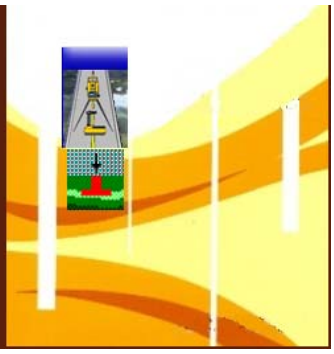
# ANÁLISIS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO POR INUNDACIÓN, EROSIÓN Y DISEÑO DE OBRAS

# ANÁLISIS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO POR INUNDACIÓN, EROSIÓN Y DISEÑOS DE OBRAS

**Recuperación ambiental y paisajística de la Ribera del rio Sinú, en el municipio de San Bernardo del Viento, córdoba.**

GT GEOTECNIA



**LOCALIZACION:**
**MUNICIPIO DE SAN BERNARDO DEL VIENTO**
**DEPARTAMENTO DE CORDOBA**


**ELABORÓ:**
**FREDY OMAR CARABALLO ALVAREZ**
**Ingeniero Civil**
**Especialista en Análisis y Diseño de Estructuras**
**Especialista en Geotecnia**
**MAT. 25202-25571 CUND.**

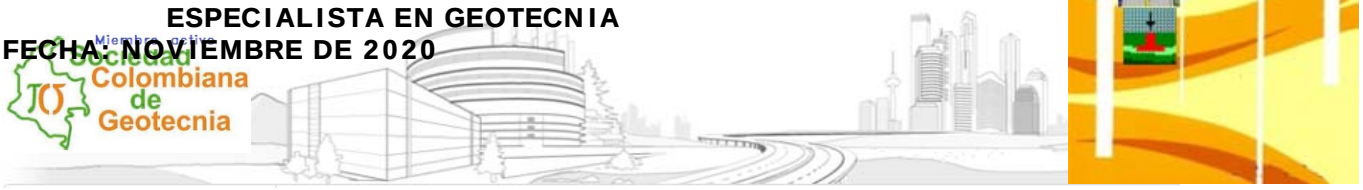



## INDICE

1. INTRODUCCIÓN ..... 5
2. ANTECEDENTES ..... 6
3. ASPECTOS NORMATIVOS ..... 7
3.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA ..... 7
3.2 LEY 1523 DE 2012 ..... 7
3.3 DECRETO 1807 DEL 2014 ..... 8
3.4 DECRETO 3600 DE SEPTIEMBRE 20 DE 2007 ..... 10
3.5 DECRETO 4002 DE 2004 ..... 10
3.6 CONPES 3318 ..... 11
3.7 LEY 812 DE 2003 ..... 11
3.8 CONPES 3146 ..... 11
3.9 DECRETO 93 DE 1998 ..... 11
3.10 DECRETO 879 DE 1998 ..... 12
3.11 LEY 357 DE 1997 ..... 12
3.12 LEY 388 DE JULIO DE 1997 ..... 12
3.13 LEY 400 DE 1997 ..... 12
3.14 LEY 02 DE 1991 ..... 13
3.15 LEY 09 DE 1989 ..... 13
3.16 DECRETO - LEY 919 DE 1989 ..... 13
3.17 LEY 46 DE 1988 ..... 13
3.18 DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974 ..... 14
3.19 DECRETO 1077 DEL 26 DE MAYO DE 2015 ..... 14
3.20 DECRETO 1807 DEL 2014 ..... 14
3.21 RESOLUCIÓN 2254 DE 2017 ..... 14



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




3.22 RESOLUCIÓN 2115 DE 2007 ..... 14
4. OBJETIVOS ..... 15
4.1 OBJETIVO GENERAL..... 15
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 15
5. METODOLOGÍA ..... 15
5.1 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA ..... 15
5.2 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN..... 20
5.3 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE VULNERABILIDAD..... 24
5.3.1 Índice de vulnerabilidad física..... 24
5.3.2 Índice de vulnerabilidad económica ..... 30
5.3.3 Índice de vulnerabilidad ambiental ..... 34
5.3.4 Índice de vulnerabilidad social..... 37
5.3.5 Índice de la vulnerabilidad ..... 40
5.4 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO ..... 42
6. INFORMACIÓN SECUNDARIA ..... 43
6.1 PLAN DEPARTAMENTAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO .....43
6.1.1 Situación frente al clima ..... 43
6.2 MANCHA DE INUNDACIÓN DEL IGAC DURANTE EL FENÓMENO DE LA NIÑA EN EL AÑO 2010..... 45
7. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO ..... 46
8. RECONOCIMIENTO DE CAMPO..... 47
9. CLIMA ..... 47
10. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA ..... 47
10.1 MARCO GEOLOGICO REGIONAL ..... 48
10.2 GEOLOGIA..... 48
10.3 GESISMISIDAD ..... 53



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




**10.4 GEOMORFOLOGIA ..... 59**

**10.5 VEGTACIÓN ..... 60**

**11. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO ..... 60**

**12. ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN DEL RIESGO ..... 61**

**13. PRINCIPIOS GENERALES DE LA GESTIÓN DEL RIESGO ..... 61**

**14. CONCEPTOS BÁSICOS ..... 64**

**14.1 Amenaza ..... 64**

**14.2 Vulnerabilidad ..... 65**

**14.3 Riesgo ..... 65**

**15. ANÁLISIS DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA ..... 66**



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

# ANÁLISIS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO POR INUNDACIÓN, EROSIÓN Y DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN DEL CENTRO DE AFLUENCIA DE EL PLAYÓN EN EL MUNICIPIO DE SAN BERNARDO DEL VIENTO, DEPARTAMENTO DE CORDOBA

## 1. INTRODUCCION

El análisis de riesgo es un componente fundamental de la planificación para desarrollo de cualquier región. De acuerdo con lo anterior, es necesario que los eventos potencialmente peligrosos se estudien, no solo en su dinámica propia, sino en la forma en que los seres humanos los han influenciado para que dichos eventos puedan llegar a convertirse en desastres, impactando de forma severa a la población y la infraestructura.

Es muy importante tener presente que el contexto territorial en el que vivimos se nutre de los elementos básicos para la vida: el agua, la tierra, la energía del sol; dichos elementos están presentes en nuestro entorno e interactuamos a diario con ellos; sin embargo, el hombre en su afán de desarrollo ha alterado la dinámica natural, interviniendo sobre los ríos: talando los árboles, estrechando sus cauces, cambiando su curso, lanzando basuras y escombros, aumentando su carga líquida, construyendo en sus riberas. Además de otras actividades que atentan contra la propia naturaleza de las fuentes de agua, causando impactos negativos y gestando las condiciones para que en el tiempo se produzcan los desastres.

Teniendo en cuenta lo anterior y en respuesta a la solicitud realizada por la ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SAN BERNARDO DEL VIENTO se tiene como propósito desarrollar un estudio de riesgos que incluye un análisis de amenaza por inundación de fuentes de agua cercana al área del proyecto. Para esto se identificaron las variables físico-ambientales relacionadas a peligrosidad o amenaza natural.

El presente informe contiene la información secundaria y recopilada en campo encaminada a la evaluación de las condiciones de amenaza en el área de estudio con el fin de identificar, planificar y diseñar las medidas para su mitigación y control; de manera que los riesgos sobre las nuevas construcciones, las existentes y la infraestructura que puedan verse afectadas por las intervenciones propuestas, estén en niveles de seguridad aceptables.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

## 2. ANTECEDENTES

En 1988 ocurrió la inundación más extensiva en el departamento de Córdoba, en consecuencia, se contempló la construcción del proyecto hidroeléctrico URRÁ I de carácter multipropósito; a mediados del año 2000 se realizó la inauguración de este proyecto utilizando las aguas del rio Sinú para la generación de energía eléctrica, pero años más tarde las zonas pertenecientes a la cuenca baja del rio Sinú se vieron afectadas por esta obra, dada la notoria reducción y modificación de los niveles y caudales, afectando la dinámica hídrica natural, y favoreciendo tanto los procesos erosivos, como los procesos de socavación. (CVS, 2008)

La ciénaga del bajo Sinú está conformada por numerosos cuerpos de aguas que actúan como zona de amortiguamientos para la especie icticas de la cuenca. La construcción de la hidroeléctrica URRA I si bien es cierto que genera gran impacto económico y hasta ambiental en cuanto al control de las inundaciones, ha ocasionado la degradación del ecosistema y la reducción de la migración población de peces, aunado en la construcción de diques por parte de los parceleros y hacendados para el control de las inundaciones. (CVS, 2008)

Las condiciones de riesgo que generan desastres obedecen a fenómenos de origen natural o antrópico. En el municipio de San Bernardo del Viento se presentan amenazas por fenómenos de inundación y erosión. Otros riesgos como precipitaciones, vientos, sequías y amenazas por infraestructura no disponen de estudios puntuales específicos. Para el caso de las amenazas sísmicas, la norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR 10 ubica a San Bernardo del viento en una zona intermedia. Para lo relativo a este tema, nos remitimos a la Norma NSR 10.

El nivel de amenaza identifica los elementos sometidos a riesgo, defendiendo sus efectos (análisis de vulnerabilidad), en el orden físico, ambiental y social y así presentar las medidas de prevención y mitigación de esos riesgos para las comunidades expuestas.

Los mapas de amenazas resultado de estudios, son de carácter temporal, toda vez que estos son dinámicos a través del tiempo y los niveles de amenaza pueden variar, los análisis de riesgo solo se han adelantado puntualmente en sectores considerados críticos.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

La amenaza está relacionada con la posibilidad que se presente un evento natural o antrópico intencional y el riesgo está relacionado con la probabilidad que se manifiesten ciertas consecuencias en el grado de exposición de los elementos sometidos y en la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento.

## 3. ASPECTOS NORMATIVOS

### 3.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA

La constitución Política reglamentó entre otras disposiciones: de 1991 Artículo 2. Son fines esenciales del Estado: servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución; facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación; defender la independencia nacional, mantener la integridad territorial y asegurarla convivencia pacífica y la vigencia de un orden justo.

Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias, y demás derechos y libertades, y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares.

En cuanto al manejo de los recursos naturales se reglamentaron disposiciones sobre la vivienda digna y el manejo de los recursos naturales para garantizar el desarrollo sostenible (prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental). Como primer paso para la Planeación, definió la obligatoriedad para las Entidades Territoriales de elaborar su Plan de Desarrollo.

### 3.2 LEY 1523 DE 2012

Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

### 3.3 DECRETO 1807 DEL 2014.

Por el cual se reglamenta el artículo 189 del decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dedican otras disposiciones.

**a. Análisis detallado de amenaza de inundación.**

Para determinar las condiciones de amenaza por inundación; los estudios tienen las siguientes especificaciones mínimas:

- Área de estudio: Se referirá a las áreas con condiciones de riesgo y amenaza por inundación delimitadas en el plan de ordenamiento territorial, a partir de los estudios básicos de que trata el presente decreto y articulado con los análisis del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas -POMCA- aprobado.
- Insumos: Se deben utilizar como mínimo los siguientes insumas: a. Información de hidrología e hidráulica. b. Información topográfica y batimétrica detallada de los tramos de cauce analizados, incluyendo aquellos elementos o tramos que estén asociados con el origen de la inundación.
- Alcance: El análisis de la amenaza a nivel detallado se realizará teniendo en cuenta criterios históricos, geomorfológicos, hidrológico-hidráulicos empleando métodos asistidos por sensores remotos y sistemas de información geográfica.
- Productos: Mapa o mapas de zonificación de amenaza por inundación por desbordamiento, el cual delimita y caracteriza los diferentes niveles de amenaza que presenta el territorio estudiado, según lo dispuesto en el presente artículo. Se debe elaborar un documento técnico que contenga la metodología empleada y los resultados obtenidos.

**b. Evaluación de vulnerabilidad.**

Para evaluar la vulnerabilidad se consideran los siguientes aspectos:

- De acuerdo con los resultados del estudio detallado de amenazas para cada fenómeno analizado, se deben identificar y localizar en la cartografía correspondiente los elementos expuestos.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




- Se debe establecer las características de los elementos expuestos a las amenazas identificadas, en cuanto al tipo de elemento, grado de exposición, resistencia que ofrece el elemento y distribución espacial.
- Se deben identificar los diferentes tipos de daño o efecto esperado sobre los elementos expuestos que se pueden presentar como resultado del fenómeno natural.
- Esta información debe zonificarse en un mapa a la misma escala del mapa de amenazas detallados estableciendo categorías de vulnerabilidad alta, media y baja, de acuerdo a las características de los elementos expuestos.

### c. Evaluación del riesgo.

La evaluación de riesgo es el resultado de relacionar la zonificación detallada de amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad. Con base en ello, se categorizará el riesgo en alto, medio y bajo, en función del nivel de afectación esperada. Para las zonas en alto riesgo se definirá la mitigabilidad o no mitigabilidad, a partir de las alternativas de intervención física para reducir y evitar el incremento de la amenaza y/o vulnerabilidad. Para estas alternativas se deberá evaluar su viabilidad de ejecución desde el punto de vista técnico, financiero y urbanístico. Bajo estas evaluaciones se obtendrá la definición del riesgo alto mitigable o riesgo alto no mitigable. 3.20.1.4 Contenidos de la evaluación del riesgo. Los estudios de evaluación de riesgo deben acompañarse de los siguientes documentos por cada fenómeno analizado:

- Documento técnico que contenga metodología de evaluación empleada y los resultados.
- Fichas de evaluación de vulnerabilidad.
- Mapa de vulnerabilidad categorizada en alta, media y baja.
- Mapa de riesgo, categorizado en alto, medio y bajo, señalando para el riesgo alto si es mitigable o no mitigable.
- Mapas de localización y dimensionamiento de las medidas de intervención propuestas.
- Presupuestos estimados de costos de las alternativas planteadas.
- Inventario de viviendas en alto riesgo no mitigable.



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

**d. Medidas de Intervención.**

Para la prevención, mitigación del riesgo y/o reducción de la amenaza y/o vulnerabilidad de conformidad con lo previsto en el artículo anterior, el estudio de evaluación de riesgo planteará medidas que podrán ser estructurales y no estructurales.

- Las medidas estructurales, son medidas físicas encaminadas a la realización de acciones y obras para atender las condiciones de riesgo ya existentes. Entre otras se consideran las siguientes: obras de estabilización y de reforzamiento de edificaciones e infraestructura, las cuales deben ser predimensionadas sobre la cartografía a nivel de prediseño, con el estimativo de costos correspondiente. En la determinación de este tipo de medidas se deben considerar los potenciales efectos que producirán aguas abajo. En las zonas donde se define que el riesgo es no mitigable se deben identificar en detalle las viviendas y construcciones que serán objeto de reasentamiento, además de las obras de estabilización necesarias para evitar que aumente la influencia del fenómeno en estudio.
- Las medidas no estructurales, orientadas a regular el uso, la ocupación y el aprovechamiento del suelo mediante la determinación de normas urbanísticas, proyectos para la implementación de sistemas de alertas tempranas en los casos que aplique, así como la socialización y apropiación cultural de los principios de responsabilidad y precaución.

## 3.4 DECRETO 3600 DE SEPTIEMBRE 20 DE 2007.

Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones. De la Presidencia de la República.

## 3.5 DECRETO 4002 DE 2004.

Por el cual se establece que teniendo en cuenta razones de excepcional de 2004 interés público, o de fuerza mayor o caso fortuito, el alcalde municipal o distrital podrá iniciar el proceso de revisión del plan, las cuáles serán: La declaratoria de desastre o calamidad


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




pública y por los resultados de estudios técnicos detallados sobre amenazas, riesgos y vulnerabilidad que justifiquen la recalificación de áreas de riesgo no mitigable y otras condiciones de restricción diferentes a las inicialmente adoptadas en el POT.

### 3.6 CONPES 3318.

Mediante el cual se autoriza a la Nación para contratar un crédito de 2004 hasta por US $263 millones para financiar el Programa de Reducción de la Vulnerabilidad Fiscal del Estado frente a los Desastres Naturales.

### 3.7 LEY 812 DE 2003.

Por el cual se estableció el Plan Nacional de Desarrollo - PND 2002 - 2006 “Hacia un Estado Comunitario”, que en su capítulo III “Construir Equidad Social”, programa de “Prevención y Mitigación de Desastres Naturales” determinó: 1) la profundización del conocimiento sobre riesgos naturales y su divulgación; 2) la inclusión de la prevención y mitigación de riesgos en la planificación y la inversión territorial y sectorial; y, 3) la reducción de la vulnerabilidad financiera del Gobierno ante desastres.

### 3.8 CONPES 3146

Por el cual se define la “Estrategia para consolidar la ejecución del de 2001 Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres – PNPAD”. Esta estrategia define acciones específicas y busca comprometer a las entidades en el cumplimiento del PNPAD.

### 3.9 DECRETO 93 DE 1998

Por el cual se adopta el Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres PNPAD, el cual define los objetivos, principios, estrategias y programas de la Política Nacional.



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




## 3.10 DECRETO 879 DE 1998

Por el cual se reglamentan las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los Planes de Ordenamiento Territorial. Se tendrán en cuenta las

prioridades del Plan de Desarrollo del municipio o distrito y los determinantes establecidos en normas de superior jerarquía entre las que se encuentra: Las relacionadas con la

conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales.

## 3.11 LEY 357 DE 1997

Aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas", suscrita en Ramsar en1971.

## 3.12 LEY 388 DE JULIO DE 1997

Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones. Del Congreso de la República.

## 3.13 LEY 400 DE 1997

Por el cual se reglamentaron las construcciones sismo-resistentes.



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

### 3.14 LEY 02 DE 1991

Por la cual se modifica la Ley de Reforma Urbana, estableciendo que los municipios deben no sólo levantar sino tener actualizados los inventarios de las zonas que presenten altos riesgos para la localización de asentamientos humanos y que los alcaldes contarán con la colaboración de las entidades pertenecientes al Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, para desarrollar las operaciones necesarias para eliminar el riesgo en los asentamientos localizados endichas zonas.

### 3.15 LEY 09 DE 1989

Por la cual se definió la responsabilidad de las autoridades municipales de Reforma Urbana en cuanto a la seguridad de los habitantes de las zonas urbanas ante los peligros naturales.

### 3.16 DECRETO - LEY 919 DE 1989

Por el cual se establece la obligatoriedad de trabajar en prevención de riesgos naturales y tecnológicos especialmente en disposiciones relacionadas con el ordenamiento urbano, las zonas de alto riesgo y los asentamientos humanos y se crea el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, determinando las responsabilidades, estructura organizativa, mecanismos de coordinación e instrumentos de planificación y financiación del Sistema a escala Nacional, Regional y Local.

### 3.17 LEY 46 DE 1988

Por medio de la cual se reglamenta la creación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres – SNPAD.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

### 3.18 DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974

Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. De la Presidencia de la República.

### 3.19 DECRETO 1077 DEL 26 DE MAYO DE 2015.

Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

### 3.20 DECRETO 1807 DEL 2014.

Por el cual se reglamenta el artículo 189 del decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dedican otras disposiciones.

### 3.21 RESOLUCIÓN 2254 DE 2017

Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.

### 3.22 RESOLUCIÓN 2115 DE 2007

Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




# 4. OBJETIVOS

## 4.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar, analizar, evaluar y caracterizar los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgos presentes y futuros ocasionados por inundación en el sector.

## 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las características y nivel de amenaza por inundación, en el sector del municipio San Bernardo del Viento.
- Zonificar el área de estudio de acuerdo a la amenaza.
- Evaluar la vulnerabilidad de las estructuras existentes y/o proyectadas.
- Evaluar y categorizar el riesgo según las amenazas identificadas en el sitio objeto de estudio.
- Determinar y evaluar las alternativas de mitigación del riesgo del sector.

# 5. METODOLOGÍA

## 5.1 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA.

Los desplazamientos de masas de suelo son un fenómeno generados por exceso de agua en el terreno y esencialmente por efecto de la fuerza de gravedad, en donde una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original.

La evaluación de amenaza por remoción en masa se realiza a través del análisis multitemporal, donde se determina una ecuación probabilista a partir de los datos de los cambios morfológicos propios de la dinámica que tiene el cauce de estudio, además se realiza un análisis de la velocidad en el tramo de estudio, el ángulo de inclinación del



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

talud, el tipo de material del subsuelo, la estabilidad del talud por medio del llamado "Factor de Seguridad" y la socavación.

- **Factor de análisis por velocidad:**

Este factor se relaciona a la velocidad del cauce del río al pasar por el talud objeto de estudio y se establece de acuerdo con los resultados de la modelación hidráulica del Río en condiciones actuales y en condiciones proyectadas.

La categorización de los factores por velocidad en el cauce del río se determina de acuerdo con el umbral de velocidad de erosión para el material presente en la zona de estudio actualmente.

| Material | Agua limpia | | Agua que transporta limos coloidales | |
|---|---|---|---|---|
| | $V$, pies/s | $\tau_0$, lb/pie$^2$ | $V$, pies/s | $\tau_0$, lb/pie$^2$ |
| Arena fina coloidal | 1.50 | 0.027 | 2.50 | 0.075 |
| Marga arenosa no colodial | 1.75 | 0.037 | 2.50 | 0.075 |
| Marga limosa no coloidal | 2.00 | 0.048 | 3.00 | 0.11 |
| Limos aluviales no colidales | 2.00 | 0.048 | 3.50 | 0.15 |
| Marga firme ordinaria | 2.50 | 0.075 | 3.50 | 0.15 |
| Ceniza volcánica | 2.50 | 0.075 | 3.50 | 0.15 |
| Arcilla rígida muy coloidal | 3.75 | 0.26 | 5.00 | 0.46 |
| Limos aluviales colidales | 3.75 | 0.26 | 5.00 | 0.46 |
| Esquistos y subsuelos de arcilla dura | 6.00 | 0.67 | 6.00 | 0.67 |
| Grava fina | 2.50 | 0.075 | 5.00 | 0.32 |
| Marga gradada a cantos rodados, no coloidales | 3.75 | 0.38 | 5.00 | 0.66 |
| Limos gradados a cantos rodados coloidales | 4.00 | 0.43 | 5.50 | 0.80 |
| Grava gruesa no coloidal | 4.00 | 0.30 | 6.00 | 0.67 |
| Cantos rodados y ripios de cantera | 5.00 | 0.91 | 5.50 | 1.10 |

**Tabla 1. Velocidades máximas permisibles en canales Fuente: (Chow, 1994)**



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

- **Factor de análisis por inclinación de talud:**

El factor de análisis por inclinación del talud se relaciona con el porcentaje de inclinación que tiene la ladera del río, a continuación, se presenta la asociación de los grados de inclinación del talud con los porcentajes de inclinación del talud:

| Inclinación del talud (%) | Inclinación del talud (°) |
|---|---|
| 0-5 | 0.00-2.25 |
| 5-15 | 2.25-6.75 |
| 15-30 | 6.75-13.50 |
| 30-50 | 13.50-22.5 |
| 50-75 | 22.5-33.75 |
| 75-100 | 33.75-45.00 |
| >100 | >45 |

**Tabla 2. Asociación de los grados de inclinación del talud con los porcentajes de inclinación del talud. Fuente: Elaborada por la presente consultoría**

De acuerdo con los diferentes rangos de pendiente se determinan tres clases de inestabilidad: baja, media y alta.

| Máxima Pendiente | Estabilidad |
|---|---|
| <5% | Alta |
| 5-15% | Alta |
| 15-30% | Alta |
| 30-50% | Media |
| 50-75% | Media |
| 75-100% | Baja |
| >100% | Baja |

**Tabla 3. Grado de inestabilidad resultante de la combinación de la litología y pendiente. Fuente. Elaborado por la presente consultoría.**


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

- **Factor de análisis de estabilidad de talud.**

La estabilidad se cuantifica por medio del llamado "Factor de Seguridad", el cual representa la proporcionalidad existente entre las fuerzas que resisten y las que originan la falla.

Para la revisión de la estabilidad se utilizó la herramienta informática Slope, módulo del paquete Geostru. Dicho módulo permite obtener un mapa de factores de seguridad, el cual se determina a través de una red cuyos vértices actúan como puntos de origen de sendas superficies de falla. Diferentes pantallas presentan el factor de seguridad crítico, las superficies de falla calculadas y el mapa de factores.

El método de cálculo utilizado (Janbú simplificado) es el desarrollado por Janbú 1967, quien extendió el método de Bishop a superficies de deslizamiento de cualquier forma.

Cuando se tratan superficies de deslizamiento de cualquier forma el brazo de las fuerzas cambia (en el caso de las superficies circulares queda constante e igual al radio) por tal motivo es mejor valorar la ecuación del momento respecto al ángulo de cada bloque.

$$F = \frac{\Sigma \{ c \times b + (W - u \times b + \Delta X) \times \tan \varphi \}_{\times} \dfrac{\sec^2 \alpha}{1 + \tan\alpha \times \tan\varphi / F}}{\Sigma W \times \tan\alpha}$$

Asumiendo $\Delta X = 0$ se obtiene el método ordinario.

Janbu propuso además un método para la corrección del factor de seguridad obtenido con el método ordinario según lo siguiente:

$$F_{corregido} = f_o F$$

Donde fo se lleva a funciones gráficas de: geometría y parámetros geotécnicos. Tal corrección es muy confiable para taludes poco inclinados.

La modelación de la masa de suelo debe tener en cuenta las características geotécnicas del mismo (Peso unitario, cohesión y ángulo de fricción), las condiciones geométricas


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

(Pendiente, taludes, sección) y las condiciones sísmicas (Estática y dinámica), el cálculo se realizó para condiciones drenadas.

Una vez obtenidas las características mecánicas del subsuelo, se realizan los cálculos necesarios para determinar la estabilidad de la masa de suelo.

El objetivo de la modelación es determinar los factores de seguridad, tomando como referencia los valores mínimos dados en el título H de la NSR-10 numeral H.6.9 Factores de seguridad indirectos, la cual se muestra a continuación:

| Condición | Construcción | Estático | Sismo | Seudo estático |
|---|---|---|---|---|
| **Deslizamiento** | 1.60 | 1.60 | Diseño | 1.05 |
| **Volcamiento:** el que resulte más crítico de | | | | |
| Momento Resistente/ Momento Actuante | ≥ 3.00 | ≥ 3.00 | Diseño | ≥ 2.00 |
| Excentricidad en el sentido del momento (e/B) | ≤ 1/6 | ≤ 1/6 | Diseño | ≤ 1/4 |
| **Capacidad portante** | Iguales a los de la Tabla H.4.1 | | | |
| **Estabilidad Intrínseca materiales térreos** (reforzados o no) | Iguales a los de la Tabla H.2.1 | | | |
| **Estabilidad Intrínseca materiales manufacturados** | Según material (Concreto-Titulo C; Madera-Título G; etc.) | | | |
| **Estabilidad general del sistema:** | | | | |
| Permanente o de Larga duración ( > 6 meses) | 1.20 | 1.50 | Diseño | 1.05 |
| Temporal o de Corta duración ( < 6 meses) | 1.20 | 1.30 | 50% de Diseño | 1.00 |
| **Laderas adyacentes (Zona de influencia > 2.5H)** | 1.20 | 1.50 | Diseño | 1.05 |

**Tabla 4. Factores de seguridad indirectos mínimos.**
**Fuente: Título H de la NSR-10.**

Para este caso se adopta como valores aceptables de factor de seguridad igual a 1.50 en condiciones estáticas y 1.05 en condiciones dinámicas.

- **Factor de análisis por socavación.**

Para determinar la magnitud de la socavación general que se produce en el arroyo Venado en la sección de la estructura hidráulica, se hace uso de la formulación de Lischtav-Levediev, que se desarrolla de acuerdo con las siguientes expresiones:


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

$$vs = \frac{« * yo^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28}}^{\frac{1}{1+z}}$$

$$« = \frac{Qd}{(Hm)^{5/3} * Be * \mu}$$

Donde:

**ys:** Desnivel entre la superficie del agua, al pasar la avenida y el fondo erosionado.

**Hm:** Profunidad hidraulica.

**ys:** Diferencia entre el nivel del agua y el fondo del canal. Be: Ancho libre de la superfice de la seccion.

**Qd:** Caudal de diseño

**Dm:** diámetro medio del subsuelo.

**z:** Exponente en funcion del diámetro medio de las partículas.

$\psi$: Coeficiente que depende de la concentración del material trasnportadao en suspension.

$\beta$: Coeficiente que depende del período de retorno del caudal de diseño.

$\mu$: Factor de contracción del cauce.

Posteriormente se determina la amenaza por remoción en masa articulando el análisis de las variables antes mencionadas, para luego realiza una cartografía donde se representa a través de líneas, punto o polígonos la amenaza por remoción en masa, con el fin de facilitar la ilustración e interpretación de los resultados georreferenciados.

## 5.2 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.

La metodología empleada es la propuesta por “Guía de integración de la Gestión del Riesgo y el ordenamiento Territorial Municipal” (UNGRD. 2015).



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

De acuerdo al decreto 1077 de 2015/1807 de 2014, los métodos de análisis para estudios básicos y detallados son los siguientes:

| TIPO DE ESTUDIO | CLASE DE SUELO | ESCALA | MÉTODOS DE ANÁLISIS |
|---|---|---|---|
| Estudio básico | Urbano o expansión urbana | 1:5000 | Estadístico, Determinístico, o Probabilístico. |
| | Rural | 1:25000 | Heurístico, Estadístico. |
| Estudio detallado | Urbano o expansión urbana | 1:2000 | Determinístico o probabilístico. |
| | Rural | 1.5000 | |

**Tabla 5. Métodos de análisis para estudios básicos y detallados.**
**Fuente. Guía de integración de la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial municipal.**

- **Método determinístico:** Es una abstracción matemática que describe el fenómeno sin incertidumbre, es decir, con perfecto conocimiento de las causas, el proceso y los resultados. Para analizar la amenaza por movimientos en masa se utilizan análisis mecánicos y modelos de estabilidad para determinar el factor de seguridad de una ladera o macizo rocoso. Son métodos fiables y precisos cuando se dispone de datos validos sobre los parámetros de resistencia de la ladera.

- **Método probabilístico:** Está basado en variables tomadas como datos al azar, los cuales se relacionan mediante funciones matemáticas. Estos métodos pueden ser distribuciones de probabilidad o procesos estocásticos que constituyen el modelo matemático de un experimento aleatorio y son una “idealización” con las cuales se quiere representar o modelar la realidad. Algunos de estos métodos son: Lógica difusa (LD), Algoritmos difusos (AD), redes neuronales Artificiales (RNA), Algoritmos genéticos (AG), Programación Geotécnica (PG), Colonia de Hormigas y Algoritmos evolucionados, entre otros. (Unidad Nacional para la gestion del riesgo de desastre, 2015).

Llevando a cabo la metodología la propuesta por “Guía de integración de la Gestión del Riesgo y el ordenamiento Territorial Municipal” se presentan los ítems a seguir.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




- Identificar y demarcar la subzona hidrológica de acuerdo a la nomenclatura IDEAM para identificar el POMCA y los lineamientos del Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR correspondiente y la(s) cuenca(s) presentes en el municipio.

- Describir las inundaciones ocurridas a partir de fuentes documentales (estudios existentes, imágenes aéreas y datos históricos, destacando las que causaron mayor afectación).
- Realizar modelamiento hidrológico-hidráulico a partir de información hidrológica (medición de lluvias y niveles existentes) y de escenarios de cambio climático, factores de infiltración y retención de la cuenca para la modelación hidrológica y de topografía a escala adecuada.
- Aplicar criterios de categorización de acuerdo a la condición particular del municipio definiendo las áreas de alta amenaza por inundación. En general asociados a la profundidad de flujo.

Para la evaluación de la de la amenaza por inundación, se realiza una modelación hidráulica de los canales o fuentes de agua cercanas al proyecto.

Para la calibración del modelo hidráulico se realiza un análisis de deltas de niveles, este consiste en adicionar a la cota de inundación registrada en campo, la diferencia entre el nivel registrado por la estación o estaciones limnigráfica o limnimétrica cercanas durante el periodo de referencia y el nivel proyectado para los periodos de retorno seleccionados, correspondientes a 10 y 100 años.

Para obtener los deltas de niveles de la estación, se recolectan los datos de niveles máximos anuales de la estación limnigráfica localizada sobre el tramo del río, luego se evalua si los datos se ajustaban a algún tipo de distribución: normal, log normal, Gumbel, Pearson tipo III, log Pearson III o Gamma II.

Una vez escogida la función de probabilidad con mejor ajuste para la serie de datos de la estación, se tabulan los niveles correspondientes a un periodo de retorno de 10 años, 100 años y el mayor nivel registrado en los datos. El delta es calculado de la siguiente manera:


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

$$\Delta Nivel = Nivel\ proyectado - nivel\ maximo\ registrado$$

De acuerdo con los niveles de inundación obtenidos se establece la amenaza del sector considerando que corresponde a una amenaza alta, si se presenta inundación para un caudal correspondiente a un periodo de retorno menor o igual a 10 años, amenaza media

si ocurre para un periodo comprendido entre 10 y 100 años, y amenaza baja si se inunda para un caudal superior a un periodo de retorno superior a 100 años.

## 5.3 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE VULNERABILIDAD.

Para evaluar el riesgo, es necesario definir la vulnerabilidad que corresponde al grado de probabilidad de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos dentro del área afectada por el fenómeno natural o antrópico.

La metodología a desarrollar a continuación parte de una revisión bibliografía de las metodologías propuestas por los siguientes investigadores: Botero (2009), Tuner et al (2003), y guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para

la gestión del riesgo publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2012) en conjunto con la unidad nacional de gestión del riesgo de desastres (UNGRD), resultando una evaluación de la vulnerabilidad en su mayoría mediante la participación activa de los habitantes en la zona de estudio ( información primaria), es decir dentro de la evaluación se desarrolla una encuesta realizada por la presente consultoría a cada vivienda para establecer respuestas a cada componente de la vulnerabilidad.

Para este proyecto en particular se evaluará la vulnerabilidad física, la cual hace referencia a la calidad y tipo de construcción de las viviendas en el área de estudio; la vulnerabilidad social, que hace referencia al nivel de organización y participación para prevenir o responder ante un evento de emergencia; la vulnerabilidad económica, en relación a la capacidad de satisfacer las necesidades básicas y el nivel de ingresos de las familias; la vulnerabilidad ambiental, correspondiente con el deterioro del medio natural, recursos naturales, así como la exposición a contaminantes y ruptura de la auto-recuperación de ecosistema.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

### 5.3.1 Índice de vulnerabilidad física.

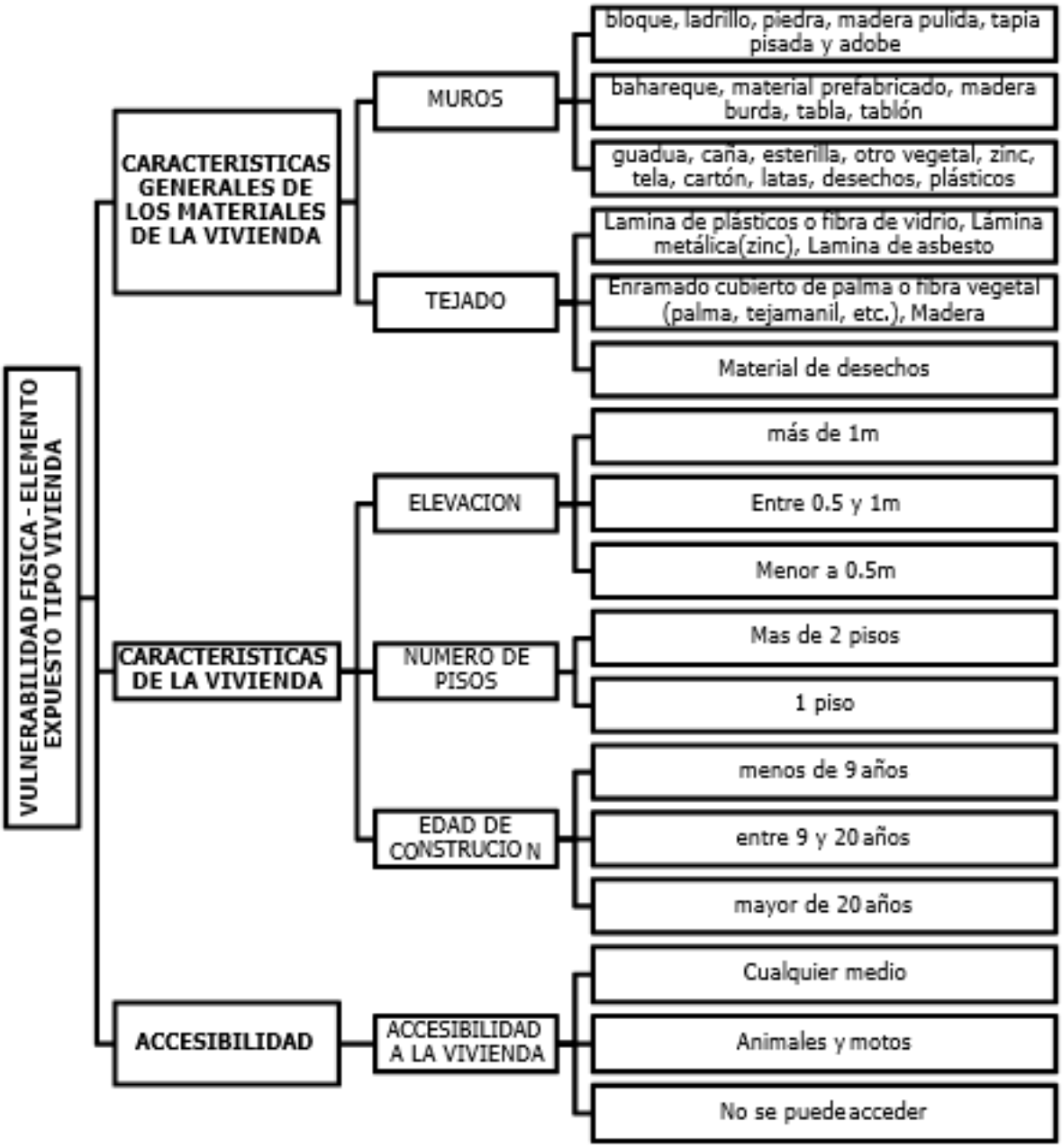
El índice de vulnerabilidad física se estima teniendo en cuenta el tipo de elemento expuesto, en este caso se tiene en cuenta la vulnerabilidad física para elemento expuesto tipo vivienda y para elemento expuesto tipo vía.

Debido a que el concepto de exposición está ligado con los aspectos físicos y condiciones de habitabilidad de la vivienda se escogen 4 variables representativas para la evaluación de la vulnerabilidad física, entre ellas **las características de la vivienda y de los materiales de la vivienda**, factores esenciales al momento de presentarse algún impacto negativos ante un evento de inundación, para ello se debe cumplir con unas normativas vigentes y así declarar la seguridad de la vivienda; y por último **la precepción** de los

habitantes sobre los daños que pueden ocurrir ante un evento de amenaza **y accesibilidad a la vivienda**.

Las variables a partir de la cual se evalúa la vulnerabilidad física es la siguiente:

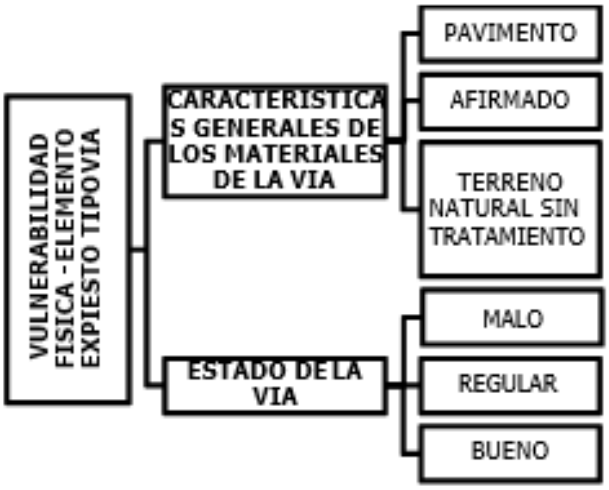

Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




**Cuadro 1. Vulnerabilidad física - elemento expuesto tipo vivienda.**
**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

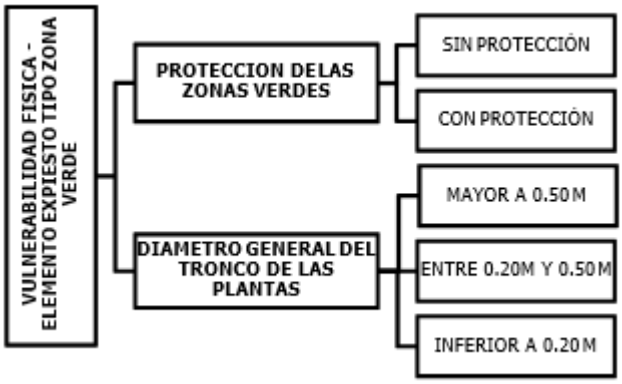


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




**Cuadro 2. Vulnerabilidad física - elemento expuesto tipo vía.**

**Fuente. Elaborado por la presente consultoría**




**Cuadro 3. Vulnerabilidad física - elemento expuesto tipo zona verde.**
**Fuente. Elaborado por la presente consultoría.**

Una vez evaluada cada variable, multiplicada por un factor de importancia y agrupada dentro de su grupo de interés, la vulnerabilidad física será la suma de cada grupo de interés multiplicado por un factor de importancia mediante la siguiente ecuación:

Para las edificaciones:

$$VF = a * \text{característica de los materiales} + b * \text{característica de la vivienda} + e * \text{accesibilidad de la vivienda}$$



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

a: Coeficientes de importancia de la característica de la vivienda.

b: Coeficientes de importancia de la característica de los materiales.

c: Coeficientes de importancia de la percepción.

d: Coeficientes de importancia de la accesibilidad de la vivienda.

Para las vías:

$$VF = a * \text{característica de los materiales} + b * \text{Estado de la vía}$$

a: Coeficientes de importancia de los materiales de la vía. b: Coeficientes de importancia del estado de la vía.

Para las zonas verdes:

$$VF = a * \text{protección de las zonas verdes} + b * \text{diametro general del tronco de las plantas}$$

a: Coeficientes de importancia de los materiales de la vía.

b: Coeficientes de importancia del estado de la vía.

Los coeficientes de importancia tendrán una magnitud entre 0 y 1 y la suma de ellos debe ser igual a 1.

A continuación, se muestra la clasificación de cada variable y su evaluación:



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com



| GRUPO DE INTERÉS | | | VARIABLE | | VALOR DE LA VARIABLE | | | Observación de la variable | Observación del grupo de interés |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | Agrupación de variables | COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | Variable | BAJO | MEDIO | ALTO | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| a | 0.60 | Características generales de los materiales de la vivienda | 0.80 | Materiales de paredes | Bloque ladrillo, piedra, madera pulida, tapia pisada y adobe | Bahareque, material prefabricado, madera burda, tabla, tablón | Guadua, caña, esterilla, otro vegetal, zinc, tela, cartón, latas, desechos, plásticos | | A criterio de esta consultoría este ítem es el de mayor relevancia en el escenario, debido a que es el bien tangible el que determina de manera inmediata la asimilación de los elementos expuestos ante los efectos de fenómenos que constituyen la amenaza. |
| | | | 0.20 | Materiales de tejado | Lámina de plásticos o fibra de vidrio, Lámina metálica(zinc), Lamina de asbesto | Enramado cubierto de palma o fibra vegetal (palma, tejamanil, etc.), Madera | Material de desechos | | |
| b | 0.30 | | 0.20 | Número de pisos | Más de 2 pisos | - | 1 piso | La elevación o el número de pisos de la vivienda | |

| GRUPO DE INTERÉS | | | VARIABLE | | VALOR DE LA VARIABLE | | | Observación de la variable | Observación del grupo de interés |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | Agrupación de variables | COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | Variable | BAJO | MEDIO | ALTO | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| | | Características generales de la vivienda | 0.20 | Elevación del hogar con respecto al terreno natural | Más de 1m | Entre 0.5 y 1m | Menor a 0.5m | son características relevantes a la hora de un evento de inundación, debido a que los habitantes pueden refugiarse en los pisos superiores. En el caso contrario si la vivienda está a nivel con el terreno natural, se verá rápidamente afectada por el evento de amenaza. | |
| | | | 0.60 | Edad de la construcción en años | Menos de 5 años | Entre 6 y 20 años | Mayor de 20 años | La edad de construcción se categoriza dependiendo de las publicaciones de las normas sismo resistente, es decir versión del 98 y la del 2010. | |



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




| GRUPO DE INTERÉS | | | VARIABLE | | VALOR DE LA VARIABLE | | | Observación de la variable | Observación del grupo de interés |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | Agrupación de variables | COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | Variable | BAJO | MEDIO | ALTO | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| c | 0.10 | Accesibilidad | 1.00 | Accesibilidad de la vivienda | Cualquier medio | Animales y motos | No se puede acceder | | Se refleja en la limitación o no que tienen los hogares para acceder y movilizar activos para gestionar el riesgo y los daños ocasionados sobre la vivienda en particular. |

**Tabla 6. Valor de los coeficientes de importancia - Vulnerabilidad física edificaciones.**
**Fuente: Elaborada por la presente consultoría.**

| GRUPO DE INTERES | | | VARIABLE | | VALOR DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | Agrupación de variables | COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | Variable | BAJO | MEDIO | ALTO |
| | | | | | 1 | 2 | 3 |
| a | 0.50 | Características generales de los materiales de la vía | 1.00 | Características generales de los materiales de la vía | Pavimento | Afirmado | Terreno natural sin tratamiento |
| b | 0.50 | Estado de la vía | 1.00 | Estado de la vía | Bueno | Regular | Malo |

**Tabla 7. Valor de los coeficientes de importancia -Vulnerabilidad física vías.**
**Fuente: Elaborada por la presente consultoría.**

Por último, la vulnerabilidad física se clasifica en el siguiente rango, dependido de los resultados obtenidos.



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

| | |
|---|---|
| VF Baja | 1.00-1.66 |
| VF Medio | 1.67-2.33 |
| VF Alto | 2.34-3.00 |

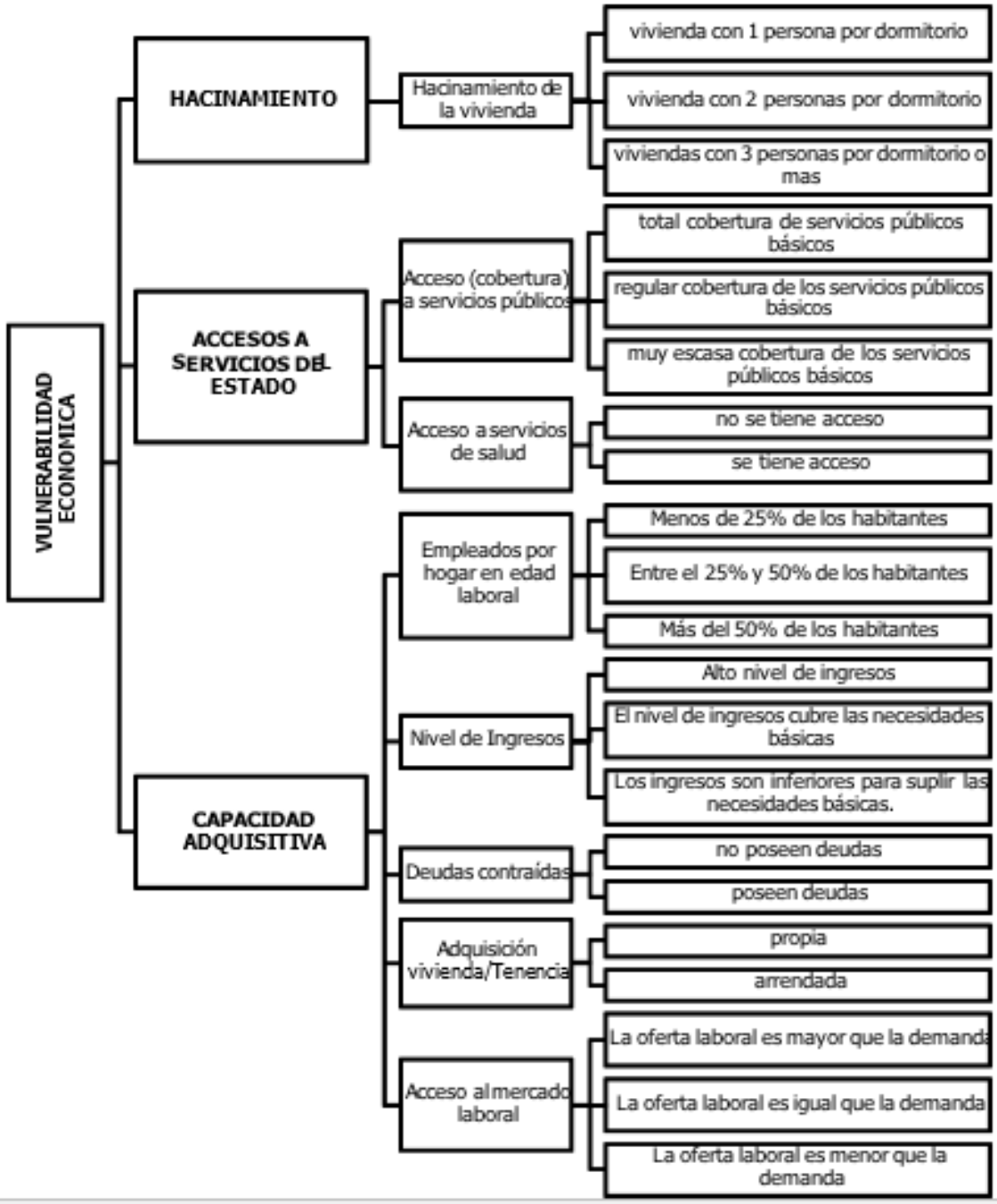
**Tabla 8. Nivel de vulnerabilidad física.**
**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

### 5.3.2 Índice de vulnerabilidad económica

Está determinada por el nivel de ingresos o la capacidad de satisfacer dos o más necesidades básicas, de lo contrario la persona o vivienda se relaciona con una alta vulnerabilidad económica, las deudas contraídas por los propietarios de las viviendas implican la disminución de los ingresos para satisfacer las necesidades básicas, así como la falta económica para sobrevivir y reconstruir los bienes en caso de una catástrofe.

Las variables a partir de la cual se evalúa la vulnerabilidad económica es la siguiente:


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




**Cuadro 4. Vulnerabilidad económica. Fuente. Elaborado por la presente consultoría.**



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




Una vez evaluada cada variable, multiplicada por un factor de importancia y agrupada dentro de su grupo de interés, la vulnerabilidad económica será la suma de cada grupo de interés multiplicado por un factor de importancia mediante la siguiente ecuación:

$$VE = a * Hacinamiento + b * Acceso\ a\ servicios\ del\ estado + e * Capacidad\ adquisitiva$$

a: Coeficientes de importancia de hacinamiento.

b: Coeficientes de importancia de acceso a los servicios del estado.

c: Coeficientes de importancia de la capacidad adquisitiva.

Los coeficientes de importancia tendrán una magnitud entre 0 y 1 y la suma de ellos debe ser igual a 1. La clasificación a partir de la cual se evalúa cada variable es la siguiente:

| GRUPO DE INTERÉS | | | VARIABLE | | VALOR DE LA VARIABLE | | | Observación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | Agrupación de variables | COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | Variable | BAJO | MEDIO | ALTO | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | |
| a | 0.10 | Hacinamiento | 0.20 | Hacinamiento | Vivienda con 1 persona por dormitorio | Vivienda con 2 personas por dormitorio | Viviendas con 3 personas por dormitorio o mas | El hacinamiento como indicador de no poseer el espacio suficiente para el desarrollo de las actividades, además como la poca |



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com



| GRUPO DE INTERÉS | | | VARIABLE | | VALOR DE LA VARIABLE | | | Observación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | Agrupación de variables | COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | Variable | BAJO | MEDIO | ALTO | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | |
| | | | | | | | | Movilidad para reaccionar ante un evento. |
| b | 0.30 | Accesos a servicios del Estado | 0.75 | Acceso (cobertura) a servicios públicos: agua, energía, aseo | Total cobertura de servicios públicos básicos | Regular cobertura de los servicios públicos básicos | Muy escasa cobertura de los servicios públicos básicos | El acceso a los servicios de salud y servicios, se traducen en necesidades básicas que deben suplir ya sea con el estado o de manera privada. |
| | | | 0.25 | Acceso a servicios de salud | Se tiene acceso | | No se tiene acceso | |
| c | 0.60 | Capacidad adquisitiva | 0.20 | Empleados por hogar en edad laboral | Menos de 25% de los habitantes | Entre el 25% y 50% de los habitantes | Más del 50% de los habitantes | Se demuestra la capacidad en la que la población puede satisfacer sus necesidades y la adquisición de bienes, así como la manera de los habitantes de pueden afrontar en términos económicos los impactos negativos después de alguna catástrofe. |
| | | | 0.20 | Nivel de Ingresos | Alto nivel de ingresos | El nivel de ingresos cubre las necesidades básicas | Los ingresos son inferiores para suplir las necesidades básicas. | |
| | | | 0.20 | Deudas contraídas | No poseen deudas | | poseen deudas | |

| GRUPO DE INTERÉS | | | VARIABLE | | VALOR DE LA VARIABLE | | | Observación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | Agrupación de variables | COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | Variable | BAJO | MEDIO | ALTO | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | |
| | | | 0.20 | Adquisición vivienda/Tenencia | propia | | arrendada | |
| | | | 0.20 | Acceso al mercado laboral | La oferta laboral es mayor que la demanda | La oferta laboral es igual a la demanda | La oferta laboral es mucho menor que la demanda | |

**Tabla 9. Valor de los coeficientes de importancia. Fuente: Elaborada por la presente consultoría.**

Por último, la vulnerabilidad económica se clasifica en el siguiente rango, dependido de los resultados obtenidos.



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

| | |
|---|---|
| VE Baja | 1.00-1.66 |
| VE Medio | 1.67-2.33 |
| VE Alto | 2.34-3.00 |

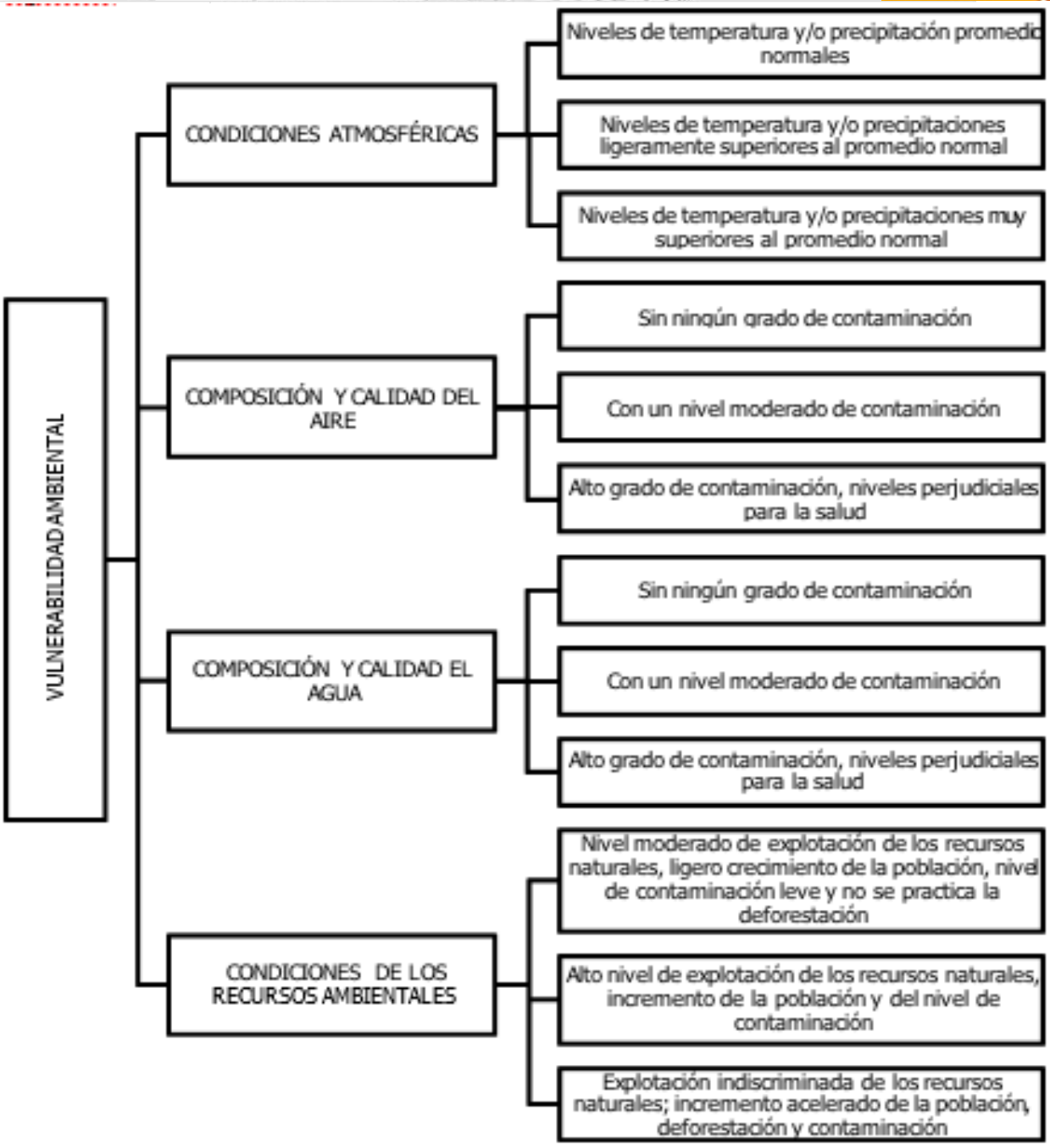
**Tabla 10. Nivel de vulnerabilidad económica. Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

### 5.3.3 Índice de vulnerabilidad ambiental

Correspondiente al nivel de resistencia de la población y el medio natural en el que viven que componen el ecosistema. También relacionada con el deterioro del medio del medio natural y la debilitación del ecosistema por medio de la explotación irracional de los recursos renovables, deforestación, calidad del aire, agua y suelo.

La clasificación a partir de la cual se evalúa la vulnerabilidad ambiental es la siguiente:


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




**Cuadro 5. Vulnerabilidad ambiental.**
**Fuente. Elaborado por la presente consultoría.**



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

Una vez evaluada cada variable, multiplicada por un factor de importancia y agrupada dentro de su grupo de interés, la vulnerabilidad ambiental será la suma de cada grupo de interés multiplicado por un factor de importancia mediante la siguiente ecuación:

$$VF = a * \text{condiciones atmosféricas} + b * \text{composición y calidad del aire} + e * \text{composición y calidad del agua} + d * \text{condiciones de los recursos ambientales}$$

a: Coeficientes de importancia para las condiciones atmosféricas.

b: Coeficientes de importancia para la composición y calidad del aire.

c: Coeficientes de importancia para la composición y calidad del agua.

d: Coeficientes de importancia para las condiciones de los recursos ambientales.

Los coeficientes de importancia tendrán una magnitud entre 0 y 1 y la suma de ellos debe ser igual a 1.

| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | GRUPO DE INTERÉS<br>Agrupación de variables | VARIABLE | VALOR DE LA VARIABLE<br>BAJO<br>1 | MEDIO<br>2 | ALTO<br>3 | Observación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | 0.25 | condiciones atmosféricas | condiciones atmosféricas | Niveles de temperatura y/o precipitación promedio normales | Niveles de temperatura y/o precipitaciones ligeramente superiores al promedio normal | Niveles de temperatura y/o precipitaciones muy superiores al promedio normal | La información cartográfica de escenarios de cambio climático se ha generado para el ámbito nacional y regional, sin embargo, son un referente para dilucidar cómo los cambios en temperatura y precipitación pueden ser generadores de oportunidades económicas para el Municipio o catalizadores en la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos y sus efectos en el territorio. |
| b | 0.15 | composición y calidad del aire | composición y calidad del aire | Sin ningún grado de contaminación | Con un nivel moderado de contaminación | Alto grado de contaminación, niveles perjudiciales para la salud | |
| c | 0.15 | composición y calidad el agua | composición y calidad el agua | Sin ningún grado de contaminación | Con un nivel moderado de contaminación | Alto grado de contaminación, niveles perjudiciales para la salud | |
| d | 0.45 | condiciones de los recursos ambientales | condiciones de los recursos ambientales | Nivel moderado de explotación de los recursos naturales, ligero crecimiento de la población, nivel de contaminación leve y no se practica la deforestación | Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación | Explotación indiscriminada de los recursos naturales; incremento acelerado de la población, deforestación y contaminación | |

**Tabla 11. Valor de los coeficientes de importancia. Fuente: Elaborada por la presente consultoría.**



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

El nivel de vulnerabilidad ambiental se define de acuerdo con la siguiente valoración:

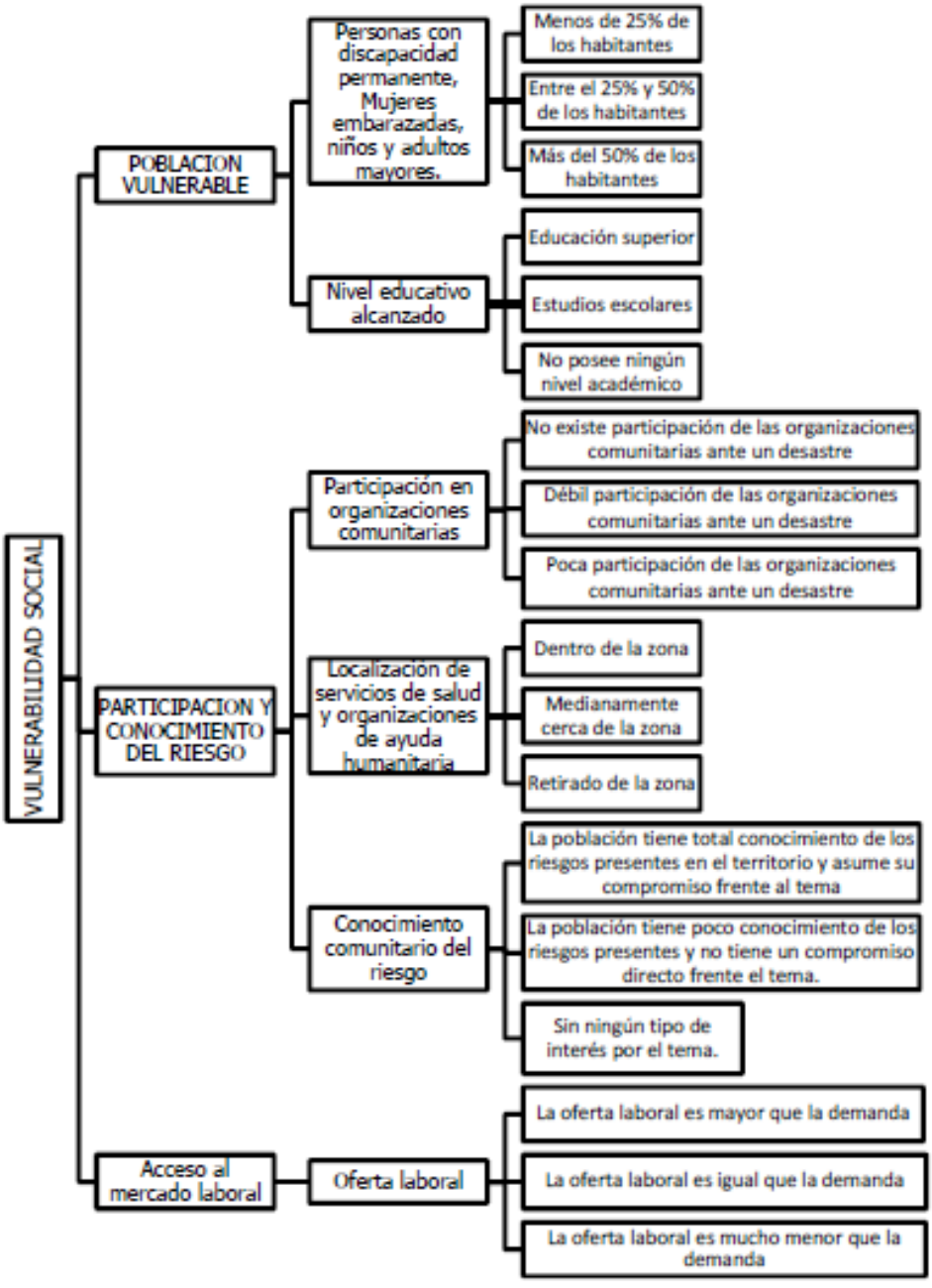
| | |
|---|---|
| **VA Baja** | 1.00-1.66 |
| **VA Medio** | 1.67-2.33 |
| **VA Alto** | 2.34-3.00 |

**Tabla 12. Nivel de vulnerabilidad ambiental. Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

### 5.3.4 Índice de vulnerabilidad social.

La población organizada y con determinado grado de educación les permite participar plenamente en la sociedad contribuyendo a mejorar la calidad de los medios de subsistencia que dan forma a las condiciones en que pueden enfrentar un peligro. El alto porcentaje de personas discapacitadas permanente, mujeres embarazadas, niños y adultos mayores se traducen en una respuesta menos efectiva y tardío ante una situación de emergencia, al igual que la localización de las organizaciones encargadas sobre la gestión de riesgo.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




**Cuadro 6. Vulnerabilidad Social.**
**Fuente. Elaborado por la presente consultoría.**



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




Una vez evaluada cada variable, multiplicada por un factor de importancia y agrupada dentro de su grupo de interés, la vulnerabilidad social será la suma de cada grupo de interés multiplicado por un factor de importancia mediante la siguiente ecuación:

$$VS = a * \text{poblacion vulnerable} + b * \text{participación y conocimiento del riesgo} + c * \text{acceso al mercado laboral}$$

a: Coeficientes de importancia de población vulnerable.

b: Coeficientes de importancia de participación y conocimiento del riego.

c: Coeficientes de importancia de acceso al mercado laboral

Los coeficientes de importancia tendrán una magnitud entre 0 y 1 y la suma de ellos debe ser igual a 1.

La clasificación a partir de la cual se evalúa la vulnerabilidad social es la siguiente:

| GRUPO DE INTERÉS | | | VARIABLE | | VALOR DE LA VARIABLE | | | Observación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | Agrupación de variables | COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | Variable | BAJO | MEDIO | ALTO | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | |
| a | 0.33 | Población vulnerable | 0.80 | Personas con discapacidad permanente, Mujeres embarazadas, niños y adultos mayores | Menos de 25% de los habitantes | Entre el 25% y 50% de los habitantes | Más del 50% de los habitantes | Según criterio de esta consultoría la vulnerabilidad con respecto al nivel educativo, percepción de oferta laboral y a virtudes de reacción por subgrupos sociales de acuerdo a la fisonomía tiene igual peso de importancia que el conocimiento y la participación de la población con respecto al riesgo. |
| | | | 0.20 | Nivel educativo alcanzado | Educación superior | Estudios escolares | No posee ningún nivel académico | |
| b | 0.33 | Participación y conocimiento del riesgo | 0.25 | Participación en organizaciones comunitarias | No existe participación de las organizaciones comunitarias ante un desastre | Débil participación de las organizaciones comunitarias ante un desastre | Poca participación de las organizaciones comunitarias ante un desastre | |
| | | | 0.25 | Localización de servicios de salud y organizaciones de ayuda humanitaria | Dentro de la zona | Medianamente cerca de la zona | Retirado de la zona | |



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

| GRUPO DE INTERÉS | | | VARIABLE | | VALOR DE LA VARIABLE | | | Observación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | VALOR | Agrupación de variables | COEFICIENTE DE IMPORTANCIA | Variable | BAJO | MEDIO | ALTO | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | |
| | | | 0.50 | Conocimiento comunitario del riesgo | La población tiene total conocimiento de los riesgos presentes en el territorio y asume su compromiso frente al tema | La población tiene poco conocimiento de los riesgos presentes y no tiene un compromiso directo frente el tema. | Sin ningún tipo de interés por el tema. | |
| c | 0.33 | Acceso al mercado laboral | 1.0 | Oferta laboral | La oferta laboral es mayor que la demanda | La oferta laboral es igual que la demanda | La oferta laboral es mucho menor que la demanda | |

**Tabla 13. Valor de los coeficientes de importancia. Fuente: Elaborada por la presente consultoría.**

Por último, la vulnerabilidad social se clasifica en el siguiente rango, dependido de los resultados obtenidos.

| | |
|---|---|
| **VS Baja** | 1.00-1.66 |
| **VS Medio** | 1.67-2.33 |
| **VS Alto** | 2.34-3.00 |

**Tabla 14. Nivel de vulnerabilidad social.**
**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

### 5.3.5 Índice de la vulnerabilidad.

Para establecer la vulnerabilidad total de los elementos expuestos se hace necesario conocer los resultados de las vulnerabilidades antes mencionadas, por ello cada tabla presenta para cada variable los rangos alta, media y baja, seguido con su valor numérico de 1 a 3, es decir, a cada variable se le asigna el valor numérico, alta (3), media (2) y baja (1), una vez asignado el valor a cada variable, se calcula el valor del grupo de interés (se realiza una suma simple de las variables que integran el grupo de interés) y se le multiplica por un coeficiente de importancia.

El índice de vulnerabilidad se determina mediante la siguiente ecuación:

$$IV = IVF + IVA + IVE + IVS$$


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

IV: Índice de vulnerabilidad

IVF: Índice de vulnerabilidad física. IVA: Índice de vulnerabilidad ambiental.

IVE: Índice de vulnerabilidad económica. IVS: Índice de vulnerabilidad social.

Es decir, la suma de las vulnerabilidades física, económica, ambiental y social será el valor total de vulnerabilidad.

Los coeficientes de importancia tendrán una magnitud entre 0 y 1 y la suma de ellos debe ser igual a 1.

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante la ecuación se determina la categoría de vulnerabilidad de acuerdo con la siguiente tabla:

| CALIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN/CARACTERÍSTICAS | INTERVALO |
|---|---|---|
| **VB (Vulnerabilidad Baja)** | Viviendas asentadas en terrenos seguros, con materiales sismo resistentes, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con cobertura de servicios públicos básicos. | 4.00-6.66 |
| **VM (Vulnerabilidad Media)** | Sectores que presentan inundaciones muy esporádicas, construcciones con materiales de buena calidad, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención, con cobertura parcial de servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia. | 6.67-9.33 |
| **VA (Vulnerabilidad Alta)** | Edificaciones en materiales precarios, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización. Población de escasos recursos económicos, cobertura parcial a inexistente de servicios públicos básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencias. | 9.34-12.00 |

**Tabla 15. Vulnerabilidad total.**
**Fuente: Elaborado por la presente consultoría a partir de metodología del (PNUD y UNGRD , 2012).**

Acorde con la tabla anterior se categoriza la vulnerabilidad dependiendo de los resultados obtenidos de la ecuación de índice de vulnerabilidad, una vez se cuente con esta categorización se procede a realizar un mapa cartográfico de la vulnerabilidad total de los


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

elementos expuestos presentes en el sitio de estudio, con el fin de facilitar la ilustración e interpretación de los resultados georreferenciados.

## 5.4 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO.

El riesgo es una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente. Se mide en vidas humanas, propiedades en riesgo y daños ambientales.

Una vez identificadas las amenazas (A) a las que está expuesto el departamento y realizado el análisis de vulnerabilidad (V), se procede a una evaluación conjunta para calcular el riesgo (R), es decir, estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural, socio natural o antrópico. (PNUD y UNGRD , 2012)

Para el cálculo del riesgo existen diferentes métodos que permiten su análisis, por un lado, el analítico o matemático y por otro, el descriptivo.

El método analítico, llamado también matemático, se basa fundamentalmente en la aplicación o el uso de la ecuación R = f (A,V), donde el riesgo se calcula en función de valores asignados a la amenaza y a la vulnerabilidad.

El criterio descriptivo se basa en el uso de una matriz de doble entrada: “Matriz de Amenaza y Vulnerabilidad” (Tabla 11). Para tal efecto, se requiere que previamente se hayan realizado los análisis de amenazas y los análisis de vulnerabilidad, respectivamente. Con ambos resultados se interrelaciona, por un lado (vertical) el valor y nivel estimado de la amenaza; y por otro (horizontal), el nivel de vulnerabilidad, en la intersección de ambos valores se podrá estimar el nivel de riesgo esperado. Si se determina una Amenaza Alta, con una Vulnerabilidad Alta, se observa que se cruzan en la zona de Riesgo Alto, este procedimiento se aplica de acuerdo a las características de la amenaza y la vulnerabilidad. En este proyecto se usará el método descriptivo.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Amenaza Alta** | Riesgo Medio | Riesgo Alto | Riesgo Alto |
| **Amenaza Media** | Riesgo Bajo | Riesgo Medio | Riesgo Alto |
| **Amenaza Baja** | Riesgo Bajo | Riesgo Bajo | Riesgo Medio |
| | **Vulnerabilidad Baja** | **Vulnerabilidad Media** | **Vulnerabilidad Alta** |

**Tabla 16. Matriz de amenaza y vulnerabilidad.**

**Fuente: (PNUD y UNGRD, 2012).**

Al igual que la amenaza y la vulnerabilidad, el riesgo será representado en un modelo cartográfico, infiriendo cuales son las áreas con mayor riesgo ante un evento de amenaza por inundación. Luego de evaluar el riesgo por inundación en la zona de estudio se plantean obras de mitigación estructurales y no estructurales con el propósito de disminuir o mitigar el riesgo.

## 6. INFORMACIÓN SECUNDARIA.

Como información secundaria se tienen en cuenta estudios básicos de el municipio de San Bernardo del Viento.

### 6.1 Plan departamental de adaptación al cambio climático.

#### 6.1.1 Situación frente al clima.

La información cartográfica de escenarios de cambio climático se ha generado para el ámbito nacional y regional, sin embargo, son un referente para dilucidar cómo los cambios en temperatura y precipitación pueden ser generadores de oportunidades económicas para el Municipio o catalizadores en la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos y sus efectos en el territorio (i.e. desabastecimiento hídrico, pérdida de biodiversidad, sequías etc.) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia, 2019).


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

- **Escenario de temperatura 2011-2040.**

Para el período 2011 - 2040 se espera un cambio en la temperatura media de 1,1 -1,5°C hasta 2,2 C° adicionales a la actual para el municipio y el departtameto de Córdoba.

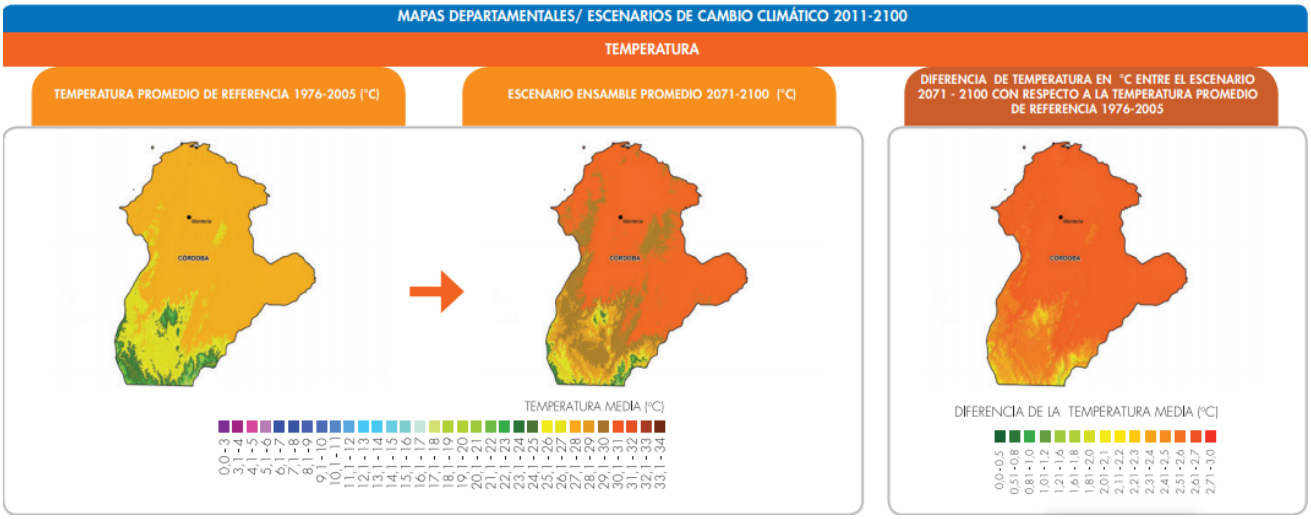



**Figura 1. Escenario temperatura 1976 - 2100 para el Departamento de Córdoba**
**Fuente. (Ficha técnica Departamento de Córdoba)**

- **Escenario de precipitación 2011-2040.**

Debido a la gran variabilidad del territorio se podrán presentar aumentos o disminuciones en las precipitaciones en diferentes períodos respecto al escenario de referencia.

Para el período 2011 - 2040 se esperan zonas del municipio con cambio con disminución en la precipitación de un 10%.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

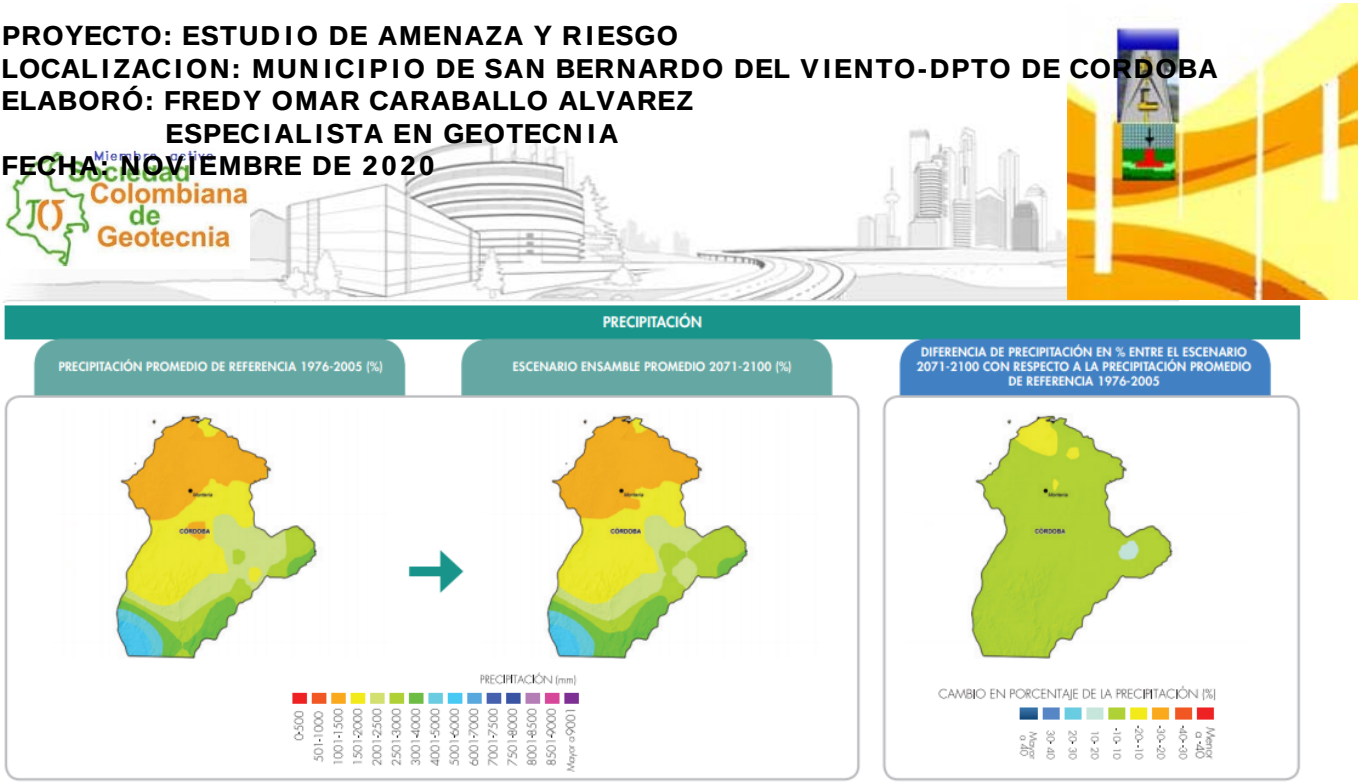



**Figura 2. Escenario presipitaciones 1976 - 2100 para el Departamento de Córdoba**

**Fuente. (Ficha técnica Departamento de Córdoba).**

## 6.2 MANCHA DE INUNDACIÓN DEL IGAC DURANTE EL FENÓMENO DE LA NIÑA EN EL AÑO 2010.

De acuerdo con el mapa de inundación generado por el IGAG y el IDEAM para el fenómeno de la niña ocurrido en Colombia durante los años 2010-2011, las áreas aledañas al rio objeto de estudio se encuentran dentro de la mancha de inundación.






Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

## 7. LOCALIZACION DEL PROYECTO

El proyecto en consideración se encuentra localizado en el municipio de San Bernardo del Viento.




**Localización Geográfica**




**Area de intervención del proyecto**



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

## 8. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

En el sitio se observan otras edificaciones construidas de uno y mas niveles. Existe fuente de agua cercana al proyecto que no comprometen la integridad del mismo. No se evidencian grietas en las edificaciones contiguas al lote del proyecto. La vía de acceso al predio esta sin pavimento.

## 9. CLIMA

El clima de la región es típicamente tropical, con influencia de los vientos alisios que predominan durante algunos meses del año y determinan variaciones en temperatura, humedad relativa y precipitación. Las temperaturas fluctúan entre 22 y 34° C.

## 10. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

La historia geológica de la Cuenca y su dinámica estructural actual, es el fruto de la Interacción desde el Cretácico a la fecha de las placas tectónicas del Caribe, Suramericana, Nazca y de la consecuente acumulación de terrenos a la esquina Noroccidental de Suramérica, fenómeno que ha originado, dentro del área de estudio, la Existencia de Cuencas de sedimentación con ambientes marinos y continentales. La Cuenca está conformada estructuralmente por los cinturones de San Jacinto y del Sinú y la terminación septentrional de la Cordillera Occidental. Estos a su vez están Limitados por grandes zonas de falla como son las de Uranita, el Lineamiento del Sinú y el Lineamiento de Romeral – Cauca. De la misma forma, los plegamientos están representados por sinclinales amplios y simétricos combinados con anticlinales cortos y Estrechos. No obstante que la gran parte de la Cuenca Alta del Río Sinú presenta un relieve, Montañoso, existen depósitos aluviales de tamaño significativo asociados a los ríos Sinú, Esmeralda, Verde, Tigre y Manso. Existen también extensos depósitos Cuaternarios no Consolidados, de origen aluvial, fluviolacustres, y Fluviomarinos en las partes media y Baja. Desde el punto de vista estratigráfico, las unidades presentes tienen origen en el cretáceo Superior (135 -63 millones de años antes del presente) y durante la era terciaria (63 – 1.2 millones años antes del presente) con predominio de rocas volcánicas y sedimentarias y, en pequeñas extensiones, rocas metamórficas. A nivel de recursos mineros, se destacan fuentes de materiales como agregados pétreos, arenas monas y depósitos aluviales en general. El material que compone la región consta de depósitos marinos recientes del Holoceno y terrazas marinas del Pleistoceno. También al oeste se pueden hallar depósitos aluviales correspondientes al Cuaternario.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

## 10.1 MARCO GEOLOGICO REGIONAL

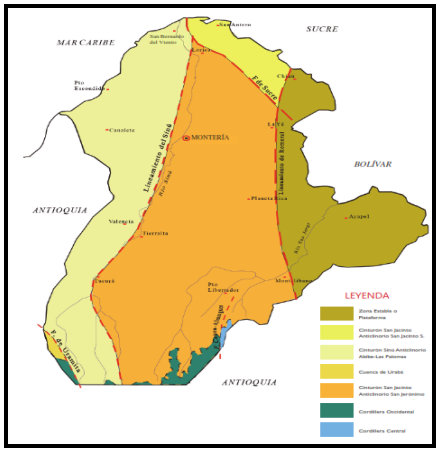
Aproximadamente a finales del Mesozoico se configuran dos estilos de márgenes continentales en el noroeste de Suramérica. En el cretácico tardío, hacia el oeste se desarrolló un margen activo sobre el actual Océano pacífico y ocurrió una colisión entre Suramérica y el límite este de la actual placa Caribe que ocasionó en el crecimiento de lo que ahora es la cordillera occidental de Colombia.
De otra parte, hacia el norte de Suramérica se desarrolló un margen pasivo, que se ha relacionado con la extensión del mesozoico entre Norteamérica y Suramérica y por ende el desarrollo de la cuenca oceánica caribe.

## 10.2 GEOLOGIA

El municipio de San Bernardo del Viento se localiza en la geoestructura correspondiente a la megacuenca de sedimentación ubicada al norte y occidente de lacordillera y se encuentra conformada por rocas sedimentarias continentales y marinas del cretáceo y por extensos ositos del cuaternario, de origen aluvial, fluvio lacustre, fluvio marino y marino lo que crea un ambiente morfogenético de depositación.

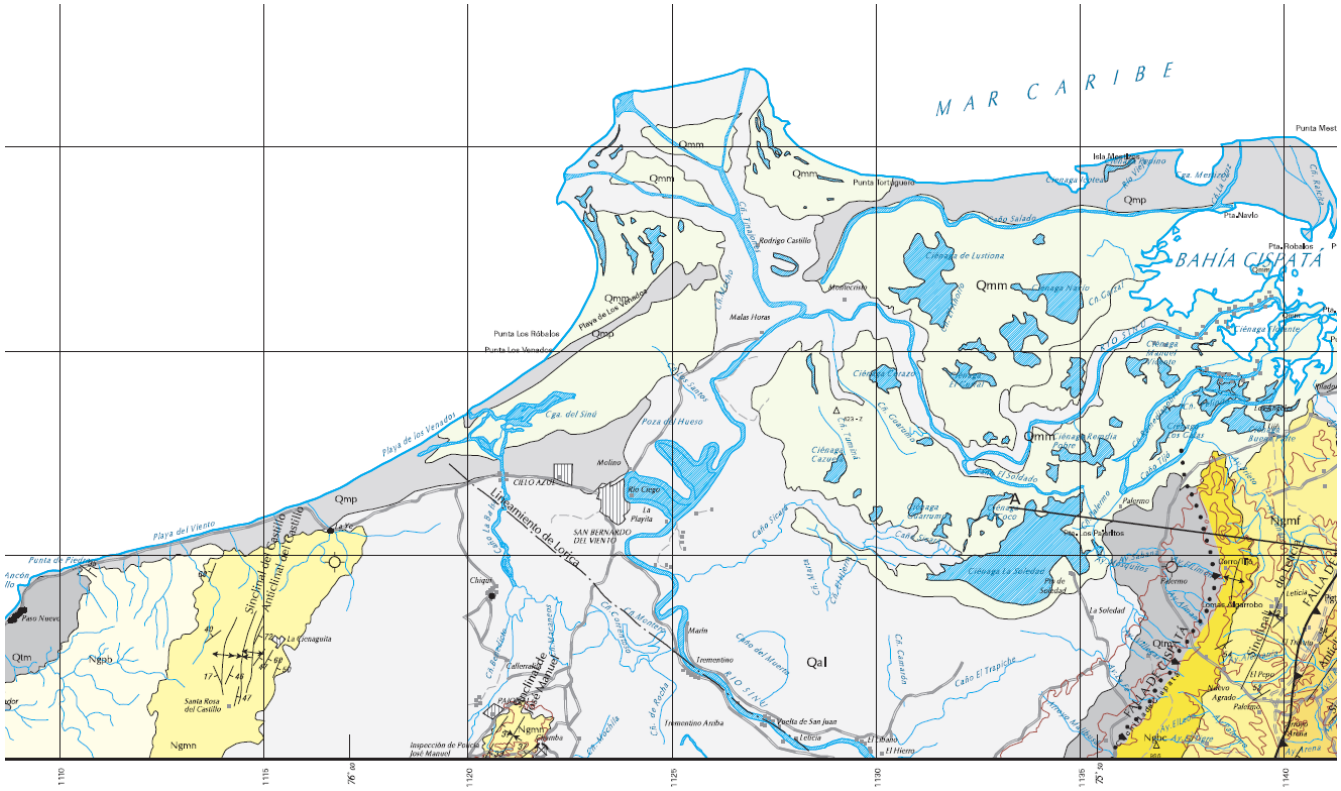
El departamento de Córdoba se dividió en 5 regiones geotectónicas, propuestas por INGEOMINAS, correspondiéndole al municipio de San Bernardo del Viento la región geotectónica correspondiente al Cinturón Sinú, anticlinorio abibe - las palomas, compuesta por rocas sedimentarias del cenozoico.

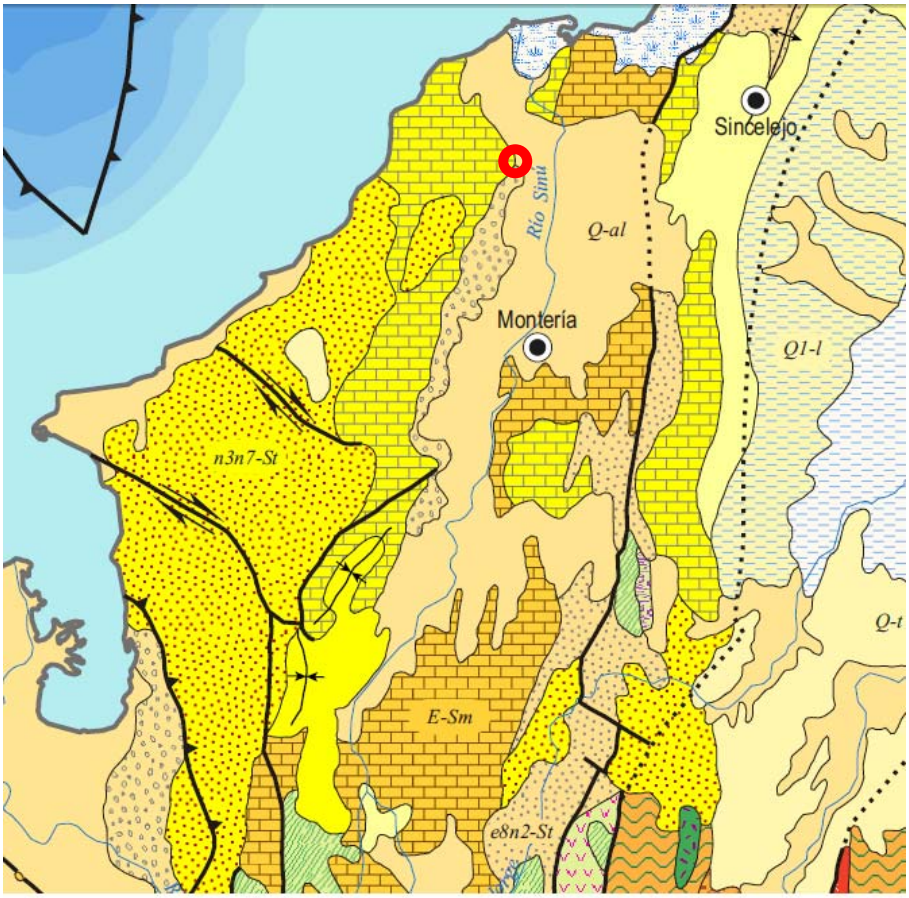
Departamento de Córdoba por regiones geotectónica, INGEOMINAS 2001




**Fuente: Estudio general de los suelos y zonificación de tierras del departamento de Córdoba, IGAC.**


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com


MAR CARIBE
BAHÍA CISPATA
Punta Los Róbalos
Punta Los Venados
Playa de los Venados
Playa del Viento
Punta de Piedra
Punta Mestr
Isla Manati
Pta. Navío
Pta. Robalos
Cga. del Sind
Poza del Hueso
Molino
Río Cirgo
La Playita
SAN BERNARDO DEL VIENTO
Chicha
Callemalade
Caño Matuder
Caño Salado
Rodrigo Castillo
Malas Horas
Ciénaga de Lustiona
Ciénaga Nayío
Ciénaga Redonda
Ciénaga Cazuela
Ciénaga La Soledad
Ciénaga Pedrero
Ciénaga Verde
El Soldado
Caño Sucio
Caño El Trapiche
Caño del Alcalde
Caño Marín
Tremontino
Tremontino Arriba
RIO SINU
Punta de San Juan
Leticia
El Hobo
El Hierro
La Soledad
Los Palositos
Palomino
Nuevo Agrado
Palotes
Qmm
Qmp
Qal
Qtm
Ngmn
Nqmf
Nqmc
Nqmb
Nqmm
Nqmv
Nqmi
Nqmp
Nqmt
Nqmd
Nqmr
Nqmo
Nqmg
Nqmh
Nqmq
Nqmz
Nqmx
Nqmy
Nqmw
Nqmu
Nqmk
Nqmj
Nqml
Nqmn




Período: Cuaternario Q ; Epoca-Edad: Pleistoceno ; Deposito-Aluvión(al) Q-al — Q-al

Período:Eoceno E2 ; Epoca-Edad:Lutetiano E5 ; Roca sedimentaria (S) Marino (m) E-Sm — E-Sm

Período:Mioceno N1 , Epoca-Edad:Tortoniano n5 ; Roca sedimentaria (S) Transicional (t) n3 n7-St — n3n7-St

Período:Oligoceno E3 y Mioceno N1,Epoca-Edad:Aquitaniano nl y Chatiano e9 ; Roca sedimentaria(S) transicional(t) e8 n2-St — e8n2-St

Período:Cuaternario Q ; Epoca-Edad: Holoceno Q2 ; Deposito-De Costas Q2-m — Q2-m

**Mapa geológico Regional**

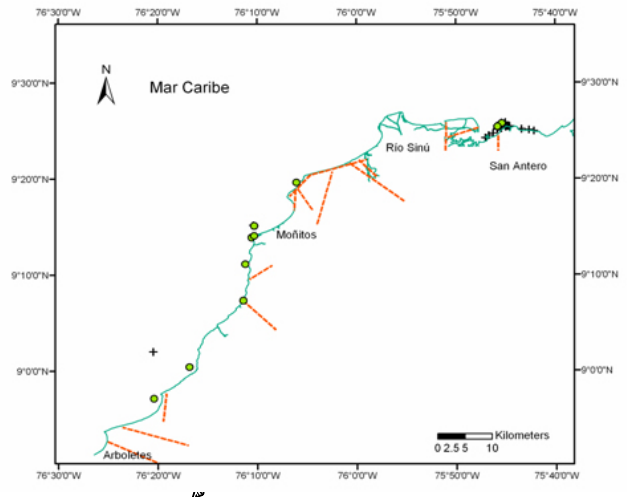


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

La plataforma continental somera (PSC, profundidades < 10m) del Departamento de Córdoba se ubica entre los 8º 52´ 58" N, 76º 24´ 53" O y los 9º 20' 42" N, 75º 47' 55" O, inmediatamente al sur del Golfo de Morrosquillo, Costa Caribe colombiana. La información aportada por 140 transectos batimétricos y geofísicos de alta resolución (12/200 kHz, trayectorias perpendiculares y paralelas a la costa) permitió determinar la morfología general y algunas de las características geométricas y anomalías principales de sus fondos y subfondos marinos.

En términos generales, la morfología de los sectores central y sur de la PSC de Córdoba (Arboletes- Delta de Tinajones) es la de una superficie amplia, caracterizada por fondos cóncavos depositacionales a partir de la isóbata de -8m (pendientes mínimas del 0.01494 %) y por superficies cóncavas de erosión bien definidas a profundidades menores (pendientes máximas del 1.88 %); a lo largo de los 124 km de línea de costa, las condiciones transgresivas recientes y actuales se evidencian por la abundancia de plataformas de abrasión por oleaje (wave cut platforms) y por el carácter fuertemente erosional de las playas y sectores acantilados. La morfología del sector este de la PSC (delta del Sinú-Bahía de Cispatá-Punta Bolívar) es altamente variada, caracterizada al oeste por dos lóbulos progradantes y por la presencia de superficies aterrazadas, relieves positivos (¿paleoarrecifes?, ¿volcanes de lodo?) y escarpes (-4m, -6m, -10m de profundidad) de alta inclinación que representan probablemente posiciones antiguas de la línea de costa.

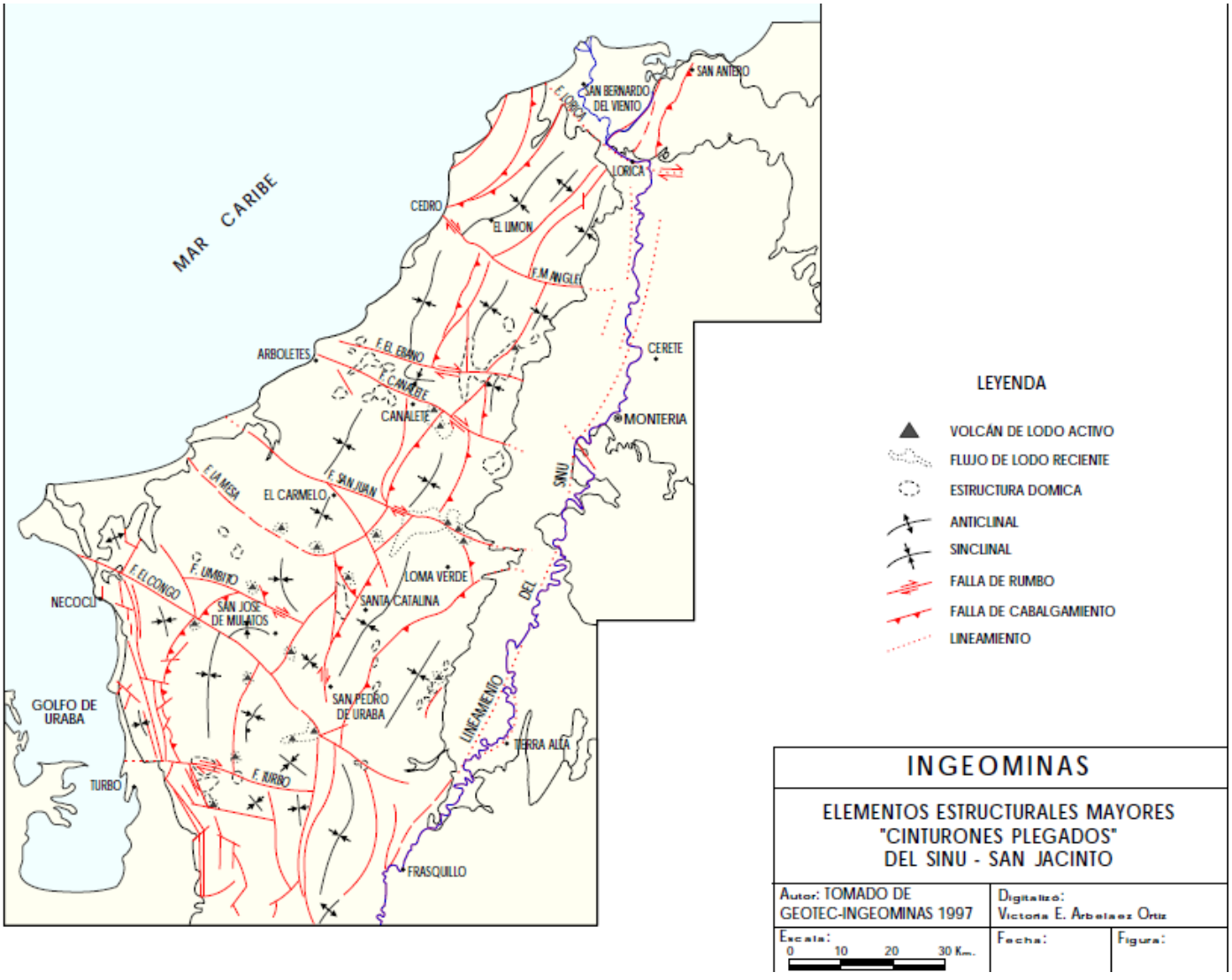
Los registros de alta resolución (12 kHz) de la PSC evidencian ambientes dinámicos e inestables, afectados en el Holoceno tardío por la actividad de diapiros y volcanes de lodo, fallamientos y eventos depositacionales recientes que incluyen la formación de depósitos sedimentarios (espesores hasta 5m) de rellenos de cubetas y paleocanales.




**Localización de fallas (líneas punteadas), escarpes (cruces) y relieves positivos (círuclos**

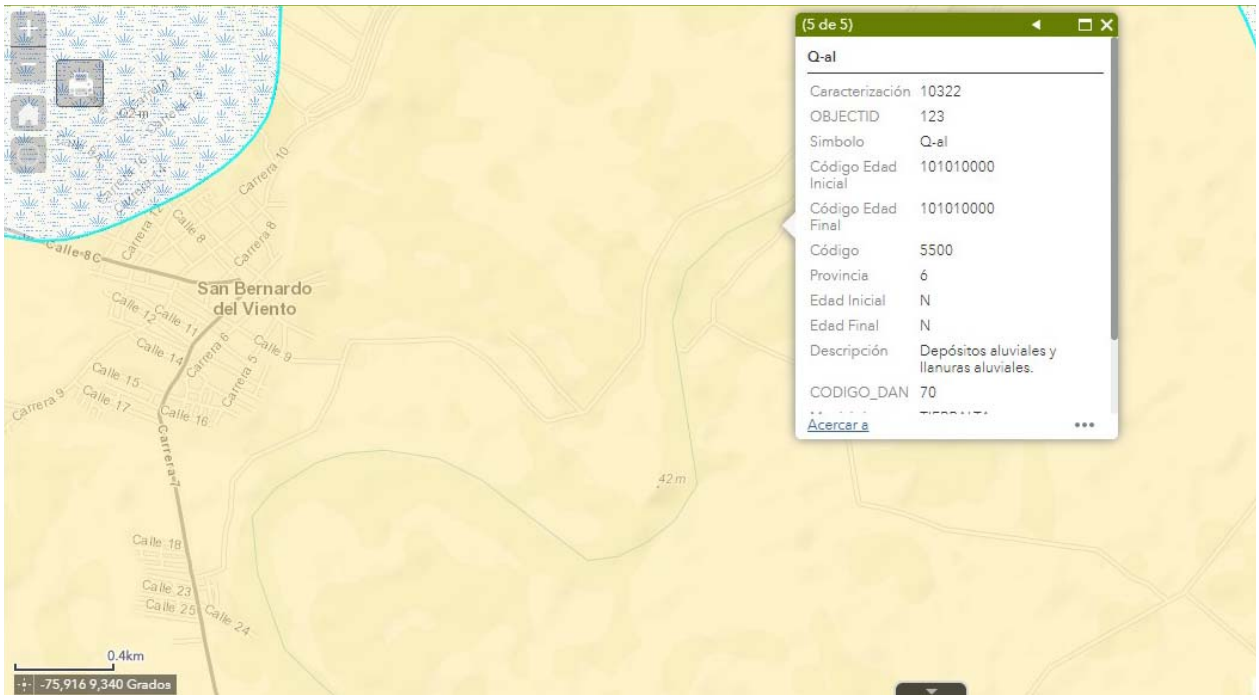


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com





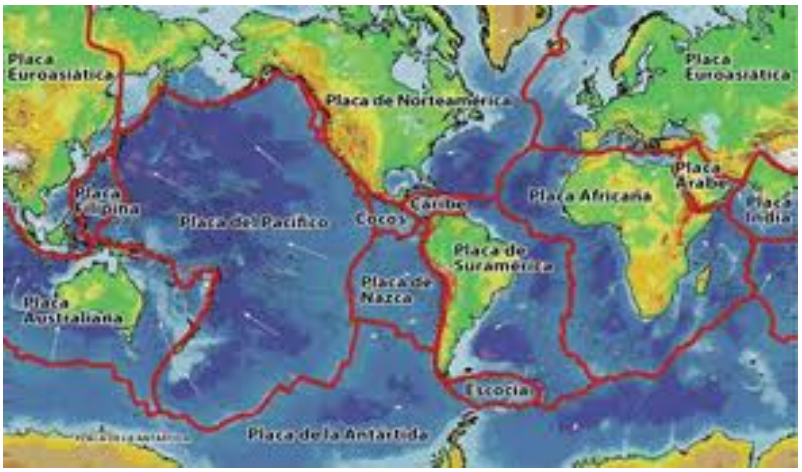

Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




## 10.3 GEOSISMICIDAD

Tal y como se mencionó en el capítulo anterior, el municipio presenta una tectónica importante relacionado con la acción de las placas tectónicas Caribe y Suramérica. El resultado de la acción de estas placas ha formado dos franjas plegadas llamadas Cinturón del Sinú y el Cinturón Fragmentado de San Jacinto, limitadas por el lineamiento del Sinú.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com



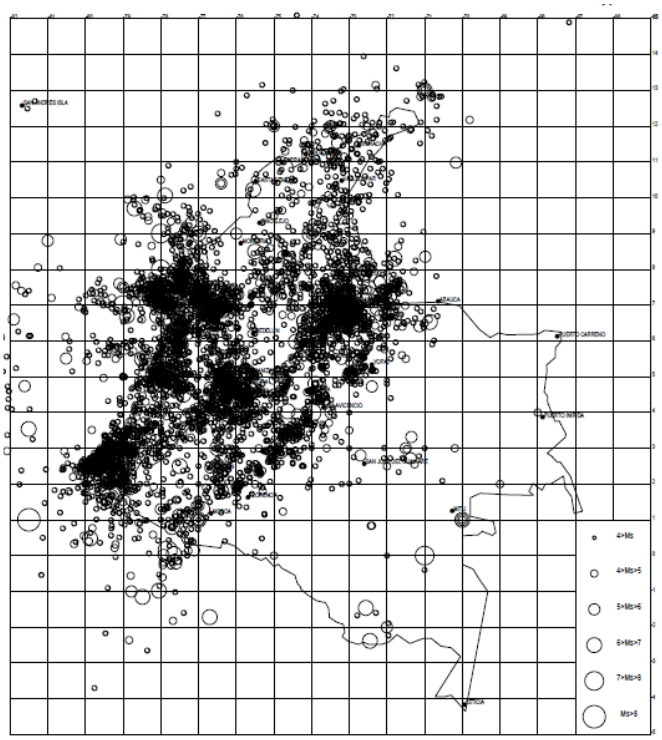
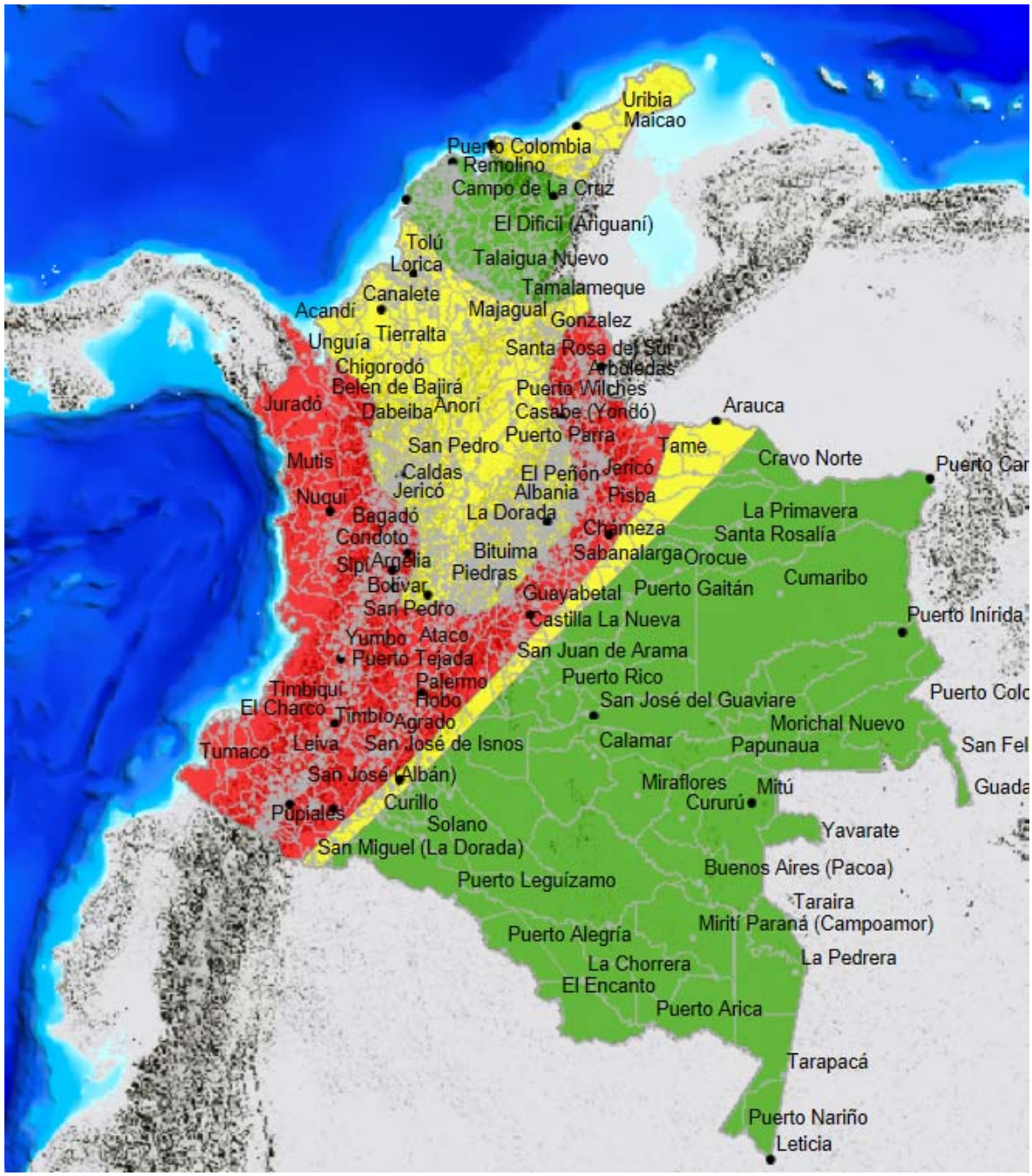



*Figura 2 - Localización epicentral de los sismos con $M_s \geq 3$ (1541-2009)*



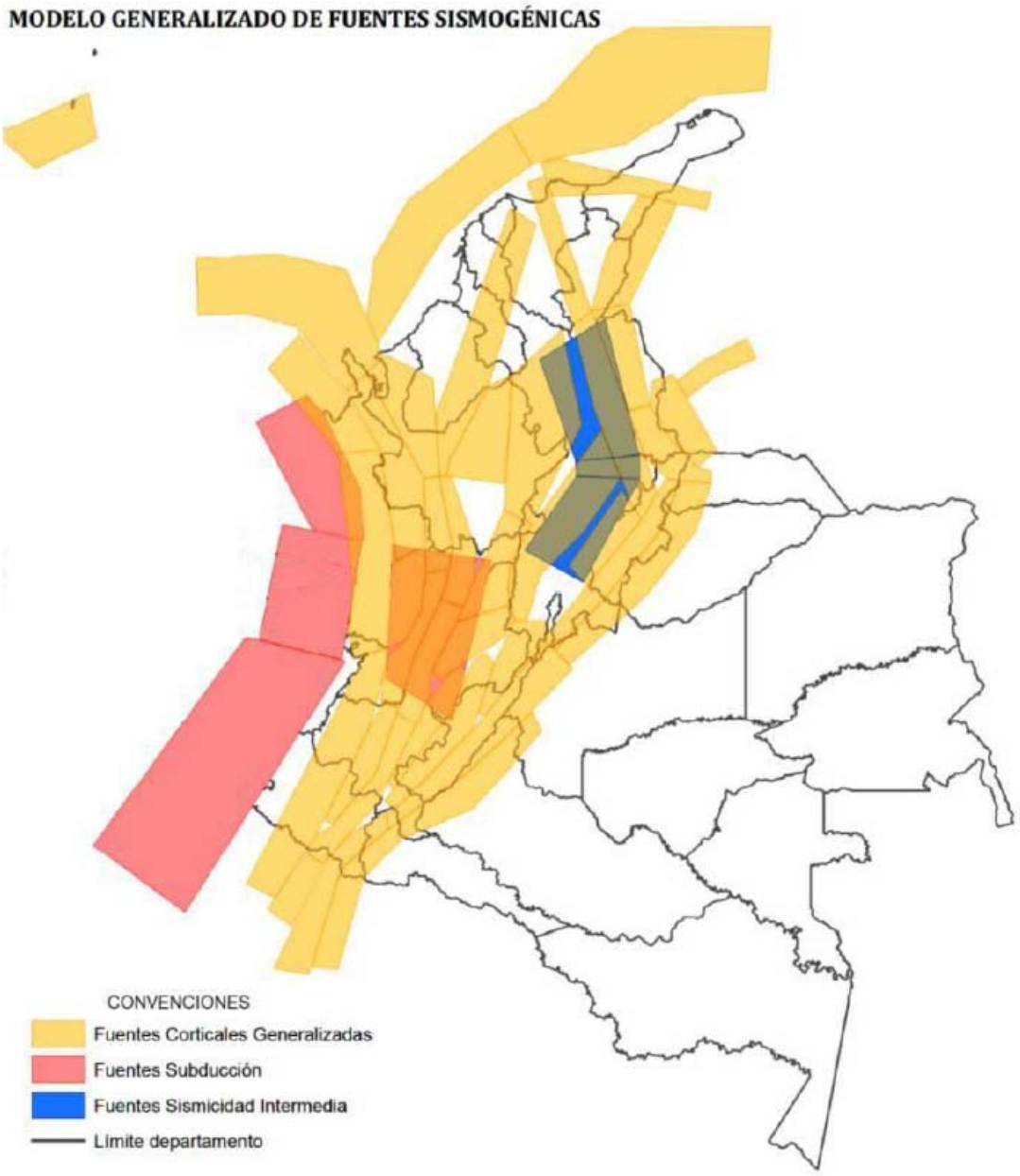
Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




**Mapa de amenaza sísmica en Colombia**



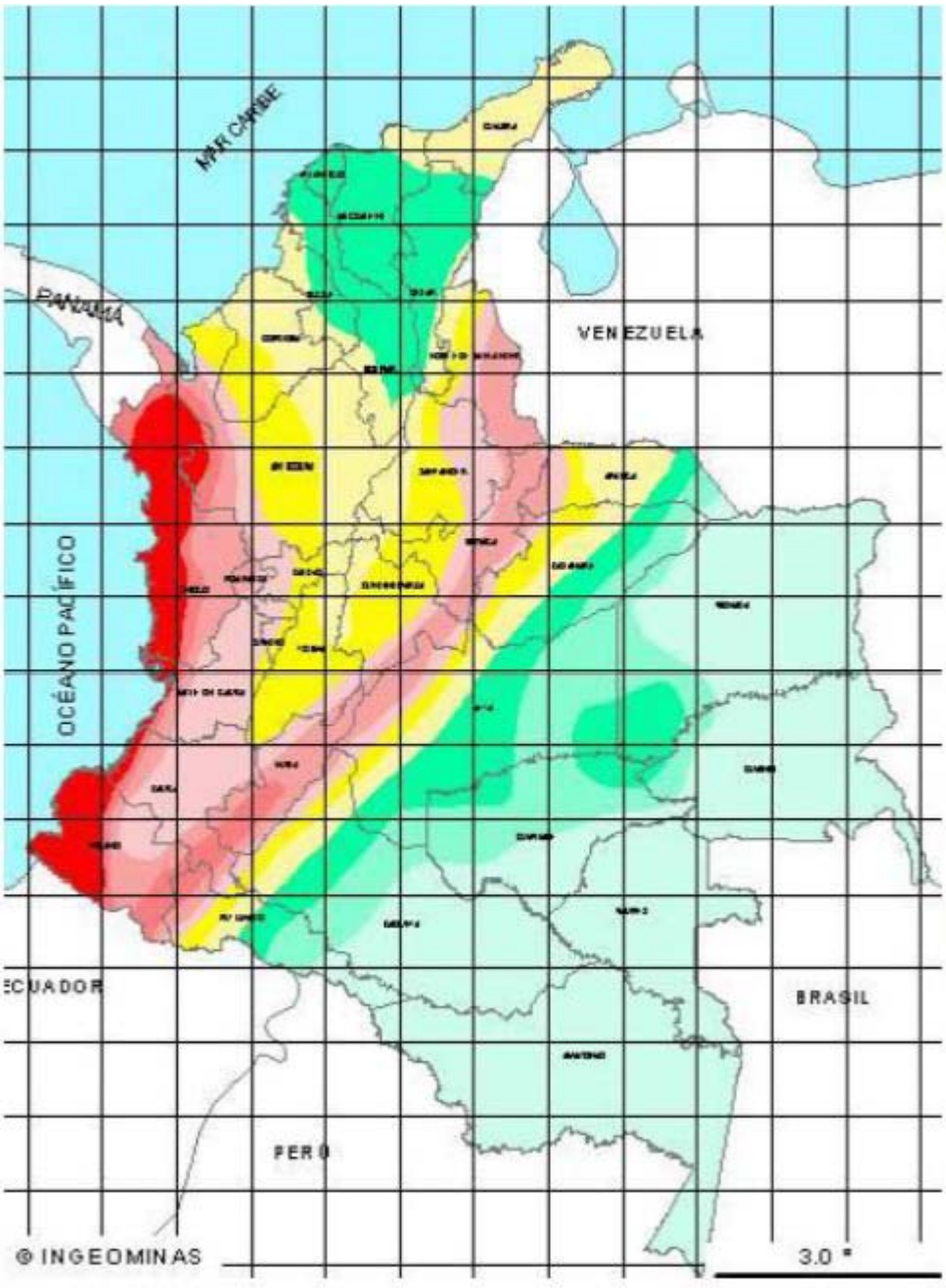
Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




**Fuente: Mapa Nacional de amenaza Sísmica período de retorno de 475 años. Escala 1:1.500,000-Instituto Colombiano de Geología y Minería. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá 2010.**



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




**Mapa de Aceleración. Fuente: Ingeominas y AIS**



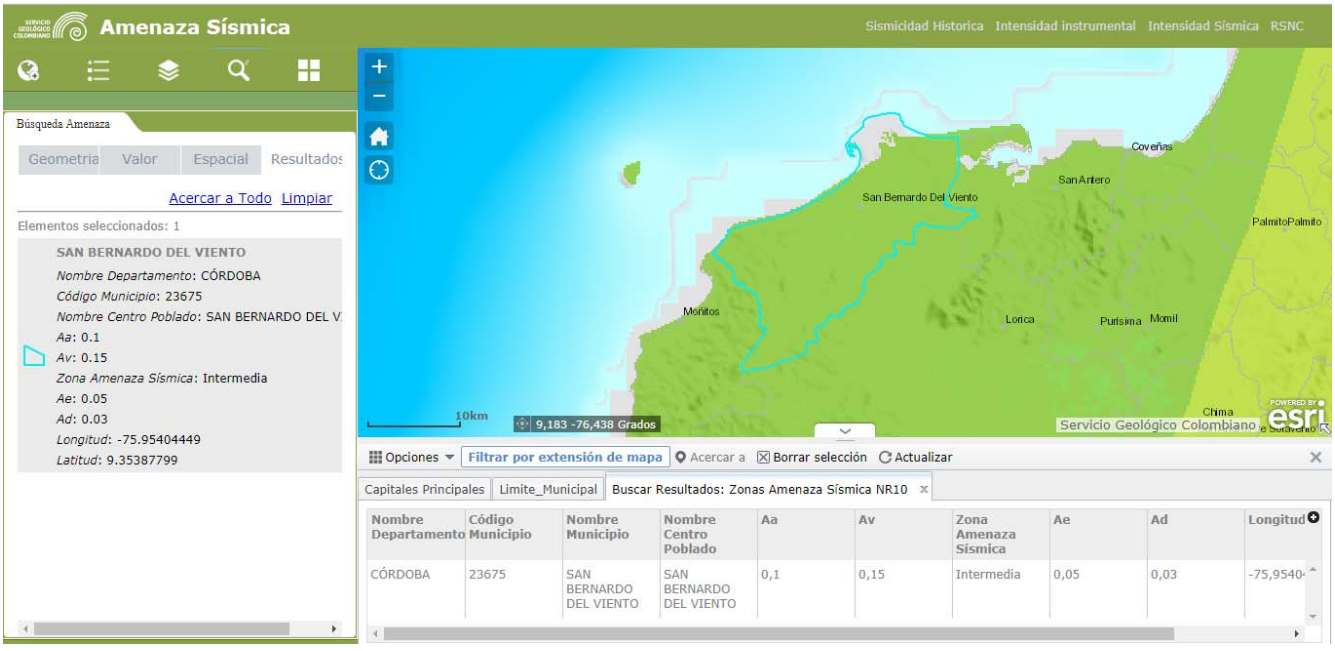
Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

La Norma Colombiana de construcciones sismo resistentes ubica al municipio de San Bernardo del Viento en una zona de amenaza sísmica Intermedia, los coeficientes sísmicos tienen las siguientes magnitudes:

**Departamento de Córdoba**

| Municipio | Código Municipio | $A_a$ | $A_v$ | Zona de Amenaza Sísmica | $A_e$ | $A_d$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| San Bernardo del Viento | 23675 | 0.10 | 0.15 | Intermedia | 0.05 | 0.03 |

Aa = 0.10 (Coeficiente de aceleración pico efectiva
Av = 0.15 (Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico de diseño).
Ad = 0.03 (Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva para el umbral de daño).
Ae = 0.05 (Coeficiente de aceleración pico efectiva para diseño con seguridad limitada).

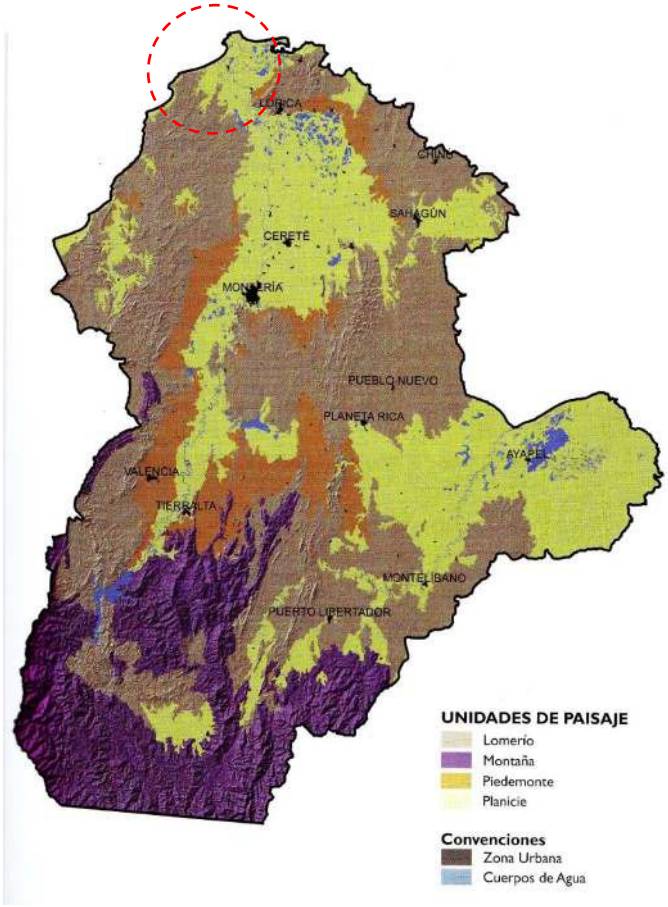




Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

## 10.4 GEOMORFOLOGÍA.

En el Departamento de Córdoba existen multiples geoformas que nos permiten poseer diferentes tipos de paisajes y así mismo tener subregiones uniformes dentro de este.





Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

## 10.5 VEGETACIÓN.

Los cultivos anuales o transitorios corresponden a áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo dura un año o menos, llegando incluso a ser de unos pocos meses; tienen como característica fundamental que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo, incluye tierras ocupadas por cultivos anuales o transitorios.

- **Cultivos permanentes:** Tierras dedicadas a cultivos cuyo ciclo vegetativo, es mayor a un año, se producen varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar.
- **Pastos:** se caracterizan por ser tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por gramíneas cultivadas, dedicadas principalmente a potreros permanentes por un periodo de 2 o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes en zona bajas.
- **Áreas húmedas continentales:** Tierras bajas generalmente inundadas durante el año, pueden ser constituidas por zonas de divagación de cursos de agua, depresiones donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional. Comprenden hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondo más o menos cenagoso.
- **Aguas continentales:** Conformado por lagos y estanques naturales o artificiales de agua dulce, así como las aguas de los ríos. Cuerpos de agua dulce artificiales incluyendo canales y embalses.

## 11. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

De acuerdo con la información secundaria y la visita a campo, se encontró que la zona en la cual se realiza el presente estudio actualmente se encuentra en zona de amenaza por inundación, debido a los aumentos excesivos de niveles por parte del rio Sinú, al igual que la amenaza por erosión del rio.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

## 12. ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN DEL RIESGO.

La gestión del riesgo es considerada un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. **Artículo 1° "Ley 1523 de 2012"**

## 13. PRINCIPIOS GENERALES DE LA GESTIÓN DEL RIESGO

- **Principio de igualdad:** todas las personas naturales tendrán la misma ayuda y el mismo trato al momento de atendérseles con ayuda humanitaria, en las situaciones de desastre y peligro que desarrolla esta ley.

- **Principio de protección:** los residentes en Colombia deben ser protegidos por las autoridades en su vida e integridad física y mental, en sus bienes y en sus derechos colectivos a la seguridad, la tranquilidad y la salubridad públicas y a gozar de un ambiente sano, frente a posibles desastres o fenómenos peligrosos que amenacen o infieran daño a los valores enunciados.

- **Principio de solidaridad social:** todas las personas naturales y jurídicas, sean estas últimas de derecho público o privado, apoyarán con acciones humanitarias a las situaciones de desastre y peligro para la vida o la salud de las personas.

- **Principio de autoconservación:** toda persona natural o jurídica, bien sea de derecho público o privado, tiene el deber de adoptar las medidas necesarias para una adecuada gestión del riesgo en su ámbito personal y funcional, con miras a salvaguardarse, que es condición necesaria para el ejercicio de la solidaridad social.

- **Principio participativo:** es deber de las autoridades y entidades del Sistema


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, reconocer, facilitar y promover la organización y participación de comunidades étnicas, asociaciones cívicas, comunitarias, vecinales, benéficas, de voluntariado y de utilidad común. Es deber de todas las personas hacer parte del proceso de gestión del riesgo en su comunidad.

- **Principio de diversidad cultural:** en reconocimiento de los derechos económicos, sociales y culturales de las personas, los procesos de la gestión del riesgo deben ser respetuosos de las particularidades culturales de cada comunidad y aprovechar al máximo los recursos culturales de la misma.

- **Principio del interés público o social:** en toda situación de riesgo o de desastre, el interés público o social prevalecerá sobre el interés particular. Los intereses locales, regionales, sectoriales y colectivos cederán frente al interés nacional, sin detrimento de los derechos fundamentales del individuo y, sin demérito, de la autonomía de las entidades territoriales.

- **Principio de precaución:** cuando exista la posibilidad de daños graves o irreversibles a las vidas, a los bienes y derechos de las personas, a las instituciones y a los ecosistemas como resultado de la materialización del riesgo en desastre, las autoridades y los particulares aplicarán el principio de precaución en virtud del cual la falta de certeza científica absoluta no será óbice para adoptar medidas encaminadas a prevenir, mitigar la situación de riesgo.

- **Principio de sostenibilidad ambiental:** el desarrollo es sostenible cuando satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de los sistemas ambientales de satisfacer las necesidades futuras e implica tener en cuenta la dimensión económica, social y ambiental del desarrollo. El riesgo de desastre se deriva de procesos de uso y ocupación insostenible del territorio, por tanto, la explotación racional de los recursos naturales y la protección del medio ambiente constituyen características irreductibles de sostenibilidad ambiental y contribuyen a la gestión del riesgo de desastres.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




- **Principio de gradualidad:** la gestión del riesgo se despliega de manera continua, mediante procesos secuenciales en tiempos y alcances que se renuevan permanentemente. Dicha gestión continuada estará regida por los principios de gestión pública consagrados en el artículo 209 de la Constitución y debe entenderse a la luz del desarrollo político, histórico y socioeconómico de la sociedad que se beneficia.

- **Principio sistémico:** la política de gestión del riesgo se hará efectiva mediante un sistema administrativo de coordinación de actividades estatales y particulares. El sistema operará en modos de integración sectorial y territorial; garantizará la continuidad de los procesos, la interacción y enlazamiento de las actividades mediante bases de acción comunes y coordinación de competencias. Como sistema abierto, estructurado y organizado, exhibirá las calidades de interconexión, diferenciación, recursividad, control, sinergia y reiteración.

- **Principio de coordinación:** La coordinación de competencias es la actuación integrada de servicios tanto estatales como privados y comunitarios especializados y diferenciados, cuyas funciones tienen objetivos comunes para garantizar la armonía en el ejercicio de las funciones y el logro de los fines o cometidos del

  Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

- **Principio de concurrencia:** la concurrencia de competencias entre entidades nacionales y territoriales de los ámbitos público, privado y comunitario que constituyen el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres, tiene lugar cuando la eficacia en los procesos, acciones y tareas se logre mediante la unión de esfuerzos y la colaboración no jerárquica entre las autoridades y entidades involucradas. La acción concurrente puede darse en beneficio de todas o de algunas de las entidades. El ejercicio concurrente de competencias exige el respeto de las atribuciones propias de las autoridades involucradas, el acuerdo expreso sobre las metas comunes y sobre los procesos y procedimientos para alcanzarlas.


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

- **Principio de subsidiariedad:** se refiere al reconocimiento de la autonomía de las entidades territoriales para ejercer sus competencias. La subsidiariedad puede ser de dos tipos: la subsidiariedad negativa, cuando la autoridad territorial de rango superior se abstiene de intervenir el riesgo y su materialización en el ámbito de las autoridades de rango inferior, si estas tienen los medios para hacerlo. La subsidiariedad positiva, impone a las autoridades de rango superior, el deber de acudir en ayuda de las autoridades de rango inferior, cuando estas últimas, no tengan los medios para enfrentar el riesgo y su materialización en desastre o cuando esté en riesgo un valor, un interés o un bien jurídico protegido relevante para la autoridad superior que acude en ayuda de la entidad afectada.

- **Principio de oportuna información:** para todos los efectos de esta ley, es obligación de las autoridades del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mantener debidamente informadas a todas las personas naturales y jurídicas sobre: Posibilidades de riesgo, gestión de desastres, acciones de rehabilitación y construcción, así como también sobre las donaciones recibidas, las donaciones administradas y las donaciones entregadas.

## 14. CONCEPTOS BÁSICOS.

A continuación, se presentan una serie de conceptos necesarios para la comprensión y desarrollo del tema.

### 14.1 Amenaza.

La amenaza es un sinónimo de peligro latente que representa la probable manifestación dentro de un período de tiempo de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre, que puede producir efectos adversos en las personas, los bienes y servicios y en el ambiente (Cardona, 2001: 24).


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com




## 14.2 Vulnerabilidad.

La universidad nacional en el año 2004, define la vulnerabilidad como la condición en virtud de la cual una población está o queda expuesta a verse afectada por la ocurrencia de un evento de origen natural o tecnológico. La vulnerabilidad no es solo física, depende de múltiples factores: sociales, económicos, educativos, políticos y culturales.

Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello. Hay situaciones en que la población está expuesta a sufrir un daño si ocurriera un evento natural peligroso, hay otras en cambio, en que la gente está rodeada de ciertas condiciones de seguridad, por lo cual se puede considerar protegida.

## 14.3 Riesgo.

El riesgo es la eventualidad de que ocurra un hecho capaz de producir un daño. Es la probabilidad de que ante un evento determinado (amenaza) y en unas condiciones de vulnerabilidad se produzca una afectación que se puede cuantificar, representada por el conjunto de daños y pérdidas que pueden generarse en un lugar y tiempo determinado, cuyo resultado es un desastre. Los elementos de orden físico, natural y social que determinan la existencia del riesgo para una comunidad se denominan factores de riesgo. Si la amenaza es la probabilidad de que se produzca un fenómeno de origen natural o humano, capaz de desencadenar un desastre; y la vulnerabilidad es la condición en virtud de la cual una población está expuesta o en peligro de resultar afectada por la amenaza; el riesgo es la probabilidad de que ocurra un desastre. Cuando de la probabilidad se pasa a la ocurrencia real del hecho nos encontramos ante el desastre. La siguiente formula ampliamente aceptada permite expresar esta relación, aunque la realidad es mucho más compleja:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

En consecuencia, tanto el riesgo como el desastre sólo se presentan como producto de la coexistencia en una misma comunidad, de la amenaza y la vulnerabilidad. (Universidad Nacional de Colombia, 2004)


Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com

## 15. ANÁLISIS DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA.

Con el fin de analizar el comportamiento que ha presentado el cauce asociado a la erosión en este sector se han tomado fotos del territorio.

A continuación, se muestra las imágenes utilizadas, para la elaboración del análisis:





Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com







Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com









Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com



**Inundaciòn de àreas cultivables**



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com



**Inundaciòn de àreas fèrtiles**

FREDY OMAR CARABALLO ALVAREZ
Ingeniero Civil



Calle 58 No 12-50 Tel:7818858 Celular 3135454695 Montería Email: focasoft@hotmail.com