Venture focused on supervision, as auditors, in the rebuilding process of the houses affected by an earthquake occurred on 10<sup>th</sup> March 2015, in different municipalities.

This report describes in detail all activities performed to achieve a successful job, knowledge acquired during this period, a very important time for training a civil engineer, building methods and materials used, particular specifications for houses in the process, as well as administrative procedures required for auditor's labor.

In addition, the paper includes the bases that rule the contract and the commitment acquired by the auditors in order to ensure the quality and safety in the houses rebuilding process.

Finally, some observations, conclusions, and recommendations are placed, based on the knowledge acquired and performed during the internship.

**KEY WORDS:** Auditing, Earthquake, rebuilding, catastrophe, supervision.

## 1. INTRODUCCIÓN

El 10 de marzo de 2015 se presentó a las 3:55 pm un sismo de magnitud de 6.6 en la Escala de Richter, en gran parte del territorio nacional, cuyo epicentro fue el municipio de La Mesa de Los Santos de Santander, afectando las zonas de su área de influencia dejando pérdidas materiales en los municipios de Betulia, El Playón, Los Santos, Matanza, Onzaga y Rionegro del Departamento de Santander, entre otros, en donde se registraron inicialmente 444 viviendas, y que hasta hoy la cifra va en 551 viviendas afectadas. Además de ayuda humanitaria, por parte de la administración municipal, departamental y la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD), se planteó la reconstrucción de las viviendas con mayor afectación estructural con el fin de evitar futuras emergencias. Tal reconstrucción está a cargo de dos empresas escogidas por invitación directa proveniente de la Gobernación de Santander, e igualmente la entidad interventora de esta, PROCINCO INGENIEROS S.A.S., reunida en la **Unión Temporal Reconstrucción de Vivienda**.

La interventoría técnica, administrativa, financiera, contable, jurídica y ambiental que cita el contrato se lleva a cabo bajo la revisión del avance del proyecto, la coherencia de la actividad financiera junto con el valor de los contratos, modificaciones a las cantidades y toda la información adicional necesaria por medio de un balance general actualizado de la ejecución del contrato del contratista.

La línea de intervención en el marco de la calamidad pública de los municipios correspondientes a construcción de vivienda nueva en sitio propio, correspondiente a un proceso concertado con el beneficiario y posteriormente avalado y aprobado por la entidad interventora, teniendo en cuenta que se debe adaptar a las condiciones de terreno y características del entorno, las condiciones de acceso a servicios públicos esenciales que encierran una vivienda integral y digna, vías de acceso, pendiente del terreno, capacidad portante del suelo, demás variables que incidan en la estructuración del diseño; esto con el fin de determinar en el diagnóstico individual de cada una de las viviendas a construir la tipología de vivienda a aplicar. En caso de no poder adaptar ninguna de las tipologías anteriores mencionadas debido a las condiciones de terreno u otras que no permitan su construcción en el predio o lote del beneficiario, o de no ser aprobada durante la concertación con el beneficiario, se deberá proceder a determinar de forma conjunta con la entidad contratante la tipología de la vivienda y el área a construir, cumpliendo de igual forma con cada uno de los requerimientos mínimos contenidos en los esquemas ya preestablecidos y con el área mínima útil que deben tener todas la viviendas correspondiente a 42 m<sup>2</sup>.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar la correcta supervisión técnica, socio-ambiental, financiera-contable y administrativa en la reconstrucción de las viviendas afectadas por sismo en los municipios de Betulia, Los Santos, Onzaga y Rio Negro del departamento de Santander.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Revisar el avance del proyecto, la información financiera, el valor de los contratos adicionales, las modificaciones a las cantidades, el valor de la obligación ejecutada y las acumuladas, y toda la información adicional necesaria, mediante la elaboración de informes semanales que registre las acciones de tipo ambiental que se implementen y el avance técnico, acompañados fotografías, análisis y observaciones sobre el estado de ejecución en todos sus aspectos, junto con una evaluación permanente del desarrollo del contrato con respecto al cronograma establecido.
- Supervisar que la ejecución de la obra se lleve a cabo en relación con la programación establecida, previo cumplimiento de los requisitos de perfeccionamiento y preliminares, y para la entrega definitiva de las viviendas, preparar un informe con el fin de registrar el estado en el que se va a entregar el proyecto, junto con el balance general de la ejecución, diseños entregados, alcance de lo ejecutado, costos, informes de laboratorio, y en general el cumplimiento de especificaciones, normas técnicas y ambientales y demás anexos del contrato celebrado.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

#### 3.1 PROCINCO INGENIEROS SAS

Es una empresa dedicada a la construcción, consultoría, diseño, interventoría, auditoría de obras de ingeniería civil, ambiental, industrial, arquitectura y demás áreas afines. Y servir como proveedor de materiales, equipos, infraestructura, insumos, personal, necesarios para la ejecución de proyectos de Ingeniería en todos sus géneros. Busca la expansión de sus negocios a través de un desempeño empresarial productivo competitivo con principios éticos y morales sólidos y socialmente responsables.

Tiene como prioridad asegurar la calidad de todos sus procesos, establecer preservación del medio ambiente, la seguridad y la salud ocupacional a sus empleados, considerando la naturaleza de los riesgos e impactos propios e inherentes a su funcionamiento.

Esta política se basa en las siguientes directrices:

- **Clientes:** Mantener una adecuada y fluida relación con sus clientes a fin de interpretar y satisfacer sus requerimientos para proyectar y cimentar sólidas relaciones comerciales a largo plazo.
- **Cumplimiento de los requisitos:** Mantener un sistema de gestión de calidad y cumplimiento con los requisitos legales y todos los demás aplicables a sus actividades relativos a calidad ISO 9001:2008
- **Mejora continua:** Compromiso con la mejora continua del desempeño del sistema de gestión de calidad. Capacitar, desarrollar y motivar al personal para lograr un alto nivel de compromiso, responsabilidad y eficiencia en el cumplimiento de sus tareas con énfasis en temas de calidad.

##### 3.1.1 Misión

PROCINCO INGENIEROS SAS busca ofrecer a sus clientes productos y servicios relacionados con el sector de la construcción y consultoría en todo el territorio Colombiano, brindando un alto nivel de calidad, responsabilidad y cumplimiento, siguiendo los requisitos legales, normas técnicas y de ingeniería que exigen los proyectos que se ejecutan, con un excelente equipo humano, sus recursos operativos, técnicos y financieros.

### **3.1.2 Visión**

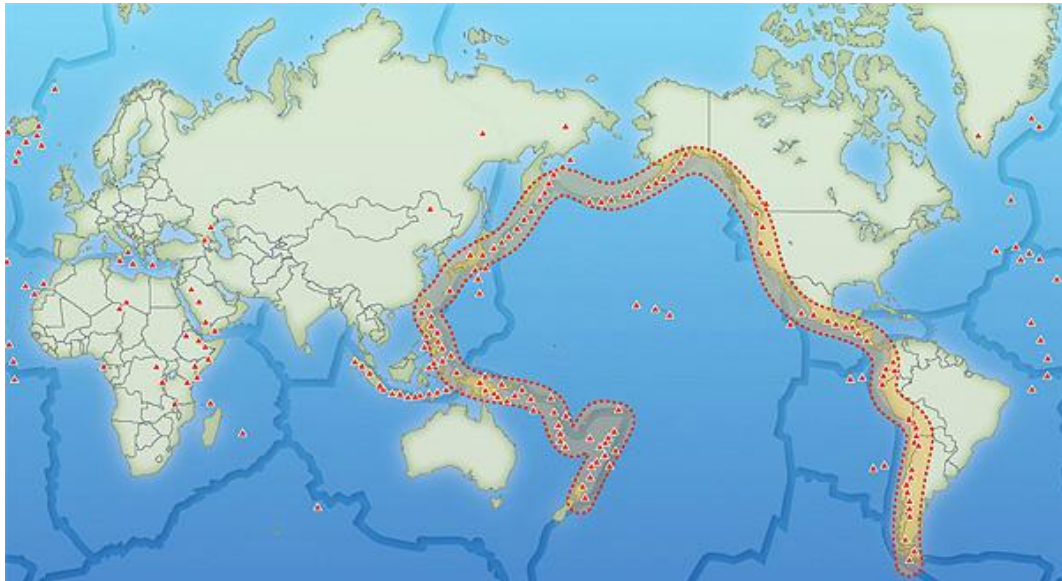
PROCINCO INGENIEROS SAS será una de las importantes empresas de construcción y consultoría de Santander y el territorio nacional, liderada por tecnología innovadora en todos sus procesos, a través de un equipo humano altamente comprometida con la calidad y la satisfacción de nuestros clientes, colaboradores, entorno social y medio ambiente.

## 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 4.1 ESTIMACIÓN DE AMENAZA SÍSMICA EN COLOMBIA

Colombia está ubicada dentro del cinturón de fuego del pacífico, lo cual presenta zonas con amenaza sísmica alta e intermedia que coinciden con las zonas montañosas y amenaza sísmica baja en la parte de la costa, llanos y Amazonía; lo cual está asociado con los límites de las placas tectónicas, zonas de seducción y zonas de obducción o dorsales oceánicas, donde se genera roce y se produce una enorme acumulación de energía, que puede provocar sismos de diferente magnitud, plegamiento de las rocas y rompimiento de las mismas; estas últimas originan las fallas geológicas.<sup>1</sup>

El departamento de Santander en gran parte de su área tiene una zonificación de sismicidad alta debido a la presencia del “Nido Sísmico” y fallas transcurrentes con actividad reciente como son los sistemas de falla de Bucaramanga, Suarez y falla la Salina. El municipio de Los santos está catalogado como una zona de amenaza sísmica alta, asociada a la actividad del “Nido Sísmico”, clasificándolo como el segundo más activo del mundo, junto con Indokush (Afganistán) y Brancha (Rumania hacia los montes Cárpatos).



**Figura 1.** Cinturón de Fuego del Pacífico. Geotermia. (2010).

---

<sup>1</sup> (Viloria Ahumada)

#### **4.1.1 Sismos significativos en Colombia**

- TUMACO (12 de diciembre de 1979)  
Movimiento telúrico acompañado de tsunami.  
Intensidad de 8,1 en la Escala de Richter.  
Profundidad superficial.  
Epicentro: Océano Pacífico, 75 km de la costa de Tumaco.  
Ubicación: 1.602° N y 79.363° W.  
Causas: La cercanía a la fuente de primer orden, la “zona de subducción”, localizada frente a la costa, capaz de generar terremotos de magnitudes extremas. Por otro lado, la ubicación de Tumaco, frente al mar abierto, hace que también este expuesta a las olas marinas – Tsunami – que generan los grandes terremotos en la zona de subducción cerca a la costa nariñense.
- POPAYÁN (31 de marzo de 1983)  
Intensidad de 5,6 en la Escala de Richter.  
Profundidad superficial (4 km)  
Epicentro: 46 km al suroeste  
Ubicación: 2.44° N y 76.66° W  
Causas: La vecindad que se tiene con el nudo andino en donde existe una gran cadena de volcanes como Puracé, Sotará, Los Coconucos, Pusná, Galeras, entre otros. Además, Popayán está sentada en una zona de subducción donde la placa Pacífica, la Suramericana y la del Caribe chocan, lo que aumenta el riesgo de sismicidad que tiene la ciudad.
- MUNICIPIO DE PAEZ (6 de junio de 1994)  
Afecto a 37 municipios de Cauca y Huila.  
Intensidad de 6,4 en la Escala de Richter.  
Profundidad 12 km  
Epicentro: Cordillera central en los límites de los departamentos Cauca y Huila.  
Ubicación: 2.28° N y 75.41° W  
Causas: En el Departamento del Cauca, la Cordillera Central esta tectónicamente limitada al oeste por el sistema de Fallas de Romeral, conjunto de fallas paralelas y subparalelas, localmente trenzadas con dirección norte-sur y noroeste; que marca el límite entre las rocas de afinidad oceánica al oeste con las rocas de afinidad continental o continentalizadas al este.



**Tabla 1.** Viloria, Pilar S. Inventario de sismos históricos en Colombia que han generado movimientos en masa.

ACELERACIÓN		GRADO DE AMENAZA	CARACTERÍSTICAS
	Aa(g)		
	0,01	BAJA	Aquellas regiones cuyo sismo diseño no excede una aceleración pico efectiva (Aa) de 0,10 g. Aproximadamente el 55% del territorio colombiano se encuentra incluido en esta zona de amenaza.
	0,05		
	0,075		
	0,1		
	0,15		
	0,2	MEDIA	Áreas de amenaza intermedia por sismicidad con presencia y afectación de fallas geológicas activas, pueden presentarse altas magnitudes de sismos con deslizamientos incluidos.
	0,25		
	0,3		
	0,35	ALTA	Áreas muy cerca a fuentes sismogénicas, en el Andén Pacífico con amenaza alta por ocurrencia de magnitudes altas de aceleración y efectos de daños pueden dar lugar a maremotos y tsunamis.
	0,4		

## 4.2 JUSTIFICACIÓN PROYECTO

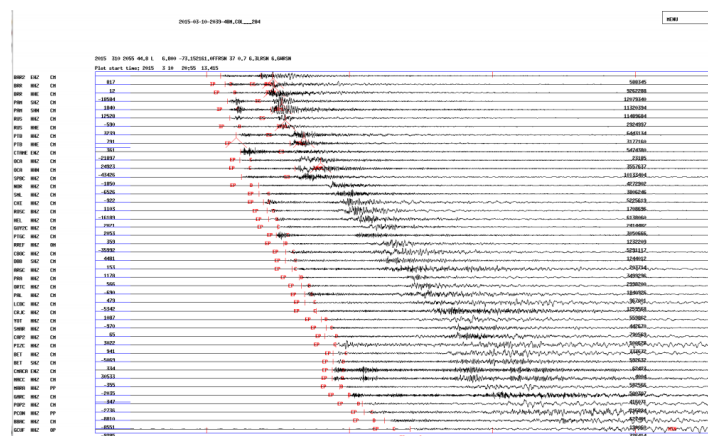
Atendiendo la situación presentada el 10 de marzo de 2015, a las 3:55 pm por sismo sentido en gran parte del territorio nacional con una magnitud de 6.6 en la Escala de Richter, a una profundidad de 161 kilómetros, cuyo epicentro fue el municipio de La Mesa de Los santos, Santander, afectando las zonas de su área de influencia dejando pérdidas materiales y en la que, tanto la administración municipal, departamental y UNGRD (Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres) realizaron la atención de la emergencia mediante la entrega de ayuda humanitaria inicial y la evaluación de implementación de medidas de recuperación a fin de evitar futuras emergencias, pues este evento provoco daños en la infraestructura y en los bienes inmuebles de los habitantes de los municipios de Betulia, Rionegro, Los Santos, Onzaga, Matanza, Surata y El Playón del Departamento de Santander.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> (Colombiano, 2015)

Teniendo en cuenta lo anterior, La Gobernación de Santander hizo la contratación por medio de selección directa del contratista para la obra “RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA PARA ATENDER LA CALAMIDAD PÚBLICA DECRETADA EN LOS MUNICIPIOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 10 DE MARZO DE 2015 EN LOS DEPARTAMENTOS DE SANTANDER” y por lo tanto del mismo modo se hizo la respectiva selección de la Interventoría, para que en su labor realice seguimientos especializados en la materia y se encargue de garantizar la adecuada ejecución de las obras de los proyectos, y brinde la garantía de la estabilidad de las obras contratadas.



**Figura 3.** Ubicación de las estaciones usadas en la localización del sismo.



**Figura 4.** Sismograma registrado el 10 de marzo de 2015

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MATERIALES VULNERABLES A MOVIMIENTOS SÍSMICOS

#### 5.1.1 Adobe y Tapia Pisada

La diferencia entre estos es la técnica empleada para su construcción; Los adobes son bloques de barro elaborados con un molde, de un tamaño un poco mayor al de un ladrillo convencional y para conformar los muros, se apilan de la misma forma como se hace en el método tradicional y como pegante se utiliza arcilla o cal y arena; mientras que la tapia es un muro macizo constituido con arcilla y arena apilada y prensada, para ello se emplea una formaleta denominada tapial que generalmente es en madera, donde se vierte la mezcla de barro y es compactada mediante apisonado.

Las construcciones en Adobe y Tapia Pisada presentan características constructivas que contribuyen a aumentar su vulnerabilidad sísmica; además la edad que tienen tales construcciones y el deterioro de las propiedades mecánicas de sus materiales lleva a una disminución adicional de su capacidad de soportar movimientos sísmicos (Ver Tabla 2).<sup>4</sup>

**Tabla 2.** Ensayos de caracterización de materiales <sup>5</sup>

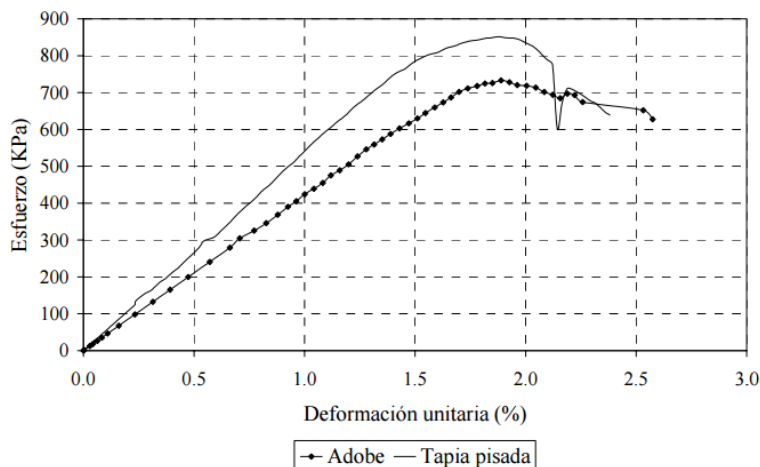
Descripción del ensayo	Norma
Densidad	ASTM C 642-97
Resistencia a la compresión y a la flexión de piezas individuales	NTC 4017
Resistencia a la compresión de muros	NTC 3495
Comportamiento a esfuerzo deformación a la compresión de muros	NTC 3495
Resistencia a la flexión en dirección perpendicular a las juntas horizontales	NTC 4109
Resistencia a la flexión en dirección perpendicular a las juntas verticales	NTC 4109
Resistencia a la tracción diagonal	NTC 4925
Resistencia a la compresión y a la tensión de morteros de cal	NTC 220

<sup>4</sup> (Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, 2011)

<sup>5</sup> (Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada, 2007)

**Tabla 3.** Valores promedios de las pruebas mecánicas de caracterización de los materiales <sup>6</sup>

Material	Prueba	Valor Prom (Mpa)	Desviación Est (Mpa)
ADOBE	Resistencia a la compresión de unidades	2.84	0.855
	Resistencia a la flexión unidades	0.49	0.188
	Resistencia a la compresión de muros	1.1	0.256
	Módulo elástico de muros E	98.1	35.9
	Esfuerzo de tracción diagonal de muros	0.028	0.008
	Módulo de cortante G	27.4	10.6
TAPIA PISADA	Resistencia a la compresión de muros	0.55	0.184
	Módulo elástico de muros E	66.6	31.2
	Esfuerzo de tracción diagonal de muros	0.037	0.014
	Módulo de cortante G	31.2	13.0



**Figura 5.** Curva esfuerzo – deformación para muros de Adobe y Tapia Pisada

Los principales factores que se observan al analizar los daños causados por el sismo en las viviendas con mayor afectación construidas en Tapia Pisada y Adobe son: irregularidades en planta y en altura, distribución inadecuada de los muros, pérdida de verticalidad de los muros, problemas con humedad, filtraciones, conexión inadecuada de muros, uso de materiales no compatibles, estructuración de cubierta deficiente, entre otros.

<sup>6</sup> (Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada, 2007)

Según lo anterior, las edificaciones construidas en mampostería de Adobe y Tapia Pisada presentan mecanismos de colapso y patrones de agrietamiento que se pueden agrupar en la Figura 6.




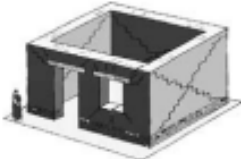

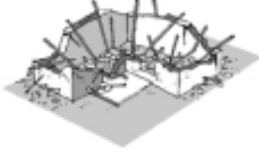

TIPO DE FALLA	ESQUEMA
<p>Flexión perpendicular al plano del muro. Agrietamiento horizontal en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales adicionales. Esto se presenta frecuentemente en muros largos.</p>	
<p>Falla por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento vertical en la zona central. Agrietamiento diagonal que constituye el mecanismo de falla y fisuración en la parte superior.</p>	
<p>Falla por flexión perpendicular al plano en las esquinas no confinadas de muros sueltos, o en esquinas no conectadas efectivamente con los muros transversales.</p>	
<p>Falla por cortante en el plano del muro asociada a altos empujes horizontales. En muchos casos estos agrietamientos están asociados a entrepisos o cubiertas muy pesadas y se ven magnificados con las aberturas correspondientes a las puertas y ventanas en los muros.</p>	
<p>Caída de la cubierta hacia el interior de la vivienda, por encontrarse mal apoyada sobre los muros. Se genera una falla en la zona superior de los muros.</p>	
<p>Falla generalizada de la cubierta por ausencia de un apoyo adecuado o por mala estructuración de ella. Este tipo de mecanismo de falla es frecuente en edificaciones con cubiertas muy pesadas, mal concebidas estructuralmente o con alto grado de deterioro.</p>	
<p>Falla que se presenta por mala conexión de los muros del primer piso con los del segundo. En este mecanismo de falla el entrepiso rompe los muros principales en forma casi horizontal, generando la inestabilidad del segundo piso.</p>	

Figura 6. Tipos de fallas y agrietamientos asociados a fuerzas sísmicas <sup>7</sup>

<sup>7</sup> (Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada, 2007)

### 5.1.2 Mampostería no estructural

La mampostería como material de construcción, aun hoy en día sus propiedades estructurales son menos conocidas que las de otros materiales estructurales importantes como el concreto, el acero y la madera.

Se ha superado las limitaciones de la mampostería simple en cuanto al uso en zonas sísmicas, por la implementación de la mampostería estructural reforzada, la cual combinada con las modernas técnicas de prefabricación resultan como un excelente sistema de construcción no solo para edificios de vivienda, oficinas y hoteles hasta de 20 pisos, sino también para obras como muros de contención y puentes en arco. Las propiedades de la arcilla que la hacen apta para la fabricación de ladrillo son la plasticidad, la resistencia a la tracción, la fusibilidad y la retracción.

**Tabla 4.** Clasificación ASTM C-270 de Morteros de Pega para Mampostería Simple <sup>8</sup>

TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>	PSI
<b>M</b>	17,2	175	2500
<b>S</b>	12,4	126	1800
<b>N</b>	5,2	53	750
<b>O</b>	2,4	25	350
<b>K</b>	0,5	5	75

**Tabla 5.** Correlación entre la resistencia del bloque, el tipo de mortero y la resistencia de la mampostería  $f_m$  [Kg/cm<sup>2</sup>] <sup>9</sup>

ESFUERZO DE COMPRESIÓN DEL BLOQUE INDIVIDUAL	TIPOS DE MORTEROS	
	M o S	N
980 o mas	373	309
845	330	267
703	281	232
562	235	190
422	190	155
281	141	112
141	105	77
70	56	42

<sup>8</sup> (Sanchez Gil & Mejia Angarita, 2009)

<sup>9</sup> (Sanchez Gil & Mejia Angarita, 2009)

### **5.1.3 Madera**

La madera es un recurso forestal disponible que se ha utilizado durante mucho tiempo como material de construcción, es uno de los elementos constructivos más antiguos que el hombre ha utilizado para la construcción de sus viviendas y otras edificaciones. Pero para lograr un resultado excelente en su trabajabilidad hay que tener presente ciertos aspectos relacionados con la forma de corte, curado y secado. Principalmente se caracteriza por ser un material poroso, combustible, higroscópico y deformable por los cambios de humedad ambiental, sufre de alteraciones químicas por efectos del sol, y es atacable por mohos, insectos y otros seres vivos.

La resistencia de las maderas está íntimamente ligada con la densidad del material; también la estructura interna de esta influye drásticamente en la capacidad de carga, ya que este material acepta esfuerzos máximos en el sentido longitudinal y mínimos en el sentido transversal. Por esta razón se le clasifica como un material anisótropo, es decir que presenta diferentes características según la dirección por donde se examine, y este comportamiento aumenta conforme su densidad disminuye y la estructura celular de la madera posee una gran porosidad, por tanto este material puede absorber una gran cantidad de agua, llegando a almacenar cantidades mayores a las de su peso seco; tal resistencia también depende de la madurez del árbol, ya que las maderas verdes poseen menor capacidad de carga y son más susceptibles a las deformaciones, por lo que es conveniente someter a la madera a un proceso de secado.

Por ser un material heterogéneo, que se ve reflejado por la variabilidad que es posible encontrar en probetas extraídas de una misma especie maderera y de diferentes árboles, e inclusive de probetas provenientes de un mismo árbol, lo que muestra una marcada diferencia en su densidad y resistencia. Esta variabilidad responde a diferencias genéticas, de ambiente y/o ambas. Es por esto que posee valores de resistencia variables, incluso pueden resultar más variables debido a que algunas de sus características no son controladas o controlables.<sup>10</sup> Entre las más importantes:

- Contenido de humedad
- Densidad
- Ángulo de fibras
- Nudosidad
- Temperatura

---

<sup>10</sup> (Diaz Mendez, 2005)

Tabla 6. Propiedades mecánicas de algunas maderas <sup>11</sup>

MADERA (12% humedad)	COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	CORTANTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	MÓDULO DE RUPTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/cm <sup>2</sup> )
CAOBA	473	120	795	91.800
MAPLE	491	174	1.000	95.880
FRESNO	543	169	1.183	121.380
ENCINO	526	139	989	103.020
ABETO	492	118	928	107.100
PINO	429	95	816	84.660

## 5.2 AFECTACIÓN SÍSMICA PRODUCIDA A LAS ESTRUCTURAS

Se trata del deterioro físico de los diferentes elementos estructurales o el impacto económico asociado. En este sentido, es común referirse a daño físico y daño económico que puede sufrir una edificación.

El daño físico se puede clasificar como:

- a) *Estructural*, que depende del comportamiento de los elementos que forman parte del sistema estructural como vigas, pilares, muros, forjados, entre otros. Se relaciona con las características de los materiales que le componen, su configuración y ensamblaje, el tipo de sistema sus características.
- b) *No estructural*, que se asocia a los elementos arquitectónicos, mecánicos, eléctricos, sanitarios. Se relaciona con los niveles de deformación y distorsión que sufre la estructura y en ocasiones, con las aceleraciones a las que sea sometida durante el proceso.

Por otra parte, el *daño económico* se define como la relación entre los costos que generan la reparación y reposición, e incluyen tanto los costos de daño físico directo como los indirectos.

Las vibraciones originadas por los bruscos desplazamientos del subsuelo en el epicentro del sismo, se transmiten como ondas terrestres, es decir como vibraciones

---

<sup>11</sup> (Resistencia, s.f.)

de las partículas del suelo, en parte a través del subsuelo y en parte a lo largo de la superficie terrestre; entonces si estas ondas encuentran la fundación de un edificio por ejemplo, el mismo también es acelerado, es aquí donde se originan las fuerzas sísmicas que se oponen al movimiento. Su magnitud se obtiene de la masa del edificio y de la aceleración.

Las fuerzas sísmicas dependen tanto de la aceleración del terreno como también del comportamiento oscilatorio de la construcción:

- Las construcciones muy rígidas (generalmente de pocos pisos), que oscilen muy rápido y se deformen poco, acompañan al suelo como cuerpo rígido no deformable. Su carga sísmica se origina únicamente en la aceleración del suelo.
- Las construcciones largas y livianas vibran con periodos lentos y se deforman acentuadamente, de manera que sus vibraciones se retrasan con respecto a las del suelo, lo que provoca una disminución de la carga sísmica comparada a la del edificio rígido indeformado.
- Edificios de mediana rigidez pueden ser inducidos sísmicamente a vibraciones de periodo propio. Su vibración se suma a la originada por el sismo y esta carga resultante de la suma puede ascender a varias veces la carga actuante sobre el edificio rígido indeformado.

Las ondas sísmicas originan una aceleración horizontal y una vertical del suelo. La aceleración vertical es, en general, menor que la mitad de la horizontal, dado que los edificios se construyen de manera que puedan resistir bien sus cargas verticales, conformadas por su propio peso y sobrecargas; pero existe peligro cuando se encuentran edificios que han sido diseñados solo a resistir cargas verticales. Por lo que también se debe diseñar edificios para resistir cargas horizontales de cualquier dirección.

Los tipos de falla más importante que se registran en estructuras de concreto reforzado y mampostería, tras la ocurrencia de eventos sísmicos, por lo general pueden deberse a:

**a) *Inadecuada resistencia al cortante de los entrepisos debidos a la escasez de elementos tales como columnas y muros.***

El colapso de los edificios se debe generalmente a la insuficiente resistencia a

carga lateral de los elementos verticales de soporte como son columnas y muros. La fuerza que se encuentra en lo más alto del edificio es progresivamente creciente, lo que genera fuerzas cortantes decrecientes desde la base hasta la cúspide, las mismas que debes ser resistida en cada nivel por el conjunto de dichos elementos verticales.



*Figura 7. Antes y después del sismo del 28 de Julio de 1957 en México*

**b) Grandes esfuerzos de cortante y tensión diagonal en columnas o vigas**

Las edificaciones deben contar con la capacidad de deformación suficiente para soportar adecuadamente la sollicitación sísmica sin desmeritar su resistencia. Cuando la respuesta sísmica es dúctil, se presentan elevadas deformaciones en compresión a efectos combinados de fuerza axial y momento flector.



*Figura 8. Falla por tensión diagonal en columna*

**c) *Falla por adherencia del bloque de unión en las conexiones viga-columna debido al deslizamiento de las varillas ancladas o a falla de cortante.***

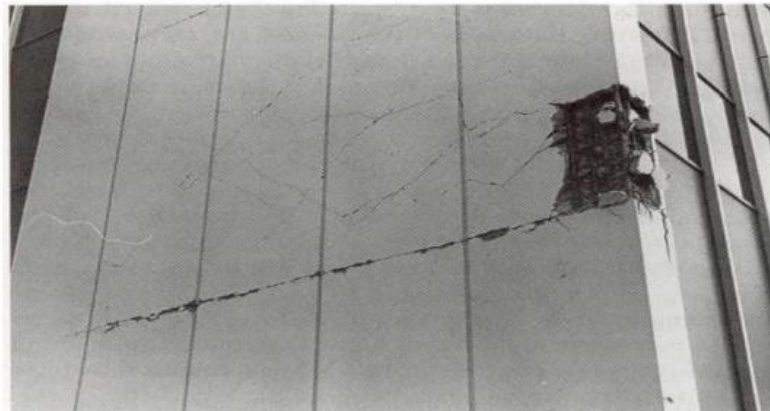
La conexión entre los distintos elementos estructurales se presentan elevadas concentraciones y complejas condiciones de esfuerzos, los que conducen a fallas especialmente en las uniones entre muros y losas de estructuras a base de paneles, entre vigas y columnas en estructuras de marcos y losas de estructuras a base de paneles, entre columnas y losas planas y entre columnas y cimentaciones.



**Figura 9.** *Falla en unión de viga-columna por escasez de anclaje en la conexión de la columna con el sistema de piso*

**d) *Falla frágil en muros de cortante***

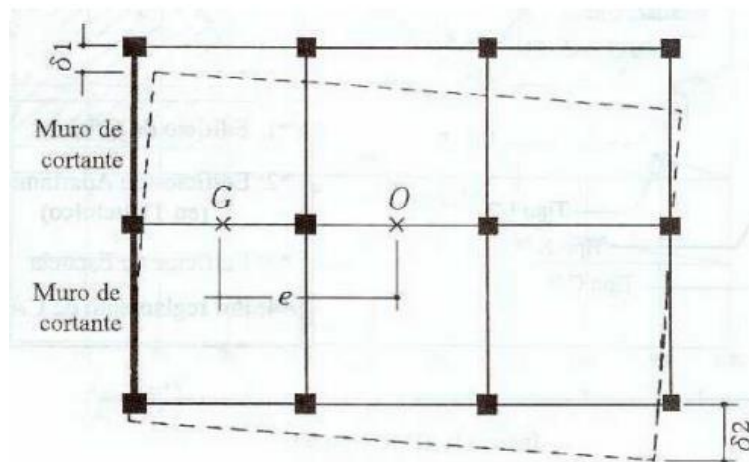
La funcionalidad de los muros cortantes es resistir principalmente los esfuerzos producto de las fuerzas sísmicas horizontales. Antes esta sollicitación, las fallas que suelen presentarse son en su unión con los sistemas de piso, por cortante horizontal o vertical, y por vuelco.



**Figura 10.** Daños en muro de cortante

**e) Falla por vibración torsional causada por la falta de coincidencia en planta del centro de masas con el centro de rigidez**

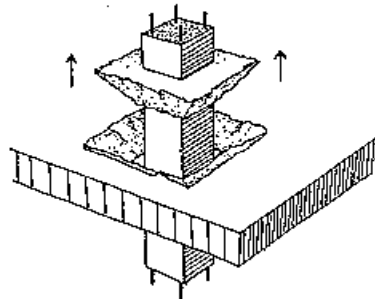
La asimetría en la distribución en planta de los elementos estructurales resistentes de un edificio causa una vibración torsional ante la acción sísmica y genera fuerzas elevadas en elementos de la periferia del edificio. Esta vibración ocurre cuando el centro de masa de un edificio no coincide con su centro de rigidez.



**Figura 11.** Vibración torsional causada por la falta de coincidencia entre el centro de masa y el centro de rigidez

**f) Falla por punzonamiento de la losa de edificios construidos a base de losas planas**

El punzonamiento se produce por los elevados esfuerzos a cortante. En este tipo de falla, los sistemas de piso quedan sin apoyo dando lugar al colapso total de los mismos manteniéndose de pie solo las columnas, debido por las conexiones frágiles.



**Figura 12.** Esquema básico de falla por punzonamiento

**g) Falla por variación brusca de la rigidez a lo largo de la altura del edificio**

Las plantas bajas de los edificios se construyen dejando el mayor espacio posible para permitir el paso o estacionamiento vehicular, mientras que los niveles superiores se construyen mediante sistemas de marco-muro, estando este último la mayoría de las veces confinado por el marco proporcionándoles a los pisos superiores una mayor rigidez que la de la planta baja.



**Figura 13.** Daño general en columnas de primer nivel

#### ***h) Falla por golpeteo entre edificios***

La falta de separación suficiente entre edificios adyacentes, hace que su manera de vibrar ante la sollicitación sísmica sea dando golpes entre ellos produciendo severos daños. Este tipo de falla puede ser más grave cuando los cuerpos adyacentes no coinciden en la altura de sus entresijos, ya que las losas de uno pueden golpear las partes intermedias de las columnas del otro.



***Figura 14. Falla debida al golpeteo entre edificios adyacentes que no coinciden con la altura de sus entresijos***

#### ***i) Falla en columnas de pisos superiores por la ampliación de los desplazamientos en la cúspide de los edificios***

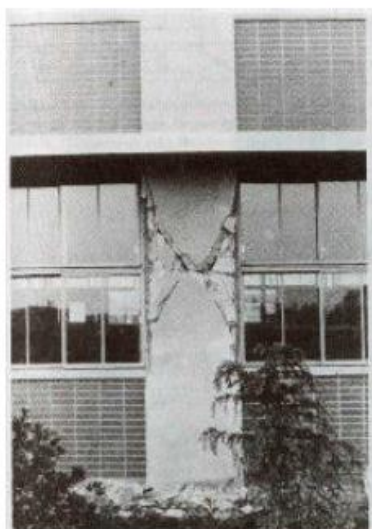
Se presentan estas ampliaciones de la vibración a lo largo de su altura, y se acentúa en sus niveles superiores, principalmente en edificios muy altos, lo que conduce a una elevada concentración de acciones internas que provocan el colapso de una parte del edificio a partir de determinada altura. En algunos casos también puede deberse a la unión de concreto nuevo con viejo tras la interrupción del colado durante el proceso constructivo.



*Figura 15. Colapso de los niveles superiores de un edificio de 11 pisos*

***j) Falla frágil de cortante en columnas acortadas por el efecto restrictivo al desplazamiento causado por elementos no estructurales***

Se debe a la interacción entre elementos no estructurales, tales como muros divisorios de mampostería, y las columnas de marcos de concreto, lo que provoca concentraciones de fuerza cortante en los extremos libres de las columnas, las cuales tienden a fallar frágilmente por cortante.



***Figura 16. Falla por tensión diagonal en columna acortada por entrepechos***

### 5.3 CRITERIOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO SISMO RESISTENTE

Al examinar y analizar los daños sufridos por algunas estructuras luego de un evento sísmico, se puede concluir que los terremotos representan uno de los mayores problemas que deben considerar por los ingenieros. La vulnerabilidad de las estructuras depende de los posibles daños que puedan sufrir sus elementos estructurales más importantes ante un sismo, lo cual repercute en el comportamiento de todo el sistema.

El planteamiento del problema se basa en el riesgo, que depende de la amenaza y la vulnerabilidad ( $\text{RIESGO} = \text{AMENAZA} \times \text{VULNERABILIDAD}$ ), al aumentar cualquiera de estos dos parámetros, o ambos a la vez, aumenta el riesgo de la estructura y resulta más difícil cumplir el objetivo de salvar vidas y propiedades. La incertidumbre es la principal característica del problema porque no se sabe cuándo y dónde va a ocurrir un sismo, tampoco su magnitud y duración.

Algunos de los daños encontrados en columnas de estructuras castigadas por los movimientos sísmicos pueden ser grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales y aplastamiento del concreto causados por compresión, pandeo de las barras longitudinales por exceso de distanciamiento de las ligaduras y pérdida del recubrimiento en todos los casos mencionados. En vigas se evidencian grietas diagonales y rotura del acero transversal causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura del acero longitudinal y aplastamiento del concreto por flexión, entre otras afectaciones producidas a las estructuras presentadas en el informe de práctica empresarial No 2.

Por lo anterior, se analiza un grupo de criterios mínimos necesarios para lograr diseños sismo resistente adecuados, destacando la importancia del trabajo en equipo junto con el arquitecto, para realizar un correcto acoplamiento de diseños y logrando que las estructuras cumplan sus funciones, además de salvar vidas y minimizar los daños materiales. Mediante una extenuante investigación se hace una clasificación de los posibles problemas estructurales que se pueden presentar debido a los sismos y, simultáneamente, se exponen las posibles soluciones para evitar los problemas planteados.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> (Blanco, 2012)

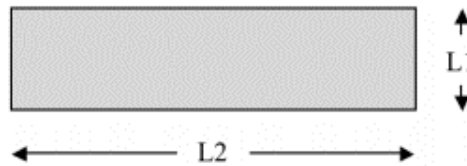
### 5.3.1 Problemas de configuración en planta

Son problemas referentes a la distribución del espacio y la forma de la estructura en el plano horizontal.

#### 5.3.1.1 Longitud en planta

La longitud en planta de una edificación, influye en la respuesta estructural ante la transmisión de ondas en el terreno producidas por el movimiento sísmico. A mayor longitud en planta empeora el comportamiento estructural, debido a que la respuesta de la estructura ante dichas ondas puede diferir considerablemente de un punto de apoyo a otro de la misma edificación. Los edificios largos son más propensos a tener problemas debido a las componentes torsionales del movimiento del terreno.

Recomendación práctica:  $L2/L1 \leq 2.3$



*Figura 17. Planta de gran longitud*

Para solucionar dicho problema se insertan juntas totales, de tal manera que cada una de las estructuras separadas se trate como una estructura corta (Grases et al. 1987). Estas juntas deben ser diseñadas para que no se produzcan choques entre las partes separadas, a consecuencia del movimiento independiente de cada una.



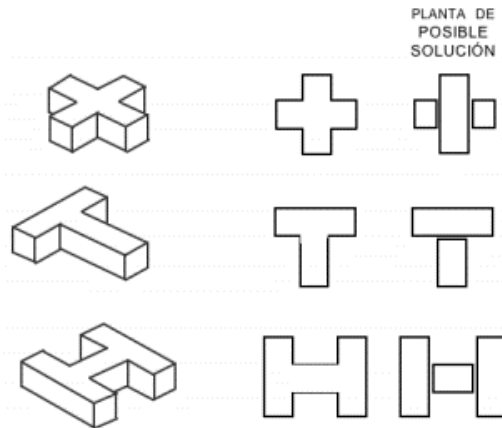
*Figura 18. Planta de gran longitud separada por juntas totales.*

Recomendaciones prácticas:

- $L_{MAX} = 40$  metros
- $L2/L1 \leq 2.3$
- Si  $L2/L1 > 2.3$ , se recomienda insertar al menos una junta total

### 5.3.1.2 Forma de la planta

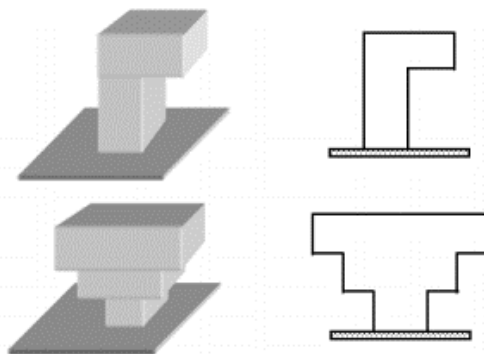
La forma de la planta influye en la respuesta de la estructura ante la concentración de esfuerzos generada en ciertas partes, debido al movimiento sísmico. Los sitios más vulnerables son los ángulos de quiebre entre partes de la estructura, cuyo problema se puede resolver colocando apropiadamente las juntas totales mencionadas anteriormente.



**Figura 19.** Ejemplos de planta de forma irregular y su posible solución.

### 5.3.2 Problemas de configuración vertical

Son problemas referentes a las irregularidades verticales que al estar presentes en las edificaciones, ocasionan cambios bruscos de rigidez y masa entre pisos consecutivos, lo que se traduce en fuertes concentraciones de esfuerzos.



**Figura 20.** Irregularidades verticales

### **5.3.3 Problemas de configuración estructural**

Son problemas inherentes al propio diseño estructural, que influyen directamente en el comportamiento de la edificación a lo largo de su vida útil y repercuten en el desempeño ante un evento sísmico.

#### *5.3.3.1 Concentraciones de masa*

Esto se refiere a problemas ocasionados por concentraciones de masa en algún nivel de la edificación, al colocar elementos de gran peso como equipos, tanques, piscinas, archivos, depósitos, entre otros. Debido al hecho de que el problema se agrava si dicha concentración se localiza en los pisos más elevados ya que a mayor altura, mayor aceleración sísmica de respuesta, se recomienda colocarlos en sótanos o en construcciones aisladas cercanas al edificio, para evitar el efecto de péndulo invertido.

#### *5.3.3.2 Columnas débiles*

Las columnas son de vital importancia dentro del sistema estructural, debido a que transmiten las cargas a las fundaciones y mantienen el edificio de pie. Si bien en el diseño sismo resistente se tolera cierto nivel de daños, se debe prever que si éstos aparecen es preferible que sea en las vigas y no en las columnas. En la viga se genera una falla “local” que afecta principalmente al piso afectado. En la columna la falla afecta a toda la estructura, pudiendo ocasionar el colapso de la misma. El diseño ideal es “Columna fuerte – Viga débil”, en el cálculo se debe verificar que el momento resistente total en la columna dividido entre el de las vigas sea mayor o igual a 1,20.

#### *5.3.3.3 Columnas cortas*

Al analizar y estudiar el comportamiento de edificaciones bajo la acción sísmica, se ha observado que algunas columnas presentan grietas a 45°, lo que indica una falla frágil. La columna diseñada como dúctil, se convierte en frágil y falla la zona no confinada. La falla se debe al hecho de que las columnas de un mismo nivel presentan similar desplazamiento lateral durante un sismo, sin embargo al ser las columnas cortas más rígidas absorben mucha más fuerza lateral.

#### 5.3.3.4 Pisos débiles

Algunos sistemas arquitectónicos conllevan a la formación de pisos cuya rigidez y/o resistencia es significativamente menor que la del resto de los niveles, haciéndolos más vulnerables. Esto se puede atribuir a la diferencia de altura entre pisos consecutivos o a la ausencia de algún elemento estructural. La ausencia o falta de continuidad de columnas, ha sido una causa de muchos colapsos de estructuras sometidas a movimientos sísmicos.

#### 5.3.3.5 Excesiva flexibilidad estructural

En el diseño debe garantizarse que la edificación resista los efectos del movimiento sísmico, y también minimizar los daños en elementos no estructurales, juntas, escaleras, entre otros, debido a los desplazamientos laterales. Las edificaciones excesivamente flexibles, son más susceptibles a sufrir grandes desplazamientos laterales entre niveles consecutivos, por el movimiento debido a fuerzas sísmicas. A dichos desplazamientos relativos se les conoce como “deriva” y deben ser controlados en el diseño según las especificaciones normativas.

Las principales causas de la flexibilidad estructural son:

- Excesiva distancia libre entre elementos verticales (luces o vanos).
- Altura libre entre niveles consecutivos.
- Poca rigidez de elementos verticales.
- Discontinuidad de elementos verticales.

#### 5.3.3.6 Excesiva flexibilidad de diafragmas

Una configuración estructural adecuada se logra, entre otras consideraciones, conectando las líneas resistentes con diafragmas rígidos, para lograr deformaciones uniformes. Es importante resaltar que considerar rígidos los diafragmas representa una hipótesis de cálculo. El comportamiento flexible del diafragma se debe a las siguientes razones:

- Material inadecuado o espesor insuficiente
- Este tipo de elementos trabaja a flexión en su plan y sus deformaciones laterales pueden aumentar significativamente, si la relación entre el largo y el ancho del diafragma es mayor a 5.
- Si el diafragma presenta aberturas para iluminación, ventilación, entre otras, cuya área sea mayor al 20% del área total, se pueden presentar dentro de él, zonas flexibles que afectan la conexión rígida entre elementos verticales. Una

forma de solucionar este problema es colocar adecuadamente elementos rigidizadores en las aberturas.

#### *5.3.3.7 Dirección poco resistente a fuerzas horizontales*

En general debe alternarse la orientación de los elementos verticales, para que las rigideces laterales sean similares. Cuando la menor dimensión de todas o la mayoría de las columnas rectangulares de una edificación se encuentran orientadas en la misma dirección, ésta es poco resistente a fuerzas horizontales debido a sismo.

#### *5.3.3.8 Torsión*

La torsión ha sido la causa de importantes daños y, en algunos casos, colapso de edificaciones sometidas a fuertes movimientos sísmicos. Se presenta por la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez. Cuando en una configuración, el centro de masa coincide con el centro de rigidez, se dice que existe simetría estructural. A medida de que el edificio sea más simétrico, se reducirá su tendencia a sufrir concentraciones de esfuerzos y torsión, y su comportamiento ante cargas sísmicas será menos difícil de analizar y más predecible.

La simetría va desde la geometría de la forma exterior, hasta las distribuciones internas de elementos resistentes y componentes no estructurales. En los casos donde existen muros, núcleos de ascensores o tabiquería, hacia un lado de la edificación, el centro de rigidez se desplaza en esa dirección. Debido a esto se generan deformaciones no previstas en el cálculo estructural.

#### *5.3.3.9 Transición en columnas*

Cuando columnas de niveles adyacentes varían bruscamente de forma, se generan grandes esfuerzos y se presentan problemas de discontinuidad del acero longitudinal, ocasionando fallas en los nodos. El problema de transición genera una articulación en los nodos, incapaces de transmitir momentos, lo cual convierte la estructura en inestable ante cargas laterales.

#### *5.3.3.10 Ausencia de vigas*

Los sistemas estructurales formados por losas y columnas (sin vigas), presentan un pobre desempeño ante eventos sísmicos. La columna actúa como un punzón ocasionando daños severos en la losa.

#### *5.3.3.11 Poca cuantía de refuerzo transversal*

La función del refuerzo transversal, estribo o ligadura, es soportar fuerzas cortantes, garantizar el adecuado confinamiento del concreto e impedir el pandeo del refuerzo longitudinal. Cuando se presenta mal armado del refuerzo transversal, el diámetro de la cabilla es insuficiente o están muy separadas, se evidencian daños en los elementos estructurales. Los ganchos en los extremos de los estribos deben tener un ángulo mayor o igual  $135^{\circ}$ , para lograr un amarre adecuado. Si el ángulo del gancho es de  $90^{\circ}$ , este puede abrirse con el movimiento sísmico.

#### *5.3.3.12 Fundaciones inadecuadas*

Las fundaciones de una edificación son las bases sobre las cuales ésta se apoya de forma adecuada y estable sobre el terreno. Es imprescindible, para toda obra de ingeniería, realizar un estudio de suelos por expertos en el área. Dicho estudio dependerá de la altura, peso y uso de la edificación. Evidentemente, escoger el tipo de fundación adecuado dependerá de las características de la estructura, del estudio de suelos y la actividad sísmica probable de la zona.

El sistema de fundación deberá ser capaz de transferir al suelo las acciones sísmicas y gravitatorias, sin que supere la capacidad portante de éste, correspondiente al nivel de excitación sísmica previsto y sin que se produzcan movimientos relativos entre los elementos de fundación que puedan originar deformaciones inaceptables en la estructura. Los desplazamientos relativos que eventualmente pueden sufrir los distintos elementos de fundación, deberán ser tales que no comprometan la estabilidad y funcionalidad de la estructura. Cada uno de los bloques estructuralmente independientes de una construcción, tendrá un sistema de fundación único (homogéneo). No se admitirán sistemas diversos dentro de una misma unidad, por ejemplo: algunas columnas sobre pilotes y otras sobre fundaciones directas.

### **5.3.4 Problemas colaterales**

#### *5.3.4.1 Choque entre edificaciones*

Esto ocurre cuando el movimiento de un edificio, durante el sismo, queda impedido por otro muy cercano y, en general, más rígido. Al chocar se generan fuerzas cortantes en las columnas golpeadas. Es conveniente crear amplias juntas totales entre edificios de diferentes alturas, para que puedan oscilar de forma distinta durante un movimiento sísmico y evitar así el choque violento entre ellos.

Se debe impedir que edificios de diferentes alturas puedan estar juntos y a partir de cierta altura, éstos deben estar aislados. Otra causa del problema es cuando edificios cercanos presentan alturas distintas de entrepisos o niveles distintos de piso.

#### *5.3.4.2 Efectos indirectos*

Los efectos locales indirectos como licuefacción, asentamientos, deslizamientos y avalanchas, pueden ser causa de importantes daños en estructuras, ocasionando en muchos casos pérdidas humanas. La licuefacción es un fenómeno que se produce en terrenos blandos saturados de agua, durante movimientos sísmicos fuertes y prolongados. Debido a las vibraciones sísmicas, el suelo se comporta como un fluido. Las edificaciones se hunden y/o vuelcan bajo los efectos de la licuefacción.

Las zonas propensas a que ocurra este fenómeno son aquellas sobre depósitos sedimentarios, lechos fluviales, rellenos artificiales, entre otros, donde el nivel freático es superficial. Es importante volver a mencionar, que es imprescindible para toda obra de ingeniería, realizar un estudio de suelos por expertos en el área.

#### *5.3.4.3 Calidad de los materiales y procesos constructivos*

Cumplir con las normas sismo resistentes vigentes, no es suficiente para garantizar el buen desempeño de las obras de ingeniería. La calidad de los materiales utilizados y el adecuado proceso constructivo, son fundamentales para que el comportamiento de la edificación sea lo más cercano al de diseño. Se han encontrado casos de obras muy cercanas en las cuales solo una de ellas falla. Si el diseño y el suelo son idénticos, la falla y en algunos casos el colapso, puede atribuirse a materiales que no cumplan las especificaciones y/o procesos constructivos deficientes.

## 6. ESTADO DEL ARTE

### 6.1 RECONSTRUCCIÓN POR SISMO EN CHRISTCHURCH, NUEVA ZELANDA

El 22 de Febrero de 2011 se produjo un fuerte movimiento sísmico en la ciudad de Christchurch, Nueva Zelanda, de magnitud 6.3 en la Escala de Richter, con una profundidad de 6 km, a 10 km de Christchurch.

Además de casi 185 víctimas mortales, este sismo también colapso varias estructuras en mampostería no reforzadas, incluyendo la histórica catedral de Christchurch, El Distrito Central de Negocios (CDB) y el hundimiento del edificio de la cadena de televisión Canterbury TV (CTV), junto con aproximadamente 3000 edificios afectados sin posibilidad de reparación.

Nueva Zelanda en su totalidad, al igual que Colombia y algunos países suramericanos, se encuentra a lo largo del sísmicamente inestable Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se observa la interacción de las principales placas Pacífica e Indo-Australiana, gran parte del límite de la placa regional a lo largo del centro de la Isla Sur se caracteriza por la deformación de la tierra.

Tras investigaciones realizadas por expertos en construcción, que incluyeron testimonios, fotografías, exámenes in situ, muestreo y pruebas de hipótesis utilizando diversos modelos de ingeniería establecidos, se determinaron diversos factores que contribuyeron al colapso del edificio CTV, como son:

- Agitación intensa horizontal del suelo.
- Falta de ductilidad en las columnas, haciéndolas quebradizas.
- Distribución asimétrica de los muros cortante.
- Baja resistencia del hormigón en algunas de las columnas.
- La posible interacción de las columnas de hormigón y paneles de antepecho.
- La separación de las losas.
- Entre otras.

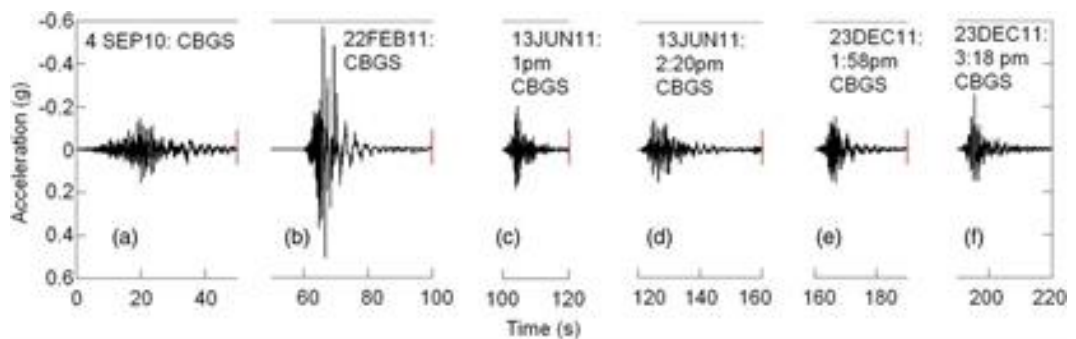
Se encontró que la edificación no fue construida bajo las normas de construcción de la época (1986).

En este caso se hizo una construcción temporal a la Catedral de la ciudad, pensando en la necesidad de un edificio transitorio mientras se concretaba la respectiva reconstrucción. Esta construcción temporal se dio a conocer por el nombre de “Catedral de Cartón”, denotando en su nombre el material principal de la obra. Se utilizaron tubos de cartón de la misma longitud, los que conforman las paredes de una estructura que alcanza un altura de aproximadamente 6 metros,

con capacidad de albergar 700 personas; se puede decir que su placa está compuesta por container metálicos de transporte y como remate en los extremos, se sugirió dos grandes paredes vidriadas. Es una estructura que puede ser transportarse y ubicarse en diferentes sitios.<sup>13</sup>



**Figura 21.** Catedral después del sismo (2014, 1 de febrero).



**Figura 22.** Registro de sismos en Nueva Zelanda (2014, 1 de febrero)



**Figura 23.** Estructura de cartón como reemplazo de la catedral destruida tras terremoto de Nueva Zelanda. (2011, 11 de agosto).

<sup>13</sup> (Cubrinovski, Haskell, Winkley, Robinson, & Wotherspoon, 2014)

## 6.2 RECONSTRUCCIÓN POR SISMO EN BAM, IRÁN

El 26 de Diciembre de 2003 a las 5:26 AM hora local, la “Ciudadela de Bam”, la estructura de adobe más grande del mundo, y la mayor parte de la ciudad de Bam fue destruida por un sismo de 6.3 en la Escala de Richter a una profundidad que alcanza los 10 km, lo que indica que fue un sismo superficial y que tuvo gran afectación de infraestructura con un porcentaje del 70% en ruinas y debido al colapso de estas, se registró una pérdida de entre el 30% y 45% de la población de Bam.

La magnitud de los daños se debe además del material, a las constantes replicas que se generaron seguido del terrible sismo que arrasó en su mayoría con la ciudad de las edificaciones en arcilla más antiguas del mundo. Irán es un país que ha sufrido numerosos terremotos en su historia, inclusive peores que este, y esto se debe a las fallas geológicas y fracturas del suelo en Asia Central.

Se decidió utilizar la participación pública en la reconstrucción de las unidades residenciales y comerciales tanto como fuese posible y el gobierno trató de establecer normas y regulaciones arquitectónicas para reservar la identidad histórica y cultural de Bam e ingenieros que prestaran sus servicios como consultores para preparar planes adecuados para las casas basados en las necesidades de las personas.

*Tabla 7. Unidades para reconstrucción (2009, 29 de octubre). Reconstruction management policies in residential and commercial sectors after the 2003 bam earthquake in Iran.*

<b>UNIDADES A RECONSTRUIR</b>	<b>No</b>
Viviendas urbanas y establecimientos comerciales	40.072
Vivienda rurales	29.964
<b>TOTAL</b>	<b>70.036</b>

El objetivo que fue asignado para esta labor fue: “Reconstrucción y renovación de los edificios residenciales y comerciales, compatible con el plan de desarrollo regional, teniendo en cuenta la región y habilidades nacionales, capacidades y aptitudes para revivir La Ciudad de Bam y las aldeas”.

Los responsables de la planificación, el suministro de recursos financieros, la formulación de políticas y supervisión fue la asociación Bam’s reconstruction supreme supervisory and policymaking association (BRSSPA); y Housing Foundation of Iran (HFIR) es una fundación que se creó para satisfacer bienes y servicios de Irán por desastres naturales, encargada de los escombros y ejecución

de los edificios residenciales y comerciales. La reconstrucción de Bam era diferente de otras, pues solo se trató de proveer las necesidades de la comunidad, de modo que las personas podían hacer ellos mismos la reconstrucción; en otras palabras, la política principal para la reconstrucción fue fortalecer la comunidad y utilizar su participación. Fue necesario considerar tres principios importantes: 1. El patrimonio cultural y arquitectónico; 2. La estabilidad de la construcción; 3. La participación de la comunidad, en donde las personas vienen siendo sus propios clientes y constructores. Los gestores de reconstrucción proporcionaron oportunidades educativas a los contratistas, es decir, a los dueños del inmueble, para evitar el uso de materiales de construcción inadecuados en los edificios y también construyeron algunos laboratorios de mecánica de suelos. HFIR proporciona materiales como cemento, acero, arena y grava durante los 2 primeros años del periodo de reconstrucción d sus respectivas empresas, entre ellas SamanMohit Co. Y la Fundación de Concreto.<sup>14</sup>

**Tabla 8.** *Materiales de construcción (2009, 29 de octubre). Reconstruction management policies in residential and commercial sectors after the 2003 bam earthquake in Iran.*

<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>2004-2005</b>	<b>2005-2006</b>
Cemento (ton)	237.251	852.561
Acero (ton)	66.741	81.298
Arena y Grava (m3)	328.343	732.746



**Figura 24.** *Gromicko, Nick. La inspección de adobe. La Ciudadela Bam de Irán.*

<sup>14</sup> (Omidvar, Zafari, & Derakhshan, 2009)



*Figura 25. Doncel, José A. Bam después del sismo de 2003 (2011, 16 de noviembre). Construir frente a terremotos: la arquitectura sismo-resistente.*

### **6.3 UNA VISIÓN DE SISTEMAS DE PROYECTOS DE VIVIENDAS TEMPORALES EN LA RECONSTRUCCIÓN POST-DESASTRE**

Las viviendas representan la mayor pérdida material en los terremotos, inundaciones y explosiones volcánicas, dejando miles de familias necesitadas, lo que pone en contexto, el concepto de catástrofe, la cual se asocia obligatoriamente con el concepto de vulnerabilidad.

Un desastre natural sin duda golpeará en un futuro muy próximo que nadie sabe cuándo sucederá. Lógicamente, es de esperar que al menos se planifique las debidas precauciones y se tomen las decisiones sistemáticas respecto a lo que hay que hacer “la próxima vez”. Sin embargo, en la realidad la planificación a menudo se encuentra ausente o, insuficiente a la hora de la construcción de viviendas resistentes a tales desastres.

El objetivo de esta investigación es explicar los diferentes sistemas de organización y técnicas aplicadas en proyecto de vivienda después de un desastre natural, en donde se muestra como el uso de diferentes sistemas puede conducir a diferentes tipos de proyectos y también para los diferentes tipos de estructuras y la capacidad para soportar próximos eventos.

#### **Caso 1: Terremoto en 1999 al oeste de Turquía**

En la segunda mitad de 1999, dos devastadores terremotos sacudieron las regiones de Marmara y Bolu de Turquía, el corazón industrial del país, a este de Estambul,

dejando 18.373 muertos, 311.693 unidades de vivienda destruidas y 45.538 locales comerciales dañados y colapsados. Los daños se estiman en US \$ 4-7 billones, alrededor del 3% del producto nacional bruto.

El ministerio de Obras Publicas y Asentamientos (MPWS) y su Dirección General de Asuntos de Desastres (GDDA) anuncio la licitación de construcción de unidades prefabricadas temporales de menos de un mes después del primer terremoto. La construcción de las unidades se llevó a cabo por empresas privadas de construcción y gestionado por las autoridades provinciales de la MPWS; la realización del proyecto de vivienda se retrasó por cuatro meses debido a problemas en la búsqueda de terrenos adecuados y también la coordinación inadecuada en relación con la instalación de la infraestructura. Lo que significa que muchas familias tuvieron que permanecer en tiendas de campaña durante el primer invierno.

El MPWS fijo el precio en US \$ 3.300 para una unidad dúplex de 30 m<sup>2</sup> prefabricada, por un total de alrededor US \$ 5.000 por unidad incluidos los gastos de acabados generales. Se construyeron 31.339 unidades en 53 asentamientos temporales en toda la región del terremoto, además de otras 10.649 unidades financiadas a través del sector privado y parcialmente gestionadas por el MPWS. Cada Unidad de vivienda de lado a lado de construyo implementando paneles prefabricados aislados sobre cimientos de losa, con techos de hierro corrugado e incluida una cocina y un baño con agua, electricidad y calefacción eléctrica. Las unidades fueron colocadas en los asentamientos de 100 a 1.000 unidades, sobre todo en la periferia de las zonas urbanas que también incluían carreteras, centros comunitarios, servicio de autobús, recolección de basura. Servicios postales y comercio.



**Figura 26.** Vistas del arreglo de vivienda temporal construido en las afueras de las ciudades de Adapazari y Izmit.. (2006, 1 de Abril).

## **Caso 2: Terremoto en 1999 en Armenia, Colombia**

El 25 de enero de 1999, un terremoto con una magnitud de 6.0 en la Escala de Richter sacudió la región del centro de Colombia. Las ciudades de Armenia y Pereira se vieron afectadas. El desastre dejo más de 800 muertos, 1.856 casas rurales

destruidas y 4.552 casas parcialmente dañadas. Las pérdidas en el sector productivo se estimaron en 4.2% del producto interno bruto regional.

Después de la catástrofe, la presidencia de Colombia formulo un programa de reconstrucción de incluía la creación de un nuevo organismo llamado FOREC (Fondo para la Reconstrucción Física y Social del Eje Cafetero). El fondo FOREC (que ascendió a US \$ 720million) fue creado con un préstamo del Banco Mundial (equivalente al 40% del fondo), un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (equivalente al 10% del fondo), donaciones privadas (1%) y recursos del Presupuesto Nacional y los nuevos impuestos (50%).

La gestión de las casi 6.000 unidades de vivienda temporal requeridas fue asignado a la Universidad Nacional de Bogotá (NUB). Para la universidad, el desastre fue un “laboratorio” ideal para la aplicación de la investigación llevada a cabo por su Centro de Prevención de Desastres. Los beneficiarios jugaron un papel importante, ya que ayudaron en la construcción de las unidades temporales. Cuando la tierra ocupada ilegalmente pertenecía a propietarios privados, la NUB estableció contratos para el alquiler de la tierra y compensar a los propietarios. En los casos en que la tierra fuera de propiedad pública, la NUB estableció acuerdos en reconocimiento de la ocupación del espacio público. En ambos casos, los acuerdos (contratos de alquiler privado o acuerdos de uso público) incluyen las fechas de tres años más tarde, cuando la tierra tenía que ser devuelta y las condiciones en las que tuvo que ser devuelta a los propietarios, desocupada y limpia.

Un total de 107 asentamientos temporales se dispersaron por toda la ciudad, que van desde 15 a 150 unidades. Una simple unidad de 24 m<sup>2</sup> fue construida en madera con el techo a una sola agua de hierro corrugado. Quedaban ubicadas “espalda con espalda” con otras unidades y construidas en fila, cada una Denia tres medianeras y solo una ventana de 1 m<sup>2</sup> hacia la calle. Las unidades tenían servicio de electricidad poco confiable, cocina y baños comunales fueron proporcionados por grupos. El trabajo que realizaban los beneficiarios aparte de las unidades de vivienda era básicamente la construcción de infraestructura básica temporal (vías de acceso, sistemas de drenaje, tanques sépticos, electricidad, etc.).<sup>15</sup>



**Figura 27.** Vistas del proyecto de viviendas temporal en Colombia. (2006, 1 de Abril).

<sup>15</sup> (Johnson, Lizarralde, & Davidson, 2006)

## 6.4 MODELO DE EMPODERAMIENTO EN LA RECONSTRUCCIÓN RESIDENCIAL SOSTENIBLE

El 12 de Enero de 2010 a las 4:53 pm, un terremoto de magnitud 7.0 en la Escala de Richter sacudió la Republica de Haití. El epicentro del sismo fue a casi 25 km al suroeste, cerca de la ciudad de Léogâne.

Esta ciudad de Léogâne, de 130.000 personas y una de las 140 de las comunas de Haití, quedo completamente destruida por este evento, se estima que el 93% aproximadamente de sus edificios se dañaron, de los cuales la mayor parte colapso. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo, este terremoto ha sido el evento más destructivo que ningún otro país haya experimentado en estos tiempos, si se mide en términos de porcentaje de las personas que murieron allí.

Sin embargo después de dos años, la mayoría de las familias aún se encontraban desplazados en albergues transitorios, sin una ruta clara hacia viviendas permanentes seguras; mientras que su entorno se deterioraba por fuertes temporadas de lluvias, huracanes y enfermedades como el cólera.



**Figura 28.** A) Falla vivienda de clase media después del terremoto B) Vivienda de clase alta que colapso con el terremoto. (2012, 1 de Octubre)

Haití es la nación occidental más pobre, con altos impuestos de importación y deforestación severa; en cuanto a la construcción, esta población no puede tener acceso a suficientes materiales ni recursos debido a la escases económica y fuentes de financiación y altos costos en los pocos materiales existentes, lo que ha provocado que estas personas construyan viviendas no estructurales, en ausencia de normas sismo resistentes, y en largos periodos de tiempo mientras logran acumular ahorros de inversión, lo que ocasiona una alta variabilidad en los materiales ya instalados y la mano de obra utilizada. Construcciones con muros en

mampostería de hormigón prensado a mano (Concrete Masonry Units CMU) y ligeramente armado, sin la presencia de vigas, dando lugar a sistemas con fuerzas inadecuadas, las cuales funcionan ligeramente bien bajo la presencia de vientos fuertes que son comunes en el caribe, pero son estructuras extremadamente vulnerables ante la acción de un terremoto.

Entidades privadas, sobre todo de comunicación, tomaron la decisión de involucrarse en la reconstrucción de las unidades de vivienda permanente para los afectados, pero por las causas anteriormente nombradas, los recursos económicos era el principal impedimento, y donde las necesidades humanas básicas no eran satisfechas, debieron buscar soluciones inmediatas. En última instancia, se tenía que para que hubiese progreso, la reconstrucción de tales viviendas no dependería de ayuda externa y por el contrario se capacitaría a los mismos ciudadanos para realizar las labores de construcción, teniendo en cuenta los requerimientos del clima tropical, preferencias culturales, la seguridad y sobre todo las limitaciones de recursos nativos, ingresos económicos, educación y supervisión del gobierno.



**Figura 29.** A) Viviendas colapsadas B) Proceso de reconstrucción, tras educación a beneficiarios acerca de la implementación del forjado. C) Viviendas en construcción de segundo piso. (2012, 1 de Octubre).

Los requisitos de alta resistencia contra la lluvia, fuertes vientos, inundaciones de las fuertes tormentas y huracanes, justificaron la reiterada implementación de la mampostería de hormigón rígido; sin embargo, Haití presenta amenaza sísmica a futuro, lo que conlleva a pensar en soluciones flexibles, que se mantengan estables ante próximos terremotos y huracanes. Por tanto, en la mayoría de viviendas en zonas urbanas de Haití, se utilizó una combinación de columnas de hormigón armado, a menudo sin vigas y muros sin refuerzo de mampostería hecha de CMU como primer sistema estructural. Aunque, el alto costo de la importación del acero, implicó que la cantidad de refuerzo utilizado en este sistema de construcción, se viera comprometido. Se implementó como techo, una cubierta de metal corrugado y enmarcado de madera y la población con mayores ingresos realizó la simulación de placa con losa de hormigón para futuras construcciones verticales.



**Figura 30.** A) Unidades en mampostería de hormigón (CMU) B) Construcción de muros en CMU, con columnas en manera. C) Encofrado de madera para fundición con losa de hormigón. (2012, 1 de Octubre).

Desafortunadamente, los elementos esenciales para la construcción de estructuras de resistencia sísmica adecuados de mayor calidad que el CMU utilizado y la cantidad de acero necesario, excede los costos planteados para esta construcción de interés social y mucho más el alcance de la gran mayoría de desplazados haitianos inclusive para su propia vivienda.

Ante tantos problemas producidos localmente, se pensó en la implementación de sistemas alternativos para construcciones futuras en Haití. Como innovación tecnológica, se propuso la producción de paneles delgados de una variedad de fuentes de materias primas locales, incluyendo elementos prefabricados de hormigón, reforzado con alambre en malla, con el fin de reducir la demanda sísmica en la vivienda y manteniendo la fuerza suficiente para soportar la presión de los huracanes y fuertes vientos. Estos paneles se pueden unir a los marcos utilizando elementos de fijación simplificada, juntas selladas y las paredes con acabados en mortero y pintura. Para la elaboración de este proyecto se necesita gran colaboración del gobierno, pero este se encuentra mal equipado para ofrecer soportes como este o cualquiera.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> (Kijewski Correa, Taflanidis, Mix, & Kavanagh, 2012)



**Figura 31.** Proceso de construcción de la propuesta alternativa, paneles ligeros de hormigón armado. (2012, 1 de Octubre).

## **7. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **7.1 DURAPANEL – POLIESTIRENO EXPANDIDO**

El Durapanel es un sistema constructivo, monolítico y homogéneo, compuesto por paneles de Poliestireno expandido, integrado con dos mallas en acero galvanizado adheridas a la lámina por medio de conectores en acero, permitiendo la transferencia de esfuerzo en ambas caras del panel lo cual origina altas propiedades estructurales; posee una estructura interior de acero galvanizado y conectores electro soldado, que permiten materializar muchos de los elementos estructurales, de cerramiento y de ornamentación necesarias para ejecutar una obra. El sistema reemplazara lo que en la construcción tradicional significa la ejecución de encadenados, estructuras de hormigos armado, encofrados y armaduras.

Se usa como estructura portante para construcciones con aplicación de mortero estructural en los dos lados, aplicado en capas de alrededor 2 cm de espesor, debe proveer la resistencia necesaria para satisfacer las funciones estructurales a las que será sometido y debe tener baja retracción de fraguado para evitar la figuración provocada por la evaporación del exceso de agua de amasado.

#### **7.1.1 Proceso constructivo**

- I. Después de realizar la marcación en sobre la placa de concreto se procede a la instalación de anclajes para el montaje de los paneles.
- II. Los paneles se levantan del piso y se colocan contra los anclajes uniéndose por su traslape uno a otros amarrados con alambre hasta formar la pared.
- III. Se colocan las instalaciones eléctricas e hidrosanitarias con absoluta precisión y se instalan accesorios del sistema para garantizar la continuidad del mismo.
- IV. Se alinean y aploman los muros para restringir los movimientos futuros y preparar el panel para la aplicación del mortero.
- V. Se aplica el mortero estructural sobre las paredes del Durapanel para finalizar con los diferentes tipos de acabados tales como: revoque, yeso, estuco, enchapes en piedra, etc.

7.1.2 Registro fotográfico proceso constructivo



Figura 32. Instalación anclajes



Figura 33. Levantamiento de paneles



**Figura 34.** *Instalación tuberías eléctricas*



**Figura 35.** *Alineación de muros y aplicación primera capa de mortero*



**Figura 36.** Aplicación segunda capa de mortero y frisado



**Figura 37.** Resultado final de frisado



**Figura 38.** Vivienda finalmente terminada con esmalte en fachada

## 7.2 METODOLOGÍA

### 7.2.1 Análisis del ordenamiento territorial

Los respectivos contratistas realizaron recorridos por las poblaciones donde se observaron daños severos con agrietamiento, separación y colapso de muros de las construcciones antiguas hechas en tapia pisada o ladrillo confinado y de hecho, algunas viviendas colapsaron totalmente.

Estas fueron clasificadas en dos grupos, de acuerdo a la severidad de los daños y cantidad de inmuebles en este estado.

**Tabla 9.** Número de viviendas concernientes al Grupo 1. Contratista: Consorcio Casas de Santander.

<b>GRUPO 1</b>	
<b>MUNICIPIO</b>	<b>VIVIENDAS AFECTADAS</b>
MUNICIPIO DE BETULIA	92
MUNICIPIO DE RIONEGRO	215
MUNICIPIO DE ONZAGA	1
MUNICIPIO DE LOS SANTOS	23
<b>TOTAL</b>	<b>331</b>

**Tabla 10.** Número de viviendas concernientes al Grupo 2. Contratista: Consorcio Inducasa.

<b>GRUPO 2</b>	
<b>MUNICIPIO</b>	<b>VIVIENDAS AFECTADAS</b>
MUNICIPIO DE EL PLAYON	63
MUNICIPIO DE MATANZA	142
MUNICIPIO DE SURATA	15
<b>TOTAL</b>	<b>116</b>

Durante los cuatro (4) meses del proceso de prácticas, como Auxiliar de Interventoría, hubo participación principalmente con los municipios del GRUPO 1. A continuación se presentan fotografías de algunas viviendas de cada uno de los municipios afectados del grupo 1, evidenciando la magnitud del agrietamiento y el estado de la vivienda en general.

#### 7.2.1.1 Betulia



**Figura 39.** Vivienda afectada Betulia



**Figura 40.** Vivienda afectada en Betulia



**Figura 42.** Vivienda afectada en Betulia



**Figura 41.** Vivienda afectada en Betulia

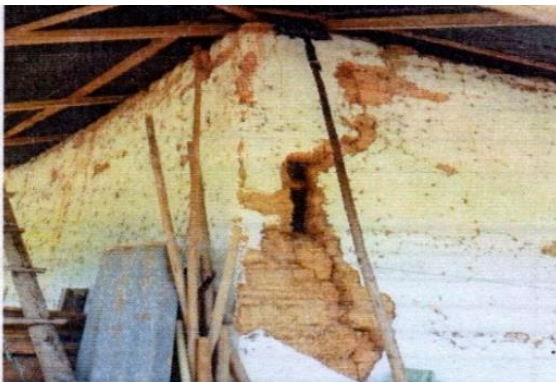
### 7.2.1.2 Rionegro



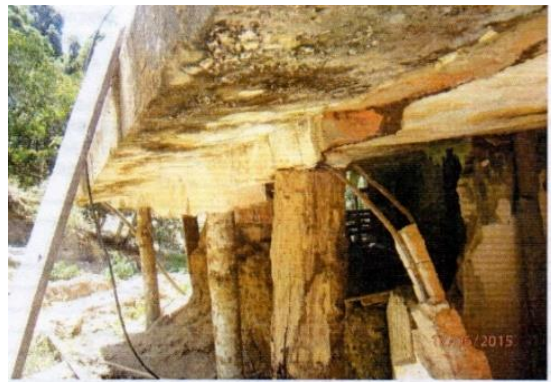
**Figura 43.** Vivienda afectada en Rionegro



**Figura 44.** Vivienda afectada en Rionegro

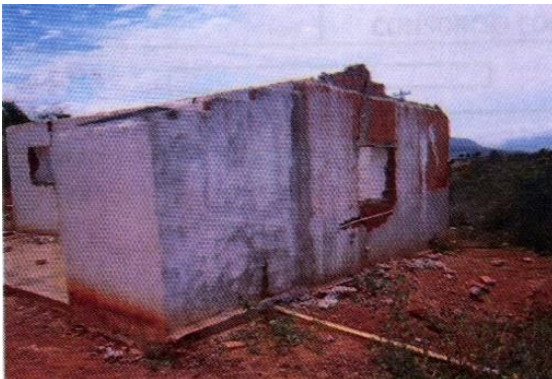


**Figura 45.** Vivienda afectada en Rionegro



**Figura 46.** Vivienda afectada en Rionegro

### 7.2.1.3 Los Santos



**Figura 48.** Vivienda afectada en Los Santos



**Figura 47.** Vivienda afectada en Los Santos



**Figura 49.** Vivienda afectada en Los Santos



**Figura 50.** Vivienda afectada en Los Santos

#### 7.2.1.4 Onzaga



**Figura 52.** Vivienda Afectada en Onzaga



**Figura 51.** Vivienda afectada en Onzaga

## 8. DESCRIPCIÓN GENERAL PRÁCTICA

### 8.1 DURACIÓN

Fecha de inicio: 16 de Junio 2015

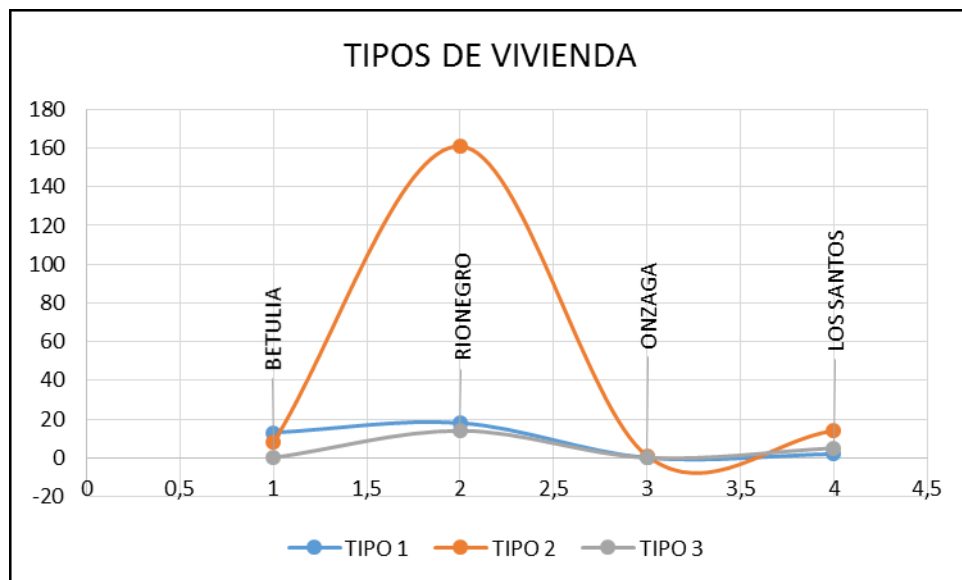
Fecha de terminación: 16 de Octubre 2015

### 8.2 ESTADÍSTICA DE VIVIENDAS

*Tabla 11. Tipos de viviendas*

MUNICIPIO	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Betulia	13	8	0
Rionegro	18	161	14
Onzaga	0	1	0
Los santos	2	14	5
TOTAL	33	184	19

*Gráfica 1. Tipos de vivienda*



### **8.3 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO**

Legalmente, la interventoría tiene fecha de Inicio el 16 de Julio de 2015 y el contratista Consorcio Casas de Santander el 28 de Julio, es decir, el trabajo anterior a estas fechas fue realizado bajo supervisión de la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres por exigencia de parte de La Presidencia de la Republica de Colombia, teniendo en cuenta las condiciones lamentables en que se encuentran viviendo las personas afectadas, a pesar de las múltiples ayudas humanitarias que les han brindado, nunca será suficiente para abastecer a toda la población que lo perdió todo a causa del sismo del 10 de Marzo de 2015.

El proyecto presenta dos etapas de desarrollo: una etapa de verificación de predios afectados por el sismo, donde se evalúa que la vivienda cumpla con las condiciones para ser incluida en el grupo para Construcción de Vivienda Nueva, esta debe corresponder a una “Vivienda NO Habitable, con afectación total”, es decir, viviendas destruidas, con muros de más de un 80% con riesgo de colapso. Y una etapa de construcción de las viviendas nuevas utilizando principalmente un método alternativo, Sistema Durapanel (Poliestireno expandido o Icopor); y con la posibilidad de que el beneficiario escoja el sistema tradicional, mampostería confinada; también tiene la opción de escoger entre 3 tipos de vivienda de mínimo 42 m<sup>2</sup> de área útil, teniendo en cuenta las condiciones geográficas, climáticas o socioeconómicas del beneficiario y esta podrá estar ubicada en zona rural o urbana y su construcción dependerá de las condiciones del terreno, en especial el área disponible para la construcción; cada detalle mencionado anteriormente, debe quedar consignado en los primeros diagnósticos que se realizan a la vivienda y a los intereses del propietario, ya sea antes de demolición evidenciando el estado en que se encuentra la vivienda o inmediatamente después de demolido el inmueble, analizando los procedimientos de estabilización del terreno.

En la evaluación de las viviendas afectadas se encontraron que estaban construidas con un sistema denominado tapia pisada, que consiste en un sistema artesanal de muros con espesores de aproximadamente 0.60 m y cuyo compuesto principal es arcilla compacta y sin ningún tipo de tratamiento. Otro tipo de vivienda que presento afectación corresponde a viviendas rurales de un piso construidas en ladrillo sin columnas y con morteros de pega con bajo contenido de cemento, así como viviendas adobe artesanal sin estructuras de refuerzo.

La etapa de preliminares consta de DIAGNOSTICOS en donde se hace una valoración del predio en caso de que la vivienda no se haya demolido o una valoración a la afectación de la vivienda, para determinar si es necesario demoler o no; se debe recibir por parte de la Alcaldía Municipal un ACTA DE DEMOLICION; estudios predios del terreno donde se va a construir para determinar si cumple con los requisitos de sitio de seguro o si es necesario reubicar al beneficiario; el contratista debe realizar finalmente un ACTA DE CONCERTACION con el beneficiario, la cual corresponde a un contrato definitivo en donde se especifica claramente el tipo de vivienda que escoge, el material de construcción ya sea en paneles Durapanel o sistema tradicional, si requiere algún muro de contención por existencia de talud o si requiere poza séptica, servicios públicos con los que cuenta el predio y si es necesaria la utilización del transporte mular, evidenciar en una fotografía donde el beneficiario aparezca en el sentido que quiere la ubicación de su casa en medio de 4 estacas que denoten el área de esta.

Entre otras actividades, la interventoría también debe hacerse administrativamente, legalizando el adicional al contrato No 2040 de 2015 para obtener la debida acta de inicio para la ejecución y supervisión del grupo 2 de viviendas, e igualmente en la recepción constante de información por parte del contratista que debe ser previamente evaluada y aprobada para la continuidad o inicio de ejecución de actividades correspondientes por vivienda, seguido de su respectiva comprobación en campo; sin embargo también deben emitirse oficios para dar a conocer las inconformidades, para solicitudes o simplemente en respuesta de recibido a los entregados por su parte.

En cuanto al trabajo en campo, la labor como auxiliar de Interventoría fue la de supervisar la ejecución de las viviendas afectadas principalmente en el municipio de Betulia, el único en Santander donde se registró afectación en zona urbana y donde se inició la reconstrucción de las mismas; así mismo de la interacción con las personas afectadas en las diferentes socializaciones realizadas por la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, donde se hace una breve presentación de los supervisores de la UNGRD, directores de obra y residentes del contratista e interventoría que estarán a cargo de la construcción de sus viviendas, la propuesta y descripción del método alternativo Durapanel, en cuanto a su versatilidad, ventajas y desventajas tanto técnicas como económicas; junto con la otra opción de escogencia, Sistema Tradicional, además de enseñarles los 3 tipos de vivienda que tienen para elegir y cual tiene mayor aceptación dependiendo de la zona donde se vaya a construir.

En el municipio de Rionegro también se realizó la debida socialización de los afectados en donde la interventoría hizo presencia con de la supervisora de práctica empresarial y Directora de Obra la Ing. Leidy Buitrago y los Auxiliares de Interventoría y el equipo de trabajo tanto del contratista Consorcio Casas de Santander como de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres; igualmente se presentó a la entidad encargada de la construcción de las viviendas, seguido de la interventoría, que se presenta como la entidad que velará por el cumplimiento de dicha construcción en los municipios afectados por el sismo, verificando la inversión y calidad de los recursos y las actividades que se realizan de acuerdo a las normas existentes, incluyendo que la labor que le compete a la interventoría es asegurar que su vivienda quede conforme a los planos arquitectónicos y estructurales ya aprobados para garantizar una vivienda apta y segura para su ocupación; se dio a conocer el proyecto, las tipologías de vivienda, los materiales y una muy extensa explicación acerca de los “Ítems variables” y como puede variar el tamaño de sus casas dependiendo del uso de estos, los cuales constan de la utilización de transporte mular ya que la mayoría de viviendas en Rionegro son de difícil acceso, nivelación de terreno, demolición de estructuras existentes, poza séptica y/o instalación de gas en aquellos municipios o zonas que cuenten con este servicio.

La interventoría debe garantizar que al beneficiario se le otorgue una serie de adicionales, contemplados en el contrato como “Ítems Variables”, producto de la ubicación de la vivienda (tipo transporte no vehicular), nivelación del terreno, demolición de estructuras existentes (En caso de no haber sido demolida por la Alcaldía Municipal y beneficiario al momento de dar inicio al proceso constructivo de la vivienda), poza séptica, instalación de gas en aquellos municipios o zonas que cuenten con el servicio, los cuales incluido el costo total de la vivienda unitaria no podrán superar el tope establecido. En caso de no requerirse ninguno de los ítems anteriormente mencionados en alguna de las viviendas, estos recursos deberán ser utilizados en mayores cantidades en cuanto a acabados o estructuras como pisos o muros dentro de la misma vivienda si así lo requiriera, como se .

Durante el período de construcción el contratista de obra presentó análisis de precios unitarios para actividades no previstas para los siguientes ítems: Solado en concreto e=5 cms, placa de contrapiso con malla electrosoldada e=10 cms, Mortero estructural 1:4 e=2,5 cms, suministro e Instalación de salida para tomacorriente doble 110 v especial de circuito independiente, ventanas según medida (m<sup>2</sup>), mesón y lavaplatos L=1,20 m, suministro e instalación enchape cerámica 20x20 en

lavadero h=0,40 m, esmalte sobre muro fachada principal y muros laterales (culatas) h=0,6 m, instalación de polo a tierra. El contrato contempla además la ejecución de ítems variables que se enuncian a continuación: Sistema Séptico, Transporte mular x 100 kg, Instalación de gas interna, Demolición de muro.

En esta etapa se realiza la construcción de sesenta y cuatro (108) viviendas las cuales están conformadas por: Zona múltiple, dos alcobas, cocina, un baño y zona de labores, las intervenciones se realizan de la siguiente manera:

### **Betulia**

Se encuentran 35/92 viviendas en intervención y se cuenta con documentación de propiedad de 47 beneficiarios, sin embargo, de estos 47 solo 10 tienen la documentación que debe entregar Ente Territorial, faltando 37 beneficiarios por certificar lo que repercute en un atraso en la programación del contratista al no poder iniciar las actividades preliminares.

En este municipio se tienen 35 viviendas intervenidas con el siguiente porcentaje de avance: 15 en un 100%; 15 en un 98% (solo falta la instalación interna de gas) y 5 en diferentes grados de avance.

### **Rionegro**

Se están interviniendo 64/215 viviendas, se cuenta con 90 beneficiarios con documentación completa.

Las viviendas se encuentran en la zona rural con vías propias para vehículos 4x4, a pesar de esto las volquetas o volteos están transportando los materiales hasta los puntos más cercanos y desde allí se hace un doble acarreo en vehículos más pequeños lo que redundará en un mayor costo de transporte.

Es importante tener en cuenta que las características y el estado de las vías impide un mayor avance por parte del contratista, además, la entrega de la documentación correspondiente a los beneficiarios por parte del Ente Territorial no es lo suficientemente oportuna lo que dificulta aún más el proceso preliminar; agregando que se han presentado dificultades con el proveedor de arena porque no tiene la suficiente para proveer debido a que a pesar de las lluvias locales el río no ha tenido una creciente lo suficientemente grande para llenar los bancos de donde se extrae.

### **Los Santos**

Se encuentra en la intervención de 9/23, incluyendo la realización de las Actas de Concertación con el beneficiario, que deben ser previamente revisadas y aprobadas por la interventoría.

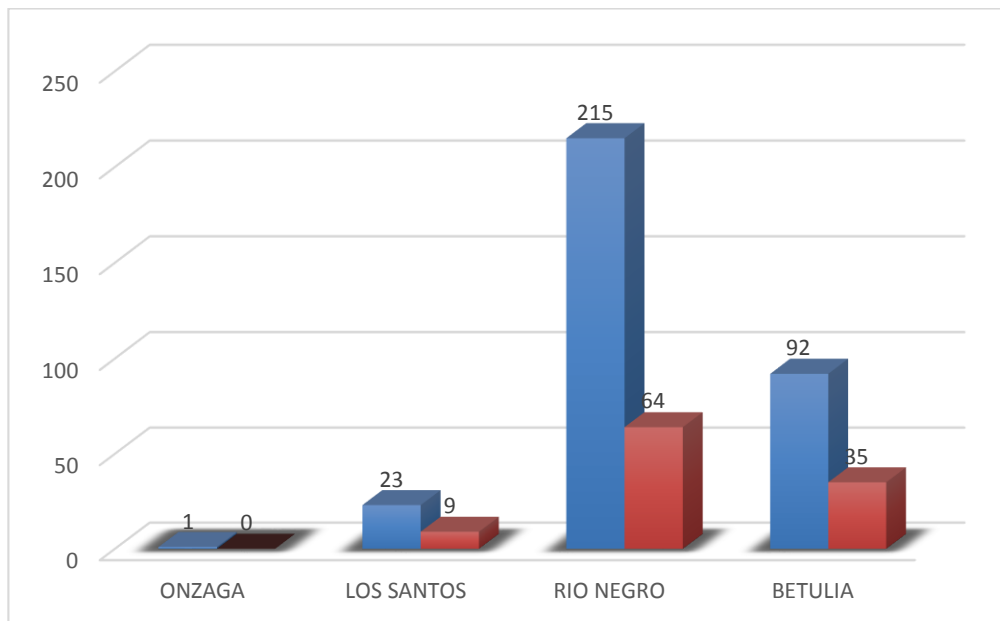
### **Onzaga**

Se han realizado 2 visitas técnicas por parte del contratista con el objetivo de concertar modelo de vivienda.

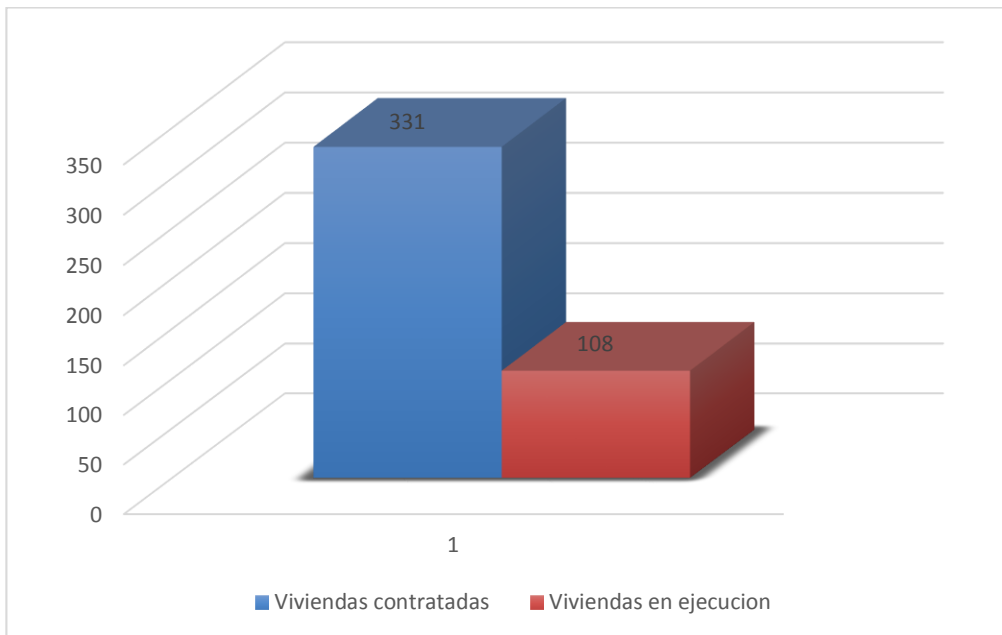
En la última visita realizada el 7 de octubre de 2015 el beneficiario solicitó al contratista destinar el espacio de la cocina a otra habitación, esto basado en que tiene una cocina en perfecto estado. Sin embargo el contratista de obra debe presentar diseños especiales con los requerimientos del beneficiario para ser revisados y aprobados por la interventoría.

El porcentaje de avance acumulado de las viviendas en intervención es del 37%.

**Gráfica 2.** Viviendas por municipio vs Viviendas en ejecución por municipio



**Gráfica 3.** Total Viviendas vs Viviendas en ejecución



### **8.3.1 Especificaciones particulares de las viviendas**

Se realizó en resumen, unas especificaciones generales para ser entregadas al contratista teniendo en cuenta el incumplimiento que han tenido en la parte administrativa y que se deben tener en cuenta a la hora de poner en marcha la ejecución de las viviendas y por supuesto al entregarlas. Algunas de las actividades siguientes son evidenciadas por medio físico que este presenta para su previa revisión y aprobación por interventoría, lo cual hace parte de la logística administrativa realizada durante el transcurso de la práctica.

#### **8.3.1.1 Estudio de suelos**

El contratista debe presentar el respectivo estudio de suelo por vivienda a construir, con el fin de garantizar que la misma se encuentra en sitio seguro, a parte de la certificación que deben exigir a cada una de las alcaldías municipales en donde se ejecutara el proyecto, o en su defecto un certificado por vivienda a construir firmado por un experto en la materia – Ingeniero Civil o Geotecnista, que soporte con su tarjeta profesional y experiencia que el predio en el cual se construirá la vivienda es un sitio seguro teniendo en cuenta que el terreno cumple con los requerimientos mínimos para desarrollar tal construcción.

### *8.3.1.2 Preliminares*

Antes del inicio de las obras se debe efectuar el replanteo de la vivienda. El terreno debe ser limpiado de todo material orgánico y escombros, así como se debe realizar los drenajes necesarios para asegurar una mínima incidencia de la humedad. Es recomendable la instalación de un aislador impermeable que evite la humedad en la placa de contrapiso.

### *8.3.1.3 Excavaciones y rellenos*

El suelo debe quedar nivelado por lo tanto, se deberá efectuar los rellenos necesarios para contar con un suelo firme para la instalación de la vivienda.

### *8.3.1.4 Estructuras*

La cimentación debe cumplir con lo estipulado en la norma NSR-10, en especial lo contemplado en el Título E-2. Cimentaciones; esta corresponde a un sistema reticular de vigas que configuren anillos aproximadamente rectangulares en planta. Debe existir una viga de cimentación para cada muro estructural. Ningún elemento de cimentación puede ser discontinuo. La losa maciza del piso está conformada por una sola sección de concreto, el cual se encuentra reforzado en ambas direcciones. En cuanto al concreto de vigas y columnas debe tener una resistencia a la compresión a los 28 días de 17.5 MPa y el acero de refuerzo longitudinal puede ser liso o corrugado y debe tener un límite de fluencia, y superior a 240 MPa. Las columnas de confinamiento se construyen en concreto reforzado y ancladas a la cimentación, pudiendo utilizarse empalmes por traslapo en la base de la columna, y deben rematarse anclando el refuerzo en la viga de amarre superior. La sección transversal de las columnas de amarre debe tener un área no inferior a 200 cm<sup>2</sup>, con espesor igual al del muro que confina. El ancho mínimo de las vigas de amarre debe ser igual al espesor del muro, con un área transversal mínima de 200 m<sup>2</sup>.

### *8.3.1.5 Mampostería*

Se debe efectuar la construcción de sobrecimientos cuando se requiera en ladrillo con impermeabilización en tela asfáltica y emulsión fría. Los muros en mampostería deben estar adheridos a la estructura general de la edificación mediante mortero de pega en los bordes de contacto con los diafragmas superior e inferior y con los muros estructurales adyacentes, el cual debe quedar con juntas hundida en las caras interiores de los muros a manera de acabado. Los muros estructurales son muros de mampostería confinada y se debe cumplir con los requisitos establecidos en el Título E de la norma NSR-10.

#### *8.3.1.6 Pañetes*

Se debe instalar pañete con allanado para muros con exteriores; para el pañete es necesario contar con una mezcla de bajo contenido de agua y con una relación cemento – arena (en volumen) comprendida entre 4 y 5. El contenido unitario de cemento portland normal variara en función de la granulometría de la arena y de la relación árido-aglomerante elegida entre 350 Kg/m<sup>3</sup> y 400 Kg/m<sup>3</sup>. La relación agua – cemento, en peso no debe superar 0.52 incluyendo la humedad libre de la arena.

#### *8.3.1.7 Instalaciones hidrosanitarias*

La vivienda debe contar con un sanitario, un lavamanos, un lavaplatos, una ducha, un lavadero, un punto de agua adicional, un sifón en la cocina y por lo tanto deberá contar con todas las conexiones internas necesarias tanto de las redes de agua potable desde el registro de distribución como de las tuberías de desagüe hasta la caja de inspección y/o la poza séptica. Estas instalaciones deberán cumplir la normatividad vigente y contar con diseños.

#### *8.3.1.8 Instalaciones eléctricas*

La vivienda debe contar también con un punto de iluminación en la fachada principal y posterior, las dos alcobas, la cocina, el baño, la sala, el comedor, zona de labores y cinco puntos de toma y por lo tanto deberá con todos los materiales, puntos, aparatos, toma corrientes, salidas de iluminación y demás elementos internos necesarios para su funcionamiento incluyendo además el tablero de distribución y polo a tierra. También se debe adicionar por requerimiento de la norma RETIE, un punto especial de seguridad para la plancha. Todas las instalaciones deberán cumplir tal normatividad vigente y contar con los respectivos diseños.

#### *8.3.1.9 Cubiertas*

La cubierta debe seleccionarse según su estética, funcionalidad, maniobrabilidad, clima y costo en relación beneficio – calidad. Las cubiertas incluyen todos los elementos portantes que le permitan soportar las condiciones climáticas de viento y sismos para conformar una unidad estable y de resistencia a los esfuerzos a que sea sometida. Todos los materiales deben ser especificados en los planos arquitectónicos. Se recomienda para los apoyos perlin estructural de 3” x 1.5” calibre 18.



**Figura 53.** *Perlín estructural para cubierta*

#### **8.3.1.10 Puertas y ventanas**

Se deben instalar al menos tres puertas con sus respectivos marcos, de las cuales dos corresponden a puertas con vanos de 0.85 x 2.00 (Dependiendo del tipo de vivienda, pero al menos debe tener esas medidas) y una puerta con vano para el baño 0.65 x 2.00. Las puertas deben ser metálicas mínimo calibre 20. Debe incluir todos los elementos para el correcto funcionamiento de la puerta entre otros, bisagra y otra cerradura.

Las ventanas serán metálicas mínimo calibre 20 y se establecen aproximadamente 3.0 m<sup>2</sup> de ventanas distribuidas en las diferentes áreas con el fin de que se dé una buena iluminación y ventilación a las mismas. Debe incluir todos los elementos para el correcto funcionamiento de la ventana entre otros, bisagra y cerradura.

#### **8.3.1.11 Aparatos y accesorios**

Dentro de los aparatos y accesorios que deberá efectuarse el suministro e instalación, se tienen los siguientes:

- Sanitario línea económica
- Lavamanos línea económica
- Juego de incrustaciones para baño
- Ducha línea económica
- Mesón y lavaplatos con una dimensión mínima de 1.50 m de largo y 0.60 m de ancho
- Lavadero

#### **8.3.1.12 Acabados**

Los pisos deben ser como mínimo en concreto a la vista, allanado y apto para su uso y deberá comprender incluso la zona de labores.

Debe contar con enchape de piso en toda el área del baño. Se debe instalar cerámica para el enchape de las zonas húmedas de ducha hasta una altura de mínimo 1.80 m, en la pared del lavaplatos a una altura mínima de 0.40 m contados a partir del mesón instalado, en la pared del lavadero a una altura mínima de 0.40 m contados a partir de la parte superior del mismo.

#### *8.3.1.13 Ítems variables*

La vivienda deberá incluir algunos ítems variables, que pueden deberse por diferentes razones como la ubicación de esta en donde la única opción que se tiene para cargar los materiales sea a lomo de mula, la nivelación del terreno, demolición de estructuras existentes ya sea que no haya sido demolida por la Alcaldía municipal y/o beneficiario al momento de dar inicio al proceso constructivo de la vivienda, poza séptica, instalación de gas en aquellas zonas que cuenten con este servicio. Por lo tanto se deberá realizar la actividad económica respectiva para determinar un valor para estas actividades en cada vivienda, y de no requerirse ninguno de los ítems mencionados en alguna de las viviendas, estos recursos deberán ser utilizados en la implementación de mayores cantidades en cuanto a acabados o estructuras como pisos o muros dentro de la misma vivienda del beneficiario, cumpliendo de acuerdo al presupuesto con el valor destinado por la entidad contratante para cada unidad de vivienda.

#### *8.3.1.14 Otras consideraciones técnicas*

Las construcciones deben cumplir con los estándares de la norma NSR-10. El contratista de acuerdo con la necesidad establecida para la construcción de vivienda nueva en sitio propio y la concertación realizada con el beneficiario de la misma, deberá distribuir el valor máximo por cada vivienda, en materiales, equipos, mano de obra, transporte vehicular a zona urbana y/o rural, impuesto, AIU, gastos administrativos siempre y cuando cumpla con una unidad de vivienda de mínimo 42.0 m<sup>2</sup> de área útil y con los requisitos mínimos mencionados en la presente solicitud. El contratista previo al inicio de la construcción debe adelantar el diagnóstico por vivienda analizada en los municipios afectados por el sismo de acuerdo al grupo asignado **GRUPO 1:** Municipios de Betulia, Rionegro, Los Santos y Onzaga; **GRUPO 2:** Municipios de El Playón, Matanza, Surata.

## 9. CONCLUSIONES

El método alternativo Durapanel posee grandes ventajas y en este caso de reconstrucción de vivienda por sismo su implementación se vuelve aún más importante ya que logra absorber las vibraciones que se presenten por movimientos de tierra.

La afectación sísmica en las estructuras se debe principalmente al material en que se encuentra construido y de esto se deriva a que las fallas sean estructurales y no estructurales, sin embargo, dentro de las causas importantes están las falencias en el diseño de las dimensiones de los diferentes elementos que deben soportar las cargas más fuertes.

Las viviendas afectadas por el sismo coinciden en el material y el sitio de alto riesgo donde se encontraban construídas, e inclusive en el municipio de Betulia que presento daños en la parte urbana se debe a que está compuesta por calles de grandes pendientes, igualmente como en los demás municipios en las zonas rurales, que las viviendas estaban ubicadas en medio de las montañas.

La interventoría debe velar para que el contrato se ejecute tal cual lo establecido, beneficiando principalmente a los afectados por tal evento catastrófico natural e igualmente colaborando al contratista a que su ejercicio económico en ejecución y ganancias se vea reflejado correctamente en campo.

Para la culminación exitosa del proyecto es necesario que el contratista se plantee bases sólidas, lo cual lo lleva a tomar decisiones eficientes, correcciones a lo planteado e inclusive a un replanteamiento de dicho proyecto, es fundamental mantener el orden administrativo para que las funciones en campo sean más eficaces y la labor de supervisión de la interventoría sea de manera fluida y no reiterativa como se presentó en diferentes ocasiones.

La práctica empresarial tiene la ventaja de proporcionar la posibilidad de aplicar los conocimientos teóricos aprendidos a lo largo de la vida universitaria y más importante aún de ampliar estos y obtener la experiencia necesaria para la formación profesional, de descubrir nuevos procesos, métodos, materiales, entre otros.

## 10. RECOMENDACIONES

Para las zonas de alto riesgo sísmico, entre las estructuras que mejor responden ante estos eventos naturales, están las estructuras de hormigón armado de pórticos rígidos y forjados con vigas planas, inclusive puede resultar ser un sistema económico en comparación con otro, teniendo en cuenta la correcta dimensión de los elementos estructurales que soportan estas cargas sísmicas previsibles.

La madera en condiciones y proveniencia óptima puede llegar a ser una gran alternativa de construcción, y en este caso, la madera resiste perfectamente movimientos sísmicos, por ser un material de bajo peso en relación a su capacidad de resistencia, y en cuanto al riesgo de incendios, principal temor del uso de la madera, se puede evitar con la utilización de elementos químicos y físicos que retarden su calentamiento.

El barro se puede considerar como material estructural sismo resistente siempre y cuando cumpla con requerimientos de reforzamiento tanto internos como externos, técnicas y aspectos estructurales, proporción de materiales específicos adecuados, entre otros.

Los eventos sísmicos no se pueden evitar, por lo cual se deben tomar las medidas pertinentes para evitar al máximo la pérdida de vidas y minimizar los daños materiales, en este caso estructurales, atendiendo cada detalle desde la etapa de diseño.

Es importante y necesario llevar a la práctica lo aprendido en el ámbito teórico e implementar constantemente la investigación, para así complementar nuestro aprendizaje y solidificar nuestras bases de conocimientos.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, M. (2012). Criterios fundamentales para el diseño sismoresistente. *Revista de la facultad de ingenieria U.C.V. vol 27.*
- Colombiano, S. G. (2015). *El sismo de Los Santos, Santander del 10 de marzo de 2015.* Bogota.
- Cubrinovski, M., Haskell, J., Winkley, A., Robinson, K., & Wotherspoon, L. (2014). Performance of Bridges in Liquefied Deposits during the 2010-2011 Christchurch, New Zealand, earthquakes. *EBSCOhost.*
- Diaz Mendez, P. P. (2005). *Evaluacion de propiedades fisicas y mecanicas de madera.* Chile.
- Estudio de vulnerabilidad sismica, rehabilitacion y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. (2007). *APUNTES vol. 20, num. 2.* Obtenido de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/viewFile/8984/7283>
- Johnson, C., Lizarralde, G., & Davidson, C. (2006). A system view of temporary housing projects in post-disaster reconstruction. *EBSCOhost.*
- Kijewski Correa, T., Taflanidis, A., Mix, D., & Kavanagh, R. (2012). Empowerment Model for Sustainable Residential Reconstruction in Léogâne, Haiti, after the January 2010 Earthquake. *EBSCOhost.*
- Manual de construccion para viviendas antisismicas de tierra.* (Noviembre de 2011). Obtenido de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/manual\\_tierra\\_minke.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/manual_tierra_minke.pdf)
- Omidvar, B., Zafari, H., & Derakhshan, S. (2009). Reconstruction management policies in residential and commercial sectors after the 2003 Bam earthquake in Iran. En *Natural Hazards.* Springer Link.
- Resistencia, P. d. (s.f.). *Constructor Civil.*
- Sanchez Gil, A. Y., & Mejia Angarita, F. Y. (2009). *Analisis de los esfuerzo de compresion en unidades de mamposteria estructural y muretes E-9, E-11 y E-14 de una empresa ladrillera de Santander.* Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana-Seccional Bucaramanga.
- Terremotos mas fuertes en Colombia. (17 de Agosto de 2007). *El Pais.* Obtenido de <http://historico.elpais.com.co/historico/ago172007/INT/hd02.html>
- Viloria Ahumada, P. S. (s.f.). *Inventario de sismos historicos en colombia que han generado movimientos en masa.* Medellin.

## 12. GLOSARIO

**SISMO:** Es una sacudida de la tierra que consiste en una serie de vibraciones en la superficie como consecuencia del movimiento de las capas interiores de la tierra. La palabra, como tal, deriva de *seísmo*, que a su vez proviene del griego σεισμός (seismós), que significa ‘sacudida’

**CURADO:** Es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de hidratación del cemento.

**OBDUCCIÓN:** Hace ilusión al “choque de los continentes”, es decir, representa un conjunto de procesos que llevan a las “placas de corteza exclusivamente continental” a colisionar, incrustándose una en otra y creciendo en extensión. La obducción hace crecer a los continentes como un mosaico, al adherirse diferentes placas continentales a lo largo del tiempo.

**ANISOTROPÍA:** Es la propiedad general de la material según el cual determinadas propiedades físicas, tales como: elasticidad, temperatura, conductividad, velocidad de propagación de la luz, etc., varían según la dirección en que son examinadas.

**CABILLA:** Define la barra redonda de hierro, es el acero corrugado o varilla corrugada de seis a ocho centímetros de diámetro, diseñado especialmente para construir elementos estructurales de hormigón armado.

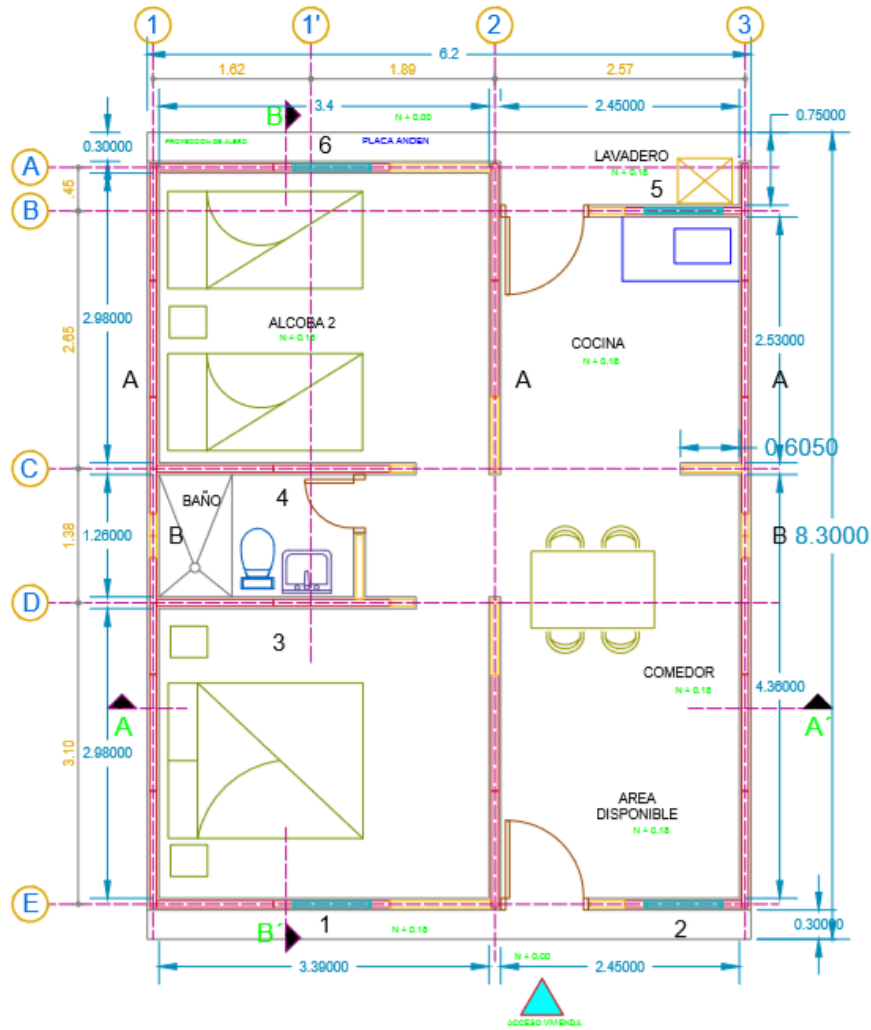
**TABIQUERÍA:** Se entiende como tabiques a particiones interiores autosoportables o no estructurales que se usan para delimitar, conformar o separar espacios de una edificación.

**PUNZONAMIENTO:** Es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debidas a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor de su soporte.

**DUCTILIDAD:** Es la capacidad que tienen algunos materiales de admitir grandes deformaciones sin perder su resistencia. El hormigón por ejemplo es un material frágil, es decir, no tiene ductilidad. La ductilidad de un acero sometido a tracción es la capacidad para deformarse bajo carga, sin romperse, una vez superado el límite elástico.

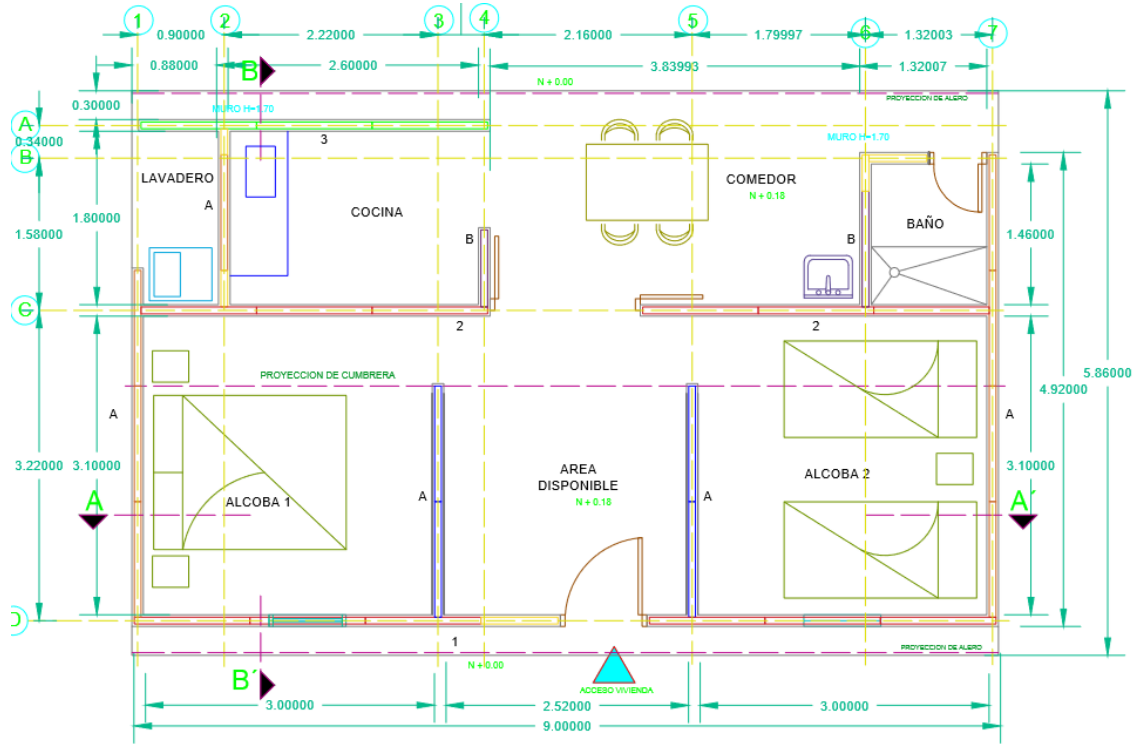
### 13. ANEXOS

#### ANEXO A. PLANTA ARQUITECTÓNICA MODELO DE VIVIENDA 01



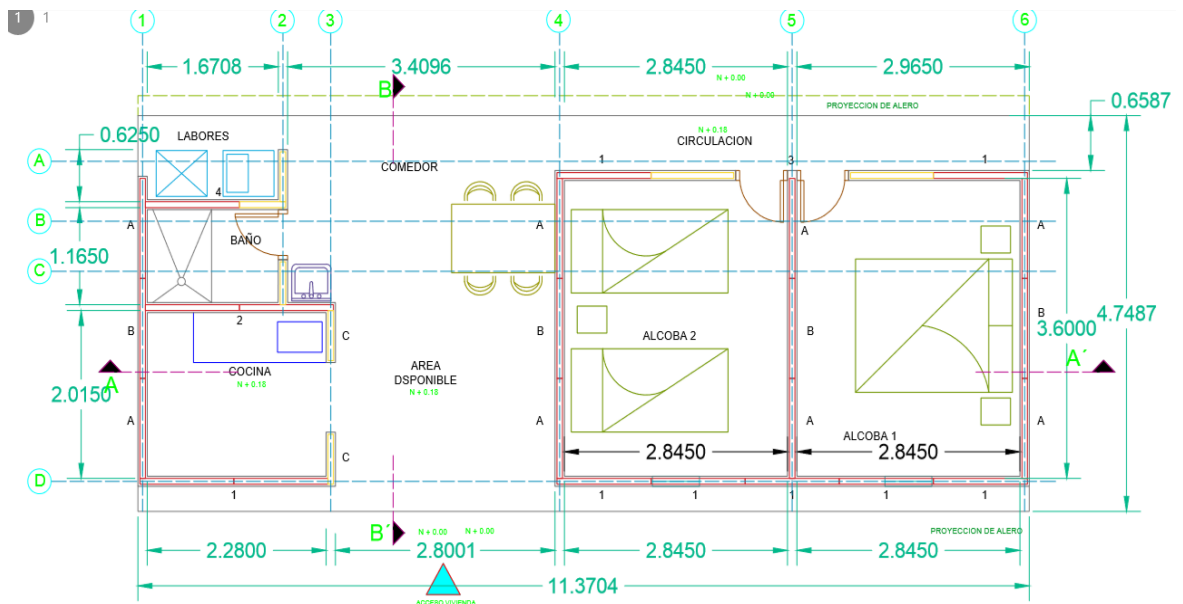
PLANTA ARQUITECTONICA TIPO 51.46 m2 MOD. 01

**ANEXO B. PLANTA ARQUITECTÓNICA MODELO DE VIVIENDA 02**



**PLANTA ARQUITECTONICA TIPO 52.50 m2 OPC. 02**

**ANEXO C. PLANTA ARQUITECTÓNICA MODELO DE VIVIENDA 03**



**PLANTA ARQUITECTONICA TIPO 53.93 m2 MOD. 03**

**ANEXO D. PRESUPUESTO INTERVENTORÍA**

<b>COSTOS DE LA INTERVENTORIA</b>						
<b>OBJETO:</b>	INTERVENTORIA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA, CONTABLE, Y JURÍDICA, AL CONTRATO DE OBRA No. 9677-PPAL001-342-2015 CELEBRADO ENTRE EL FONDO NACIONAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES – FIDUPREVISORA S.A. Y EL CONSORCIO CONSTRUCCION CASAS DE SANTANDER PARA CONSTRUCCION DE VIVIENDA NUEVA EN SITIO PROPIO PARA ATENDER LA CALAMIDAD PUBLICA DECRETADA EN LOS MUNICIPIOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 10 DE MARZO DE 2015 EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER					
<b>PROYECTO:</b>	RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA PARA ATENDER LA CALAMIDAD PÚBLICA DECRETADA EN LOS MUNICIPIOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 10 DE MARZO DE 2015 EN LOS DEPARTAMENTOS DE SANTANDER.					
<b>ENTIDAD:</b>	GOBERNACION DE SANTANDER					
<b>PLAZO TOTAL DE LA INTERVENTORIA :</b>	12 MESES					
<b>CANT</b>	<b>CARGO / OFICIO</b>	<b>SUELDO Y/O JORNAL MENSUAL</b>	<b>MESES</b>	<b>% DEDICACION</b>	<b>VALOR PARCIAL</b>	
<b>A</b>	<b>COSTOS DE PERSONAL</b>					
*	<b>PERSONAL PROFESIONAL</b>					
1	Director de Interventoría.(categoria 2)	\$ 5.806.811,00	12	45%	\$ 31.356.779,40	
4	Residente de Interventoría (categoria 6)	\$ 3.356.091,00	10	100%	\$ 134.243.640,00	
1	Especialista en redes Electricas, telefonicas y de cableado estructurado (Categoria 6)	\$ 3.356.091,00	6	30%	\$ 6.040.963,80	
1	Profesional Ambiental( Categoria 7)	\$ 2.536.759,00	6	30%	\$ 4.566.166,20	
1	Especialista Estructural (Categoria 4)	\$ 4.172.707,00	6	30%	\$ 7.510.872,60	
1	Especialista Redes Hidraulicas, Sanitarias y de Gas (Categoria 4)	\$ 4.172.707,00	6	28%	\$ 7.010.147,76	
1	Especialista Geotecnista (Categoria 4)	\$ 4.172.707,00	6	28%	\$ 7.010.147,76	
1	Gestor o Trabajador Social (categoria 7)	\$ 2.536.759,00	6	50%	\$ 7.610.277,00	
1	Asesor Juridico (categoria 6)	\$ 3.356.091,00	7	17%	\$ 3.993.748,29	
1	Especialista Profesional HSQ (Salud ocupacional, seguridad industrial y calidad)	\$ 2.536.759,00	6	50%	\$ 7.610.277,00	
1	Profesional en Contabilidad y Control Financiero	\$ 2.536.759,00	7	28%	\$ 4.972.047,64	
*	<b>PERSONAL TECNICO Y ADMINISTRATIVO</b>					
1	Secretaría	\$ 883.611,00	10	100%	\$ 8.836.110,00	
2	Topógrafo Inspector	\$ 1.635.947,00	10	50%	\$ 16.359.470,00	
2	Cadenero	\$ 1.269.738,00	10	50%	\$ 12.697.380,00	
4	Inspectores de Obra	\$ 1.525.081,73	12	100%	\$ 73.203.923,04	
					<b>SUB TOTAL COSTO DE PERSONAL</b> \$ 333.021.950,49	
					<b>FACTOR MULTIPLICADOR</b> 2,5	
					<b>TOTAL COSTOS PERSONAL</b> \$ 832.554.876,00	
<b>B</b>	<b>GASTOS REMBOLSABLES APOYO A LA GESTION DE VIGILANCIA</b>					
<b>CANT</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO (\$)</b>	<b>% DEDICACION</b>	<b>TIEMPO DE UTILIZACION MES</b>	<b>VALOR PARCIAL</b>
2	EQUIPO TOPOGRAFIA (Incluye trásito, nivel y elementos complementarios).	Mes	\$ 2.695.000,00	50%	10,00	\$ 26.950.000,00
1	LABORATORIO - Interventorias (Equipo completo)	Mes	\$ 6.844.561,85	80%	10,00	\$ 54.756.495,00
1	GASTOS OFICINA Y COMUNICACIONES	Mes	\$ 556.662,28	100%	12,00	\$ 6.679.947,00
6	Vehiculos de 1300 cc a 2000 cc	Mes	\$ 4.554.700,00	80%	10,00	\$ 218.625.600,00
					<b>SUB TOTAL OTROS COSTOS DIRECTOS</b> \$ 307.012.042,00	
					<b>FACTOR MULTIPLICADOR</b> 1,50	
					<b>TOTAL OTROS COSTOS DIRECTOS</b> \$ 460.518.063,00	
<b>SUB TOTAL COSTOS BASICOS</b>						<b>\$ 1.293.072.939,00</b>
<b>IVA (16%)</b>						<b>\$ 206.891.670,24</b>
<b>COSTO TOTAL</b>						<b>\$ 1.499.964.609,00</b>

**ANEXO E. PROPUESTA ECONÓMICA CONTRATISTA**

**PARÁGRAFO TERCERO.- OFERTA ECONÓMICA POR UNIDAD DE VIVIENDA.**

PROPONENTE	CONSORCIO CONSTRUCCION CASAS DEL SANTANDER		
VALORACION COTIZACION	JAVIER FOREIRO GOMEZ (9%) - CONTINUAR S.A.S. (89%) - FUNDACION MULTIACTIVA EMPRENDEDOR (2%)		
DESCRIPCION ACTIVIDADES	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALORACION TECNICA
OPCION 1	Incluye las actividades preliminares, movimiento de tierras (excavaciones y rellenos), instalaciones sanitarias y agua potable, instalaciones electricas bajo tension, obras de concreto, mamposteria y pañero, cubierta, carpinteria general, instalacion de aparatos sanitarios, pisos y enchapes, acabado y pintura, aseo de la obra de acuerdo al area minima útil	Área mínima útil 42 M2	Presenta las especificaciones técnicas de la vivienda ofrecida indicando para cada capítulo de que se compone.
COSTO DIRECTO			28.980.468,00
ITEMS VARIABLES			2.318.437,00
SUBTOTAL			31.298.905,00
Administración	21,2%		6.635.367,86
Imprevistos	0,8%		250.391,24
Utilidad	5,0%		1.564.843,25
IVA sobre la utilidad	16,0%		250.391,00
COSTOS TOTALES VIVIENDA UNITARIA			40.000.000,00
OPCION 2	Incluye las actividades preliminares, movimiento de tierras (excavaciones y rellenos), instalaciones sanitarias y agua potable, instalaciones electricas bajo tension, obras de concreto, mamposteria y pañero, cubierta, carpinteria general, instalacion de aparatos sanitarios, pisos y enchapes, acabado y pintura, aseo de la obra de acuerdo al area minima útil	Área mínima útil 42 M2	Presenta las especificaciones técnicas de la vivienda ofrecida indicando para cada capítulo de que se compone.
COSTO DIRECTO			28.980.468,00
ITEMS VARIABLES			2.318.437,00
SUBTOTAL			31.298.905,00
Administración	21,2%		6.635.367,86
Imprevistos	0,8%		250.391,24
Utilidad	5,0%		1.564.843,25
IVA sobre la utilidad	16,0%		250.391,00
COSTOS TOTALES VIVIENDA UNITARIA			40.000.000,00
OPCION 3	Incluye las actividades preliminares, movimiento de tierras (excavaciones y rellenos), instalaciones sanitarias y agua potable, instalaciones electricas bajo tension, obras de concreto, mamposteria y pañero, cubierta, carpinteria general, instalacion de aparatos sanitarios, pisos y enchapes, acabado y pintura, aseo de la obra de acuerdo al area minima útil	Área mínima útil 42 M2	Presenta las especificaciones técnicas de la vivienda ofrecida indicando para cada capítulo de que se compone.
COSTO DIRECTO			28.980.468,00
ITEMS VARIABLES			2.318.437,00
SUBTOTAL			31.298.905,00
Administración	21,2%		6.635.367,86
Imprevistos	0,8%		250.391,24
Utilidad	5,0%		1.564.843,25
IVA sobre la utilidad	16,0%		250.391,00
COSTOS TOTALES VIVIENDA UNITARIA			40.000.000,00
DIAGNOSTICO VIVIENDA			200.000,00
		331	12.305.200.000,00

ANEXO F. PROPUESTA ECONÓMICA MODELO 01

PROPUESTAS ALTERNATIVAS

ANÁLISIS PROPUESTA ALTERNATIVA CONSORCIO CONSTRUCCION CASAS DEL SANTANDER			PROPUESTA ALTERNATIVA OPCION 1		
I	CONCEPTO	Und	Cant.	VR.	VR PARCIAL
ITEM		UNIDAD	CANTIDAD	VR UNIT	VR TOTAL
<b>PROPUESTA ORIGINAL</b>					
<b>OBRAS DE CONCRETO</b>					
5.1	Viga cimentacion dim. 0,25*0,20	m	41,0000	38.190,00	1.565.790,00
5.2	Columneta	un	12,0000	185.400,00	2.224.800,00
5.3	Viga aerea dim. 0,2*0,10	m	59,0000	45.828,00	2.703.852,00
5.4	placa de contrapiso e=0,08 inc. Malla de temperatura	m2	51,5000	61.278,00	3.155.817,00
<b>MAMPOSTERIA Y PAÑETE</b>					
6.1	Mamposteria e=10 cm	m2	95,6000	43.490,00	4.156.688,00
6.2	Pañete exterior	m2	80,5600	19.600,00	1.586.976,00
VALOR PROPUESTA ORIGINAL ITEMS MODIFICADOS					14.993.923,00
OTROS ITEMS					13.986.545,00
VALOR PROPUESTA ORIGINAL COSTOS DIRECTOS					28.980.468,00
<b>PROPUESTA ALTERNATIVA ESTRUCTURA</b>					
<b>OBRAS DE CONCRETO</b>					
	Placa de contrapiso con malla electrosoldada e= 8cm	m2	51,5000	63.750,00	3.283.125,00
<b>MAMPOSTERIA Y PAÑETE</b>					
6.1	Levante en panel termoacustico psmc 70 poliestireno expandido de 7 cm de espesor de malla calibre 2,3 mm incluye accesorios	m2	95,0000	58.746,00	5.580.870,00
6.2	Pañete a 2 capas 3.0 cm	m2	206,9000	29.620,00	6.128.378,00
VALOR PROPUESTA ALTERNATIVA ITEMS MODIFICADOS					14.992.373,00
OTROS ITEMS					13.986.545,00
VALOR PROPUESTA ALTERNATIVA COSTOS DIRECTOS					28.978.918,00
<b>DIFERENCIA</b>					1.550,00

ANEXO G. PROPUESTA ECONÓMICA MODELO 02




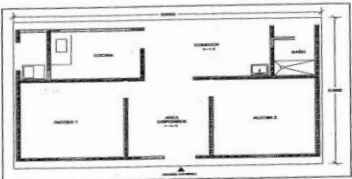

ANÁLISIS PROPUESTA ALTERNATIVA CONSORCIO CONSTRUCCION CASAS DEL SANTANDER			PROPUESTA ALTERNATIVA OPCION 2		
I	CONCEPTO	Und	Cant.	VR.	VR .PARCIAL
ITEM		UNIDAD	CANTIDAD	VR UNIT	VR TOTAL
<b>PROPUESTA ORIGINAL</b>					
<b>OBRAS DE CONCRETO</b>					
5,1	Viga cimentacion dim. 0,26*0,20	m	34,8000	38.190,00	1.329.012,00
5,2	Cólmneta	un	13,0000	185.400,00	2.410.200,00
5,3	Viga aerea dim. 0,2*0,10	m	48,0000	45.828,00	2.199.744,00
5,4	placa de contrapiso e=0,08 inc. Malla de temperatura	m2	53,0000	61.278,00	3.247.734,00
<b>MAMPOSTERIA Y PAÑETE</b>					
6,1	Mamposteria e=10 cm	m2	93,0000	43.480,00	4.043.640,00
6,2	Pañete exterior	m2	57,2000	19.600,00	1.121.120,00
<b>VALOR PROPUESTA ORIGINAL ITEMS MODIFICADOS</b>					<b>14.351.450,00</b>
<b>OTROS ITEMS</b>					<b>14.629.018,00</b>
<b>VALOR PROPUESTA ORIGINAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>28.980.468,00</b>
<b>PROPUESTA ALTERNATIVA ESTRUCTURA</b>					
<b>OBRAS DE CONCRETO</b>					
	Placa de contrapiso con malla electrosoldada e= 8cm	m2	53,0000	63.750,00	3.376.750,00
<b>MAMPOSTERIA Y PAÑETE</b>					
6,1	Levante en panel termoacustico psmc 70 poliestireno expandido de 7 cm de espesor de malla calibre 2,3 mm incluye accesorios	m2	93,0000	58.746,00	5.463.378,00
6,2	Pañete a 2 capas 3.0 cm	m2	186,0000	29.620,00	5.509.320,00
<b>VALOR PROPUESTA ALTERNATIVA ITEMS MODIFICADOS</b>					<b>14.351.448,00</b>
<b>OTROS ITEMS</b>					<b>14.629.018,00</b>
<b>VALOR PROPUESTA ALTERNATIVA COSTOS DIRECTOS</b>					<b>28.980.466,00</b>
<b>DIFERENCIA</b>					<b>2,00</b>

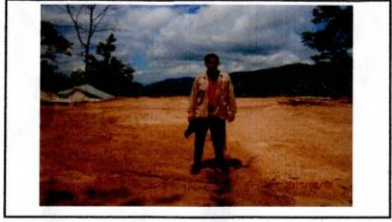

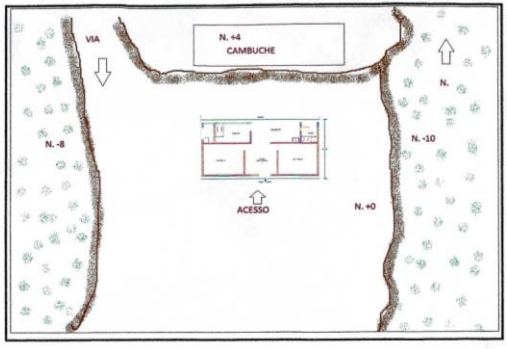
ANEXO H. PROPUESTA ECONÓMICA MODELO 03

ANÁLISIS PROPUESTA ALTERNATIVA CONSORCIO CONSTRUCCION CASAS DEL SANTANDER			PROPUESTA ALTERNATIVA OPCION 3		
I	CONCEPTO	Und	Cant.	VR.	VR.PARCIAL
ITEM		UNIDAD	CANTIDAD	VR.UNIT.	VR.TOTAL
<b>PROPUESTA ORIGINAL</b>					
<b>OBRAS DE CONCRETO</b>					
5,1	Viga cimentacion dim. 0,25*0,20	m	39,2000	38.190,00	1.497.048,00
5,2	Columneta	un	12,0000	185.400,00	2.224.800,00
5,3	Viga asera dim. 0,2*0,10	m	39,5000	46.828,00	1.810.206,00
5,4	placa de contrapiso e=0,08 inc: Malla de temperatura	m2	54,0000	61.278,00	3.309.012,00
<b>MAMPOSTERIA Y PAÑETE</b>					
6,1	Mampostería e=10 cm	m2	92,0000	43.480,00	4.000.160,00
6,2	Pañete exterior	m2	70,6600	19.600,00	1.382.978,00
<b>VALOR PROPUESTA ORIGINAL ITEMS MODIFICADOS</b>					14.224.202,00
<b>OTROS ITEMS</b>					14.756.266,00
<b>VALOR PROPUESTA ORIGINAL COSTOS DIRECTOS</b>					28.980.468,00
<b>PROPUESTA ALTERNATIVA ESTRUCTURA</b>					
<b>OBRAS DE CONCRETO</b>					
	Placa de contrapiso con malla electrosoldada e= 8cm	m2	54,0000	63.750,00	3.442.500,00
<b>MAMPOSTERIA Y PAÑETE</b>					
6,1	Levante en panel termoacustico psmc 70 poliestireno expandido de 7 cm de espesor de malla calibre 2,3 mm incluye accesorios	m2	90,0000	58.746,00	5.287.140,00
6,2	Pañete a 2 capas 3.0 cm	m2	185,5000	29.620,00	5.494.510,00
<b>VALOR PROPUESTA ALTERNATIVA ITEMS MODIFICADOS</b>					14.224.150,00
<b>OTROS ITEMS</b>					14.756.266,00
<b>VALOR PROPUESTA ALTERNATIVA COSTOS DIRECTOS</b>					28.980.416,00
<b>DIFERENCIA</b>					52,00


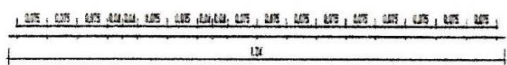
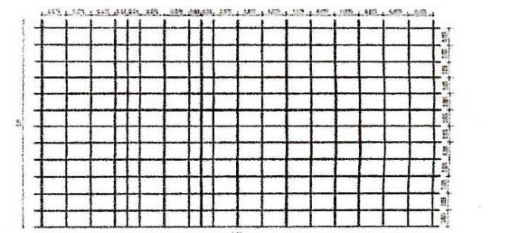


ANEXO J. MODELO DE ACTA DE CONCERTACIÓN

 NGRD Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres	 GOBIERNO DE SANTANDER	<b>ACTA DE CONCERTACION E INICIO DE TRABAJOS DE OBRA Y UBICACIÓN FINAL DE VIVIENDA</b> Version 1	 CONSORCIO CONCASA NIT: 900.846.074-0																																								
Lugar y Fecha: <u>5/ Agosto /2015</u>																																											
Yo <u>Deyra Sara Sanabria Sarmiento</u> identificado(a) con C.C. <u>1098689549</u> en calidad de beneficiario(a), acepto la construcción de vivienda en el sitio propio con las condiciones, requisitos y materiales conforme a la tipología de vivienda nueva de la UNGRD, en el departamento de Santander, municipio de RIO NEGRO, dirección <u>E. Alto bello</u> , con coordenadas <u>N. 03° 19' 29.0" W. 073° 09' 21.6"</u> , modelo de vivienda tipo N° (2) <u>DOS</u> , de acuerdo a la propuesta: Alternativa <input checked="" type="checkbox"/> Tradicional <input type="checkbox"/> Presentada por el contratista.																																											
PLANTA ARQUITECTONICA (VIVIENDA MODELO 2) AREA A ENTREGAR: <u>(57)</u> M2		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ACTIVIDAD</th> <th>EJECUTADO</th> <th>FECHA DE EJECUCION</th> <th>PROGRAMADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SOCIALIZACION</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIAGNOSTICO</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>INICIO DE TRABAJOS DE OBRA</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><u>13/ Agosto</u></td> </tr> <tr> <td>FINALIZACION DE TRABAJOS DE OBRA (APROX.)</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><u>13/ sept</u></td> </tr> <tr> <td>COLORES</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>CUBIERTA</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ZOCALO</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>FACHADA</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>PERFIL</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>EL USO DE LOS ITEMS VARIABLES:                  1. Pozo Sept. w. 2, sobre riuel con ciclopeo 15ml                  Compromiso Arcear, arena, cemento, trip. etc</p>		ACTIVIDAD	EJECUTADO	FECHA DE EJECUCION	PROGRAMADO	SOCIALIZACION	<input checked="" type="checkbox"/>			DIAGNOSTICO	<input checked="" type="checkbox"/>			INICIO DE TRABAJOS DE OBRA			<u>13/ Agosto</u>	FINALIZACION DE TRABAJOS DE OBRA (APROX.)			<u>13/ sept</u>	COLORES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CUBIERTA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ZOCALO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FACHADA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PERFIL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ACTIVIDAD	EJECUTADO	FECHA DE EJECUCION	PROGRAMADO																																								
SOCIALIZACION	<input checked="" type="checkbox"/>																																										
DIAGNOSTICO	<input checked="" type="checkbox"/>																																										
INICIO DE TRABAJOS DE OBRA			<u>13/ Agosto</u>																																								
FINALIZACION DE TRABAJOS DE OBRA (APROX.)			<u>13/ sept</u>																																								
COLORES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
CUBIERTA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
ZOCALO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
FACHADA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
PERFIL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
Firma: <u>Deyra Sara Sanabria S.</u> Nombre: _____ C.C: <u>1098689549</u> BENEFICIARIO	 HUELLA	Elabora: <u>[Signature]</u> Nombre: _____ C.C: <u>19508922</u> Cargo: RESIDENTE Vo.Bo. _____	Firma: _____ Nombre: _____ C.C: _____ Cargo: DIRECTOR DE OBRA- CONSORCIO Vo.Bo. _____																																								
Firma: _____ Nombre: _____ C.C: _____ Cargo: REPRESENTANTE LEGAL- CONSORCIO	Firma: _____ Nombre: _____ C.C: _____ Cargo: DIRECTOR INTERVENTORIA	Firma: _____ Nombre: _____ C.C: _____ Cargo: SUPERVISOR																																									

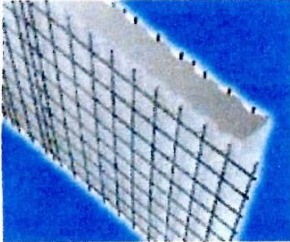
BENEFICIARIO: DEYRA SARA SANABRIA SARMIENTO <b>1. FOTOGRAFIAS</b> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;">   </div>	<b>2. IMPLANTACION DE LA VIVIENDA EN EL TERRENO</b> GEOREFERENCIACION N. <u>03° 19' 29.0"</u> W. <u>073° 09' 21.6"</u> N. <u>1017 m</u> 
OBSERVACIONES:	

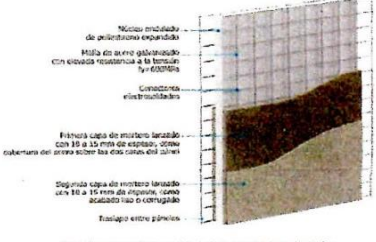
ANEXO K. FICHA TÉCNICA MALLA DE ACERO, SISTEMA ALTERNATIVO DURAPANEL

	<b>FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO</b>		<b>VERSIÓN 01</b>	
			<b>02/09/2013</b>	
			<b>Pag. 1 de 1</b>	
<b>NOMBRE DEL PRODUCTO</b>				
<b>MALLA VIVIENDA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>				
<p>Estructuras de acero planas, formadas por alambres de acero galvanizado, dispuestos en forma ortogonal y electrosoldados en todos los puntos de encuentro. Proporcionan refuerzo estructural necesario en paneles tipo muro.</p>				
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>				
Peso: Material: Resistencia a la tensión acero: Punto de fluencia acero: Elongación Acero: Capa de Zinc: Densidad acero: Ovalidad: fy del alambre: Tecnología de soldadura: Tolerancia calibre del alambre:	1,03 Kg Alambre de acero galvanizado 73 - 87 Kg/mm <sup>2</sup> 64 -74 Kg/mm <sup>2</sup> 30% min 55 - 75 g/m <sup>2</sup> 7.813 kg/m <sup>3</sup> 0.02 mm 550 Mpa Electrosoldadura de punto (+/-) 0.04 mm			
<b>DIMENSIONES Y CALIBRE</b>				
ALAMBRE	CANTIDAD	LARGO	TOLERANCIA	CALIBRE
Longitudinales	12 unidades	500 mm - 12.000 mm	(+/-) 0,01 mm	2.3 mm
Transversales	12 unidades	1240 mm	(+/-) 0,03 mm	2.3 mm
Distancia entre transversales	65 mm			
<b>FRONTAL</b>				
				
<b>LATERAL</b>				
				
<a href="http://www.durapanel.com.co">www.durapanel.com.co</a>				

**ANEXO L. FICHA TÉCNICA PANEL POLIESTIRENO EXPANDIDO, SISTEMA ALTERNATIVO DURAPANEL**

	<b>FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO</b>	<b>VERSIÓN 01</b> <b>02/09/2013</b> <b>Pag. 1 de 1</b>																										
<b>NOMBRE DEL PRODUCTO</b>																												
<b>PANEL SIMPLE MODULAR VIVIENDA (PSMV)</b>																												
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>																												
<p>Es un sistema constructivo monolítico, compuesto por paneles de poliestireno expandido (EPS), integrado con dos mallas en acero galvanizado adheridas a la lamina por medio de conectores en acero, permitiendo la transferencia de esfuerzos en ambas caras del panel. Se usa como estructura portante para construcciones, con aplicación de revoque estructural en los dos lados; para tabiques y paredes de cerramiento en edificios nuevos o a reestructurar.</p> <p>El uso de este panel considera un espesor de poliestireno mínimo de 4 cm. Con un revoque promedio de 5 cm para muros.</p>																												
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>																												
Compuesto: Proceso de transformación: Proceso de adhesión: Densidad: Ancho: Largo total: Calibre del alambre: fy del alambre: Cantidad de longitudinales: Distancia entre transversales: Ondulación: Área de traslazo:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #0056b3; color: white;"> <th>MALLA</th> <th>LAMINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acero Galvanizado</td> <td>Poliestireno expandible tipo F (ignífugo)</td> </tr> <tr> <td>Electrosoldadura de acero</td> <td>Expansión de EPS</td> </tr> <tr> <td>76 conectores/ m2 (Calibre 3mm)</td> <td>Vapor-presión</td> </tr> <tr> <td>7.813 kg/m<sup>3</sup></td> <td>10 - 12 kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>1240 mm</td> <td>1200mm</td> </tr> <tr> <td>500 mm - 12.000 mm</td> <td>500 mm - 12.000 mm</td> </tr> <tr> <td>2.3 mm</td> <td>No aplica</td> </tr> <tr> <td>550 Mpa</td> <td>No aplica</td> </tr> <tr> <td>12 unidades</td> <td>No aplica</td> </tr> <tr> <td>65 mm</td> <td>No aplica</td> </tr> <tr> <td>5 mm (+/-1)</td> <td>No aplica</td> </tr> <tr> <td>40 mm (+/-5)</td> <td>No aplica</td> </tr> </tbody> </table>	MALLA	LAMINA	Acero Galvanizado	Poliestireno expandible tipo F (ignífugo)	Electrosoldadura de acero	Expansión de EPS	76 conectores/ m2 (Calibre 3mm)	Vapor-presión	7.813 kg/m <sup>3</sup>	10 - 12 kg/m <sup>3</sup>	1240 mm	1200mm	500 mm - 12.000 mm	500 mm - 12.000 mm	2.3 mm	No aplica	550 Mpa	No aplica	12 unidades	No aplica	65 mm	No aplica	5 mm (+/-1)	No aplica	40 mm (+/-5)	No aplica	
MALLA	LAMINA																											
Acero Galvanizado	Poliestireno expandible tipo F (ignífugo)																											
Electrosoldadura de acero	Expansión de EPS																											
76 conectores/ m2 (Calibre 3mm)	Vapor-presión																											
7.813 kg/m <sup>3</sup>	10 - 12 kg/m <sup>3</sup>																											
1240 mm	1200mm																											
500 mm - 12.000 mm	500 mm - 12.000 mm																											
2.3 mm	No aplica																											
550 Mpa	No aplica																											
12 unidades	No aplica																											
65 mm	No aplica																											
5 mm (+/-1)	No aplica																											
40 mm (+/-5)	No aplica																											
<b>REFERENCIAS, ESPESORES Y PESOS.</b>																												
<b>REFERENCIAS</b>	<b>ESPESOR EPS</b>	<b>ESPESOR FINAL MURO</b>	<b>PESO TOTAL MURO</b>																									
PSME40	42 mm (+/-2)	92 mm (+/-2)	112,42 Kg/m2																									
PSME50	52 mm (+/-2)	102 mm (+/-2)	112,61 Kg/m2																									
PSME60	62 mm (+/-2)	112 mm (+/-2)	112,8 Kg/m2																									
PSME70	72 mm (+/-2)	122 mm (+/-2)	112,99 Kg/m2																									
PSME80	82 mm (+/-2)	132 mm (+/-2)	113,18 Kg/m2																									
PSME90	92 mm (+/-2)	142 mm (+/-2)	113,37 Kg/m2																									
PSME100	102 mm (+/-2)	152 mm (+/-2)	113,56 Kg/m2																									
PSME120	122 mm (+/-2)	172 mm (+/-2)	113,94 Kg/m2																									
PSME140	142 mm (+/-2)	192 mm (+/-2)	114,32 Kg/m2																									
PSME150	152 mm (+/-2)	202 mm (+/-2)	114,51 Kg/m2																									
PSME160	162 mm (+/-2)	212 mm (+/-2)	114,71 Kg/m2																									
PSME180	182 mm (+/-2)	232 mm (+/-2)	115,09 Kg/m2																									
PSME200	202 mm (+/-2)	252 mm (+/-2)	115,47 Kg/m2																									
PSME220	222 mm (+/-2)	272 mm (+/-2)	115,85 Kg/m2																									
PSME240	242 mm (+/-2)	292 mm (+/-2)	116,23 Kg/m2																									
PSME250	252 mm (+/-2)	302 mm (+/-2)	116,42 Kg/m2																									
PSME260	262 mm (+/-2)	312 mm (+/-2)	116,61 Kg/m2																									





\*Malla modular de poliestireno expandido.  
 Malla en acero galvanizado con elevada resistencia a la tracción y flexión.  
 Conectores estructurales.  
 Primera capa de mortero laminado con 10 a 15 mm de espesor, como cobertura del acero sobre las discontinuidades.  
 Segunda capa de mortero laminado con 10 a 15 mm de espesor, como acabado liso o corrugado.  
 Traslazo entre pániques.

Nota: el espesor final del muro depende de los requerimientos estructurales.

[www.durapanel.com.co](http://www.durapanel.com.co)