



**ISMMM**

INSTITUTO SUPERIOR MINERO  
METALURGICO DE MOA  
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ

**Facultad: Geología y Minería  
Departamento de Geología**

# *Trabajo de Diploma*

En opción al Título de  
**Ingeniero Geólogo**

**Análisis de la vulnerabilidad sísmica del reparto  
Rolando Monterrey en el municipio de Moa.**

**Autor(a): Arianna Silva Reyes**

**Tutores: Dr. Rafael Guardado Iacaba  
MSc. Ing. Kempena Adolphe**

Moa: 2017 "Año 59 de la Revolución"



**Pensamiento:**

Después de escalar una montaña muy alta, descubrimos que hay muchas otras montañas por escalar.

Nelson Mandela.

## **Dedicatoria**

No podrían ser otros los que se merecen esta victoria sino, mis queridos padres Mercedes Reyes King y Alexis Silva Vicett, a los cuales le debo todo en la vida, por brindarme su apoyo, su confianza, su amor y cariño, A José Antonio Gorra Cesar por ser mi esposo, amigo, compañero y confidente a mi querida hija Brenda Valeria Gorra Silva que ha sido la personita que me ha dado toda la inspiración y las fuerzas para seguir adelante, para mi hermano, mis tías que han sido como madres para mí, a mis primos los que siempre están y estarán a mi lado hasta en los momentos más difíciles a mis tutores, Rafael Guardado Lacaba y Kempena Adolphe para todos ustedes va dedicado el logro de este sueño convertido en realidad.

## **Agradecimientos**

A mis queridos padres sin los que no hubiese sido posible el logro de este sueño convertido en realidad, a mis tías que tanto apoyo me han dado en toda mi vida, a mi esposo por su entrega total, sus buenos consejos y comprensión, a mis otros padres José Antonio Gorra Gutiérrez y Alina Cesar Acosta por estar en los momentos más difíciles ,a mis tutores Rafael Miguel Guardado Lacaba y Adolphe Kempena por su apoyo incondicional para la realización de este trabajo de diploma, ,a mis amigos por estar en los buenos y malos momentos, a mis profesores por saber forjarme como una profesional, a la revolución por ofrecerme esta oportunidad, a todos los que de alguna forma pusieron su grano de arena para la realización de este trabajo de diploma.

A todos muchas gracias.....

## Resumen

Actualmente, en el municipio de Moa no existe un trabajo de vulnerabilidad sísmica que respalde a la ciudad, ante la ocurrencia de un sismo y los efectos desastrosos que pueden traer consigo. Estos fenómenos generan situaciones de riesgos en las industrias, comunidades, las actividades socio-económicas y principalmente al medio ambiente; esto viene dado aún más cuando los pobladores de una comunidad desconocen las condiciones geodinámicas donde viven, y poseen una baja percepción frente a los peligros que pueden desencadenar situaciones de riesgos, es así que se genera un aumento de las vulnerabilidades y se elevan las potencialidades de un desastre ante la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud e intensidad. El presente trabajo “Estudios de la vulnerabilidad sísmica del reparto Rolando Monterrey”, tiene como objetivo: Evaluar la vulnerabilidad sísmica del reparto Rolando Monterrey ante la ocurrencia de un sismo, y confeccionar el mapa de las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica. Para realizar la investigación nos apoyamos de diversas fuentes, empleando métodos de recopilación, procesamiento de la información, interpretación y representación de los resultados obtenidos y así pudimos estimar la vulnerabilidad mediante una planilla confeccionada por el CENAIIS. Como resultado, se obtuvo un mapa de vulnerabilidad sísmica del reparto, que a partir de su interpretación permitió conocer el grado de fragilidad de las edificaciones en caso de un sismo de gran intensidad.

## **Abstract**

In the municipality of Moa there is no work about the seismic vulnerability, which face of an earthquake and the disastrous effects that can bring with it. These phenomena generate risk situations in industries, communities, socio-economic activities and mainly the environment; This is given even more when the inhabitants of a community are unaware of the geodynamic conditions where they live, and they have a low perception of the dangers that can lead to risk situations, it is this way that an increase of vulnerabilities is generated and the potentialities of A disaster in the face of an earthquake of great magnitude and intensity.

The present work "Studies of seismic vulnerability of the distribution Rolando Monterrey", aims to assess and evaluate the seismic vulnerability of the aforementioned sector according to the geological environment and existing works, to make the map of the areas with the highest seismic vulnerability. In order to carry out the research we rely on different sources, using methods of collection, information processing, interpretation and representation of the results obtained and thus we were able to estimate the vulnerability through a template prepared by CENAI. As a result, a map of seismic vulnerability of the distribution was obtained, which from its interpretation allowed to know the degree of brittleness of the buildings in case of a great intensity earthquake.

## Índice

Introducción .....	1
CAPÍTULO I. EVALUACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL TERRITORIO DE MOA Y SU INCIDENCIA EN LOS RIESGOS SÍSMICOS.....	4
1.1. Introducción .....	4
1.2. Ubicación geográfica .....	4
1.3. Características socioeconómicas.....	5
1.4. Particularidades climáticas de la región .....	6
1.5. Humedad y evaporación .....	7
1.6. Vientos .....	7
1.7. Hidrografía.....	7
1.8. Vegetación.....	8
1.9. Características geológicas del territorio .....	8
1.10. Características estratigráficas .....	9
1.11. Geomorfología del área de estudio .....	14
1.12. Tectónica.....	16
1.13. Sismicidad .....	19
1.14. ZONAS SISMOGENERADORES DEL ORIENTE CUBANO.....	20
1.15. Procesos geodinámicas.....	24
1.16. Condiciones geoambientales regionales.....	29
1.17 Características ingeniero-geológicas regionales.....	30
1.18. Historia sísmica de Moa.....	31
CAPITULO II. METODOLOGÍA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS .....	38
2.1. Introducción .....	38
2.2. Estudio de caso: Reparto Rolando Monterrey.....	38
2.3. Clasificación de la vulnerabilidad sísmica en el reparto Rolando Monterrey .....	39
2.4. Inspección visual .....	40
2.5. Procesamiento de la información.....	40
2.6. Parámetros de análisis de vulnerabilidad del reparto Rolando Monterrey ...	41
2.7. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería .	41

2.8. Estudio del comportamiento sísmico de estructuras de mampostería en el reparto Rolando Monterrey .....	42
2.9. Determinación de las clasificaciones de cada parámetro.....	43
2.10. Modelo de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería.....	44
2.11. Variables lingüísticas utilizadas .....	44
2.12. Forma de aplicación del método .....	45
2.13. Determinación de las cargas sísmicas .....	45
2.14. Cálculo del peso del edificio.....	45
2.15. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica.....	47
CAPITULO III. VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE MOA: REPARTO ROLOANDO MONTERREY.....	48
3.1. Introducción: .....	48
3.2. Relación suelo estructura .....	56
3.3. Evaluación de las viviendas del reparto .....	58
CONCLUSIONES .....	65
RECOMENDACIONES .....	66
ANEXOS	



## **Introducción**

A partir de la década del '90 la zona de Moa ha manifestado una sismicidad significativa sin antecedentes en los registros históricos e instrumental hasta esa fecha. Esta sismicidad comenzó a manifestarse el 20 de marzo de 1992 con un sismo de 4.5 de magnitud sentido en Moa con intensidad de VI grados en la escala MSK. Posterior a este sismo ocurrió otro de una magnitud superior (5.4) el 28 de diciembre de 1998, al nordeste de Moa, que provocó afectaciones considerables en esta localidad con intensidad de VI en la escala MSK y que generó una serie de terremotos con varios sismos perceptibles. Posterior a este sismo de diciembre de 1998 se ha registrado una sismicidad significativa en tierra en los alrededores de la localidad de Moa que ha generado sismos como el ocurrido el 5 de julio de 1999 con magnitud de 4.5 e intensidades de V en la escala MSK. De acuerdo al grado de estudio geodinámico existente en la región, se presume que estos terremotos han sido causados por el esfuerzo que ejerce la Placa de Norteamérica sobre el extremo oriental de Cuba. No obstante, la incertidumbre en la localización de los epicentros de la gran mayoría de los sismos registrados en la región de Moa no pueden ser localizados correctamente debido a que están determinados por una sola estación ubicada en Moa desde el año 1994.

El complejo funcionamiento de nuestras ciudades, frente a la ocurrencia de sismos, requiere de buenos mecanismos de ordenación territorial, estructural y de auto organización del sistema de gestión de reducción de riesgo, estos componentes generan interés por cuanto a que existen comunidades que ocupan zonas expuestas y vulnerables para la ocurrencia de riesgos sísmicos.

El peligro sísmico representa un alto nivel de riesgo para Cuba exhibiendo una particularidad interesante y que al mismo tiempo hace que su estudio sea complejo para algunas áreas. Esto consiste en el hecho de que en el archipiélago cubano se presentan dos formas de génesis: entre placas y de interior de placas. Ambos tipos de sismicidad corresponden a la actividad sísmica que se genera en estructuras tectónicas distribuidas en todo nuestro territorio.

Los terremotos ocurridos en Haití 2010, Chile 2010, y Ecuador 2016 y recientemente en Italia 2016, son ejemplos de casos de estudio, que permiten la necesidad de la evaluación de vulnerabilidad de riesgos sísmicos.

La ciudad de Moa se encuentra enmarcada en una región sísmica de alta complejidad que provoca una situación polémica a la acción gubernamental. La actual Directiva No 1 del General de Ejército Raúl Castro Ruz plantea la necesidad del estudio de los peligros, vulnerabilidad y riesgos en los municipios y provincias como un medio de reducción de desastres.

**Problema científico:** Necesidad de valorar la vulnerabilidad del reparto Rolando Monterrey, en el municipio de Moa por la relación que existe entre las características constructivas del fondo habitacional y la geología del área de estudio ante un sismo de gran magnitud.

**Objeto de estudio:** El reparto Rolando Monterrey.

**El objetivo del presente trabajo es:** Evaluar la vulnerabilidad sísmica del reparto Rolando Monterrey ante la ocurrencia de un sismo.

**Objetivos específicos:**

1. Determinar los niveles de vulnerabilidad sísmica del reparto Rolando Monterrey para la propuesta de medidas preventivas y de mitigación de riesgos sísmicos.
2. Implementar la metodología utilizada para la elaboración de los posibles escenarios de daños en el mapa de vulnerabilidad sísmica del reparto Rolando Monterrey.
3. Identificar las zonas de mayor riesgo sísmico.

**Hipótesis:**

Si se realiza una correcta evaluación de los principales problemas constructivos que presentan las edificaciones, las condiciones geológicas del medio y el grado de exposición al riesgo que experimentan los pobladores, se podrá determinar los niveles de afectación y mitigar los daños ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud.

**Marco teórico conceptual:**

Los estudios de vulnerabilidad sísmica surgen a principios del siglo XX como una necesidad ante las consecuencias de sismos que habían ocurrido en diferentes

lugares del mundo como por ejemplo (Tokio Japón 1923). A través de la experiencia de ingenieros fueron encargados de evaluar los efectos de los sismos en las viviendas y edificaciones y de poner medidas que minimizaran dichos efectos en el futuro. es así como surgen los primeros conceptos de diseño sismo resistente y se fueron iniciando investigaciones en el área de la ingeniería sísmica en Japón y en Estados Unidos (AIJ, 1998;Sarría M , 1995 ).Durante la década de los años 1960 y 1970 surgen las primeras técnicas de evaluación de vulnerabilidad sísmica en edificaciones existentes denominadas Técnicas de Screening , las cuales se encuentran Whitan (1972) , ATC-21 (1988),ATC-14 (1987) ,Grases ( 1985 ) entre otros .Para la década de 1980 El Organismo de las Naciones Unidas encargado de la atención de desastres , UNDRO y la UNESCO , definieron los términos de amenaza , Vulnerabilidad y Riesgo de tal manera que pudieran comprender y reconocer con más claridad los problemas asociados a fenómenos naturales o antrópicos (UNDRO 1979) .

En Cuba existen varios estudios de vulnerabilidad Sísmica, a gran escala desarrolladas por grupos de investigación como es el caso del proyecto titulado "Peligrosidad y riesgo sísmico en Cuba y las regiones circundantes"(Alvares, Villalón y Lindholm, 2015) entre otros. En nuestro país el primer terremoto reportado afectó la villa de Baracoa en 1528. Con la ampliación de la colonización hacia otras partes de la isla se reportaron varios terremotos (Bayamo, 1551, Santiago de Cuba, 1578 y otros). La ciudad de Santiago de Cuba es la que históricamente ha sido más afectada por terremotos en Cuba. Hasta finales del siglo 19 Santiago de Cuba ha sufrido daños por 2 terremotos con intensidad IX (MSK), 4 con intensidad VIII y 8 con intensidad VII (Chuy, 2000).Así como Santiago en Moa 1992 y marzo de 1994 ocurrieron movimientos sísmicos, los cuales se consideran han sido originados por la reactivación de la llamada falla Sabana o zona de sutura que constituye el límite norte de la microplaca Cubana con la placa Norteamericana debido a las condiciones geotectónicas imperantes en Cuba oriental, condicionado por los movimientos asociados a la zona de fractura Cauto - Nipe y a la falla Oriente que limita la estructura cubana con la placa Caribeña. Este comportamiento geotectónico a su vez mantiene activas las estructuras locales.

# CAPÍTULO I. EVALUACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL TERRITORIO DE MOA Y SU INCIDENCIA EN LOS RIESGOS SÍSMICOS

## 1.1. Introducción

En el presente capítulo se muestran algunos aspectos importantes del territorio sobre las características socioeconómicas, ingeniero geológicas, hidrológicas, climáticas, la vegetación, el relieve, la geología, tectónica, hidrogeología, además de procesos y fenómenos geodinámicas. Los mismos permiten obtener una visión general del territorio.

## 1.2. Ubicación geográfica

El municipio de Moa, se encuentra ubicado en la provincia Holguín, al noroeste de Cuba oriental, tiene una extensión territorial de 732.6 kilómetros cuadrados. Limita al Este con el municipio Baracoa, separados por los ríos Jaguaní y Jaguaní; por el Sur limita con el municipio Guantanamero de Yaretas; por el Oeste con los municipios de Frank País y Sagua de Tánamo y por el Norte con el estrecho de Bahamas en el Océano Atlántico. Próximos a sus costas se encuentran los cayos Moa Chico y Moa Grande situados frente a la Ciudad de Moa y Cayo del Medio en la Bahía de Yamanigüey. Figura 1.1.

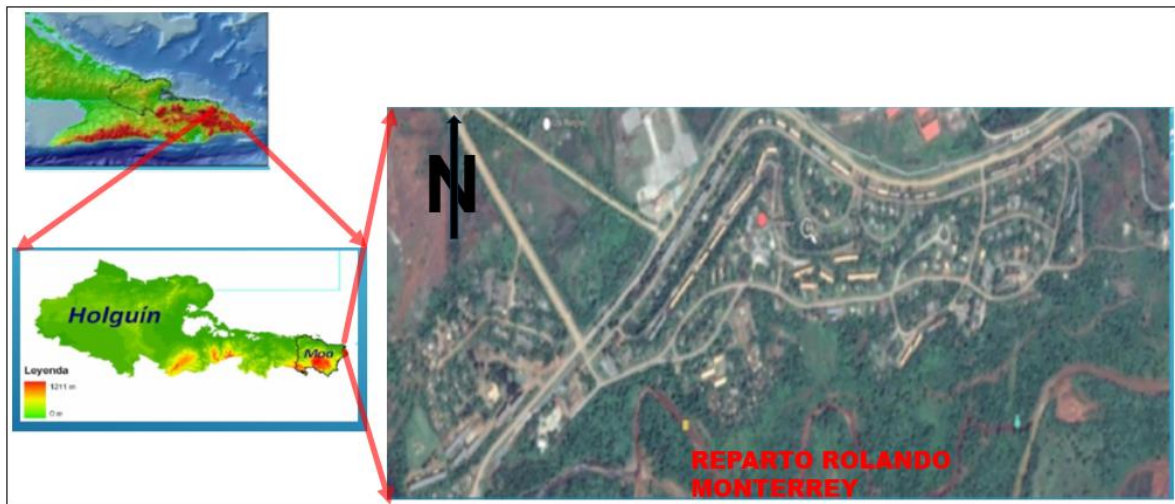


Figura 1.1 Esquema de ubicación geográfica del reparto Rolando Monterrey

### **1.3. Características socioeconómicas**

En el municipio existen extensas cortezas de meteorización, lo que ha permitido el desarrollo de la minería, metalurgia en la región y, por ende, su desarrollo económico, social y cultural. Desde el punto de vista económico, el municipio se encuentra dentro de los más desarrollados en el país, debido a que cuenta con las plantas procesadoras de níquel Comandante Pedro Soto Alba y Ernesto Che Guevara respectivamente que estimulan el desarrollo de la rama minero – metalúrgica, así como otras instalaciones que conforman la infraestructura del municipio minero metalúrgico de Moa: 1. Combinado Mecánico, 2. Presas de residuos inactivos, 3. Embalse de agua, 4. Planta metalurgia de lixiviación ácida, Moa Ni SA. Moa Ni SA, 5. Planta de tratamiento de agua, 6. Presa de residuos en explotación planta metalúrgica SAL, 7. Laguna de oxidación, 8. Presa de residuos en explotación planta ACL, 9. Planta metalúrgica de lixiviación con carbonato amoniacal (ACL), 10. Planta metalúrgica en construcción, 11. Planta de beneficio del cromo, 13. Puerto, 14. Mina de cromo subterránea Mercedita, 15. Minas de Ni y Co a cielo abierto, 16. Presa de residuos en construcción, 12 y 17. Mina de cromo inactiva (Pacheco 2002). También existen otras entidades tales como: La Empresa Mecánica del Níquel, la Empresa Constructora y Reparadora de Industrias del Níquel (ECRIN) y el Centro de Proyectos del Níquel (CEPRONIQUEL), todas en apoyo al desarrollo de este renglón económico. Además, existen otras empresas de las cuales depende la economía y estas son: Empresa geólogo – minera, el Combinado Lácteo, entre otras. Igualmente cuenta con dos hospitales, varios hoteles, instituciones para la enseñanza primaria, media y universitaria, un aeropuerto nacional, la Terminal de ómnibus y un puerto para el embarque de los productos obtenidos en las empresas de níquel.

En la zona se encuentran los yacimientos de cromo Merceditas, Amores y Los Naranjos; en Punta Gorda, a 8 Km al este de la ciudad de Moa y en Cayo Guam a 15 Km se encuentran importantes plantas beneficiadoras de mineral cromífero de los yacimientos Merceditas y Amores.

También existen otros organismos de los cuales depende la economía de la región tales como el establecimiento de la Empresa Geólogo Minera, la Presa Nuevo Mundo, el Tejar, el Combinado Lácteo y otros.

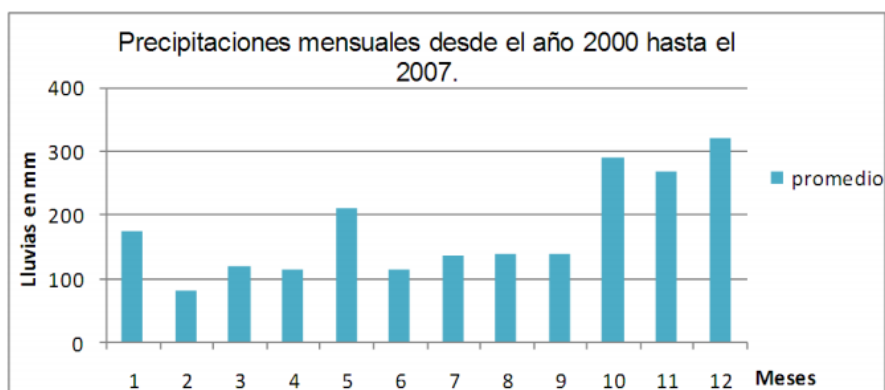
La agricultura tiene un peso fundamental dentro de la vida económica de la región, el municipio Sagua de Tánamo es uno de los más grandes productores de café de la provincia, en municipio Frank País además de la recolección del café se encuentra enclavado el complejo agroindustrial que lleva el mismo nombre de la localidad. Existen otros sectores económicos como la explotación de recursos forestales, que son abundantes en la zona, siendo un eslabón importante de la economía y la ganadería, aunque no tiene un gran peso puesto que no está muy desarrollada.

#### 1.4. Particularidades climáticas de la región

El clima de la zona de estudio es tropical con abundantes precipitaciones. Las precipitaciones poseen un promedio anual entre 2000-2400mm, siendo unas de las mayores pluviometrías del país, con una media histórica de 2 500 mm /año (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos I.N.R.H., base de datos 2000 -2007).

Se identifican dos períodos de lluvia (mayo-junio) y (octubre-febrero) y dos de sequías (marzo-abril) y (julio-septiembre). En el verano las lluvias tienen carácter de aguaceros y en el invierno son menos intensas, pero más permanentes, (Chiu. 1996). Ver tabla 1.1.

Tabla 1.1 Promedio de lluvias mensuales desde el año 2000 hasta el 2007 (I.N.R.H., 2007).



En las zonas con abundantes precipitaciones en el territorio, la mayor parte del agua fluye desde las divisorias de las aguas, al sur del municipio hacia la costa. En la tabla 1.1 se muestra un promedio de las precipitaciones mensuales, desde el año 2000 hasta el 2007.

### **1.5. Humedad y evaporación**

La humedad relativa media anual es de 85%, los meses de mayor humedad son diciembre con un 94%, noviembre con un 86% y octubre con un 90%. Siendo estos tres meses el período de mayor humedad relativa del territorio. La evaporación anual presenta valores entre 2200 - 2400 mm; los meses de julio y agosto son los más secos.

### **1.6. Vientos**

Los vientos son de moderada intensidad, en superficie presentan dirección noreste-este fundamentalmente. La distribución la frecuencia anual de la dirección e intensidad del viento durante el año muestra que el sur es la más notable, con un 37.41 %, seguido de los vientos de sentido norte-este con 32.52 %, mientras que el resto de las direcciones poseen una frecuencia inferior al 10 %, siendo la dirección oeste la de menor ocurrencia, con un 0.41 %.

Temperaturas y presiones atmosféricas:

La temperatura media anual oscila entre 22.6°C - 30.5°C, en el verano se alcanzan valores de 30°C hasta 32°C y en el invierno de 22°C a 26°C, siendo los meses más calurosos desde julio hasta septiembre y los fríos de enero a febrero. Las presiones atmosféricas presentan una media anual de 1017.3 hp, siendo la media máxima mensual de 1022.2 hp en el mes de septiembre.

### **1.7. Hidrografía**

Las características del relieve y el régimen de las precipitaciones han favorecido la formación de una densa red hidrográfica bastante desarrollada que corre de sur a norte. La red es densa y dendrítica, representada por numerosos ríos y arroyos siguientes: "Moa", "Cabaña", "Cayo Guam", "Quesigua", "Potosí", "Jiguaní".

El caudal de estos ríos varía según las estaciones del año: en el periodo de seca (noviembre-abril) presenta un caudal mínimo y muchas manifestaciones son de carácter intermitente, en cambio en el periodo de lluvia (mayo-octubre) sus caudales aumentan vertiginosamente. Los ríos poseen una velocidad promedio de 1,5 m/s y un gasto que oscilan en el intervalo de 100 y 200 l/s. Figura 1.2.

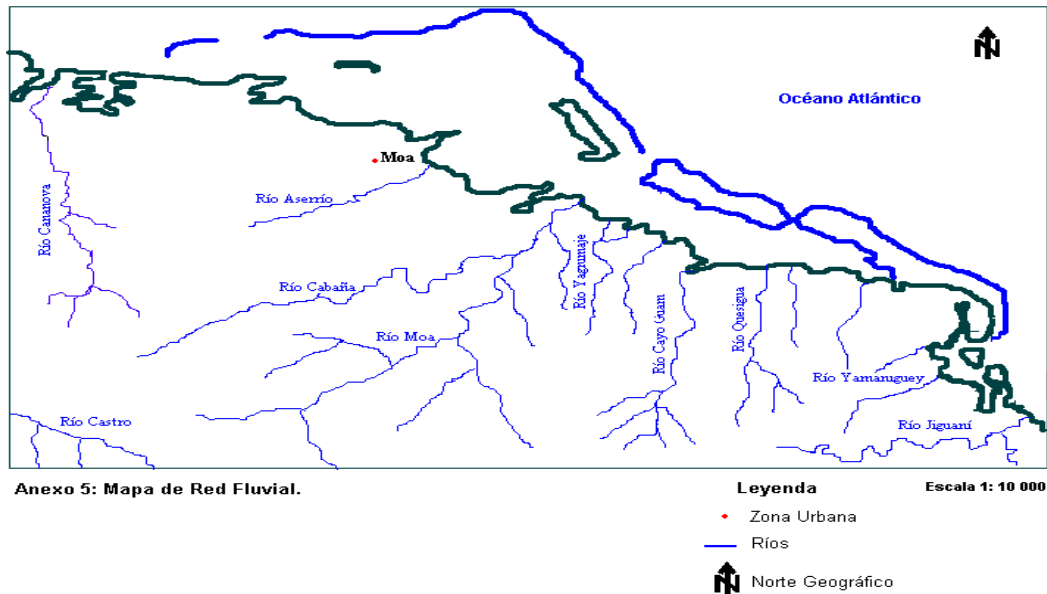


Figura 1.2 Mapa de red fluvial escala 1:10000.

### 1.8. Vegetación

En el territorio se hallan siete formaciones vegetales naturales que ocupan alrededor del 90 % del área de estudio, entre las cuales se destacan el bosque tropical ombrófilo submontano, se destacan los árboles latifolios y aciculifolios, bosque tropical ombrófilo aluvial, sempervirente tropical Xeromorfo espinoso, matorral tropical xenomorfo subespinoso, entre otros

### 1.9. Características geológicas del territorio

La evolución geológica de Cuba en el mesozoico estuvo asociado al desarrollo de sistemas de arco insulares y cuenca marginal, típicos de zonas de convergencia entre placas.

A fines del Campaniano Superior-Maestrichtiano se extinguió el arco volcánico cretácico cubano, iniciándose la compresión de sur a norte, originándose por procesos de acreción tectónica, el emplazamiento del complejo ofiolítico según un sistema de escamas de sobre corrimiento altamente dislocadas (Rodríguez A., 1999).

Los movimientos de compresión hacia el norte culminaron con la probable colisión y obducción de las paleounidades tectónicas del Bloque Oriental Cubano sobre el borde pasivo de la Plataforma de Bahamas. Según Iturralde (1996) y Proenza (1998) consideran los movimientos hasta el Paleoceno Inferior. Este proceso de



colisión no ocurre en el Bloque Oriental con iguales características que en el resto de Cuba debido al surgimiento a inicios del Paleógeno de la depresión tectónica Cauto-Nipe que demoró e hizo menos violenta la colisión.

A partir del Eoceno Medio y hasta el Mioceno Medio las fuerzas de compresión tangencial se reducen quedando sólo expresadas a través de fallas de deslizamiento por el rumbo, plegamientos y empujes locales, tomando importancia para la región los movimientos verticales que caracterizan y condicionan la morfotectónica regional, iniciándose a partir del Mioceno Medio el proceso de ascenso del actual territorio de la isla de Cuba.

Los movimientos tectónicos recientes se van a caracterizar por movimientos verticales responsables de la formación del sistema de horts y grabens, pero hay que tener en cuenta la influencia que tienen sobre Cuba Oriental los desplazamientos horizontales que ocurren a través de la falla Oriente (Bartlett-Caimán) desde el Eoceno Medio-Superior, que limita la Placa Norteamericana con la Placa del Caribe, generándose un campo de esfuerzos de empuje con componentes fundamentales en las direcciones norte y noreste, que a su vez provocan desplazamientos horizontales de reajuste en todo el Bloque Oriental Cubano.

#### **1.10. Características estratigráficas**

La geología de la región se caracteriza por una gran complejidad condicionada por la variedad litológica (estratigráfica) presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el transcurso del tiempo geológico, lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizadas, basadas en criterios o parámetros específicos según el objeto de la investigación (Rodríguez, 1998a).

El complejo de las rocas ultrabásicas aflora en toda la porción central y meridional del área y está constituido predominantemente por hornblendas subordinadamente dunitas, hornblendas y piroxenitas. Estas rocas se caracterizan por presentar un grado de serpentinización variable a sistemática.

El Dr. F. Quintas Caballero (1989) en su tesis doctoral desarrolla estas clasificaciones geológicas de carácter regional la cual incluye, en esencia, ocho

asociaciones estructuro–formacionales debido a que éstas son las que forman parte de nuestro sector de estudio.

Para la realización de la propuesta de su clasificación, se basó en la teoría que explica el origen y evolución de los arcos insulares, así como la formación de las plataformas, las etapas evolutivas y los conjuntos litológicos faciales, típicos de cada estadio. En 1998, Iturralde-Vinent reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales principales: el cinturón plegado y el neoa autóctono.

El cinturón plegado, según el autor, está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorfizados de edad correspondiente al pre - Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental. El autor divide al cinturón plegado en unidades continentales y unidades oceánicas. En Cuba oriental las unidades continentales están representadas por el terreno Asunción compuesto por dos unidades litoestratigráficas bien diferenciadas, las formaciones Sierra Verde y Asunción, constituidas por materiales metaterrígenos y metacarbonatados respectivamente, del Jurásico Superior al Cretácico Inferior, las cuales no aparecen representadas en el área de esta investigación.

Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánico del Cretácico, denominado como paleoarco, las secuencias de la cuenca de piggy back del Campaniano tardío al Daniano, el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de la cuenca de piggy back del Eoceno Medio al Oligoceno. El neoa autóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado.

La faja Mayarí-Baracoa a su vez la divide en tres macizos: Mayarí-Cristal, Sierra del Convento y Moa-Baracoa, el área de estudio se encuentra en el Macizo Moa-Baracoa localizándose en el extremo oriental de la Faja Mayarí-Baracoa (Figura 2.2). Ocupando un área aproximada de 1 500 km<sup>2</sup> donde se presenta un gran desarrollo de los complejos ultramáficos, complejo máficos y vulcano-sedimentario mientras que el complejo de diques de diabasas está muy mal representado, apareciendo las

diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo. Se estima un espesor de aproximadamente 1000 metros para el complejo ultramáficos y 500 metros para el de gabros, mientras que para el complejo vulcano-sedimentario se ha estimado un espesor de 1200 metros.

**Complejo de rocas ultrabásicas:** Aflora en toda la porción central y meridional del área y está constituido predominantemente por harzburgitas y subordinadamente dunitas, lherzolitas y piroxenitas. Estas rocas se caracterizan por presentar un grado de serpentización variable, varios investigadores tienen su teoría, pero muchos, han llegado incluso a considerar el proceso como una manifestación de autometamorfismo de las intrusiones. Sin embargo, ha predominado el criterio de procesos dinamo-metamórficos durante la elevación y emplazamiento de las grandes masas peridotíticas a la superficie en presencia de agua, ya que la serpentización, como se ha señalado en diversas investigaciones se desarrolla más intensamente hacia los bordes de los macizos, sobre todo, en los límites tectónicos de sobrecorrimientos de estos sobre las rocas autóctonas. Las rocas de este complejo se caracterizan por presentar un color verde oscuro o gris verdoso y por un alto grado de agrietamiento.

Los complejos máficos están representados por gabros olivínicos, gabro-noritas, anortositas y gabros normales de diferentes granulometrías. Los cuerpos de gabro tienen una estructura de grandes bloques y la mayoría de éstos se disponen en las zonas periféricas del complejo ultramáficos. En el sector Moa-Baracoa están representados dos tipos de gabros, los llamados gabros bandeados y los gabros masivos en las partes más altas del corte. En la región de estudio los gabros afloran siempre asociados a las serpentinitas, apareciendo en forma de bloques en las zonas de Quesigua-Cayo Guam-Mercedita, Centeno-Miraflores y Farallones-Caimanes.

Los complejos de diques de diabasas están muy mal representados, apareciendo las diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo.

**Complejo vulcano-sedimentario:** Esta en contacto tectónico con los demás complejos del corte ofiolítico y está representado por formaciones. El conjunto

aparece con una coloración negro o verde oscuro. Este es un complejo bien estudiado y que está descrito en las formaciones presentes en el territorio.

**Formación Santo Domingo:** única representante del arco volcánico cretácico en el área, está constituida por tobas, lavas y aglomerados, apareciendo pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas. Se incluyen además en esta formación las calizas pizarrosas finamente estratificadas y muy plegadas de color grisáceo. Se le asigna una edad Cretácico Aptiano-Turoniano. Aflora en la región de Farallones-Calentura y en una pequeña área en la localidad de Centeno.

**Formación Mícara:** está compuesta por tres facies terrígenas y terrígenas carbonatadas. En el inferior está constituida por aleuolitas masivas, mal estratificadas; brechas; areniscas; arcillas y calizas. En la media presenta Secuencia olistostrómica compuesta por margas, areniscas, aleuolitas, gravelitas y conglomerados. En la parte superior Predominan las aleuolitas y subordinadamente brechas y areniscas tobáceas, la parte más alta, con intercalaciones de tobas ácidas bentonizadas y calizas. De edad Maestrichtiano-Daniano. Aflora en la zona de Los Indios de Cananova y borde suroeste del cerro de Miraflores.

**Formación La Picota:** estas constituida por intercalaciones de areniscas polimícticas y conglobrechas mal seleccionadas que se intercalan con argilitas. Cretácico Superior (Campaniano-Maestrichtiano). Aflora en la base de la Sierra del Maquey y en la meseta de Caimanes.

**Formación Sabaneta:** Está constituida por rocas vulcanógenas-sedimentarias de granos finos, frecuentemente zeolitizadas, con intercalaciones de calizas, silicitas, tobas cloritizadas y rara vez basaltos. De edad Paleoceno Inferior (Daniano parte alta)- Eoceno Medio. En la zona de Farallones el corte está compuesto por tobas vitroclásticas y cristalolitoclásticas zeolitizadas, tobas vítreas y tobas cineríticas. Las calizas tobáceas y tufitas aparecen regularmente hacia la parte alta de la formación. En Los Indios de Cananova, en la base de la formación se intercalan areniscas de granos gruesos y algunas brechas, donde fueron encontrados fósiles que indican una edad Paleoceno-Daniano. Aflora en un área extensa de la región de Cananova hasta Farallones y en un pequeño bloque en Yamanigüey. Perteneciente a las

cuencas superpuestas o piggy-back de la segunda generación aflora en el área la Sierra de Capiro.

**Formación Júcaro:** Está constituida por calizas margosas poco consolidadas y a veces por margas de edad Oligoceno-Mioceno. Aflora por toda la costa en la región de Cananova y Yamanigüey.

**Formación Yateras:** Está constituida por calizas organodetríticas típicas de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Presentan bruscos cambios faciales en cortas distancias, con una abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, lo que ha permitido asignarle una edad Oligoceno Superior hasta el Mioceno. Aflora en la región de Yamanigüey, formando una franja por toda la costa.

**Formación Mucaral:** Margas con intercalaciones de calizas arcillosas, areniscas polimícticas, conglomerados polimícticos, limolitas y tobas. Con una edad del Eoceno Medio (parte alta) - Eoceno Superior.

Existen otras formaciones en el territorio que están documentadas en el área por pozos que se han realizado estas no afloran

**Depósitos Cuaternarios:** Estos depósitos están constituidos por calizas organodetríticas con gran contenido de fauna, predominando los moluscos contemporáneos. Aparecen también aleurolitas calcáreas, arenas margosas y arcillas. Los depósitos ubicados en los márgenes, cauces y desembocaduras fluviales están constituidos por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas derivadas de la erosión fluvial. Constituyen una cobertura prácticamente continua en forma de franja a lo largo de la costa y discontinua en las partes interiores. Figura 1.3.



se acumulan en estas zonas se caracterizan por su carácter temporal y su composición limonítica. Asociada genética y espacialmente con las llanuras fluviales y marinas y en la zona de intersección entre ambas aparecen llanuras acumulativas palustres parálidas donde predominan procesos acumulativos típicos de zonas pantanosas de color oscuro y olor fétido, anegadas en agua, siendo el mangle la vegetación predominante. Toda esta zona de relieve de llanura de edad Cuaternario no ha estado exenta de la acción de los procesos tectónicos.

La zona de llanura es la que predomina en el sector de estudio ubicada hacia el este de Moa con cotas de 100- 150m, esta zona representa un relieve ligeramente ondulado de tipo erosivo denudativo

**La zona de montañas:** Es la zona geomorfológica más extendida ocupando toda la parte sur y central además del Cerro de Miraflores y las zonas nordeste y noroeste del poblado de Cananova. Los valores morfométricos, así como la configuración de las elevaciones son extremadamente variables en dependencia de las características litológicas y agrietamiento de las rocas sobre las cuales se desarrolla, así como del nivel hipsométrico que ocupan. Teniendo en cuenta esos parámetros el relieve de montaña se clasifica en cuatro subtipos:

1. Premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas.
2. Submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas.
3. Montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas.
4. Montañas bajas diseccionadas.

Conjuntamente con estas zonas, aparecen en la región un conjunto de formas menores, que constituyen elementos importantes en la caracterización geomorfológica regional, son criterios de evaluación tectónicas y algunas representan un peligro para el medio ambiente. Dentro de esas formas se encuentran el relieve cársico y barrancos ISSN 0258 5979 Minería y Geología v.21, n.3, 2005 como elementos naturales y las áreas minadas y presas de cola como elementos antropogénicos. Ver Figura 1.4.

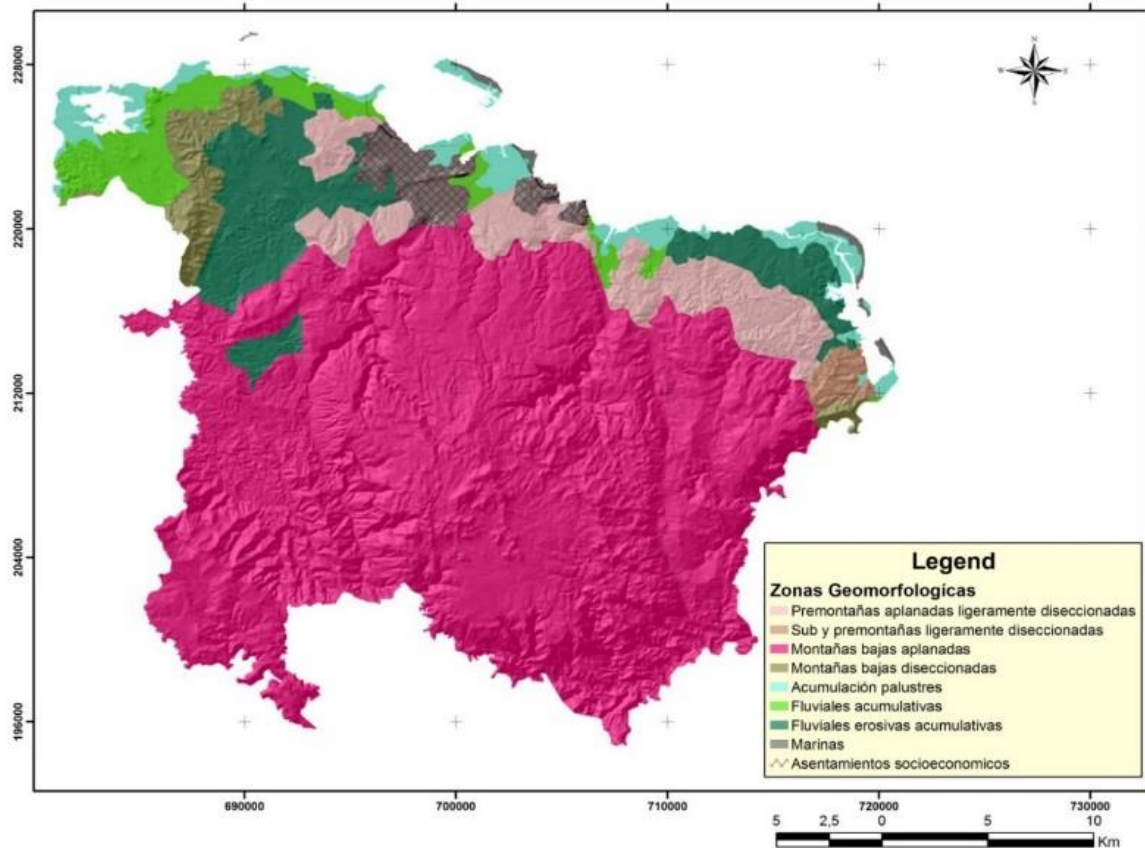


Figura 1.4 Mapa geomorfológico, (Escala original 1:50 000), Tomado de Ramayo L, 2002

### 1.12. Tectónica.

Tectónicamente el área investigada se caracteriza por el predominio de estructuras disyuntivas originadas en cuatro periodos geotectónicos diferentes, condicionados por los eventos regionales que han afectado al Bloque Oriental Cubano. (Rodríguez, 1998a, 1998b). Este bloque se caracteriza por presentar un amplio desarrollo de la tectónica de cabalgamiento que afecta las secuencias más antiguas. Localmente esta complejidad en la región de estudio se pone de manifiesto a través de estructuras fundamentalmente de tipo disyuntivas con dirección noreste y noroeste que se cortan y desplazan entre sí, formando un enrejado de bloques y microbloques con movimientos verticales diferenciales, que se desplazan también en la componente horizontal y en ocasiones llegan a rotar por acción de las fuerzas tangenciales que los afecta como resultado de la compresión (Campos, 1983; Rodríguez, 1998a, 1998b). También se observan dislocaciones de plegamientos



complejos, sobre todo en la cercanía de los contactos tectónicos (Campos, 1983).  
Figura 1.5.

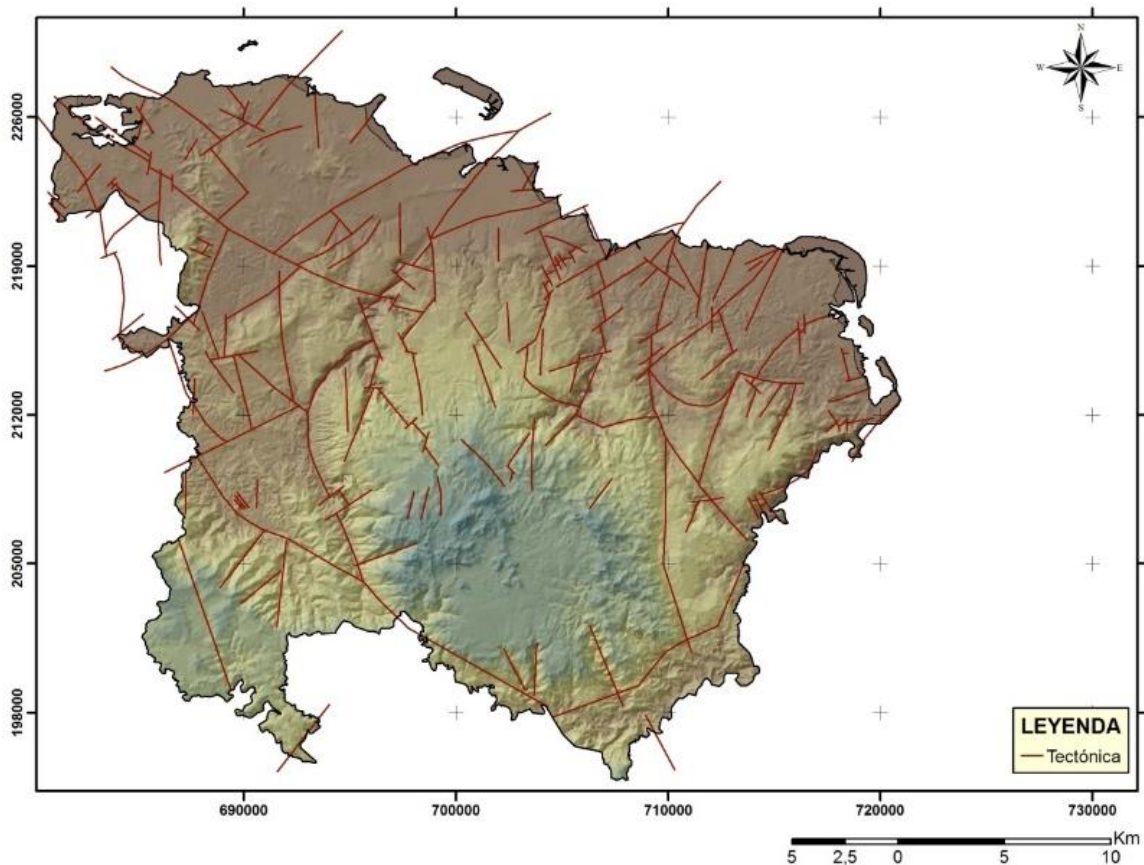


Figura 1.5 Mapa tectónico de Moa, (Escala original 1:50 000), tomado de Ramallo, 2002.

En los estudios tectónicos precedentes del territorio se han reconocido cuatro sistemas de fallas que cortan a las rocas de la asociación ofiolíticas y que corresponden a cada uno de los periodos de la evolución geotectónica. Pero el segundo sistema es el que se desarrolla en el área de estudio el cual está constituido por fallas de dos direcciones: noreste y norte-noroeste que se cortan y desplazan mutuamente constituyendo las dislocaciones más abundantes y de mayor extensión de la región, que afectan todas las litologías presentes y son los límites principales de los bloques morfotectónicos. Su origen se encuentra asociado al proceso de colisión del arco volcánico cretácico sobre el paleomargen de Bahamas. Las principales estructuras representativas de este sistema son las fallas: Los indios, Cayo Guam, Moa, Miraflores, Cabaña, Quesigua y Maquey. Muchos de los criterios que permitieron la identificación de las estructuras de este sistema son

índices de fallas tanto activas como pasivas, mientras que otros son formas de manifestación de estructuras que se han mantenido activas o se han reactivado en períodos recientes, siendo evidente que los movimientos geodinámicos actuales se manifiestan a través de ellas. Este fenómeno estudiado en detalle para estas siete fallas que son consideradas fundamentales se manifiesta en mayor o en menor grado en todas las estructuras del sistema, sin dejar de tener en cuenta que algunas pueden haber quedado encubiertas por estructuras más jóvenes o por las potentes cortezas de intemperismo desarrolladas.

A este sistema y que afectan el área de estudio pertenecen:

**Falla Moa:** Dentro del territorio es la estructura de mayor extensión y su trazo corresponde con la línea cóncava hacia el este con el arco mayor en la zona de calentura, haciéndose más recta hacia el norte con una dirección  $N48^{\circ}E$  mientras que en su parte meridional tiene un rumbo  $N25^{\circ}W$

En la parte norte esta estructura se bifurca en dos tramos uno de rumbo  $N35^{\circ}E$  denominado la Vigía y el otro con rumbo  $N74^{\circ}E$  nombrado la Veguita el que atraviesa la zona perilitoral hasta cortar la barrera arrecifal a la cual limita y afecta pues en el bloque oriental de la falla la barrera como tal desaparece quedando reflejada solo con un banco de arena, lo que constituye un indicador del sentido de los desplazamientos.

**Falla Cabañas:** Se extiende desde el extremo centro occidental del área al noroeste del poblado de Peña y Ramírez hasta el norte de la ciudad de Moa, cortando la barrera arrecifal y limitando el extremo oriental de Cayo Moa Grande. En su parte meridional presenta una orientación de  $N70^{\circ}E$  hasta la zona de Zambumbia, donde es truncada por un sistema de fallas submeridionales aflorando nuevamente con nitidez al nordeste del poblado de Conrado, donde inicia su control estructural sobre el río Cabaña. En las cercanías de Centeno esta estructura es cortada y desplazada por la falla Cananova, tomando una orientación  $N56^{\circ}E$  la cual se mantiene hasta penetrar en el océano Atlántico.

**Bloque Moa:** Ubicado en la parte centro occidental del área, entre los bloques Cabaña y El Toldo con los cuales contacta a través de las fallas Cabaña y Moa, extendiéndose de norte a sur en forma de franja cóncava hacia el este. Está subdividido en cuatro sub-bloques: Calentura, Caimanes, Aeropuerto y La Vigía. La

componente fundamental de los desplazamientos horizontales está orientada al nordeste.

### 1.13. Sismicidad

El municipio de Moa al estar ubicado en el contexto de Cuba oriental y partiendo de estudios sismo tectónicos que se han realizado anteriormente se ha considerado una zona sísmica compleja enmarcada en el límite de placas Norteamericana y Caribe figura 1.6.

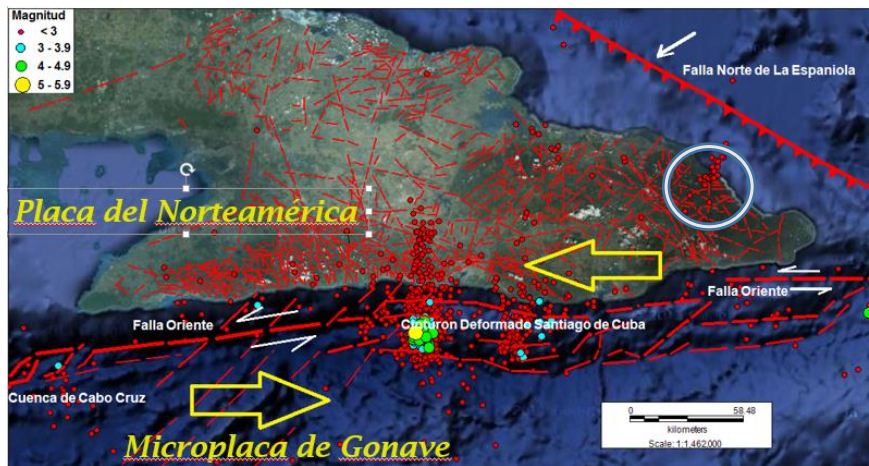


Figura 1.6. Proceso sismo tectónico al sur de Cuba oriental

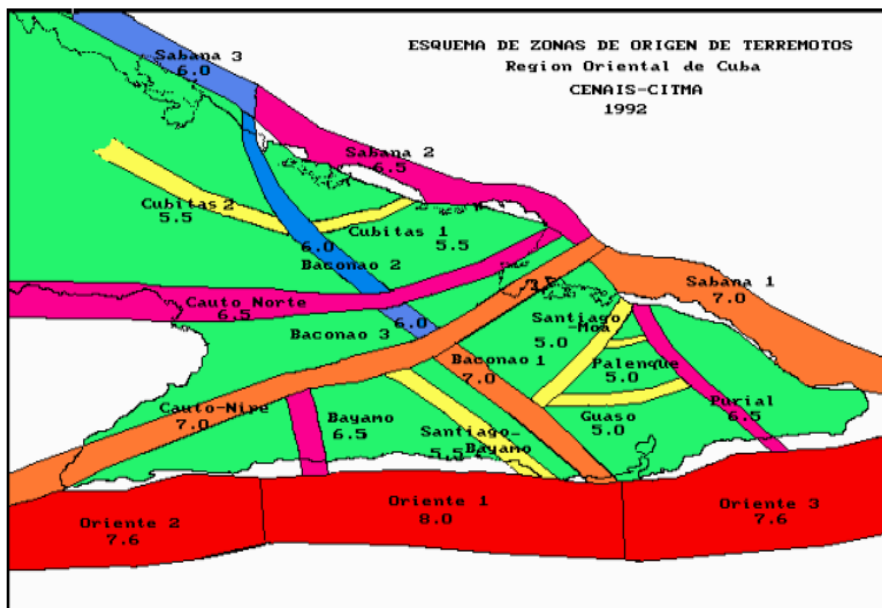


Figura 1.7. Mapa con la representación de las zonas sísmo generadoras de la región Oriental de Cuba. CENAI-S

La identificación de las zonas Sismo generadoras. Figura 1.8 y la estimación de la magnitud del terremoto máximo posible asociado a las mismas, es fundamental en cualquier evaluación del peligro sísmico.

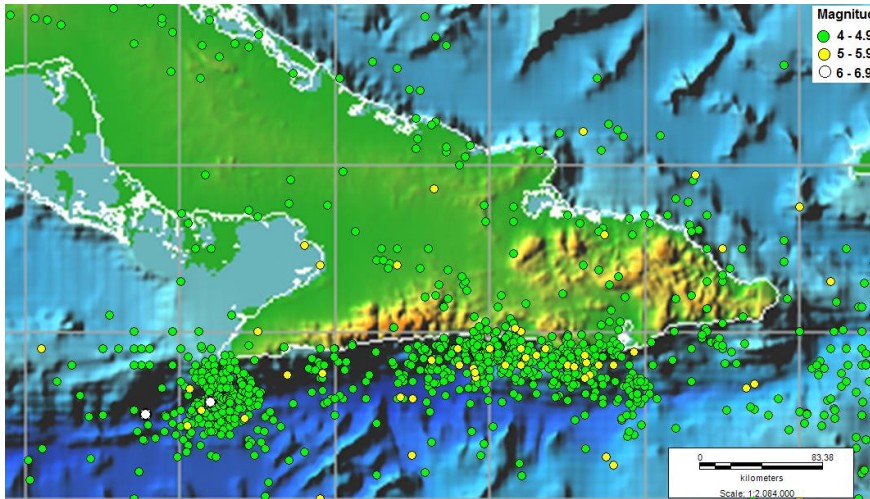


Figura 1.8. TERREMOTOS REGISTRADOS DE 1965 A ABRIL 2017 > 4 MAGNITUD Aranago E, 2017

Las zonas sismogeneradora representan regiones geográficas susceptibles de generar sismos fuertes de Magnitud Richter ( $M > 5.5$ ). Las mismas están relacionadas, por lo general, con fallas activas en la etapa neotectónica, especialmente, en los últimos 10 000-1000 000 años.

#### **1.14. ZONAS SISMOGENERADORES DEL ORIENTE CUBANO**

##### **Zona Sismogénica Oriente (Bartlett-Caimán).**

Esta zona sismogénica está asociada a la falla transcurrente Bartlett - Caimán que se encuentra al Sur de Cuba oriental, presentando una dirección predominante de Este a Oeste. Constituye el límite entre las placas de Norteamérica a la que pertenece Cuba y del Caribe a la que pertenecen las islas de Jamaica, La Española y Puerto Rico, entre otras. Se considera una falla transcortical con una extensión de más de 1000 Km y un ancho de 100 -150 Km aproximadamente, con una profundidad de más de 50 km (Arango, 1996). Esta estructura constituye además un límite de morfoestructuras del sistema tectónico global y presenta un contraste topográfico muy significativo (+ 8000 m) entre los megabloques de la cresta y la Hoya de Caimán. A esta zona se asocia la más los de la cresta y la Hoya de Caimán.

A 41 esta zona se asocia la más alta sismicidad de todo el territorio cubano incluyendo los terremotos de mayor intensidad de la historia sísmica del país. En particular, de los 28 sismos catastróficos conocidos con epicentro en el archipiélago cubano, 22 se han producido en dicha zona (Chuy, 2003); de estos, 20 corresponden a la zona cercana a Santiago de Cuba y dos a la zona cercana a Cabo Cruz - Pilón. De los sismos señalados en Santiago de Cuba, los de 1766 ( $M = 7.6$  Richter) y de 1852 ( $M = 7.3$ ) produjeron 9.0 grados MSK de intensidad en la ciudad del mismo nombre. De los reportados en la zona de Cabo Cruz - Pilón, el mayor ocurrió el 25 de mayo de 1992 ( $M = 7,0$ ) produciendo intensidades de 7.0 grados MSK en esa zona. La alta actividad tectónica de esta zona también se manifiesta en los altos gradientes de las velocidades de los movimientos neotectónicos, especialmente en la región de la Sierra Maestra. La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 8.0 Richter en el sector conocido como Oriente 1 (Comisión Ad Hoc, 1991).

#### **Zona Sismogénica Cauto – Nipe.**

La zona sismogénica Cauto - Nipe está asociada a una zona de fractura de dirección Suroeste – Noreste, que parte de las inmediaciones de Niquero – Cabo Cruz, sigue por todo el borde Norte de la Sierra Maestra hasta la Bahía de Nipe prolongándose en el mar. Esta estructura, según investigaciones geólogo-geofísicos realizadas en ella, se representa como una falla normal hacia el lado de la depresión Cauto Nipe, con ángulos de buzamiento de 60 - 80 grados. Su extensión alcanza los 270 Km. 42 aproximadamente con una profundidad media de 30 Km. El ancho de esta estructura se estima entre los 20 y los 30 Km. La liberación de la energía en esta estructura se ha puesto de manifiesto con la ocurrencia de terremotos de 5.0, 7.0 y 8.0 grados de intensidad en la escala MSK, siendo los sismos más importantes, los que han afectado a la ciudad de Bayamo (Chuy, 1999) en los años 1551 (8.0 grados MSK) y 1624 (7.0 grados), así como otros dos ocurridos en 1987 y 1988 (ambos de 5.0 grados MSK). Desde el punto de vista morfotectónico esta zona constituye un límite del sistema tectónico de interplacas, sirve de límite de macrobloques morfotectónicos con contrastes geomorfológicos a ambos lados de estos. La sismicidad de esta zona se puede considerar como no homogénea, distinguiéndose varios sectores con mayor concentración de epicentros. La magnitud máxima

estimada que puede esperarse para la zona es de 7.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991). Es de destacar que, desde el punto de vista de la peligrosidad sísmica, se consideran zonas activas de importancia locales, a distancias medias y lejanas. Sin embargo, desde el punto de vista de la actividad sísmica manifestada en la historia sísmica conocida de estas estructuras durante, prácticamente 500 años, la estructura activa Sabana 1 (Figura 4) se ha destacado particularmente en su sector Moa – Baracoa y la estructura Cauto – Nipe en su sector Bayamo – Cabo Cruz; por lo que, de forma práctica, la mayor incidencia sobre esta zona tiene una correlación significativamente alta con la zona Oriente.

#### **Zona Sismogeneradora Purial.**

En cuanto al trazado coinciden aproximadamente todos los autores, pero manifiestan discrepancias en cuanto a su potencialidad. Variando el mismo entre 4,9 y 6,5 grados de magnitud Richter. 43 La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 6.5 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

#### **Zona Sismogeneradora Baconao.**

Existe discrepancia respecto a su potencialidad y trazado por lo que algunos autores la consideran una sola que se extiende transversalmente desde la costa sur hasta la norte Chuy, T. J y Álvarez, J.L. (1995): (1997), mientras que Obera (1985) la considera en 2 ramas independientes, pero sólo hasta su intersección con Cauto - Nipe. En la Figura 7 solo se representa esta parte, aunque siguiendo el trazado de la Comisión Ad Hoc (1991). La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 7.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

#### **Zona Sismogeneradora Sabana.**

La zona Sismogeneradora Sabana es la porción Oriental de la estructura conocida como Norte Cubana que tiene una extensión total de casi 1000 km. La dislocación se establece en muchos perfiles sísmicos transversales a lo largo del talud Norte Cubano los que detectaron desplazamientos de hasta 300 m de salto vertical. La estructura se encuentra dislocada por las fallas s internas del territorio cubano con dirección Caimán SO-NE y NS. Generalmente se detectó como un escalonamiento

de fallas normales con dirección NE separados de 10-15 km. Su edad se considera postmiocénica. Esta estructura constituye un límite del sistema tectónico interplacas y presenta un contraste significativo entre el borde nororiental del megabloque cubano y la depresión submarina de sutura del Canal Viejo de Bahamas. La sismicidad de esta zona es bastante significativa en volumen, distribuyéndose fundamentalmente 44 en los lugares de intersección con las fallas que la cortan de dirección SO-NE, lo cual hace que se diferencien tres sectores:

- Un sector oriental que se prolonga al este desde la Bahía de Nipe, que se diferencia por su expresión geomorfológica fundamentalmente y que se relaciona con la falla Sabana.
- Un sector central desde la Bahía de Nipe hasta Nuevitas.
- Un sector occidental que se extiende hacia el oeste desde la Bahía de Nuevitas. Todos los autores coinciden en su trazado a todo lo largo de la costa norte cubana; pero no en cuanto a su potencialidad, variando la misma entre 5,3 y 7,0 de magnitud Richter. La sismicidad de esta zona es bastante significativa en volumen, distribuyéndose fundamentalmente en los lugares de intersección con las fallas que la cortan de dirección SO-NE. La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 7.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

### **Zona Sismogeneradora Santiago - Moa.**

Esta zona sismogeneradora está asociada a una fractura de dirección SO-NE con una extensión de 150 Km aproximadamente. Se expresa claramente en los campos físicos, sobre todo en los mapas gravimétricos, dislocando incluso a la falla Oriente y probablemente a la falla Sabana. La actividad sísmica de esta estructura se manifiesta fundamentalmente en la intersección con las fallas que la cortan transversalmente de dirección NO-SE. En superficie se reflejan claramente sus extremos (Cuenca de Santiago y Graben Sagua). Esta zona tiene un ancho de 7 a 15 Km. y una profundidad entre 25 y 30 Km. con movimiento lateral – vertical (Arango, 1996). Geomorfológicamente se plantea como un límite de morfoestructura de decena de kilómetros de extensión, es límite también de bloques y mesobloques morfotectónicos indistintamente, reflejándose su actividad en las diferencias de altura de la superficie de nivelación (20 - 45 m) y en el carácter y tendencia de los

movimientos neotectónicos. La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 5.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

### **Zona Sismogeneradora Cauto-Nipe o Nipe Guacanayabo.**

La zona sismogeneradora Cauto - Nipe o Nipe - Guacanayabo está asociada a una zona de fractura de dirección SO-NE, que parte de las inmediaciones de Niquero - Cabo Cruz, sigue por todo el borde Norte de la Sierra Maestra hasta la Bahía de Nipe prolongándose en el mar. Esta estructura es también conocida como falla Cauto por algunos. La falla Cauto, según investigaciones geólogo-geofísico realizado en esta zona, se representa como una falla normal hacia el lado de la depresión Cauto Nipe (340grados), con ángulos de buzamiento de 60 - 80 grados. Su extensión alcanza los 270 km. Aproximadamente con una profundidad media de 30 km. El ancho de la zona de falla se estima entre los 20 y los 30 km., presentando un movimiento lateral vertical. La potencialidad sísmica de esta zona es menor que la anteriormente descrita, aunque no deja de ser importante. La liberación de la energía en esta estructura se ha puesto de manifiesto con la ocurrencia de terremotos de 5.0, 7.0 y 8.0 grados de intensidad en la escala MSK, siendo los sismos más importantes los que han afectado a la ciudad de Bayamo (Chuy, 1999) en los años 1551 (8. grados MSK), 1624 (7.0 grados) y dos en 1987 y 198846 (ambos de 5.0 grados). Desde el punto de vista morfoTECTÓNICO esta zona constituye un límite del sistema tectónico de interplacas, sirve de límite de macrobloques morfoTECTÓNICOS con contrastes geomorfológicos a ambos lados de estos. La sismicidad de esta zona se puede considerar como no homogénea, distinguiéndose varios sectores con mayor concentración de epicentros. La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 7.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

### **1.15. Procesos geodinámicas**

Dentro de los fenómenos más importantes que se ponen de manifiesto en el sector de estudio están:

**Erosión:** Se debe al desprendimiento y transporte de los detritos rocosos ocasionados por el escurrimiento de las precipitaciones atmosféricas lo que



ocasiona un amplio desarrollo del acaravamiento, la dirección de las mismas está condicionada por las condiciones estructurales de los suelos.

Es un proceso, que, aunque se produce de forma natural en la potente corteza laterítica, se ha visto incrementado por la actividad antrópica, vinculada a la minería a cielo abierto y a la deforestación. Se observa, además, un amplio desarrollo del acaravamiento, que aumentan sus dimensiones rápidamente en el tiempo (Figura 1.9. La dirección de las cárcavas está condicionada fundamentalmente por las condiciones estructurales de los suelos residuales.



Figura 1.9. Fotos que exponen los elementos de la erosión en el territorio de Moa

**Meteorización:** El intemperismo es un proceso que, en general, degrada las rocas, cambia su composición, reduce su resistencia y, en ocasiones, conduce a la formación del suelo. En Moa, se presenta muy activo, a causa de la fuerte irradiación solar, los cambios climáticos, de temperatura, las frecuentes e intensas lluvias y la presencia de microorganismos litófilos. Los procesos del intemperismo desencadenan otros eventos que constituyen amenazas y riesgos (la erosión, los derrumbes y los deslizamientos)

**(Anexo 1)** Tabla 1.2 Clasificación de las rocas y suelos desde el punto de vista geotécnico.

Uno de los mayores riesgos asociados al intemperismo es la erosión, pues las rocas deleznales y los suelos son fácilmente transportados por las aguas de lluvia, provocando la contaminación de las aguas y la pérdida de fertilidad de los suelos, entre otras afectaciones.

El intemperismo es uno de los fenómenos físico-geológico más importantes en el área de estudio está vinculado con la formación de potentes cortezas lateríticas sobre rocas ultrabásicas y básicas. Las condiciones climáticas, geomorfológicas, tectónicas y características mineralógicas de las rocas existentes favorecieron los procesos de meteorización química del medio. La corteza de meteorización está desarrollada principalmente sobre peridotitas de tipo harzburgitas serpentinizadas en distinto grado y por serpentinitas, las cuales ocupan la mayor parte del territorio y en menor grado por materiales friables producto del intemperismo químico. En la siguiente tabla 1 se expone una clasificación de las rocas y suelos que permiten evaluar desde el punto de vista geotécnico el tipo de roca/suelo, identificación en el campo y resistencia a la compresión simple.

La figura 1.9 que a continuación se expone es una columna del agrietamiento según la corteza de intemperismo de las rocas del territorio de Moa.

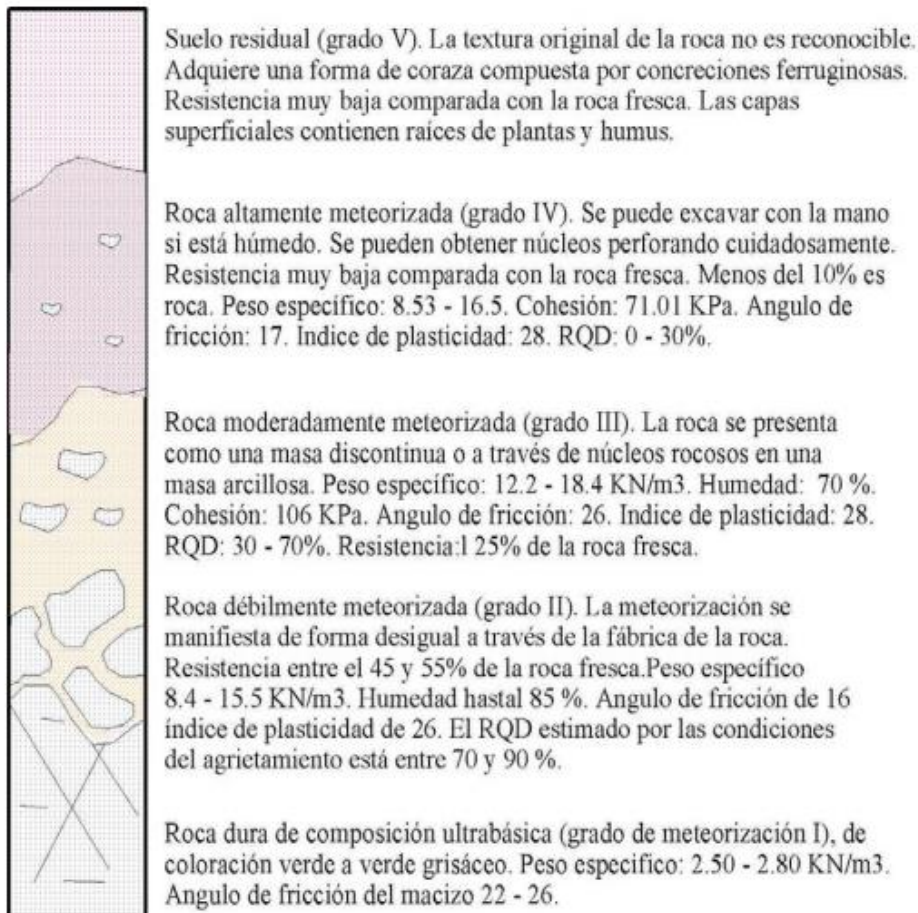


Figura 1.10. Perfil general lateríticos de los suelos de la región de Moa. La dimensión en vertical no está a escala.

**Deslizamientos:** Son los fenómenos más sobresalientes en el territorio de Moa. Los factores condicionantes y desencadenantes en la formación de deslizamientos en la región de Moa:

Por condiciones que favorecen a la formación de deslizamientos se entiende todo el conjunto de elementos naturales y antrópicos que facilitan la acción de fuerzas que alterarán el equilibrio en el macizo rocoso por consiguiente las causales de la formación de los deslizamientos y las condiciones que lo favorecen no siempre son las mismas. Tal diferenciación de conceptos puede parecer algo condicional, no obstante, la experiencia del estudio de los deslizamientos nos lleva a tal afirmación. Las condiciones que con mayor frecuencia favorecen la formación de deslizamientos en el territorio son: Las particularidades climáticas de la región; el régimen hidrológico de las cuencas, sus arroyos y ríos con sus tramos deslizables; el relieve del terreno; la estructura geológica de las laderas y taludes; los

movimientos neotectónicos y los fenómenos sísmicos a ellos asociados; las particularidades de las propiedades físico-mecánicas de las rocas y suelos y la actividad antrópica.

En el mapa figura 1.10 aparece el mapa de riesgos por deslizamientos del municipio de Moa

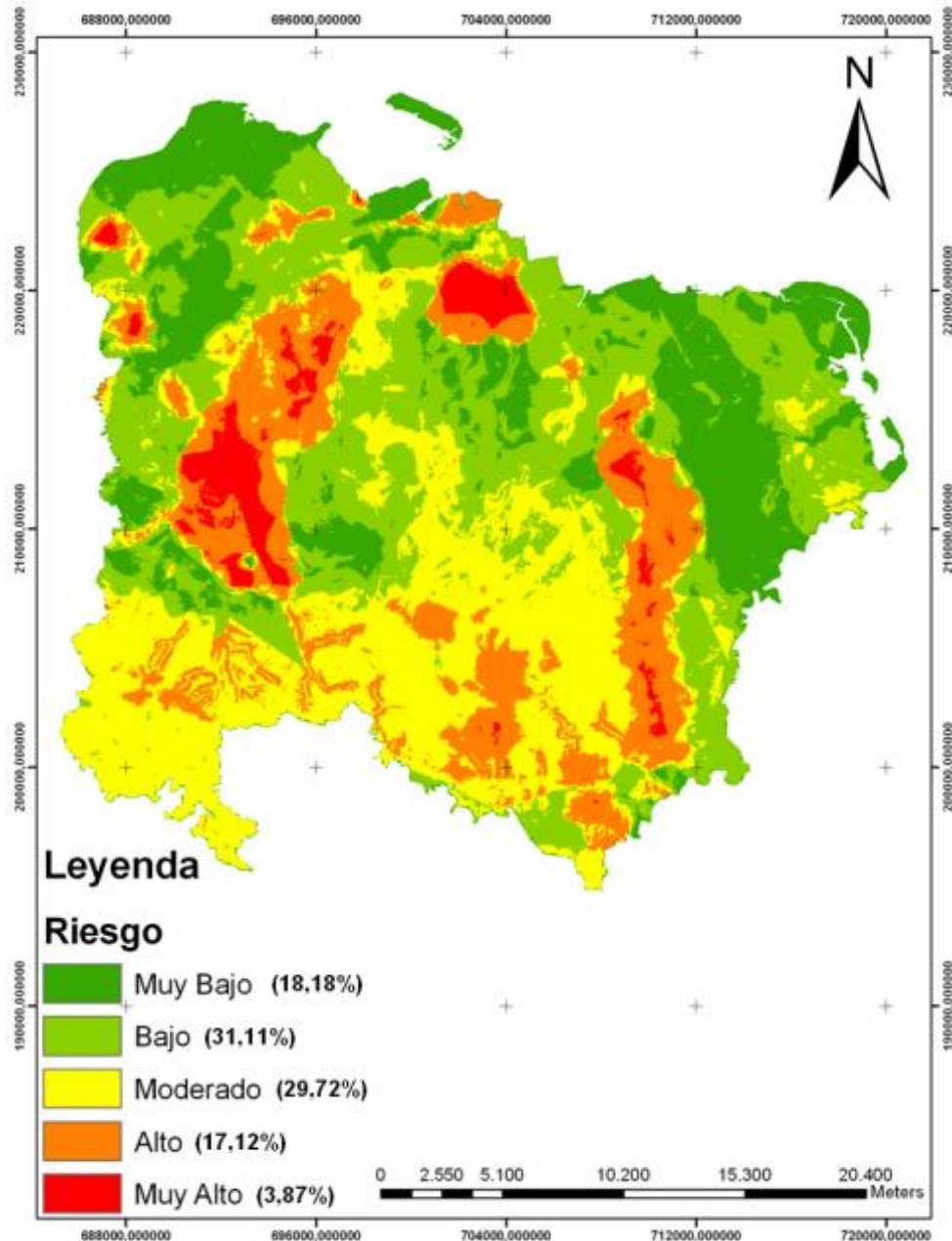


figura 1.10 Mapa de riesgos por deslizamientos del sector Este del municipio de Moa.

### **1.16. Condiciones geoambientales regionales**

El potencial ambiental en el Municipio, está relacionado con el valor natural presente en el territorio y la incidencia de la actividad minera sobre el medio ambiente. Los componentes que constituyen este potencial son: vegetación y fauna, atmósfera, agua, los suelos y el paisaje. Los principales indicadores que forman parte de cada componente son:

- Atmósfera: impacto atmosférico.
- Agua: impacto hídrico.
- Suelo: impacto al suelo.
- Vegetación y Fauna: impacto ecológico.
- Paisaje: calidad del paisaje.

El indicador de impacto atmosférico, toma en cuenta los niveles de ruido y de contaminación del aire, y las medidas que se toman en la mina para disminuir dichas afectaciones. A través del indicador de impacto hídrico, se analizan, tanto las afectaciones ocasionadas a las aguas superficiales y subterráneas por la actividad minera, como las afectaciones que producen dichas aguas al proceso de explotación de los recursos minerales. Dicho indicador está constituido por la cantidad y calidad de las aguas superficiales, (precipitaciones) y las aguas subterráneas, (manto freático). Las afectaciones que la explotación minera le ocasiona al suelo, son valoradas a través del indicador de impacto al suelo y se determina por la cantidad de suelos recuperados una vez concluida la actividad minera. Las afectaciones ocasionadas por la minería sobre el medio biótico y abiótico de la región, se valoran a través del indicador de impacto ecológico, el que está constituido por la vegetación, la fauna y cada una de ellas se valoran a partir del nivel de endemismo y diversidad presentes en la región.

Las urbanizaciones contemporáneas son transformadores activos del medio. El estudio de las regularidades de los cambios antropogénicos en los geoambientales urbanos presenta una gran importancia por la interacción que este realiza entre la litósfera, hidrósfera y atmósfera. Su mayor interés lo representa debido al crecimiento desordenado del área, profundidad y altura que experimentan estos.

Las nuevas construcciones provocan cambios en la naturaleza de la ciudad en particular para las condiciones ingeniero-geológicas, sobre todas, aquellas que

poseen un deficiente estudio geotécnico o ingeniero-geológico y su proyecto es el reflejo de este.

Algunos cambios del ambiente natural y sus indeseables consecuencias negativas influye en la conservación de las ciudades, alteran su régimen de desarrollo normal, de su explotación territorial, económica, de durabilidad de sus edificios, obras y de los monumentos históricos, símbolo actual de la ciudad. Ver Figura 1.11



Figura 1.11 Intenso arrastre de sedimentos de los ríos en particular río Yagrumaje.

### 1.17 Características ingeniero-geológicas regionales

Debido a la intensidad con que se manifiestan los procesos de meteorización en el territorio de Moa (predominando el intemperismo químico), se forma la típica corteza lateríticas, a partir de la cual surgen los yacimientos de tipo residual ricos en Ni, Fe y Co. La formación y desarrollo de estas cortezas están condicionadas por:

- Existencia de un macizo rocoso de composición ultrabásicas.
- Existencia de un clima cálido y húmedo.
- Presencia de pendientes favorables y que no permiten que el escurrimiento superficial favorezca la erosión y el transporte de los productos de la meteorización.

- Existencia de sistemas de discontinuidades de diversos orígenes.

Los potentes horizontes lateríticos de las cortezas reflejan la combinación de estos factores en el territorio, con particularidades en sus propiedades geotécnicas, considerándose en ocasiones suelos especiales. Estos suelos presentan particularidades específicas en cuanto a su densidad seca ( $d$ ), composición granulométrica e índice plástico ( $I_p$ ). La densidad seca ( $d$ ) se caracteriza en estos suelos por disminuir con respecto a la profundidad, aumentando a su vez el índice de poros ( $e$ ); la composición granulométrica manifiesta una variación con la profundidad similar a la densidad seca, es decir, es gruesa hacia la superficie disminuyendo con la profundidad estableciéndose una relación biunívoca entre la densidad y la composición granulométrica, correspondiendo a los suelos gruesos densidades altas y a los suelos finos densidades más bajas. (Riverón, 1996; Carmenate, 1996).

En el desarrollo de deslizamientos, ejercen una gran influencia las particularidades de las propiedades físico mecánicas de las rocas que forman las laderas y taludes, en su conjunto o algunas capas, intercalaciones, zonas, paquetes de capas, zonas de fallas tectónicas o que forman el relleno de las grietas y planos de debilidad. Son de suma importancia la resistencia de las rocas a la compresión, al cortante, así como las propiedades que caracterizan su tendencia a reducir la resistencia bajo el efecto de diversos factores con el tiempo.

### **1.18. Historia sísmica de Moa**

El primer reporte del que se tiene información de afectaciones sísmicas en la región data de 1502, cuando edificaciones construidas en las riberas del río Ozama (actual República Dominicana), fueron destruidos por un sismo violento, evaluado en VIII grados de intensidad MSK por Chuy y Álvarez. El valor máximo de magnitud alcanzado por los sismos ocurridos en la costa de la provincia Holguín no sobrepasa los III grados en la escala Richter (con la excepción de la zona de Moa). Han sido perceptibles sismos de intensidades y magnitudes mayores, cuyos epicentros se localizan en algunas de las zonas de la región oriental. La zona costera de Holguín también ha sufrido la influencia de sismos ocurridos en la isla La Española. En esta zona se reportan terremotos considerables, incluyendo uno de magnitud de 8,2R en

1942, cuya área de influencia abarcó toda la región oriental, asimismo el estimado para esta zona es de VI grados en la escala de Richter.

El terremoto de 1992 produjo una intensidad sísmica máxima de VI grados MSK en la ciudad de Moa y localidades cercanas, produciendo agrietamientos de paredes en escuelas y edificios de viviendas. Sus efectos fueron registrados en toda la provincia Guantánamo y algunos municipios de la provincia de Holguín, Santiago de Cuba y Granma.

Otros tres sismos fueron reportados por la población de Moa con intensidad de IV grados MSK. El primero de estos ocurrió el 2 de marzo de 1994 ( $M_s=5,5$ ), al N de la República Dominicana; el segundo ocurrió el 13 de septiembre de 1996 ( $M_s=3,3$ ) y el otro tuvo lugar el 19 de abril de 1988 ( $M_s=3,6$ ), en el Macizo Moa-Baracoa, a unos 20 Km. al sur de Moa, el cual tuvo un replica perceptible con intensidad de III grados MSK.

El 28 de diciembre de 1998 comenzó una larga serie sísmica, iniciada por un fuerte temblor ( $M_s=5,6R$ ) que generó intensidades de hasta VI grados MKS en esa ciudad, produciendo incluso agrietamiento en paredes de edificios de viviendas. Hasta el 4 de julio de 1999 se reportaron 16 eventos perceptibles y fueron registrados por la red de estaciones 437 temblores de diferentes rangos energéticos.

El 5 de julio de 1999 ocurre otro sismo ( $M_s=3,7$ ), a 15 Km. Al SW de la ciudad de Moa, a una profundidad de 15 Km., que produjo intensidades de V grados en la escala MSK en las ciudades de Moa y Sagua de Tánamo. También fue perceptible, aunque con una intensidad de IV grados MSK, en las localidades de Nicaro y Frank País. Las características de esta serie conducen a suponer que se trata de una continuación de la iniciada en diciembre de 1998. Desde el 28 de diciembre de 1998 hasta diciembre de 1999 se registraron 24 eventos perceptibles y un total de más de 1 200 réplicas, agrupadas fundamentalmente alrededor de la región de Moa.

La actividad sísmica actual, lleva a pensar que los escasos reportes de perceptibilidad de sismos anteriores al 1992 se deben a lo intrincado de la región y la baja densidad poblacional, siendo esta una ciudad joven.

El 20 de marzo de 1992 ocurre un terremoto de Magnitud 4.3 Richter, a 15 Km. de la costa al este de la ciudad de Moa, en los  $20^{\circ} 48'$  de Latitud Norte y los  $74^{\circ} 48'$  de Longitud Oeste frente a la localidad de Cupey, a una profundidad de 5 km. Este



sismo con una intensidad máxima de VI en la escala MSK en Moa, produjo agrietamientos de paredes en escuelas y edificios de viviendas de esta ciudad. Este es el primer terremoto de estas características que se registra en las cercanías de Moa.

En el período desde 1992 hasta el 19 de abril de 1998 se reportan tres sismos percibidos por la población. El primero de éstos, ocurrió el 2 de marzo de 1994 ( $M_s = 5.6$ ), al norte de República Dominicana, el segundo ocurrió el 13 de septiembre de 1996 ( $M_s = 3.3$ ) y el otro tuvo lugar el 19 de abril de 1998 ( $M_s = 3.5$ ), en el macizo Moa - Baracoa, a unos 20 Km. al sur de Moa, el cual tuvo una réplica perceptible con intensidad de 3.0 grados MSK (CENAI, 1999).

El 28 de diciembre de 1998 se registró un fuerte temblor ( $M_s = 5.5R$ ) ubicado al nordeste de Moa que generó intensidades de hasta VI grados MSK, provocó agrietamiento de paredes en viviendas de mampostería y edificios multifamiliares, siendo sentido por toda la población como una sacudida fuerte del terreno. En el Reparto Caribe provocó afectaciones en el Círculo Infantil, La escuela primaria Cuba Holanda, consistentes en grietas pasantes de paredes, caídas de repellos y desprendimientos de lámparas. Se registraron grietas en algunos de los edificios gran panel y en viviendas cercanas al río.

Desde el 28 de diciembre de 1998 hasta diciembre de 1999 se registraron 24 eventos perceptibles y un total de más de 1200 réplicas, agrupadas fundamentalmente en los sectores señalados anteriormente. Hasta el 4 julio de 1999 se reportaron 16 eventos perceptibles y fueron registrados por nuestra red de estaciones 437 temblores de diferentes rangos energéticos (CENAI, 2008). La actividad sísmica después de las series de terremotos de los años 1998-1999 ha continuado de manera significativa en la región del nordeste holguinero, siendo una de las zonas sísmicas del territorio nacional más activas del país, prueba de esto es que durante el año 2005 se registraron un total de 101 sismos, de ellos uno de 3.7 de magnitud en la escala de Richter, el de más alta energía registrado en ese año en todo el país. Los datos estadísticos de los sismos ocurridos en las zonas de monitoreo de la región oriental y en particular en Moa – Purial hasta el año 2014 reflejan que estas zonas han continuado activa. Figura 1.12 y Figura 1.13

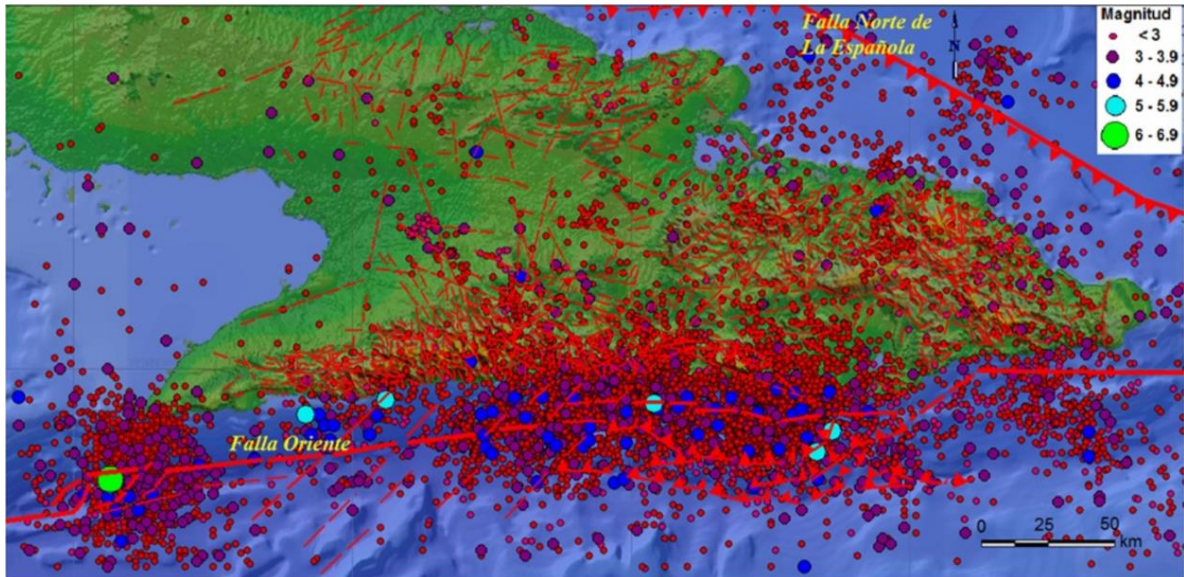


Figura 1.12. Mapa sismo tectónico de la región Oriental. Tomado de Tesis de Arango, E., CICESE, 2014.

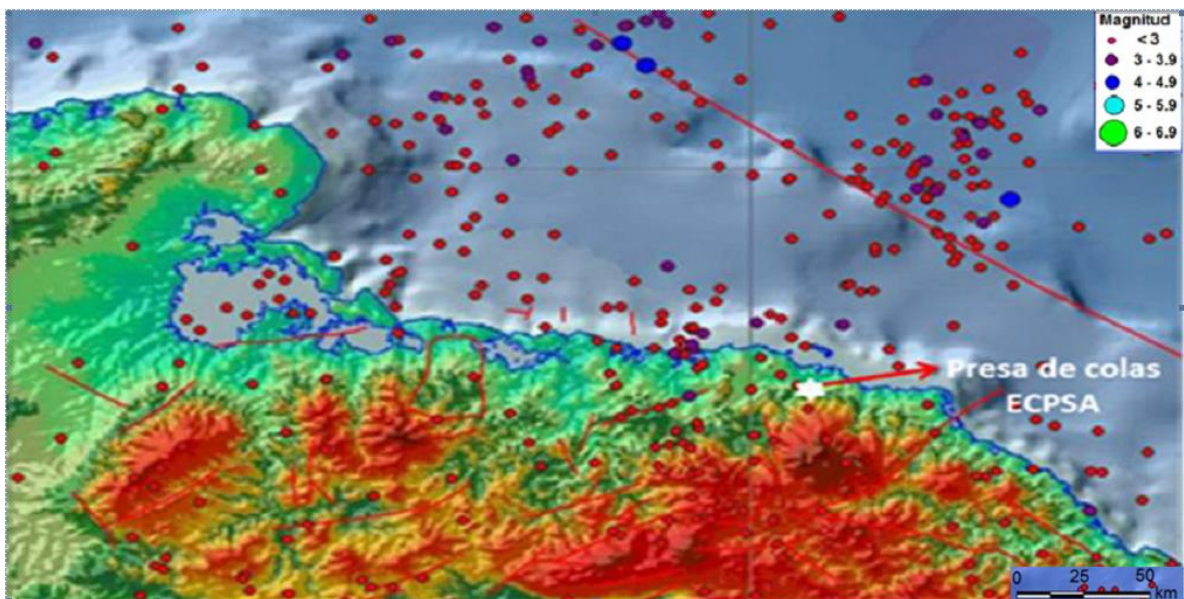


Figura 1.13. Mapa sismo tectónico del municipio Moa. Tomado de Tesis Doctoral Arango, E., CICESE, 2014.

Los estudios más recientes sobre el peligro sísmico se corresponden al proyecto valoración de la amenaza sísmica en la región minera del noreste de Holguín realizado por el CENAIS, IGP y GeoCuba, 2008-2009. En esta investigación se plantea que la estimación del peligro sísmico se basa en el conocimiento de dónde y con qué magnitud y frecuencia ocurren los eventos sísmicos en una región o área

determinada, así como se atenúan los efectos de los terremotos desde el foco o hipocentro hasta el sitio en cuestión. Históricamente por extrapolaciones se calcularon las intensidades a esperar en terremotos pasados, la cuales se presentan en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Afectaciones estimadas en la ciudad de Moa por terremotos con epicentro en diferentes zonas sísmo génicas.

Año	Magnitud (Ms)	Zona del epicentro	Intensidad MSK – EMS
1551	5.8	Bayamo	4.0
1624	5.2	Bayamo	3.0
1766	7.6	Santiago de Cuba	6.5
1842	8.3	La Española	7.0
1852	7.3	Santiago de Cuba	6.5
1887	7.9	La Española	7.0
1932	6.8	Santiago de Cuba	5.5
1946	8.1	La Española	5.0
1947	6.8	Santiago de Cuba	5.5
1992	4.5	Moa	6.0
1998	5.5	La Española	6.0

A partir de las bases de datos del CENAIIS se obtuvieron valores de aceleración horizontal pico, para el período de recurrencia de 475 años los que se representan en las Tablas 1.4y.1.5

Tabla 1.4 Períodos de recurrencia (años) o de retorno de las sacudidas en términos de aceleración horizontal pico (Ah) Moa. La intensidad equivalente (I) es válida para las escalas de intensidad MSK y EMS de uso en Cuba.

Períodos	Ah (g)	Ah (cm/s <sup>2</sup> )	I (MSK – EMS)
475	0.155	151.9	7.0
100	0.009	82.8	6.5

Tabla 1.5. Aceleraciones picos (% g) de los diferentes tipos de suelos (en las componentes horizontal y vertical) generadas para la distancia de la falla Norte de la Española a Moa, para magnitud 5.5 Richter. T en segundos es el tiempo a que aparecen los valores máximos; h componente horizontal y v componente vertical.

Suelos	Aceleración	T
S1 - h	0.191	13.34
S1 - v	0.118	14.10
S2 - h	0.209	14.42
S2 - v	0.119	14.42
S3 - h	0.230	14.42
S3 - v	0.125	14.42
S4 - h	0.359	12.31
S4 - v	0.213	10.48

Los valores presentados en las Tablas 1.4 y 1.5 están en el mismo orden energético, por lo cual pueden ser utilizados para estudios posteriores de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo, como lo establece la Directiva No 1 del 2010.

Como resultado de los estudios del IGP, CENAIS y GEOCUBA, e ISMM, 2008-2009 se pudo corroborar que la zona de mayor actividad sísmica y geodinámica en general se encuentra al Oeste de Moa, donde, tanto los valores de las mediciones de GPS por sus siglas en inglés (global positioning station) como los registros de sismos son más intensos. Al este de Moa se ponen de manifiesto efectos de distensión, con valores positivos de desplazamiento entre los puntos del polígono. Se verificó de igual manera que en toda el área de Moa donde se encuentran las industrias del Níquel existen fallas activas de diferente jerarquía, que, aunque no son sismo generadoras, si pueden causar asentamientos y deformaciones significativas a objetos de obras de estas instalaciones. Se calcularon, a partir del

modelo sismo tectónico elaborado para la región, los estimados de peligro sísmico regionales que deben tomarse como criterio para los estudios de vulnerabilidad sísmica de cada una de las instalaciones del Níquel y la elaboración de los planes de reducción de desastres, así como servir de punto de partida de los estudios para acometer nuevas inversiones en esta región (construcciones, instalaciones, etc.)

La figura 1.12 (**Anexo 2**) Muestra los principales sismos ocurridos en el siglo pasado, estos movimientos, aunque no provocaron pérdidas de vidas humanas si generaron daños y dieron lugar la aparición de grietas en los diques de colas de la ECPSA. La figura 1.13 muestra la falla ocurrida durante el sismo del 1998.

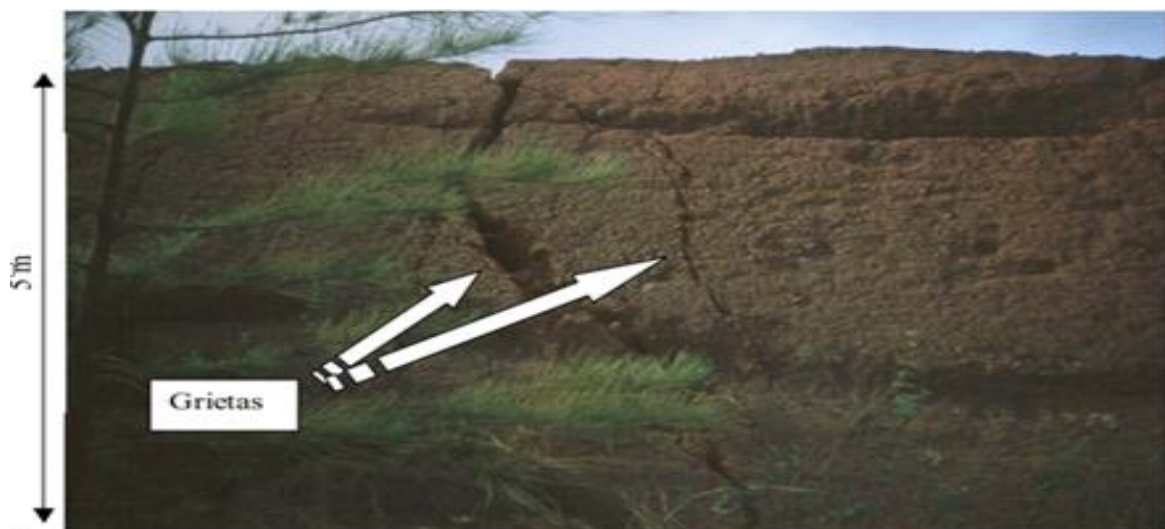


Figura 1.14. Foto de la falla ocurrida durante el sismo de 1998

## **CAPITULO II. METODOLOGÍA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS**

### **2.1. Introducción**

La provincia de Holguín, en particular el municipio de Moa, ha sido afectado por numerosos terremotos fuertes. Se hace necesario conocer la magnitud de los daños que un desastre similar al de Haití o Chile, pudiera ocasionar en las edificaciones de la ciudad minero metalúrgica, ya que la dimensión de los perjuicios depende, en gran medida, del grado de exposición al sismo. En consecuencia, es necesario realizar estudios sobre la vulnerabilidad sísmica de los edificios de la ciudad, por su importancia estratégica en la vida económica del país y la necesidad de mantener su integridad ante la ocurrencia de un evento sísmico de moderada y gran intensidad.

Los estudios de vulnerabilidad ayudan en la planificación de medidas previas y posteriores a un desastre natural, y se utilizan en la preparación del personal médico, paramédico y grupos de emergencia, lo que es una determinación anticipada de las necesidades de la población después del evento (alojamiento, alimentación, medicamentos y otros).

### **2.2. Estudio de caso: Reparto Rolando Monterrey**

La vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas en el reparto Rolando Monterrey aumentan el riesgo de sufrir daños ante la ocurrencia de terremotos, debido a factores como: tipo de construcción, topografía; entorno, la calidad de los materiales, el tiempo de construcción, el tipo de suelo de asentamiento, y el desconocimiento de las normas sísmicas del territorio por los constructores; falta de planificación urbana; el crecimiento demográfico y los niveles de desarrollo subnormales en áreas propensas a la acción de fenómenos inducidos por sismos. Variables como las mencionadas anteriormente, permiten evaluar la vulnerabilidad física de las viviendas de mampostería, cuya tipología estructural fue tomada en cuenta para el desarrollo de la investigación.

Con base a estos factores, se determinó el grado de vulnerabilidad, que podemos definir como la susceptibilidad de la vivienda a sufrir daños estructurales en caso de un evento sísmico determinado.

### 2.3. Clasificación de la vulnerabilidad sísmica en el reparto Rolando Monterrey

La vulnerabilidad sísmica puede clasificarse según los elementos que se deben evaluar y de acuerdo con la forma de estimación del grado de daño esperado en las estructuras.

Según los elementos por evaluar se clasifica en estructural, no estructural, funcional, social y sistemática; de acuerdo con la forma de estimación de daño, se clasifica en observada, calculada.

La vulnerabilidad que se determinó en la presente investigación fue la estructural e híbrida.

Basado sobre los datos del Departamento de Vivienda y Planificación Física, se realizó un inventario de las edificaciones en los barrios del reparto Rolando Monterrey. Se determinó la tipología constructiva, el estado técnico, año de construcción y junto a otros aspectos se determinó la calidad de la estructura mediante los estudios de vulnerabilidad sísmica, teniendo en cuenta la particularidad y cantidad de información disponible, se identificaron las construcciones consideradas como típicas y de distribución homogénea.



Figura 2.1 Reparto Rolo Monterrey.

El reparto Rolando Monterrey es una zona periférica de la ciudad de Moa, de acuerdo con los datos del censo de población del 2010, el reparto cuenta una población total de 5635 habitantes para un total de 1301 viviendas. Figura 2.1.

Debido al gran número de viviendas fue necesario seleccionar los sitios del estudio teniendo en cuenta la noción de vulnerabilidad sísmica, estos sitios críticos se ubicaron de acuerdo con los conceptos del Plan de Ordenamiento Territorial. Barrios

no legalizados en el sector, zonas de alta vulnerabilidad, amenazas por inundación, condiciones de inestabilidad del terreno, entre otros.

#### **2.4. Inspección visual**

Se observaron algunos detalles constructivos en las viviendas como:

- Calidad de los materiales de construcción.
- Calidad o falta de control de la mano de obra.
- Defectos estructurales tanto de forma como de cantidades de refuerzo.
- Fallas por la forma irregular y o la dimensión de las construcciones es desproporcionada.
- Fallas de orden socioeconómico por necesidad de realizar la vivienda por autoconstrucción sin supervisión de personal idóneo.

#### **2.5. Procesamiento de la información**

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, a partir de los datos obtenidos de los trabajos de campo, se le asignó una calificación de acuerdo a los siguientes colores:

- Verde: vulnerabilidad baja;
- Amarillo: vulnerabilidad media;
- Naranja: vulnerabilidad alta y
- Rojo: vulnerabilidad muy alta

La metodología empleada en la presente investigación está basada en métodos cualitativos, caracterizados por su rapidez, sencillez y efectividad y representa una investigación de carácter descriptivo.

El trabajo ha sido dividido en diferentes etapas como sigue:

##### **1. Etapa preliminar:**

Consistió en una recopilación bibliográfica y la revisión de informes ingeniero – geológicos realizados en el municipio y fuera del mismo. Se analizaron y se tomaron las descripciones geológicas, las propiedades de los suelos y la profundidad del nivel freático para categorizar y clasificar los suelos y rocas desde el punto de vista ingeniero geológico.



## **2. Etapa del campo:**

Se analizaron los apartamentos de los edificios de manera independiente; los edificios como un todo, observándose el estado de las estructuras, las condiciones de agrietamiento, el uso de equipo de cocinas inflamables, las filtraciones en cada apartamento, la simetría de las edificaciones, el número de habitante por cada apartamento, se observó el tipo de suelo, la tipología constructiva, la cantidad de tanques en cada apartamento y en las azoteas y el año de construcción de cada edificación.

## **3. Representación e interpretación de los resultados obtenidos:**

Se analizaron y se procesaron los datos de campo para la confección del mapa de vulnerabilidad sísmica que permitió esclarecer con mayor grado, la situación sísmica del reparto Rolando Monterrey.

### **2.6. Parámetros de análisis de vulnerabilidad del reparto Rolando Monterrey**

El establecimiento de los parámetros de mayor influencia en la vulnerabilidad sísmica sobre una estructura de mampostería se realizó en cuatro etapas:

1. Identificación de los parámetros de mayor relevancia en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería, propuestas internacionalmente por otras metodologías.
2. Estudio del comportamiento sísmico de algunas configuraciones de estructuras de mampostería.
3. Establecimiento de las clasificaciones o las condiciones de calidad de cada parámetro.
4. Evaluación de la importancia de cada uno de los parámetros, al igual que las clasificaciones a partir de las opiniones de expertos.

### **2.7. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería**

Hoy en día existen numerosas metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica a gran escala que se aplican a edificaciones de mampostería. Entre ellas se encuentran: FEMA-154 (1988), EMS-98 (European Seismological Commission, 1998), índice de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini (1984), Cardona y Hurtado (1990), AIS (AIS y FOREC, 2001) y la ATC-13 (Applied Technology Council, 1985).

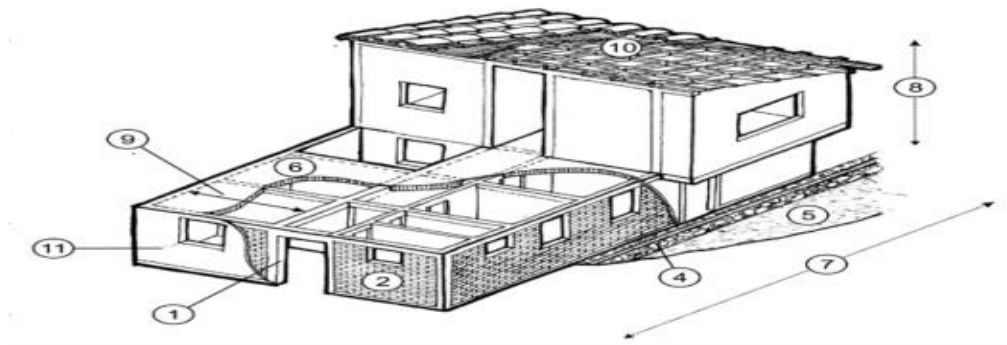
Éstas se basan en parámetros asociados con características geométricas, constructivas, estructurales, de cimentación, de suelos y de pendiente de las edificaciones. A partir del análisis de los parámetros que cada una de las metodologías incorporadas se identificaron los más relevantes, como son el tipo y la capacidad del sistema estructural, la irregularidad en planta y la elevación y el tipo de suelo.

## 2.8. Estudio del comportamiento sísmico de estructuras de mampostería en el reparto Rolando Monterrey

Registrados los indicadores relevantes, en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería, se realizaron estudios de caracterización dinámica y de respuesta ante la acción del sismo, con el objetivo de analizar la influencia de los parámetros en su comportamiento ante la acción de un sismo.

Este análisis fue realizado a una muestra de edificaciones de sistemas estructurales de mampostería del reparto Rolando Monterrey. De los resultados obtenidos se observó la gran influencia que tiene la falta de reforzamiento de las edificaciones de mampostería, la falta de distribución de las columnas en las dos direcciones, y la irregularidad tanto en planta como en elevación.

De esta manera, se identificaron inicialmente once parámetros como los de mayor influencia en la valoración de la vulnerabilidad sísmica. Ver Figura 2.1



(1) Sistema estructural

(2) Calidad del sistema resistente

(3) Resistencia estructural

(4) Posición de la cimentación

(7) Configuración en planta

(8) Configuración en elevación

(9) Distancia máxima entre los muros

(10) Tipo de cubierta

(5) Suelo y pendiente del terreno

(11) Estado de conservación

(6) Diafragmas horizontales

Figura 2.2 Determinación de los once parámetros para la valuación de la vulnerabilidad en las edificaciones.

La definición de los parámetros se complementó finalmente con el estudio del comportamiento estructural de la mampostería y las opiniones de expertos. De esta manera los once parámetros seleccionados inicialmente fueron ratificados.

### **2.9. Determinación de las clasificaciones de cada parámetro.**

Una vez seleccionados los once parámetros del modelo, a cada uno de ellos se le dividió en tres o cuatro condiciones de calidad (A, B, C y D) (Maldonado, Chio y Gómez, 2007). Así, por ejemplo, según el análisis efectuado para los diferentes sistemas estructurales planteados se estimaron los siguientes grados de vulnerabilidad para el parámetro 1, que considera el sistema estructural:

A. Edificación en mampostería reforzada o confinada en todas las plantas.

B. Edificación en mampostería que no posee vigas de confinamiento en alguna de las plantas o no posee columnas de confinamiento en los pisos superiores.

C. Edificación en mampostería que no posee columnas de confinamiento en ninguna de las plantas o el piso inferior.

D. Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en ninguna de las plantas.

Después de realizadas las clasificaciones de los once parámetros se determinó el grado de vulnerabilidad de cada una de las clasificaciones dentro del parámetro y, a su vez, se valoró la importancia de estos dentro de la estimación de la vulnerabilidad total de una edificación. Para tal fin se acudió a la experiencia y opinión de expertos en el tema, las opiniones de los diferentes expertos fueron recopiladas mediante encuestas a expertos de la región, quienes cuentan con un buen conocimiento del tema y una adecuada experiencia en el campo de trabajo.

## 2.10. Modelo de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería

El modelo propuesto se construye a partir de una representación íntegra de la información necesaria para obtener una cuantificación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería llamado índice de vulnerabilidad. Su cálculo está basado en la relación del grado de vulnerabilidad de los diferentes parámetros y su respectivo valor de importancia (Bandemer y Gottwald, 1996) (ecuación 1).

$$IV = \frac{\sum_{i=1}^{11} K_i W_i}{\sum_{i=1}^{11} W_i} \quad (1)$$

Donde:

IV: índice de vulnerabilidad sísmica de la edificación de mampostería.

Ki: medida del grado de vulnerabilidad de la categoría del parámetro i.

Wi: medida de la importancia asociada con el parámetro i con respecto a los demás parámetros.

## 2.11. Variables lingüísticas utilizadas

En la realización de las encuestas y en el cálculo del índice de vulnerabilidad fue necesario definir adecuadamente las variables lingüísticas para describir los diferentes grados de vulnerabilidad. Éstas se usaron para calificar las condiciones de calidad impuestas a cada parámetro. Así, las seleccionadas para calificar los grados de vulnerabilidad fueron nada, poco, medianamente, muy y absolutamente vulnerable. Cada una de estas variables requirió la asignación de un valor numérico, escogido arbitrariamente en una escala comprendida entre 0 y 10. Los valores numéricos asignados a cada variable para recopilar la información de los expertos fueron:

- 0 Nada vulnerable
- 3 Poco vulnerable
- 5 Medianamente vulnerable
- 7 Muy vulnerable
- 10 Absolutamente vulnerable

A partir del número de respuestas favorables de las encuestas, se obtuvo la siguiente clasificación de las estructuras.

**A:** muros en buena condición, sin fisuras visibles.

**B:** muros con fisuras no extendidas.

**C:** muros con fisuras entre 2 y 3 mm de ancho o un estado mediocre de conservación de la mampostería.

**D:** muros con fisuras con más de 3 mm de ancho o con un fuerte deterioro en sus materiales constituyentes.

### **2.12. Forma de aplicación del método**

Para aplicar el modelo es necesario realizar el inventario de las edificaciones de mampostería que se desean evaluar. Este inventario se lleva a cabo mediante un formulario (Anexo) que contiene todas las características para evaluar los once parámetros necesarios para determinar el índice de vulnerabilidad de la edificación respectiva.

### **2.13. Determinación de las cargas sísmicas**

Pesos y cargas a considerar para la determinación de las solicitaciones por sismo. Clasificación de los edificios según el destino y el tipo estructural. Vinculación en planta de los distintos elementos resistentes. Ductilidad de la estructura. Influencia del terreno en la importancia de las cargas por sismo. Métodos para calcular el Periodo Propio. Coeficiente Sísmico. Corte sísmico en la base. Distribución del corte sísmico en altura. Vuelco. Torsión en planta. Método estático. Conceptos sobre análisis modal.

### **2.14. Cálculo del peso del edificio**

El sismo tiene la característica de producir aceleraciones instantáneas, aceleraciones que generan grandes fuerzas, y que afectan a los componentes de la estructura del edificio de modo diferente a la acción de las cargas gravitatorias. Estas fuerzas sísmicas dependen linealmente de la masa del edificio y se expresan con la fórmula:

**F = M x A** donde es:

**F** = fuerza inducida por la aceleración

**A** = aceleración producida por el sismo

**M** = masa del edificio

Por este motivo es necesario conocer el peso del edificio, que incluye el peso de la estructura, cierres, pisos, revestimientos, etc. Debe considerarse el peso de todo lo fijado permanentemente al edificio. Las cargas móviles se computan en un porcentaje del total de sobrecarga prevista para el análisis estático. Los porcentajes a usar, según el tipo de sobrecarga, están definidos en el Código de Construcciones Sismo Resistentes. El peso se calcula piso por piso, computando el peso del entrepiso (losa), vigas, la mitad de la longitud de los tramos de columnas sobre y bajo cada entrepiso. Computados los volúmenes de los componentes fijos del edificio, estructurales o no, multiplicados por los pesos específicos, se obtiene el peso del edificio. A este peso debe sumarse la sobrecarga reglamentaria según el código, que se incluye en el análisis de las cargas sísmicas.

Resumiendo, el peso a considerar está compuesto por:

- Peso estructura.
- Peso muros, tabiques divisorios, cierres.
- Peso pisos y revestimientos.
- Peso de otros elementos fijos (maquinarias, etc.).
- Peso agua en depósitos de reserva.
- Porcentaje sobrecarga según código.

En los edificios comunes, es suficiente agrupar las cargas en los niveles de entrepisos. Se incluirá el peso propio del entrepiso, muros y otros elementos existentes en su zona de influencia (figura 2.3).

El centro de gravedad del conjunto se supondrá ubicado en el plano del entrepiso.

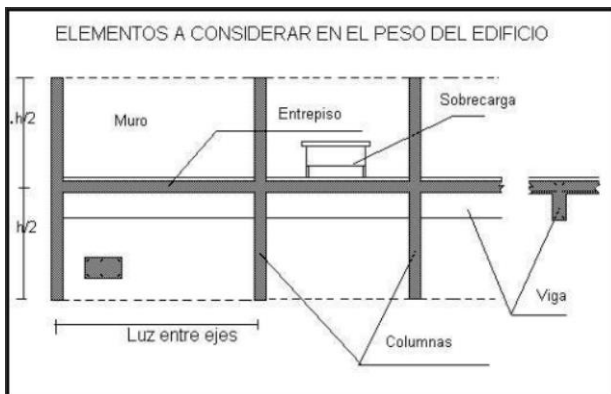


Figura 2.2. Elementos a considerar en el peso del edificio.

**El peso de cada entrepiso se calcula con:**

**$Q_i = G_i + p \times P_i$**  siendo:

**$Q_i$**  = Peso total del piso.

**$G_i$**  = carga permanente que actúa en el piso.

**$P_i$**  = carga accidental que actúa en todo o en parte del entrepiso.

**$p$**  = coeficiente de participación de la sobrecarga accidental.

Los valores del coeficiente [ $p$ ] son: (ítem 4.5.2.1)

**$p = 0$**  para azoteas y techos inaccesibles

**$p = 0,25$**  para locales donde no es usual la aglomeración de personas o cosas.  
(Edificios de departamentos u oficinas, hoteles, etc.)

**$p = 0,50$**  para locales donde es usual la aglomeración de personas o cosas.  
(Templos, museos, bibliotecas, cines, teatros, etc.)

**$p = 1$**  Tanques de agua, silos y otro tipo de recipiente.

### **2.15. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica**

Se determinó la vulnerabilidad sísmica de la zona de estudio a partir de una Guía de vulnerabilidad del fondo Habitacional (Anexo 3). La misma fue facilitada por el ISMM y modificada en dependencia de la información que se necesite. Esta guía determina la tipología constructiva, sistema estructural etc., además determina la vulnerabilidad sísmica de las viviendas teniendo en cuenta una serie de aspectos y detalles que evalúan con el mayor cuidado posible, estos son:

#### **Aspectos Geométricos (Anexos 4)**

- Irregularidad en planta de la edificación.
- Cantidad de muros en las dos direcciones.
- Irregularidad en altura.

En las tablas se muestran las variaciones de la vulnerabilidad sísmica en dependencia de los diferentes aspectos a tener en cuenta en los distintos tipos de construcciones (**Anexo2**).

# CAPITULO III. VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE MOA: REPARTO ROLOANDO MONTERREY.

## 3.1. Introducción:

En este capítulo se presenta los resultados del análisis de vulnerabilidad del reparto Rolando Monterrey de la ciudad de Moa ante los eventos sísmicos.

El área de estudio del Reparto Rolando Monterrey está situada sobre rocas ultrabásicas serpentinizadas del complejo de cúmulos ultramáficos de la asociación ofiolítica representados por peridotitas fuertemente tectonizadas y cizalladas. El complejo ofiolítico en general se encuentra emplazado de forma alóctona sobre el Arco Volcánico Cretácico formando escamas muy deformadas tectónicamente, agrietadas y dislocadas debido al propio proceso de emplazamiento. La actividad tectónica reciente de la región oriental, acentúa el carácter disyuntivo de las deformaciones presentes, reactivando fallas con movimientos verticales y horizontales, lo que es característico de una estructura en bloques con movimientos de carácter basculatorio.

Para realizar la vulnerabilidad sísmica se realizó el levantamiento de 265 viviendas para un total de 1301 y los resultados del análisis se dan a continuación.

### Aspectos geométricos

**Irregularidades en planta:** La gráfica 3.1 indica que el 58% de las viviendas inventariadas tienen forma irregular. En algunos casos, el largo es tres veces mayor que el ancho. En cuanto a la irregularidad en planta, son deficientes, no existen simetrías, tienen aberturas excesivas para ventanas sin confinamiento.

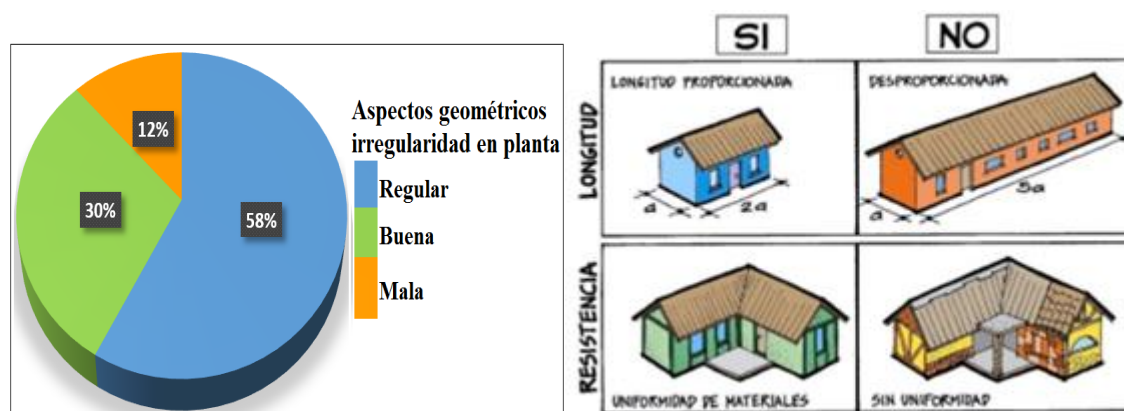


Figura 3.1. Aspectos geométricos e irregularidades en planta.



Las normas cubanas recomiendan que la planta debe ser lo más simétrica posible y deben evitarse las plantas con longitudes 3 veces mayores que el ancho. Cuando no se cumple esta recomendación, la estructura debe dividirse en bloques razonablemente simétricos por medio de juntas; también las aberturas de puertas y ventanas deben ser aproximadamente simétricas.

Geometrías irregulares o asimétricas en el plano horizontal como vertical causan un mal comportamiento cuando la vivienda es sacudida por un sismo. Una geometría irregular favorece que la vivienda sufra torsión o que intente girar en forma desordenada. La falta de uniformidad facilita que en algunas esquinas se presenten intensas concentraciones de fuerza, que pueden ser difíciles de resistir.

Según la gráfica 3.2, el 30 % de los muros no son continuos en altura desde su cimentación hasta la cubierta. De este porcentaje, las viviendas tienen columnas solo en el primer piso. En las que han sido ampliadas en dos o más pisos, el elemento estructural no tiene continuidad y, en muchos casos, la mampostería no tiene confinamiento. Dado que en algunos casos las alturas o la distancia libre vertical entre diafragmas no pueden exceder 25 veces el espesor del muro, para esta limitación debe considerarse verticalmente la distancia entre la cimentación y la losa de entrepiso o viga de amarre. En algunos casos se presenta esta limitación.

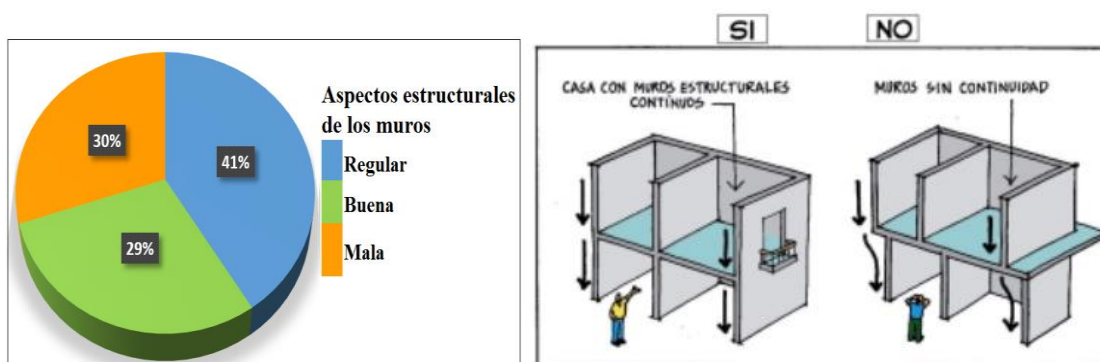


Figura 3.2 Aspectos estructurales de los muros

## Aspectos estructurales

Los rangos de vulnerabilidad media, indican que los barrios inventariados de la localidad están en riesgo ante un evento sísmico. Según los datos obtenidos en el aspecto estructural, se puede ver que el porcentaje de 30 %, asumido para el porcentaje estructural, es un valor que refleja la deficiencia de los elementos estructurales, por la no continuidad de ellos, por la cantidad de mampostería sin arriostamiento, el peso de la placa de entepiso, frente a los elementos que la soportan, el peso de la cubierta que se utiliza es teja de asbesto o zinc con elementos sueltos como ladrillos o elementos de hierro no anclados.

### Vigas de amarre y coronamiento

De acuerdo con la gráfica 3.3 el 57 % de las viviendas no tienen columnas y vigas que las arriostren, y las que tienen elementos estructurales no cumplen su función. La mayoría de los muros de mampostería inventariados de las viviendas no tienen confinamiento mediante columnas y vigas de concreto reforzado. Las viviendas no disponen de vigas de amarre y vigas de coronamiento.

El confinamiento de los muros mediante vigas y columnas de amarre es fundamental para que los muros soporten las fuerzas inducidas por el sismo.

Las columnas y vigas se construyen después de haber levantado en su totalidad el muro que van a confinar.



Figura 3.3. Aspecto estructural entre las vigas y columnas

### Amarre de cubiertas

La estructura de cubierta debe estar anclada a las vigas que confinan y amarran los muros. Esto se debe hacer dejando pernos o hierros de  $\frac{1}{4}$  de pulgada en la parte superior de la viga de amarre superior de los muros.

Se deben evitar las cubiertas pesadas y trate de usar láminas o tejas livianas.

La gráfica 3.4 revela que el 40% de las cubiertas de las viviendas no están debidamente amarradas. En algunos casos, están sin ningún amarre, y para evitar que el viento se las lleve, les colocan ladrillos o escombros de construcción.



Figura 3.4. Aspecto estructural de amarre de cubiertas

### Tipo de material de cubierta

Con respecto al tipo de material empleado en las cubiertas, la gráfica 3.5 indica que en el 75% de las viviendas, la cubierta es de concreto, el 4% de teja de zinc. Como se observó en el inventario, muchas están sueltas y solamente las sujetan ladrillos o materiales de construcción.

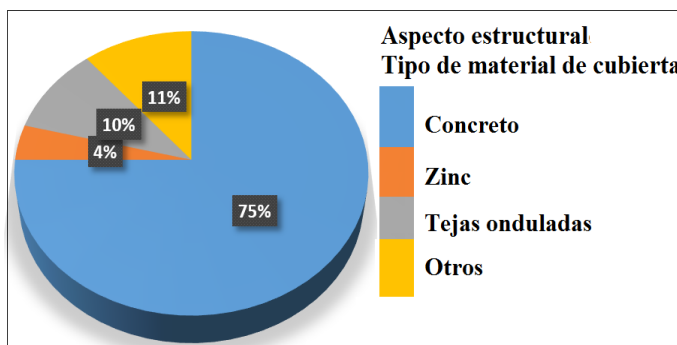


Figura 3.5. Aspecto estructural, tipo de material de cubierta.

### Placa de entrepiso

Las losas de entrepiso deben ser lo suficientemente rígidas para garantizar que todos los muros se muevan uniformemente en caso de sismo y las cubiertas deben ser estables ante las cargas laterales, razón por la cual es necesario arriostrarlas y anclarlas a los muros o vigas de soporte. Si la losa se construye con elementos prefabricados, estos deben unirse entre ellos y deben conectarse a las vigas que rodean la vivienda. El espesor mínimo de la losa depende del sistema de entrepiso utilizado y del tipo de apoyo o elementos de soporte de acuerdo con la siguiente tabla 3.1

Tabla 3.1. Tipo de losa y la condición de apoyo.

TIPO DE LOSA	CONDICIÓN DE APOYO		
	Simplemente apoyada	Un apoyo continuo	Continuo con voladizo
Maciza	L/20	L/24	L/10
Aligerada (Viguetas en una dirección)	L/16	L/18.5	L/8

En cuanto al material como placa de entrepiso, la gráfica 3.6 indica que el 55% de las viviendas utiliza placas aligeradas con bloque No. 5, El peso es muy alto frente a los elementos estructurales que la sostienen. En la mayoría de los casos utilizan placa de entrepiso la como cubierta.



Figura 3.6 Aspecto estructural placa de entrepiso.

Como se revela la gráfica 3.7, el 61% del material de pega o mortero es de regular calidad, la calidad de los materiales es regular y la mano de obra es muy deficiente.

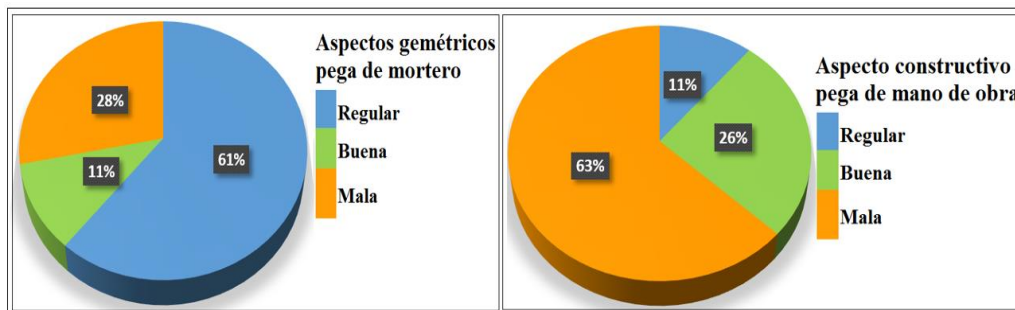


Figura 3.7 y 3.8. Aspecto estructural de pega de mortero y pega de mano de obra.

### Distribución porcentual. Aspectos constructivos

En el desarrollo de la investigación se observó que la mayor deficiencia se presenta en la calidad de los aspectos constructivos, de acuerdo con el inventario.

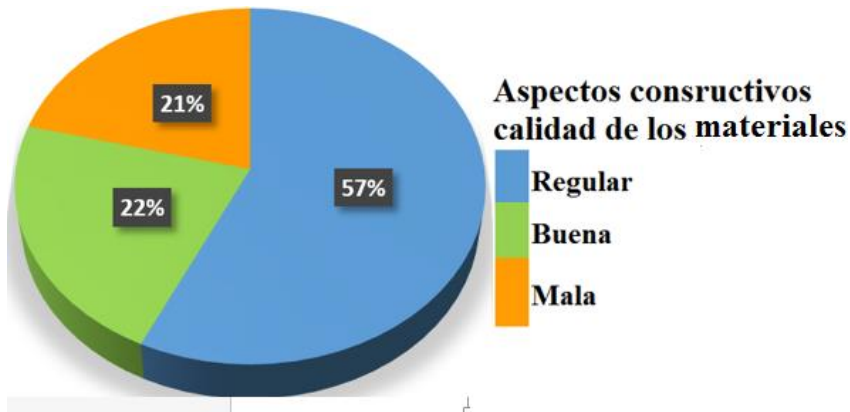


Figura 3.9. Aspecto constructivo, calidad de los materiales.

En la figura 3.10 se muestran a modo de resumen los tipos de elementos susceptibles a sufrir daños ante un sismo de gran intensidad.

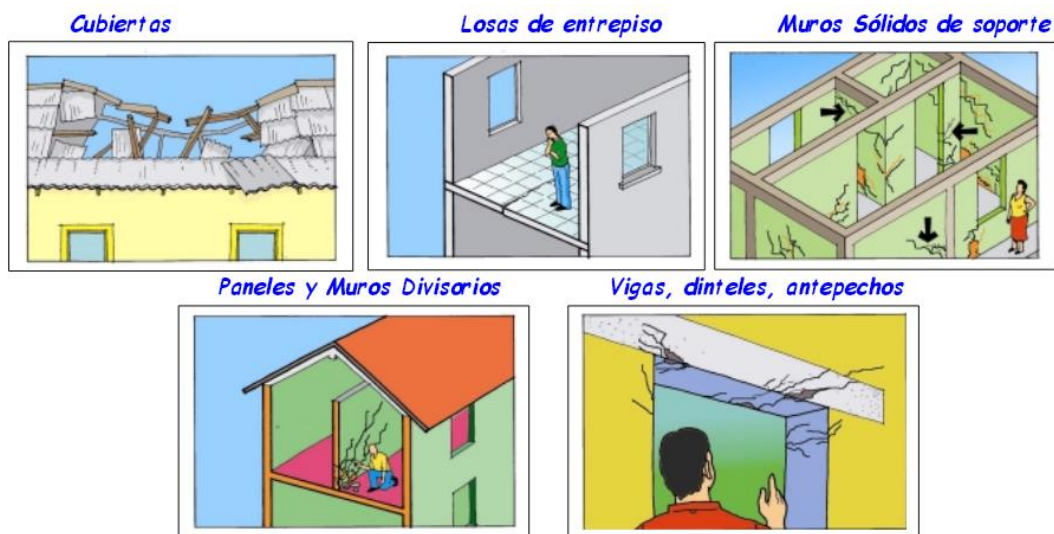


Figura 3.10. Tipos de elementos susceptibles a sufrir daño en viviendas de uno y dos pisos

## MATERIALES

Los materiales empleados son de bloque o ladrillo, presentan problemas como exceso de arena y poco material cementante. En los elementos estructurales, como vigas, placas o columnas, tienen exceso de arena y son pobres en el contenido de cemento.

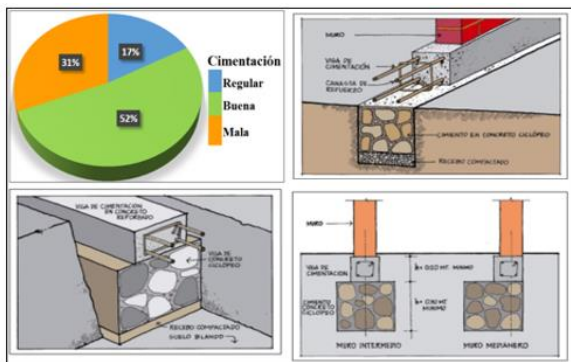
## Tipo y disposición de las unidades de mampostería

En algunos casos las unidades de mampostería no están trabadas ni plomadas. Las piezas no están colocadas de manera uniforme y continua. Algunas piezas presentan agrietamiento y deterioro.

## Distribución porcentual aspectos Cimentación

El sistema de cimentación debe conformar anillos cerrados, con el fin de que las cargas se distribuyan lo más uniformemente posible sobre el suelo y para lograr que la vivienda sea sólida y monolítica cuando un sismo actúe sobre ella. Las viviendas deben cimentarse siempre en un terreno estable y deben empotrarse por lo menos 50 cm dentro del terreno. Se debe proteger la cimentación de la acción del agua, es deseable impermeabilizarla para que no se deteriore con el tiempo

En la gráfica 3.11 se aprecia que el 52% de las viviendas conforman su cimentación únicamente en concreto, ciclópeo y algunas tienen viga de amarre y zapata para las columnas, que tienen el refuerzo adecuado. Se ha calificado como buena, pero se aclara que no se observó en el terreno la calidad. Además, tienen el agravante de estar construidas sobre terrenos inestables o inclinaciones con rampas de pendiente mayores de 35 grados.



Figuras 3.11. Distribución porcentual, Cimentación.

## Suelos

Si el terreno es blando se debe colocar una capa de relleno de grava sobre la cual se apoye el cimiento de concreto ciclópeo. Si el suelo es firme no es necesario construir el cimiento de concreto ciclópeo. En ambos casos se debe construir la viga de cimentación o viga de amarre de concreto reforzado. En la gráfica 3.12 se observa que el 61% de los suelos son geológicamente inestables. Esto ocurre

porque el contenido de arcilla de estos tipos de suelos los hace deformables, el cual aumenta o disminuye de acuerdo con el contenido de agua.

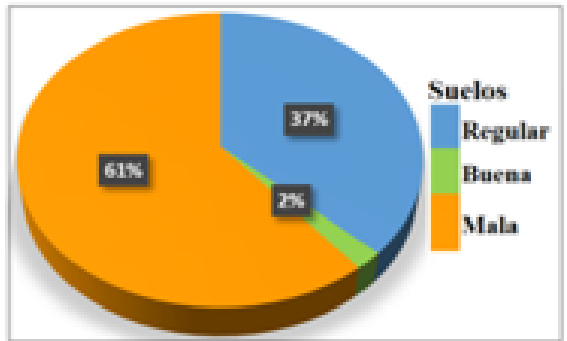


Figura 3.12. Suelos.

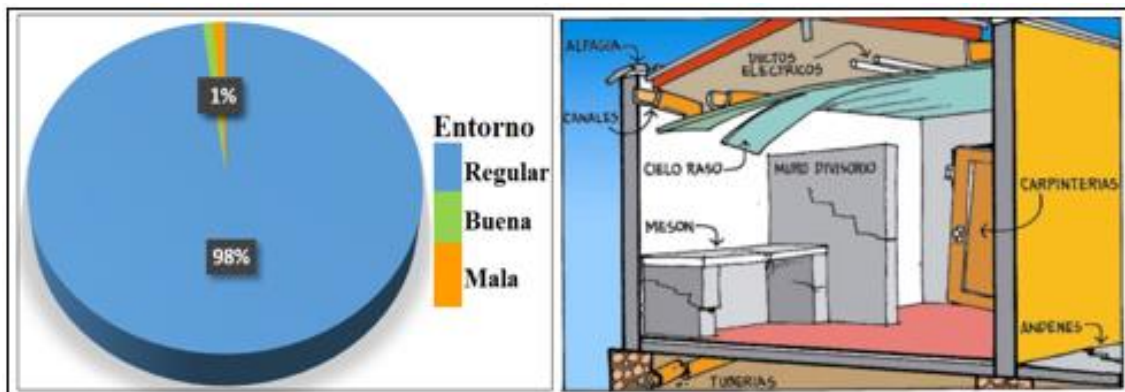


Figura 3.13. Clasificación del entorno.

En cuanto al entorno, se observó que el 98% es regular por la gran concentración de población en un área reducida y altamente escabrosa. En general, la capacidad de soporte de los suelos de fundación no supera en estos sitios  $1 \text{ kg/cm}^2$ . El manejo de aguas es un factor importante para la estabilidad de las viviendas. La mayoría de las zonas requiere un manejo de aguas adecuado.

### Distribución porcentual. Año de construcción

La gráfica 3.14 muestra que las viviendas inventariadas se encuentran construidas entre 1965 y 1959. Se puede concluir con un alto grado de confiabilidad que las viviendas no cumplen las normas vigentes de sismo resistencia del código de 1998, lo que puede representar un alto grado de vulnerabilidad ante un evento sísmico.

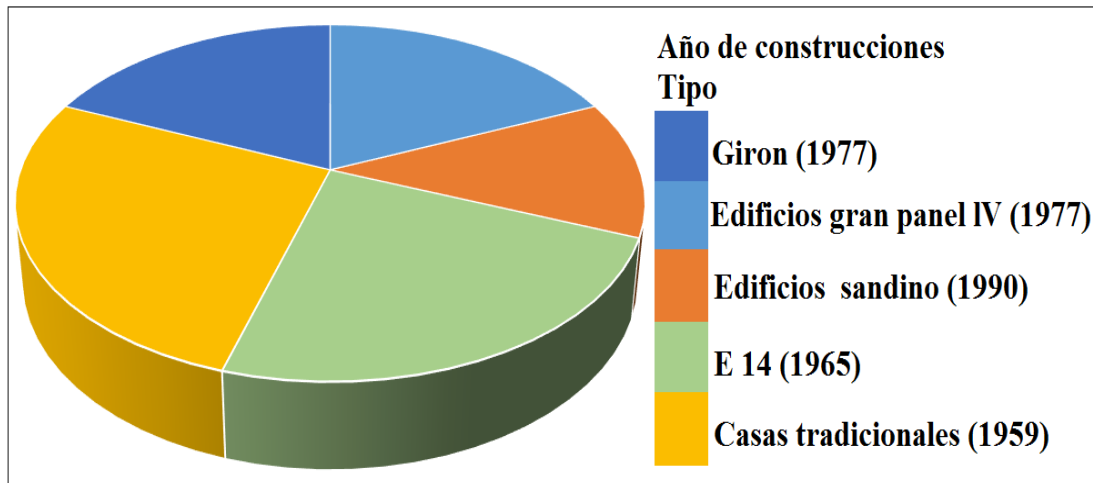


Figura 3.14. Año de construcción

### 3.2. Relación suelo estructura

Los suelos en Moa se caracterizan por ser suelos arcillosos, ricos en Fe, Co y Ni, asimismo y por tener una alta capilaridad, esto le confiere una humedad excesiva y permanente. Además, se tiene verificado que el agua asciende por capilaridad Hasta 12 metros hacia la superficie, a raíz de esto el suelo se torna inestable para las construcciones de todo tipo realizadas sobre él, sumándose de esta forma otro elemento para evaluar la vulnerabilidad de alta, Si tenemos muy de cerca que el suelo es arcilloso podemos darnos cuenta que este tipo de suelo se caracteriza por amplificar las ondas sísmicas. Esto provoca que la intensidad del sismo se sienta más fuertemente, por ejemplo, si el sismo es de 8 grados al trasladarse por este tipo de suelo arcilloso se puede ampliar a 9 grados. Además, estos suelos están saturados de agua y cuando además el nivel freático está muy cerca de la superficie se puede producir el fenómeno geológico conocido como Licuefacción. Este tipo de suelo arcilloso tiene la capacidad de retrasar las ondas sísmicas, es decir pasan más lentamente por el terreno del cual está compuesto este tipo suelo.

Asimismo, los ríos tienen la capacidad de provocar acumulaciones aluviales donde éstas están compuestas por suelos arenosos, arcillosos y todo esto ocasiona un notable peligro para la zona, principalmente para las edificaciones que se encuentran cerca del mismo. Si igualmente tenemos en cuenta que una vez ocurrido un sismo de gran intensidad la cercanía del foco o hipocentro a la zona de estudio tiene gran importancia ya que provoca mayor y más frecuencia o vibraciones del



terreno lo cual no beneficia; al contrario, perjudica mucho, evento que puede ocurrir en Moa, debido a las fallas que tenemos cerca de la región de estudio. Teniendo en cuenta lo antes mostrado y los aspectos estudiados se pudo confeccionar el mapa de vulnerabilidad sísmica del reparto Rolo Monterrey en el cuál se muestra plasmada el tipo de vulnerabilidad que presenta el reparto por diferentes colores. Ver figuras 3.15 y 3.16.



Figura 3.15. Mapa del reparto Rolando Monterrey.



Figura 3.16. representación de las diferentes tipologías constructivas del reparto

Tabla 3.2. Tabla de tipología constructiva.

Estado técnico	Tipología constructiva				
	I	II	III	IV	TOTAL
B	1153	20	-	-	1173
R	36	19	8	6	69
M	-	-	10	43	59
TOTAL	1189	39	18	55	1301

I-

mampostería y placa. III-mampostería y zinc.

II-mampostería y fibro. IV-madera y zinc.

Después de realizadas las investigaciones se pudo conocer que el reparto cuenta con cuatro sistemas constructivos los cuales son :

- GP-IV
- E-14
- Girón
- Tradicionales
- Lozas prefabricadas (Sandino)

### 3.3.Evaluacion de las viviendas del reparto

#### Tradicionales

Este sistema es el que más predomina en el reparto, las 255 viviendas que fueron construidas para los técnicos norteamericanos y algunos cubanos, son uniplantas con cubiertas de placa y amplios jardines, la mayoría de estas edificaciones poseen los aspectos positivos antes mencionados lo que se consideran en cuanto al plano de vulnerabilidad dentro de medianamente vulnerables, el resto de las viviendas que fueron construidas en el asentamiento Río Mina (Indaya), en el propio Reparto Rolo Monterrey, se ubican en una pendiente próxima al Río Cabañas, el cual se caracteriza por condiciones precarias de vida manifiestas en el estado constructivo de las viviendas, el peligro de sufrir inundaciones, derrumbes, deslizamientos ante un sismo de gran magnitud y por los niveles de contaminación ambiental a los que están expuestos sus habitantes por el vertimiento del licor residual (WL) de la

Empresa Comandante Pedro Sotillo Alba Moya Níkel SA se consideran de altamente vulnerables .



Figura 3.17. Casas tradicionales del Reparto en estudio.

#### **Gran Panel Soviético( GP-IV):**

Basado en la opinión de letrados en la materia de ingeniería civil se pudo considerar que este tipo de sistema constructivo posee una vulnerabilidad alta en comparación con los otros tipos de sistemas conocidos en el reparto estos edificios poseen filtraciones agrietamiento, humedad, desconchado o abofamiento , la mayoría de las mismas poseen tanques en las azoteas y balcones provocando una exageración y desproporción de carga, confiriéndole de esta forma una alta vulnerabilidad a estas edificaciones .



Figura 3.18. Ejemplo de edificios que presentan tipología constructiva de tipo Gran Panel Soviético( GP-IV)

#### **Lozas Sandino:**

Las biplantas de lozas Sandino ,El sistema consiste en una solución constructiva de elementos ligeros basados en columnas de hormigón armado y paneles de hormigón simple ,se caracterizan por poseer lozas individuales acopladas una con

la otra pero sin una unión resistente la cual hace que la construcción sea altamente vulnerable y más cuando la misma se construye en dos niveles como muestra la imagen en el área de estudio , de este tipo solo existen tres en el reparto .

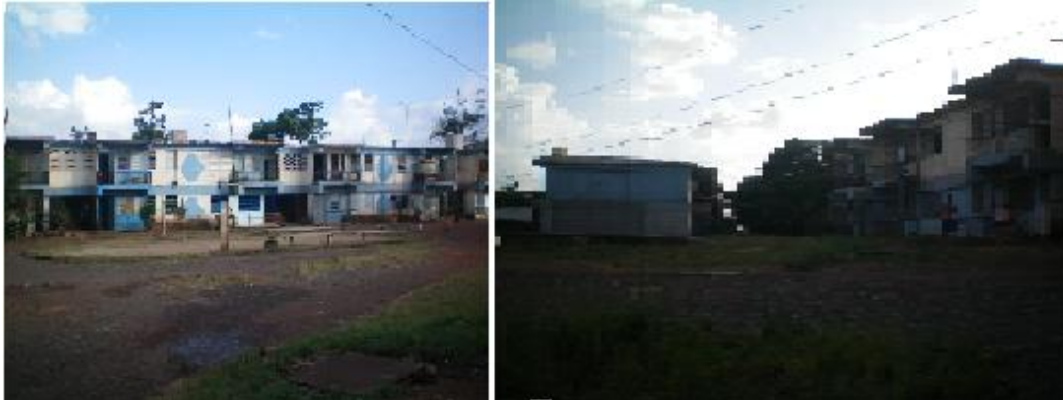


Figura 3.19. Ejemplos de casas de tipología Lozas sandino .

### **Girón:**

Este sistema se desarrolla en Cuba a partir de 1960, en el reparto solo presentan esta tipología, 3 edificios, el aeropuerto y el hotelito Villa Blanca esta tipología constructiva presenta grandes problemas como filtraciones, desconchado, grietas etc. Al igual que los de Gran Panel y más cuando, el incipiente nivel de desarrollo científico – técnico del país y el estado del arte de la ingeniería sísmica en esa época, condujeron a errores en cuanto a su introducción en zonas de alta peligrosidad sísmica como las provincias del sur de Oriente de la cual Moa no esta exento.



Figura 3.20. Ejemplo de viviendas de tipología Giorón.

### **E-14**

De estos edificios solo existen tres que al igual que los de tipología GP-IV presentan una gran cantidad de problemas y más cuando se le suma el año de construcción

pues estos son más antiguos y es por eso que se le confiere una clasificación de altamente vulnerable.

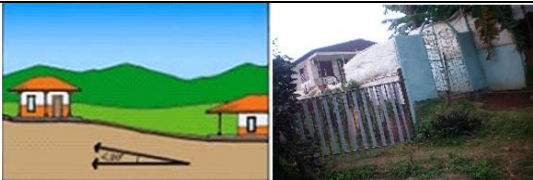



Figura3.21. Ejemplos de edificaciones con la tipología de tipo E14




SUELOS/ROCAS.	
Vulnerabilidad baja	<p>1.El suelo de la fundación es duro, esto se puede saber cuándo alrededor de la edificación no existen hundimientos.</p> <p>2. No se sienten vibraciones cuando pasa un vehículo pesado cerca de la vivienda</p> <p>3.Cuando en general las viviendas no presentan agrietamiento o daños generalizados, especialmente grietas en los pisos o hundimientos y desniveles en el mismo.</p>
Vulnerabilidad media	



	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.El suelo de la fundación es de mediana resistencia.</li> <li>2.Se puede observar en general algunos hundimientos.</li> <li>3.Se sienten vibraciones por el paso de algún vehículo pesado.</li> <li>4.Se pueden identificar algunos daños generalizados en viviendas o manifestaciones de hundimientos pequeños.</li> </ol>
<p>Vulnerabilidad alta</p>	<p>El suelo de la fundación es blando o arcilloso.</p>
	<p>Los hundimientos en las zonas vecinas se pueden observar.</p> <p>Se siente las vibraciones considerablemente al paso de los vehículos pesados.</p> <p>Las viviendas presentan asentamientos considerables en el tiempo de construcción.</p> <p>La mayoría de las viviendas de las zonas presentan agrietamientos y hundimientos.</p>

<p>Relieve</p>	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.El relieve donde se encuentra la vivienda es llana y poco inclinada.</li> </ol>
<p>Vulnerabilidad media</p>	

	<p>2.La topografía donde se encuentra la vivienda tiene un ángulo entre (20 o 30) grados de inclinación con la horizontal.</p>
<p>Vulnerabilidad alta</p>	<p>3.La topografía donde se encuentra la vivienda tiene un ángulo mayor de 30grados de inclinación con la horizontal.</p>
	

<p>IRREGULARIDAD EN PLANTA DE LA EDIFICACION.</p>	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<p>1.Forma geométrica regular y aproximadamente simétrica.  2. Largo menor que tres veces ancho.  3. No tiene entradas y salidas como las que se muestran en las otras dos figuras tanto en plantas como en alturas.</p>
<p>Vulnerabilidad media</p> 	<p>1.Presenta algunas irregularidades en planta o en alturas no muy pronunciadas.</p>
<p>Vulnerabilidad alta</p> 	<p>1.El largo es mayor que tres veces ancho.  2.La forma es irregular con entradas y salidas abruptas.</p>

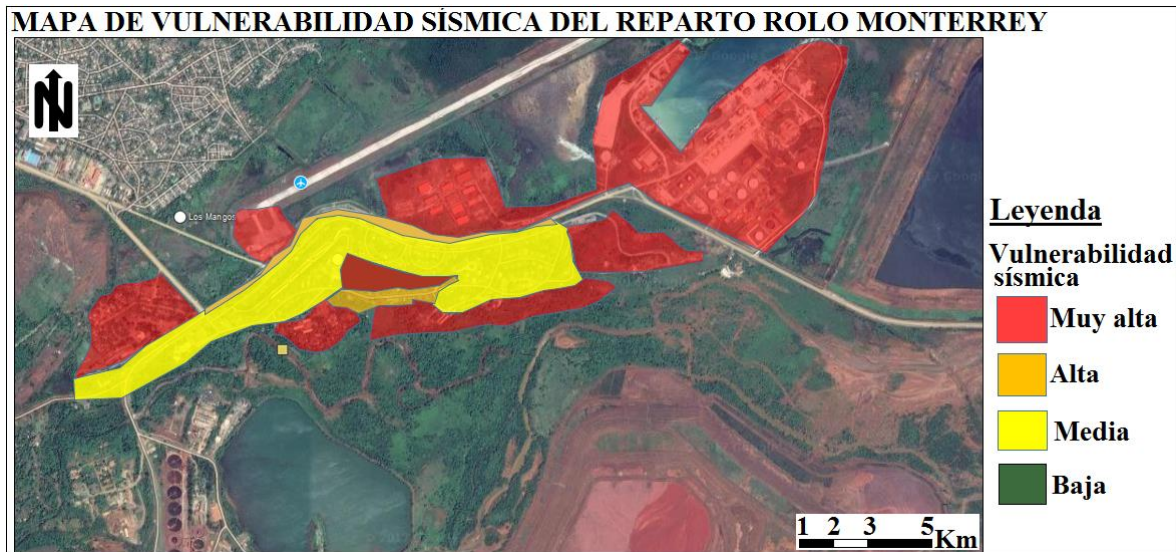


Figura 3.22. Mapa de vulnerabilidad del Reparto Rolando Monterrey .

En el mapa se observan cuatro zonas de vulnerabilidad sísmica las cuales se identifican por colores desde la muy alta hasta la vulnerabilidad baja; la zona que está señalada de rojo es la de mayor riesgo pues la topografía correspondiente donde se encuentran las viviendas están ubicadas en zonas con pendiente mayor de 30 grados, como es el caso de la Vigía y el asentamiento Río Mina, además toda la parte de los almacenes y el Puerto pueden sufrir inundación, por estar ubicadas cerca de la costa.

La parte que está enmarcada en naranja corresponde a toda la cadena de edificios se le confiere una clasificación de alta vulnerabilidad, pues las condiciones del medio no son favorables estas edificaciones se encuentran en un talud de considerable pendiente .

La zona que está en amarillo es la de media vulnerabilidad y corresponde a las casas construidas por los americanos y las mismas cumplen con una parte de los aspectos citados y aquella señalada de verde corresponde al área de vegetación .

El área en la cual se encuentran emplazadas las instalaciones del Puerto y la Base de Amoniaco representada por el color rojo, por su posición sobre suelos lateríticos redepositados, con predominio de arcillas, arena gravosa y cienos, los colocan en una zona sensible al incremento del efecto sísmico.



## CONCLUSIONES

1. El mapa de vulnerabilidad sísmica demostró cuales son las edificaciones que son sensibles a la ocurrencia de un sismo, se visualizó en las viviendas de este reparto que no se tuvieron en cuenta las normas sismo resistente no cumplen con los requisitos de seguridad como para enfrentar un sismo de gran intensidad.
2. La vulnerabilidad de los edificios en la zona de estudio se encuentra entre alta y muy alta debido a la falta de aplicación de normas sísmicas, a la edad de los edificios, a la abundante filtración y humedad y a una falta de cultura sísmica. Todo esto trae como resultado una significativa fragilidad de las edificaciones.
3. En las viviendas la utilización de columnas de confinamiento sigue ausente en la construcción de algunas viviendas actuales, aun cuando son obligatorias según las NSR-98. La vulnerabilidad no se podrá mitigar, si no se interviene en los campos sociales y económicos. En general, la población encuestada declara desconocer la reglamentación existente sobre normas de sismo resistencia, y son temerosos de las posibles represalias que tomen las autoridades, como se pudo observar cuando los encuestadores se presentaban para realizar el levantamiento de campo.

## **RECOMENDACIONES**

Continuar desarrollando en los distintos Consejos Populares de la ciudad de Moa, el estudio de vulnerabilidad sísmica a fin de diseñar una estrategia de reducción de riesgos sísmicos en las comunidades.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Almaguer Y y García Y. Análisis estructural de las rocas serpentinizadas del territorio de Moa 2013.
2. Arango Arias, Estudio de sismicidad local en la ciudad de Moa, noviembre 2016.
3. Alvares, Villalón y Lindholm, Peligrosidad y riesgo sísmicos en Cuba y las regiones circundantes.2015
4. Batista, J. 1998. "Caracterización geológica y estructural de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento Aeromagnético 1: 50000." Dpto. Geología
5. BENEDETTI, D. y PETRINI, V. Sulla Vulnerabilità Sísmica di Edifici in Muratura: Prioste di un Método di Valutazione. Roma: Lindustria delle Costruzioni, 1984.
6. Cortez L, Salazar L Mariscal Gestión Comunitaria de riesgos, 2002.
7. Caballero, Determinación de la vulnerabilidad sísmica por el método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica, 2007.
8. Chuy Rodríguez T. Sismos, Ciencia y comunidad en la gestión de los riesgos naturales, una responsabilidad compartida .2013.
9. CEPAL, Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres.2003.
10. Carralero S, Town Site: Un caso singular en la arquitectura de la ciudad de Moa, 2009.
11. Colectivo de autores, Ciencias de la Tierra y el Espacio, enero-junio, 2014, Vol.15, No.1, Comportamiento estructural del sistema prefabricado Gran Panel Soviético a partir de las modificaciones realizadas por los habitantes ante sismos de gran magnitud
12. CARDONA, O. y HURTADO, J. Propuesta metodológica para los análisis de vulnerabilidad. Informe de consultoría del proyecto UNDRO/.
13. Giraldo Rincón, M, Acciones que salvan vidas: Preparación ante desastres

y reducción del riesgo sísmico y por tsunamis en la costa sur “. Septiembre de 2016.”

14. Hernández Zaldívar A. Estudio sobre la vulnerabilidad y el riesgo sísmico del sector Atlántico, Miraflores y Vivienda Checa.2012.
15. Hernández A, estudio sobre vulnerabilidad y riesgo sísmico del sector Atlántico, Miraflores y Vivienda Checa, 2012.
16. Mercade Pérez M, Percepción de riesgos de desastres en los consejos populares de la ciudad de Holguín, 2015.
17. Lozano Cortijo O, Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgos ante inundaciones y sismos de las edificaciones en centros urbanos, 2008.
18. Sánchez Rosales E. Vulnerabilidad sísmica del reparto Caribe, 2012.
19. Frómata Alfaro M, Percepción de riesgos sísmicos en la ciudad de Moa. reparto Caribe.2017.
20. Viltres Milan Y, Evaluación de riesgos por deslizamientos en taludes y laderas del sector este del municipio de Moa, Julio del 2010.
21. FEMA 154/Report ATC-21. Rapid Visual Screening of Building for
22. Potential Seismic Hazard. Washington, 1988.

## Anexos

**Anexo1:** Tabla 1.2 Clasificación de las rocas y suelos desde el punto de vista geotécnico.




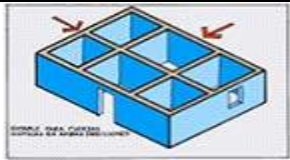
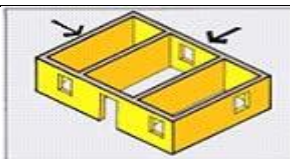
Grado	Descripción	Identificación en el campo	Resistencia a la complexión simple (MPa)
S1	Arcilla muy blanda	Penetrada fácilmente varias pulgadas por el puño	<0,025
S2	Arcilla blanda	Penetrada fácilmente varias pulgadas dedo pulgar	0,025-0.05
S3	Arcilla media	Penetrada fácilmente varias pulgadas dedo pulgar, usando esfuerzo moderado	0.05-0.10
S4	Arcilla semidura	Deja fácilmente hendiduras por la acción del dedo pulgar ,pero penetra solamente con gran esfuerzo	0.10-0.25
S5	Arcilla dura	Mellada fácilmente por la uña del pulgar	0.25-0.50
S6	Arcilla muy dura	Mellada con dificultad por la uña del pulgar	0.50-1
R0	Roca extremadamente débil	Mellada por la uña del pulgar	0.25-1
R1	Roca muy débil	Se disgrega por golpes fuertes de la punta de la piqueta ;puede ser desconchada por una navaja	1-5
R2	Roca débil	puede ser desconchada por una navaja con dificultad	5-25

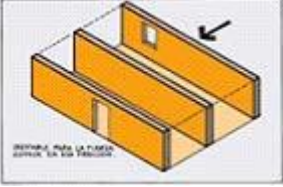
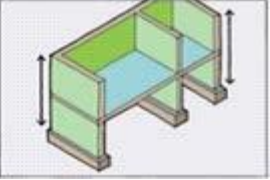
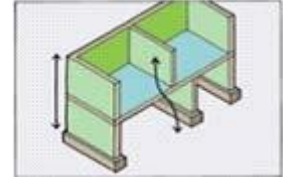
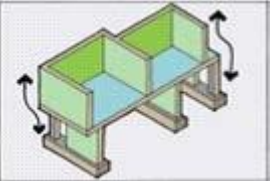
R3	Roca medianamente resistente	No puede ser rayada o desconchada por una navaja ,la muestra puede ser fracturada por un golpe fuerte de la punta de la piqueta	25-50
R4	Roca fuerte	La muestra requiere más de un golpes por la piqueta para fracturarla	50-100
R5	Roca muy fuerte	La muestra requiere varios golpes por la piqueta para fracturarla	100-250
R6	Roca extremadamente fuerte	La muestra puede ser solamente astillada por la piqueta	>250

Tabla 1.2 Clasificación de las rocas y suelos desde el punto de vista geotécnico.

## Anexo 2A

- Irregularidad en planta de la edificación.
- Cantidad de muros en las dos direcciones.
- Irregularidad en altura.

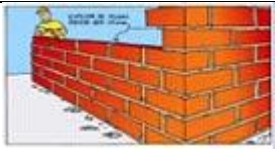
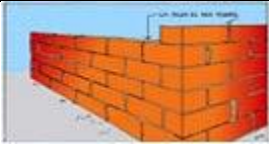

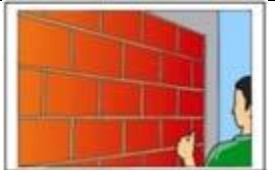
IRREGULARIDAD EN PLANTA DE LA EDIFICACION.	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Forma geométrica regular y aproximadamente simétrica.</li> <li>✚ Largo menor que tres veces ancho.</li> <li>✚ No tiene entradas y salidas como las que se muestran en las otras dos figuras tanto en plantas como en alturas.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad media</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Presenta algunas irregularidades en planta o en alturas no muy pronunciadas.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad alta</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ El largo es mayor que tres veces ancho.</li> <li>✚ La forma es irregular con entradas y salidas abruptas.</li> </ul>
CANTIDAD DE MUROS EN LAS DOS DIRECCIONES.	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Existen muros estructurales en las dos direcciones principales de la vivienda y estos son confinados o reforzados.</li> <li>✚ Hay una longitud totalizada de muros en cada una de las direcciones principales.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad media</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La mayoría de los muros se encuentran en una sola dirección, aunque existen uno varios en la otra dirección.</li> <li>✚ La longitud de muros en la dirección de menor cantidad de muros es ligeramente inferior.</li> </ul>



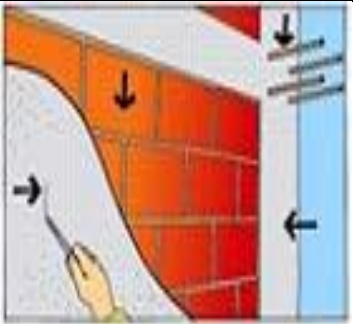
Vulnerabilidad alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Más del 70% de los muros están en una sola dirección.</li> <li>✚ Hay muy pocos muros confinados o reforzados.</li> <li>✚ La longitud total de muros estructurales en cualquier dirección es mucho menor.</li> </ul>
	
<b>IRREGULARIDAD EN LA PLANTA</b>	
Vulnerabilidad baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La mayoría de los muros estructurales son continuos desde la cimentación hasta la cubierta.</li> <li>✚ Cambios de alineación en el sistema de muros en dirección vertical.</li> </ul>
	
Vulnerabilidad media	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Algunos muros presenta discontinuidades desde la cimentación hasta la cubierta.</li> </ul>
	
Vulnerabilidad alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La mayoría de los muros no son continuos en altura desde su cimentación hasta la cubierta.</li> <li>✚ Cambios de alineación en el sistema de muros en dirección vertical.</li> <li>✚ Cambio de sistema de muros en pisos superiores a columnas en el piso inferior.</li> </ul>
	


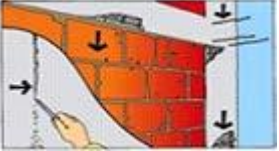


## ANEXO 2B

- ✚ Aspectos Constructivos.
- ✚ Calidad de las juntas de pega en mortero.
- ✚ Tipo y disposición de ladrillos.
- ✚ Calidad de los materiales.


CALIDAD DE LAS JUNTAS DE PEGA EN MORTERO.	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ El espesor de la mayoría de las pegas está entre 0.7 y 1.3 cm.</li> <li>✚ Las juntas son uniformes y continuas.</li> <li>✚ Hay juntas de buenas calidades verticales y horizontales rodeando cada unidad de mampostería.</li> <li>✚ El mortero es de buena calidad y presentan buena adherencia con la pieza de mampostería.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad media</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ El espesor de la mayoría de las pegas es mayor a 1.3cm o menor de 0.7cm.</li> <li>✚ Las juntas no son uniformes.</li> <li>✚ No existen juntas verticales o son de mala calidad.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad alta</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La pega es muy pobre entre los bloques, casi inexistente.</li> <li>✚ Poca regularidad en la alineación de las piezas.</li> <li>✚ El mortero es de muy mala calidad o evidencia separación con las piezas de mampostería.</li> <li>✚ No existen juntas verticales y/o horizontales en zonas del muro.</li> </ul>
TIPO Y DIPOSION DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Las unidades de mampostería están trabadas.</li> <li>✚ Las unidades de mampostería son de buena calidad. No presentan agrietamientos importantes, no hay piezas deterioradas o rotas.</li> </ul>


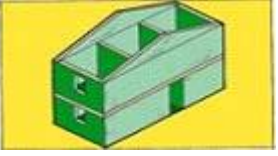

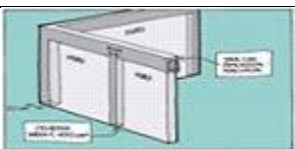

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las piezas están colocadas de forma uniforme y continua hilada tras hilada.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad media</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algunas piezas están trabadas, mientras otras no lo están. Siendo la mayoría de la primera clase.</li> <li>Algunas piezas presentan agrietamiento o deterioro.</li> <li>Algunas piezas están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad alta</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las unidades de mampostería no están trabadas.</li> <li>Las unidades de mampostería son de muy mala calidad. Se presentan agrietamientos importantes con piezas deterioradas o rotas.</li> <li>Las piezas no están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.</li> </ul>
<p><b>CALIDAD DEL MATERIAL.</b></p>	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>El mortero no se deja rayar o desmoronar con un clavo o herramienta metálica.</li> <li>El concreto tiene buen aspecto, sin hormigueros y el acero no está expuesto.</li> <li>En los elementos de confinamiento en concreto reforzado, hay estribos abundantes y por lo menos 3 o 4 barras en sentido longitudinal.</li> <li>El ladrillo es de buena calidad no está muy fisurado, quebrado, ni despegado y resiste caídas de por menos 2 metros de alto sin desintegrarse ni deteriorarse en forma apreciable.</li> </ul>

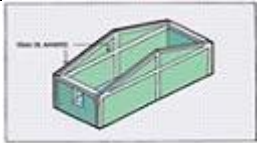
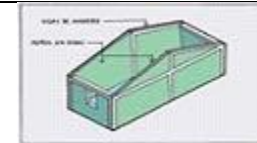
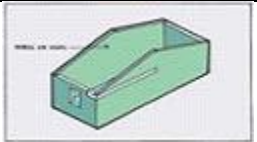
<p>Vulnerabilidad media</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se cumplen varios de los requisitos mencionados anteriormente.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad alta</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se cumplen más de dos requisitos de los mencionados anteriormente.</li> </ul>

## ANEXO 2C

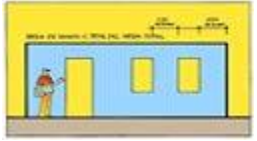
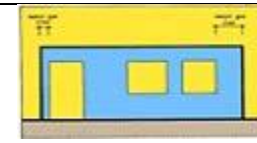
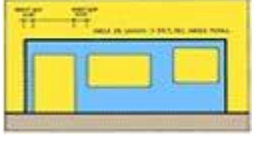
- Aspectos Estructurales. **(Figuras 2.6,2.7,2.8,2.9,2.10,2.11)**
- Muros confinados y reforzados.
- Detalles de columnas y vigas de confinamiento.
- Vigas de amarre y o corona.
- Características de las aberturas.
- Tipo y disposición del entrepiso.
- Amarre de cubiertas.



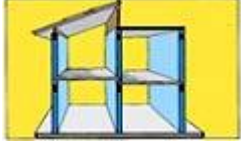
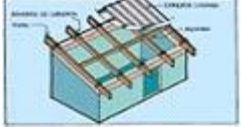
ASPECTOS ESTRUCTURALES.	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todos los muros de mampostería de la vivienda están confinados con vigas y columnas de concreto reforzado alrededor de ellos.</li> <li>El espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento es del orden de 4m o la altura entre pisos.</li> <li>Todos los elementos de confinamiento tienen refuerzo tanto longitudinal como transversal y está adecuadamente dispuesto.</li> <li>Las culatas y antepechos también están confinadas.</li> </ul>

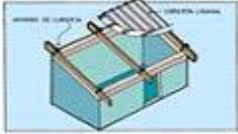

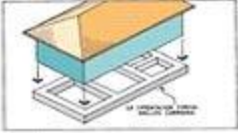
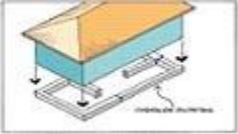

<p>Vulnerabilidad media</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Algunos muros de la edificación no cumplen con los requisitos mencionados anteriormente.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad alta</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La mayoría de los muros de mampostería de la vivienda no tienen confinamiento mediante columnas y vigas de concreto reforzado.</li> </ul>
<p>DETALLES DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO.</p>	
<p>Vulnerabilidad baja</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Las columnas y vigas tienen más de 20 cm de espesor o más de 400cm cuadrado de área transversal.</li> <li>✚ Las columnas y vigas tienen al menos 4 barras longitudinales y estribos espaciados a no más de 10 a 15 cm.</li> <li>✚ Existe un buen contacto entre el muro mampostería y los elementos de confinamiento.</li> <li>✚ El refuerzo longitudinal de las columnas y vigas debe estar adecuadamente anclado en sus extremos y a los elementos de la cimentación.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad media</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No todas las columnas y vigas cumplen con los requisitos anteriores.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad alta</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La mayoría de las columnas y vigas de confinamiento no cumplen con los requisitos establecidos anteriormente.</li> </ul>






VIGAS DE AMARRES O CORONA.	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existen vigas de amarre o de corona en concreto reforzado en todos los muros , parapetos , fachadas y culatas en mampostería</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad media</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>No todos los muros o elementos de mampostería disponen de vigas de amarre o de corona</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad alta</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>La vivienda no dispone de vigas de amarre o corona en los muros o elementos de mampostería.</li> </ul>

#### CARACTERISTICAS DE LAS APERTURAS.


<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las aberturas en los muros estructurales totalizan menos del 35% del área total del muro.</li> <li>La longitud total de aberturas en el muro corresponde a menos de la mitad de la longitud total del muro.</li> <li>Existe una distancia desde el borde del muro hasta la abertura adyacente igual a la altura de la misma a 50cm.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad media</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se cumplen algunos de los anteriores requisitos en algunos de los muros de la vivienda</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad alta</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muy pocos o ningún muro estructural de la vivienda cumple con los requisitos anteriores.</li> </ul>

ENTREPISOS.	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ El entrepiso está conformado por placa de concreto fundidas en el sitio o placas prefabricadas que funcionan de manera monolítica.</li> <li>✚ La placa de entrepiso se apoya de manera adecuada a los muros de soporte y proporciona continuidad y monolitismo.</li> <li>✚ La placa de entrepiso es continua, monolítica y uniforme en relación con los materiales que lo componen.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad media</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La placa de entrepiso no cumple con algunas de las anteriores consideraciones.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad alta</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La placa de entrepiso no cumple con algunas de las condiciones anteriores</li> <li>✚ Los entrepisos están conformados por madera o combinaciones de materiales y no proporcionan las características de continuidad y amarre deseados.</li> </ul>
AMARES DE CUBIERTAS.	
<p>Vulnerabilidad baja</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Existen tornillos, alambres o conexiones similares que amarran el techo a los muros.</li> <li>✚ Hay arriostramiento de las vigas y la distancia entre vigas no es muy grande.</li> <li>✚ La cubierta es liviana y está debidamente amarrada y apoyada a la estructura cubierta.</li> </ul>

<p>Vulnerabilidad media</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Existen tornillos, alambres o conexiones similares que amarran el techo a los muros.</li> <li>✚ Hay arriostramiento de las vigas y la distancia entre vigas no es muy grande.</li> <li>✚ La cubierta es liviana y está debidamente amarrada y apoyada a la estructura cubierta.</li> </ul>
	
<p>Vulnerabilidad alta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Algunos de los anteriores requisitos se cumplen.</li> </ul>
	
<p>Vulnerabilidad baja</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La cimentación está conformada por vigas corridas en concreto reforzado bajo los muros estructurales.</li> <li>✚ Las vigas de cimentación conforman anillos amarrados.</li> <li>✚ Las vigas de cimentación en concreto reforzado cumplen los demás requisitos.</li> </ul>
	
<p>Vulnerabilidad media</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La cimentación no está debidamente amarrada.</li> <li>✚ No se cumplen algunos de los requerimientos anteriores.</li> </ul>
	
<p>Vulnerabilidad alta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La edificación no cuenta con una cimentación adecuada de acuerdo con los requerimientos anteriores.</li> </ul>
	
<p>TOPOGRAFÍA.</p>	
<p>Vulnerabilidad baja</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La topografía donde se encuentra la vivienda es llana y poco inclinada.</li> </ul>
<p>Vulnerabilidad media</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La topografía donde se encuentra la vivienda tiene un ángulo entre (20 o 30) grados de inclinación con la horizontal.</li> </ul>
	
<p>Vulnerabilidad alta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ La topografía donde se encuentra la vivienda tiene un ángulo mayor de 30 grados de inclinación con la horizontal.</li> </ul>
	
<p>SUELOS/ROCAS.</p>	
<p>Vulnerabilidad baja</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ El suelo de la fundación es duro, esto se puede saber cuándo alrededor de la edificación no existen hundimientos.</li> <li>✚ Cuando no se evidencian árboles o postes inclinados.</li> <li>✚ No se sienten vibraciones cuando pasa un vehículo pesado cerca de la vivienda</li> <li>✚ Cuando en general las viviendas no presentan agrietamiento o daños generalizados, especialmente grietas en los pisos o hundimientos y desniveles en el mismo.</li> </ul>
	
<p>Vulnerabilidad media</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ El suelo de la fundación es de mediana resistencia.</li> <li>✚ Se puede observar en general algunos hundimientos.</li> <li>✚ Se sienten vibraciones por el paso de algún vehículo pesado.</li> </ul>
	



	<p>✚ Se pueden identificar algunos daños generalizados en viviendas o manifestaciones de hundimientos pequeños.</p>
<p>Vulnerabilidad alta</p> 	<p>El suelo de la fundación es blando o es arena suelta.</p> <p>Los hundimientos en las zonas vecinas se pueden observar.</p> <p>Se siente las vibraciones considerablemente al paso de los vehículos pesados.</p> <p>Las viviendas presentan asentamientos considerables en el tiempo de construcción.</p> <p>La mayoría de las viviendas de las zonas presentan agrietamientos y hundimientos.</p>

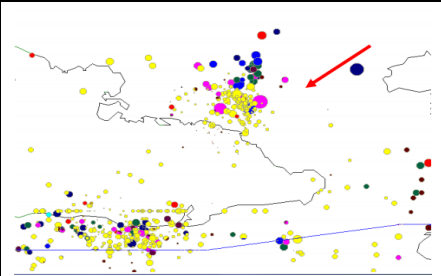
**Anexo 3.** Plantilla para la determinación de la vulnerabilidad del fondo habitacional

Tipología constructiva		
TIPOLOGIA CONSTRUCTIVA		
Pórticos:_____	Mampostería reforzada:_____	Pórticos arriostrados:_____
Paneles:_____	Mampostería reforzada:_____ no	
MATERIAL ESTRUCTURAL		
Acero :_____	Hormigón armado :_____	Bloques de ladrillos :_____
Adobe :_____	Hormigón prefabricado :_____	Madera.:_____
Sistema estructural conocido	si :_____no :_____	En caso de que sea si marque
IMS:_____	Gran Panel Soviético :_____	Girón :_____
SAE:_____	E-14:_____	Sandino:_____
Fecha de construcción	Antes de 1984:_____	Entre 2000-2010:_____
	Entre1984-2000:_____	Después del 2010:_____
Análisis de las condiciones encontradas		
Techos inclinados	Existe :_____	No existe:_____
Materiales	Tejas de fibrocemento:_____ de	Tejas criollas:_____
	Tejas de francesas:_____	Tejas de zinc:_____
Estado técnico	Bueno :_____	Malo:_____
Deterioros	Regular:_____	Filtración:_____
	Tejas partidas:_____	Pudrición:_____
Azoteas planas	Existe :_____	No existe:_____
Impermeabilización	Existe :_____	No existe:_____

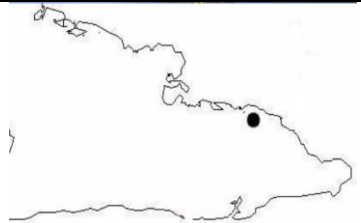
	Enrajonado y soldadura:_____	Montero de cemento:_____
	Manta asfáltica:_____	Papel de aluminio:_____
Estado técnico	Bueno:_____ Regular:_____	Malo:_____
Deterioros	Filtraciones:_____	Desconchado:_____
	Manchas de humedad:_____	Vegetación parasita:_____
Columnas	Existe :_____	
Materiales	Hormigón armado :_____	Acero:_____
	Hormigón prefabricado :_____	
Estado técnico	Bueno:_____ Regular:_____	Malo:_____
Deterioros	Desconocido:_____	Oxidación:_____
	Grietas longitudinales:_____	Rajaduras:_____
	Fallo :_____	Pandeo:_____
Vigas	Existe :_____	No Existe:_____
Materiales	Hormigón armado :_____	Acero:_____
	Hormigón prefabricado:_____	
Estado técnico	Bueno :_____ Regular :_____	Malo:_____
Deterioros	desconchado :_____	Oxidación:_____
	Grietas longitudinales:_____	Rajaduras:_____
	Fallo :_____	Flexión:_____
Muros estructurales	Existe :_____	No existe:_____
Materiales	Hormigón armado :_____	Bloques de ladrillos:_____

	Hormigón Prefabricado:_____	
	Bueno :_____	
	Regular:_____	Malo:_____
Estado técnico	Desconchado:_____	Fisuras:_____
Deterioros	Grietas finas a 45°:_____	Rajaduras:_____
	Malo:_____	Fallo:_____

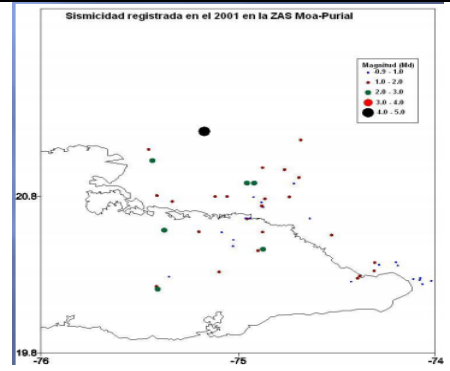
**Anexo 4. Epicentros de la región oriental de Cuba 1968-2000. Tomado del CENAIS.**



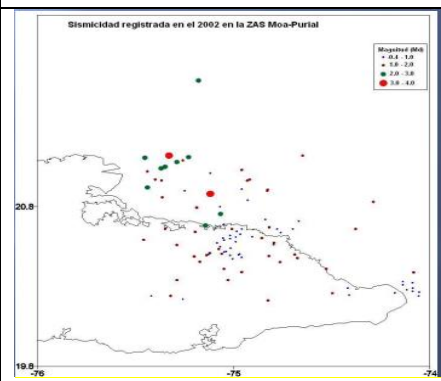
Terremoto en Moa del 28 de diciembre 1998 y sus más de 500 replicas



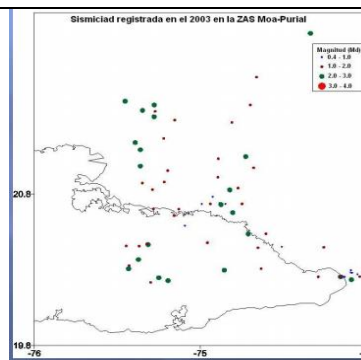
El 5 de julio de 1999, sismo significativo de con magnitud de 3.7 en R.



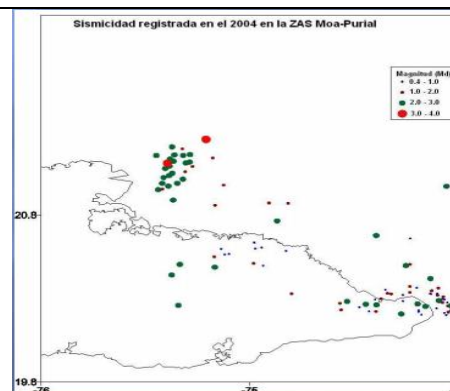
Epicentros de los sismos ocurridos en el 2001 en Moa



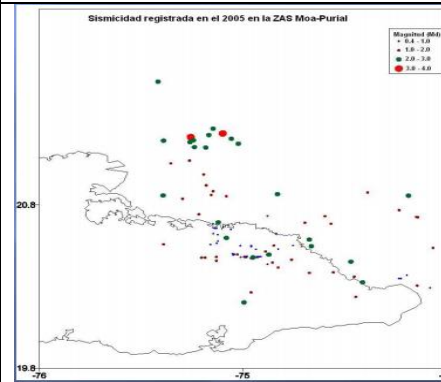
Epicentros de los sismos ocurridos en el 2002 en Moa



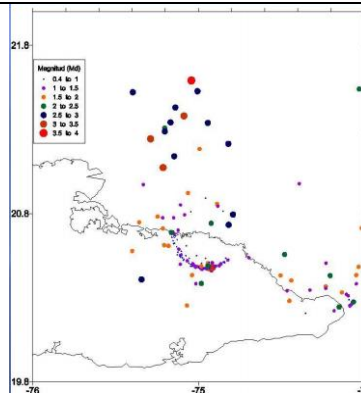
Epicentros de los sismos ocurridos en el 2003 en Moa



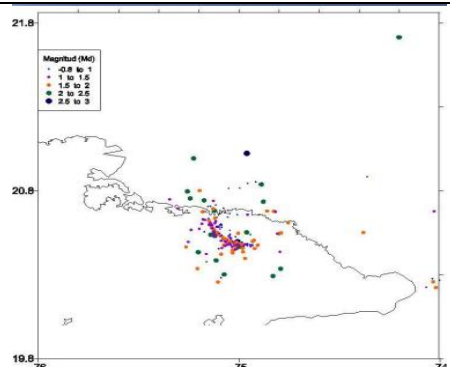
Epicentros de los sismos ocurridos en el 2004 en Moa



Epicentros de los sismos ocurridos en el 2005 en Moa



Epicentros de los sismos ocurridos en el 2006 en Moa



Epicentros de los sismos ocurridos en el 2007 en Moa

**Anexos 5.** Tablas con las características de los edificios del reparto Rolando Monterrey.

No	Direccion	Edificio	Can Plantas	Apto	Año	Tipologia	Estado	Vulnerabilidad
1	Rolo	1	4	32	1965	E-14	Regular	Alta
2	Rolo	2	4	24	1965	E-14	Regular	Alta
3	Rolo	3	4	24	1965	E-14	Regular	Alta
4	Rolo	4	4	40	1965	GP-IV	Regular	Alta
5	Rolo	5	4	48	1965	GP-IV	Regular	Alta
6	Rolo	6	4	24	1977	GP-IV	Regular	Alta
7	Rolo	7	4	24	1977	GP-IV	Regular	Alta
8	Rolo	8	4	32	1977	GP-IV	Regular	Alta
9	Rolo	9	2	4	1977	GP-IV	Regular	Alta
10	Rolo	10	2	4	1977	GP-IV	Regular	Alta
11	Rolo	11	2	4	1977	GP-IV	Regular	Alta
12	Rolo	12	4	32	1977	GP-IV	Regular	Alta
13	Rolo	13	4	48	1977	GP-IV	Regular	Alta
14	Rolo	14	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
15	Rolo	15	4	32	1977	GP-IV	Regular	Alta
16	Rolo	16	4	48	1977	GP-IV	Regular	Alta
17	Rolo	17	4	4	1977	GP-IV	Regular	Alta
18	Rolo	18	4	4	1977	GP-IV	Regular	Alta
19	Rolo	19	4	4	1977	GP-IV	Regular	Alta
20	Rolo	20	4	4	1977	GP-IV	Regular	Alta
21	Rolo	21	4	4	1977	GP-IV	Regular	Alta
22	Rolo	22	4	4	1977	GP-IV	Regular	Alta
23	Rolo	23	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
24	Rolo	24	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
25	Rolo	25	4	24	1977	GP-IV	Regular	Alta

26	Rolo	26	4	8	1977	GP-IV	Regular	Alta
27	Rolo	27	4	8	1977	GP-IV	Estado	Alta
28	Rolo	28	4	8	1977	GP-IV	Regular	Alta
29	Rolo	29	4	8	1977	GP-IV	Regular	Alta
30	Rolo	30	4	8	1977	GP-IV	Regular	Alta
31	Rolo	31	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
32	Rolo	32	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
33	Rolo	33	4	30	1977	GP-IV	Regular	Alta
34	Rolo	34	4	32	1977	GP-IV	Regular	Alta
35	Rolo	35	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
36	Rolo	36	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
37	Rolo	37	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
38	Rolo	38	4	8	1977	GP-IV	Regular	Alta
39	Rolo	39	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
40	Rolo	40	4	16	1990	GP-IV	Regular	Alta
41	Rolo	41	4	24	1990	GP-IV	Regular	Alta
42	Rolo	42	4	16	1990	GP-IV	Regular	Alta
43	Rolo	43	4	16	1977	GP-IV	Regular	Alta
44	Rolo	44	4	32	1977	GP-IV	Regular	Alta
45	Rolo	45	4	32	1977	GP-IV	Regular	Alta
46	Rolo	46	2	12	1977	Sandino	Regular	Alta
47	Rolo	47	2	12	1977	Sandino	Regular	Alta
48	Rolo	48	2	8	1977	Sandino	Regular	Alta
49	Rolo	30-A	4	24	1977	GP-IV	Regular	Alta
50	Rolo	30-B1	4	10	1977	GP-IV	Regular	Alta
51	Rolo	6-1	4	160	1977	Giron-II	Regular	Alta
52	Rolo	6-2	4	45	1977	Giron-II	Regular	Alta
53	Rolo	6-3	4	160	1977	Giron-II	Regular	Alta