

# 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existe la Norma Ecuatoriana de la Construcción, que nos faculta los requisitos mínimos para el diseño, análisis y construcción en hormigón armado o estructuras metálicas de edificios sean estos de gran altura como de mediana altura.

Las estructuras son diseñadas para un periodo determinado que se la conoce como vida útil, dicha vida útil es la duración estimada que un objeto puede tener, durante este tiempo los materiales deberán conservar sus propiedades para poder garantizar su seguridad.

En la siguiente investigación se indica la evaluación estructural y diagnóstico del edificio del Cuerpo de Bomberos del Cantón Jama, provincia de Manabí. Los procesos de rehabilitación de los edificios, la evaluación y el diagnóstico constituye el paso quizá más primordial puesto que de acuerdo a cada definición vendrá la decisión de la intervención de dicha estructura. Acertar en el diagnóstico representa el éxito de la inversión y por supuesto en la solución de las patologías causantes del problema.

En la evaluación estructural y procedimiento de reparación del edificio se aplicaran todos los conocimientos obtenidos en la Universidad Técnica de Manabí y los resultados en la presente tesis, los cuales nos conceden un criterio idóneo al momento de dicha evaluación estructural en edificaciones. Por otro lado, para la evaluación de estructuras de concreto no resulta fácil señalar una indicación única para la interpretación de un deterioro en particular ya sea por la presencia de una fisura, deterioro, mancha o anomalía. Una misma manifestación de daño en un

caso puede interpretarse asociada a una causa que puede variar en circunstancias diferentes dentro de la mecánica estructural.

El deterioro de cualquier edificación es muy evidente ya que cada parte que la conforma presenta un tiempo de vida útil, es así que cada manifestación de daño tiene su naturaleza, la cual debe investigarse con conocimientos y responsabilidad.

## 2. ANTECEDENTES

La ingeniería estructural ha evolucionado con el pasar de los años, con normas, métodos de análisis confiables y criterios de evaluación así como también experiencias obtenidas en el campo constructivo y numerosas investigaciones destinadas en optimizar su uso.

En años anteriores la identificación de una edificación vulnerable era algo que podría ser desempeñado sólo por un experto, basándose en su propio juicio y experiencia. En la práctica común de ingeniería se han realizado diversos trabajos relacionados con la evaluación y adecuación de estructuras de hormigón armado.

Algunos de estos trabajos realizan la evaluación y adecuación de estas edificaciones mediante el método de análisis dinámico lineal, método incluido en las normas sismoresistentes, que reduce las fuerzas elásticas por un factor  $R$  el cual depende del tipo de estructura, materiales y el nivel de diseño. Este método de análisis dinámico lineal, es un análisis elástico de estructuras, pero considera que la estructura ante un sismo severo se comporte inelásticamente resistiendo sin ningún problema dicho sismo.

El análisis dinámico lineal utiliza una definición de ductilidad global para considerar la capacidad de disipación de energía y la sobrerresistencia en las estructuras que incursionan en el rango inelástico. Este análisis conduce sólo a una estimación de la respuesta real de la estructura.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La evaluación de estructuras es una alternativa importante porque permite saber el estado real de una edificación u obra civil en general y permite conocer si es necesario un procedimiento de una inversión para su reparación o dar por terminado la vida útil de la edificación.

El desarrollo de nuestro estudio consiste en evaluar el estado actual del edificio de Cuerpos de Bomberos del Cantón Jama para proponer un procedimiento de reparación si es necesario, lo cual se llevará a cabo utilizando los conocimientos necesarios, aplicando normas y códigos nacionales e internacionales.

El estudio beneficiará tanto a los habitantes del sector; como a toda la sociedad del cantón Jama, ya que se podrá disponer de resultados confiables que permitirán tomar decisiones por parte de las autoridades administrativos cantonales que ayudarán a disminuir esta problemática. Las razones expuestas, resaltan la importancia económica- social del tema a investigarse.

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Con la determinación del problema, se puede justificar la importancia de la evaluación y procedimiento de reparación de este tipo de estructuras, ya que en nuestra profesión son muy solicitados y elaborados a menudo.

¿La evaluación estructural y diagnóstico del edificio del Cuerpo de Bomberos del cantón Jama, provincia de Manabí, proporcionará una estructura con apropiadas condiciones sismo-resistentes?

## **5. OBJETIVOS**

### **a. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar y diagnosticar la condición estructural del edificio del Cuerpo de Bomberos del cantón Jama, Provincia de Manabí.

### **b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar cualitativa y cuantitativamente la condición estructural del edificio.
- Recopilar datos necesarios para la evaluación estructural y diagnóstico correspondiente, en campo y oficina de acuerdo a la Norma FEMA y las normas NEC.
- Determinar las cargas de servicio que soporta el edificio tomando en cuenta la norma del Código Ecuatoriano de Construcción.
- Examinar el efecto de las cargas de sismo a las que se sobrepone el edificio.

## **6. MARCO TEÓRICO**

### **CAPITULO I**

#### **6.1. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y DIAGNOSTICO.**

Cuando hablamos de una evaluación estructural y diagnóstico en una construcción, hablamos de un análisis detallado de diversas técnicas y equipos utilizados en su realización con el fin de medir la capacidad de una estructura para soportar su peso y a su vez analizar los daños existentes o posibles en futuro, determinando sus orígenes midiendo así el nivel de seguridad que este posee y el costo que llevaría repararlo.

La evaluación estructural es considerada la realización de ensayos, mediciones, inspecciones y hasta en muchos casos un recalcu del edificio o construcción, lo cual puede durar mucho tiempo. Existen dos formas muy comunes de realizar la evaluación estructurada que son la Evaluación Simplificada y la Evaluación Detallada.

La Evaluación Simplificada está basada en determinar el estado actual de la estructura en general, fundamentada en la ponderación adecuada de múltiples aspectos relativos, no solo de tipología estructural, sino también al proceso de corrosión en el que se encuentra el edificio.

La Evaluación Detallada es aquella que consiste en una peritación rigurosa de la estructura, elemento a elemento tomando en cuenta los efectos de la corrosión de las armaduras especialmente en las construcciones mixtas de hormigón-acero.

La capacidad de carga de la estructura debe ser evaluada usando la información que se puede obtener del mismo, esto puede ser a través de su diseño, planos, registros de

construcción, etc. El método más común para evaluar una estructura es mediante la evaluación analítica. La evaluación analítica implica dos circunstancias. La primera se refiere a encontrar los valores de fuerzas y momentos que existen en la estructura. El otro usa las características de la estructura o del miembro que se está analizando para predecir cómo va a responder a los efectos de las cargas existentes.

En el medio se aplican varios métodos para evaluación estructural. De acuerdo con el ACI 364.1R, la labor de evaluación de una estructura generalmente se la realiza por uno o varios de los propósitos a continuación:

- Para determinar la factibilidad de cambiar el uso de la estructura, o adecuarla para satisfacer un uso diferente al original, es decir, alargarla o cambiar su apariencia.
- Para determinar la integridad o adecuación de una estructura o de elementos selectos.
- Para evaluar los problemas estructurales o fatigas que son resultado de la aplicación de cargas inusuales, diseño inadecuado o prácticas constructivas erróneas, ataques químicos, etc.
- Para determinar la factibilidad de modificar una estructura existente con el fin de cumplir con los códigos y normas vigentes.

Esto implica que para realizar una verdadera evaluación a una estructura, es importante tomar en cuenta hasta el mínimo detalle en el funcionamiento del mismo, para así poder llevar a cabalidad dicho proceso permitiendo lograr resultados óptimos que garanticen su buen desempeño.

### **6.1.2. EVALUACIÓN EN LAS ESTRUCTURAS**

En las últimas décadas, ha tomado gran importancia dentro de las tareas desarrolladas por los ingenieros civiles el estudio de las estructuras afectadas por distintas causas relacionadas con el ataque producido por el medio ambiente, acciones del fuego, procesos de asentamientos derivados de fallas de sustentación por suelos alterados o de baja capacidad y acción sísmica. Estos distintos procesos de degradación, deben ser abordados por los profesionales especializados en el tema a través de tareas de estudio, auscultación, evaluación, rehabilitación y refuerzo de estructuras comúnmente conocidas en el mundo como la disciplina de la Patología de las Construcciones.

Esta información en gran medida es obtenida a partir de bibliografía y antecedentes técnicos que no poseen una clasificación adecuada ni existen bancos de datos sistematizados para obtener las herramientas necesarias para abordar la recuperación de estas estructuras. Lo que significa que es sumamente importante evaluar una estructura para medir el estado de confiabilidad que posee, analizar los posibles riesgos o daños que la construcción podría tener, para así mejorar su desempeño y evitar futuros desastres en un futuro.

Por otro lado, en los últimos años creció el interés por la evaluación del peligro sísmico potencial de edificios construidos antes del advenimiento de los códigos de diseño sismo resistente. A pesar de que resulta inmediato evaluar una estructura existente considerando su resistencia de acuerdo a los requerimientos de los códigos, las consecuencias de situaciones insatisfactorias, particularmente con respecto a detallamiento de armaduras y jerarquía de resistencias, son difíciles de cuantificar.

La mayoría de construcciones que existen actualmente no cuentan con el diseño adecuado que permita su óptimo desarrollo, ya que la mayoría de los edificios y viviendas en nuestro entorno no han sido construidos bajo las normas o códigos que garantizan un mejor estilo de vida, su infraestructura no es sísmicamente resistente y la mayoría de estos cuentan con grietas, desplazamientos o deflexiones provocadas por sismos de mínima magnitud o porque los materiales utilizados en su construcción no presentan la suficiente calidad provocando así su deterioro anticipado.

### **6.1.3. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR EN UNA EVALUACIÓN A UNA ESTRUCTURA.**

El objetivo de una investigación preliminar es determinar las condiciones de la estructura, la magnitud y tipo de problemas que esta tiene y la factibilidad para aplicar métodos de rehabilitación o reforzamiento.

Este tipo de investigación previa a la evaluación debe estar enfocada en un mismo objetivo que es realizar un reforzamiento estructural que permita llevar a cabalidad los objetivos de la evaluación. Para ellos es importante tomar en cuenta:

- a) Revisión de planos, especificaciones y registros de la construcción.
- b) Observaciones in-situ de las condiciones.
- c) Mediciones de la geometría, deflexiones, desplazamientos, grietas y otros daños.
- d) Pruebas no destructivas.
- e) Extracción exploratoria.

f) Muestreo, ensayos, y análisis.

La inspección visual es un paso fundamental dentro de la evaluación estructural y debe ser realizada una vez terminado el estudio de planos. Esta inspección provee información evidente que puede definir el alcance de un proyecto de reforzamiento estructural. La inspección visual indica manifestaciones físicas de fallas o problemas en una estructura como:

- Agrietamientos.
- Deformaciones excesivas.
- Desprendimiento rotura del hormigón.
- Exfoliación del hormigón.
- Erosión.
- Meteorización.
- Pérdida del recubrimiento.

Complementariamente en una inspección visual, se deben realizar mediciones en la estructura de sus desplazamientos, agrietamientos, deflexiones, longitud de las luces y dimensión de los miembros. Como se mencionó anteriormente, la inspección visual puede arrojar información que indique un deterioro evidente en la estructura. En estos casos, es recomendable realizar extracciones exploratorias. Así mismo, las extracciones son recomendables cuando existen sospechas de defectos ocultos dentro de la estructura o falta de información. Sin embargo, las extracciones exploratorias

son más usuales dentro de una investigación detallada, la cual será explicada más adelante.

Se debe registrar toda la información obtenida en una inspección visual. Para ello se debe utilizar listas de chequeo, fotografías y si es posible, filmaciones. Por supuesto, se debe contar con el equipo adecuado para obtener registros precisos, por ejemplo, comparadores de grietas, alcohol desnaturalizado, etc. Y de esta manera llevando a cabalidad con cada uno de los requerimientos antes mencionados se podrá obtener grandes resultados en el proceso de evaluación, determinando así el estado físico de la construcción, edificio o vivienda analizada previo a su reparación.

#### **6.1.4. TÉCNICAS PARA LLEVAR A CABO UNA EVALUACIÓN**

##### **ESTRUCTURAL**

Existen varios tipos de técnicas que permiten llevar a cabo una evaluación estructural efectiva, las cuales están basadas en diferentes tipos de análisis que permiten determinar las condiciones de una construcción, edificio o viviendas y verificar si este se encuentra en óptimas condiciones para su funcionamiento. Dentro de estos diferentes tipos de análisis se asume el comportamiento de la estructura. Se asume que tanto el hormigón con el acero de refuerzo se comportan de una manera lineal-elástica, considerando un análisis para cargas de servicio. Sin embargo es necesario tener en cuenta que debido a la baja resistencia del hormigón a esfuerzos de tensión, se lo debe trabajar como secciones agrietadas.

ACI 437R-03 indica que existen tres niveles de análisis: análisis riguroso, análisis de elementos finitos, y análisis aproximado.

**Análisis riguroso:** Este tipo análisis está basado en teorías verificadas experimentalmente sobre la mecánica estructural. Cabe recalcar que este tipo de análisis se puede realizar cuando las condiciones de carga de edificio son conocidas en su totalidad para así complementar la información obtenida en la evaluación.

De la misma manera este análisis se puede llevar a cabo cuando se puede obtener la información suficiente para realizar una correcta validación de la condición física que posee la estructura tomando en cuenta factores como el deterioro y el daño.

**Análisis de elementos finitos:** Análisis lineal de elementos finitos y análisis no lineal de elementos finitos proveen una solución para casos donde los métodos convencionales de análisis no son suficientes. Este último método puede ser utilizado para evaluar los efectos de las propiedades no lineales del material en respuesta estructural a niveles de carga que producen comportamientos inelásticos, tales como agrietamiento del hormigón y la fluencia del acero.

**Análisis aproximados.**-El uso de métodos aproximados de evaluación requieren experiencia considerable con el tipo de sistema estructural en evaluación y su comportamiento. Lo más importante para estos métodos es el criterio del ingeniero. Los análisis aproximados deben seguir las siguientes pautas:

### **6.1.5. INSPECCIÓN VISUAL Y OBSERVACIÓN DE CAMPO**

Luego de haber realizado un análisis exhaustivo de la documentación obtenida, se debe proceder a realizar una inspección de campo de la estructura. Dentro de la observación de campo, se debe realizar una inspección visual de la estructura tal como se indicó previamente en la investigación preliminar. Pero en este caso más detallada.

Como complemento necesario de la inspección visual, al realizarse una investigación de campo, se debe verificar que la construcción concuerde con lo planificado, se debe realizar una evaluación del estado de la estructura y por supuesto, un informe que resuma la información obtenida en la observación.

Cuando se verifica que la construcción concuerde con lo planificado, se debe realizar mediciones de la geometría estructural ya que pueden existir variaciones tardías en el diseño y que difieren con la información mostrada en los planos. “En particular, las alteraciones no registradas pueden ser críticas porque pueden ser la causa de la reducción en la resistencia de la estructura.”

Es importante realizar ensayos no destructivos como pachometrías durante la investigación de campo para verificar que el acero de refuerzo colocado en la estructura concuerde con los planos estructurales. Es esencial determinar la ubicación del acero de refuerzo durante esta etapa. Ya que durante la construcción de la edificación podría no haberse cumplido con el diseño estructural y esto puede ser causa de fallas graves.

La inspección visual y los ensayos no destructivos pueden ser insuficientes para determinar deterioros serios o fallas en la estructura. En estos casos es recomendable la obtención de muestras mediante ensayos destructivos. Ya que estos ensayos conllevan la extracción y reposición de porciones de la estructura, antes de realizarlos se debe contar con la aprobación del propietario de la edificación.

Para una inspección visual completa se deben llevar registros complementados con esquemas, fotografías y filmaciones. El ACI 201.1R y el ACI 364.1R proponen lo siguiente para identificar apropiadamente agrietamientos, roturas o desprendimientos, corrosión del acero de refuerzo, etc.:

- a) Los agrietamientos estructurales y no estructurales deben ser medidos. Se debe registrar su ancho, profundidad, longitud, ubicación y tipo. En caso de que se conozca, registrar si el agrietamiento se produjo por flexión, corte o tensión directa.
- b) Desprendimiento, eflorescencia y otros defectos de superficie deben ser medidos y registrados.
- c) La corrosión de las varillas de refuerzo incluyendo la extensión y cantidad de la sección transversal perdida, debe ser medida y registrada.
- d) Conectores sueltos, corroídos o cualquier otro defecto de elementos prefabricados de hormigón, o vínculos con elementos arquitectónicos o revestimientos deben tenerse en cuenta.

- e) Las deformaciones, sean estas permanentes o temporales por cargas, columnas desplomadas, y otras desalineaciones, deben ser medidas y registradas.
- f) Se deben identificar asentamientos o levantamientos de la cimentación.
- g) Se deben identificar fugas de agua, áreas encharcamiento, zonas de drenaje deficiente y otros problemas de agua.
- h) Debe ser notada la evidencia de deterioro por ataques químicos agresivos como ataques de sulfatos o ácidos.

Cuando se trata de daños visibles, es complicado hacer una cuantificación de estos.

ACI 364.1R seis puntos para clasificar los daños visibles:

- a) Inseguro.
- b) Potencialmente peligroso.
- c) Severo.
- d) Moderado.
- e) Menor.
- f) Buenas condiciones.

Si se detecta daños visibles inseguros o potencialmente peligrosos, se debe tomar las medidas necesarias inmediatamente. “Es importante notar la extensión y severidad de las áreas deterioradas con respecto a la estructura completa en evaluación.”<sup>11</sup>

Durante la observación de campo se debe realizar un chequeo de las cargas actuantes en la estructura, combinaciones de carga, presiones en el suelo y condiciones ambientales actuantes en la estructura que quizá actualmente son diferentes a las consideradas en el momento del diseño original.

Al hacer la inspección de cargas se deben revisar las cargas muertas, ya que estas pueden haber variado en las dimensiones de los elementos estructurales o cambios en la densidad o contenido de humedad de los materiales con el paso del tiempo. Dentro de estas cargas se deben tomar en cuenta las cargas superpuestas en la estructura como son pisos arquitectónicos, acabados en los techos, sistemas mecánicos, tabiques divisores y revestimientos exteriores.

De igual manera es muy importante hacer una revisión de las cargas vivas actuantes en la estructura ya que estas dependen del tipo de uso de esta. Es necesario averiguar si la estructura va a tener un uso futuro diferente o si en algún momento de la vida de la estructura esta fue sometida a solicitaciones mayores a aquellas con las que fue diseñada.

Cuando se está realizando una evaluación estructural de serviciabilidad en adición de la resistencia, se debe estimar las cargas vivas que estarán presentes en condiciones normales del edificio. Estas estimaciones pueden obtenerse realizando estudios detallados y medidas de otros edificios con ocupaciones similares.

Las cargas de viento y sísmicas deben ser consideradas también en esta etapa y en sobretodo en nuestro medio, las cargas sísmicas. “Los requerimientos de los códigos

para cargas de viento y sísmicas pueden actualmente ser más estrictos que cuando la estructura fue construida.”

#### **6.1.6. LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL**

El levantamiento estructural incluirá fotos de todas las incidencias y fases del proceso de toma de muestras, identificadas con la fecha y el tipo de elemento estructural (vigas, losas, columnas, muros de carga y fundaciones), y cualquier otra información de importancia.

Para estos fines se requerirá la documentación siguiente, cuando aplique según el tipo de estructura, sin ser limitativa:

**6.1.6.1. Planos y Cálculos.-** Planos generales de la edificación, actualizados de acuerdo a lo construido, con las especificaciones y propiedades mecánicas de los materiales estructurales constituyentes de los elementos encontrados, y los cálculos correspondientes al diseño que demanda la estructura.

**6.1.6.2 Estudios geotécnicos.-** Estudios geotécnicos originales, cumpliendo con los requisitos contenidos en el reglamento geotécnico vigente, con los datos que soportaron el diseño de las fundaciones, avalados por el ingeniero responsable del mismo. Si la edificación fue construida sin contar con dicho estudio, el mismo deberá ser realizado en la obra ya construida, y evaluar las fundaciones existentes de acuerdo a sus resultados.

**6.1.6.3 Levantamiento de los Elementos de Hormigón.-** Informe de las condiciones que presentan los miembros estructurales y obtención de la resistencia de los diferentes elementos que la componen, según los siguientes casos:

**a) Edificaciones sin Pruebas y Ensayos Comprobatorios.**

El levantamiento estructural de las edificaciones construidas sin documentación probatoria del control de calidad de los elementos que componen la estructura, se realizará mediante uno de los siguientes métodos:

**1) Pruebas Destructivas.**

Realización de ensayos a muestras de núcleos extraídas de los elementos estructurales más críticos, siguiendo el procedimiento establecido en las normas ASTM C 42/C 42M y ASTM C 823, y de acuerdo a la siguiente proporción por cada nivel:

-15% de los elementos verticales sismorresistentes (muros y columnas), cuya selección se hará en ambas direcciones.

-Un núcleo por cada 15 m<sup>3</sup> para el caso de las vigas.

-Un núcleo por cada 150 m<sup>2</sup> para el caso de las losas.

**2) Pruebas no destructivas.**

Realización de ensayos al 25% de los elementos estructurales de cada nivel, mediante equipos aprobados, las cuales serán permitidas 3 siempre y cuando se complementen con ensayos de núcleos de al menos el 5% de los elementos verticales sismorresistentes, un núcleo por cada 30 m<sup>3</sup> de las vigas y uno por cada 300 m<sup>2</sup> de

las losas, escogidos entre los mismos elementos seleccionados en las pruebas no destructivas, pero en ningún caso serán menos de un ensayo por cada tipo de elemento estructural por nivel, o uno en cada dirección en el caso de muros y columnas.

Se deberá realizar una correlación de la data obtenida en las pruebas no destructivas, con los valores de rotura obtenidos en los núcleos extraídos. El informe de estas pruebas deberá estar acompañado del último certificado vigente de los equipos utilizados durante el procedimiento.

#### **b) Edificaciones con Pruebas y Ensayos Comprobatorios.**

Cuando el evaluador estructural obtenga información fehaciente de registros, en original, de una cantidad representativa de las pruebas realizadas a probetas tomadas durante el vaciado del hormigón en la construcción (tres por cada 7 m<sup>3</sup>), tanto por la hormigonera como por una supervisión privada, en caso de que la hubiere, revisará la documentación, constatará la fecha en que fue obtenida, y hará las comprobaciones para analizar la veracidad de los valores de la resistencia del hormigón obtenidos en la obra.

En este caso será requerido realizar pruebas adicionales no destructivas al 15% de los elementos estructurales por nivel, seleccionando los más críticos. Esta documentación formará parte de los documentos de la evaluación. El MOPC analizará estos registros para comprobar la veracidad de la información y su correspondencia con la Edificación en cuestión.

**6.1.6.4 Levantamiento de Armaduras.-** Informe del levantamiento de la armadura de los elementos estructurales construidos (vigas, losas, columnas y muros) indicando cantidad, diámetro y grado, avalados por imágenes fotográficas fechadas de cada elemento intervenido.

La cantidad mínima de elementos estructurales a los que se requerirá el levantamiento de la armadura será del 70% de las columnas y muros de hormigón armado, el 30% de las vigas, y el 10% de las losas. No será requerido determinar el grado del acero, cuando se asuma grado 40 para todas las barras de refuerzo, o grado 80 para las mallas electro soldadas.

En caso de que el levantamiento sea realizado mediante pruebas no destructivas, con equipos de detección de barras de refuerzo en elementos de hormigón armado, dichos equipos deberán ser capaces de presentar una salida gráfica de los resultados, la cual será incluida en el informe técnico presentado, para que pueda ser leída e interpretada por los ingenieros estructurales de la Oficina de Tramitación de Planos encargados de la revisión, sin que se permita en ningún caso resultados basados en lecturas manuales. El informe de estas pruebas deberá estar acompañado del último certificado vigente de los equipos utilizados durante el procedimiento.

**6.1.6.5 Levantamiento de Estructuras Metálicas.-** En caso de edificaciones construidas en estructuras metálicas o combinadas, se realizará una evaluación visual según el FEMA 351 y 353, y el AISC, y se presentará un informe sobre las condiciones de la estructura y los elementos que la componen, muestreado con fotos, indicando al menos los siguientes datos:

a) Condición existente de los elementos metálicos, indicando si existen señales de corrosión, dónde ocurren y el grado de la misma, así como también cualquier anomalía que la estructura presente.

b) Grado, espesores y dimensiones de todos los elementos de acero en columnas y vigas, así como de las cerchas. No será requerido determinar el grado del acero, siempre y cuando se asuma el tipo A36 para todos los elementos metálicos.

c) Tipos de uniones utilizadas en cada elemento, indicando si son atornilladas o soldadas, cantidad, diámetro y tamaño de los pernos, dimensiones y espesores de las placas de apoyo, tipo de soldadura utilizada.

d) Conectores, riostras, correas, rigidizadores, tillas, y demás elementos.

**6.1.6.6 Levantamiento de las Cimentaciones.**- Para el caso particular de las cimentaciones, se realizarán exploraciones para obtener muestras del hormigón en al menos el 10% de las cimentaciones que correspondan a las columnas analizadas, pero en ningún caso en menos de dos.

Adicionalmente, se deberá determinar la profundidad de desplante, el espesor y el área de la cimentación de las mismas.

### **6.1.7. INFORME DE EVALUACIÓN**

Después de llevar cualquier tipo de evaluación estructural el evaluador presentará un informe final sobre dicha evaluación lo cual debe contener una descripción de los estudios realizados, así como las comparaciones y conclusiones definitivas, además

se debe indicar si la edificación deberá ser reforzada o no, de acuerdo a la información que arrojen los resultados obtenidos en el levantamiento y análisis estructural.

En caso de que sea necesario reforzar o darle algún tipo de mantenimiento a la estructura, porque los resultados del levantamiento estructural estén en defecto con respecto a los planos, a los cálculos originales y a los reglamentos vigentes, o se detecte algún tipo de deficiencia estructural, se deberán presentar los planos y cálculos con una propuesta de reforzamiento de la estructura para que así la investigación sea efectiva.

## CAPITULO II

### 6.2. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

La técnica constructiva del hormigón armado consiste en la utilización de hormigón reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. También se puede armar con fibras, tales como fibras plásticas, fibra de vidrio, fibras de acero o combinaciones de barras de acero con fibras dependiendo de los requerimientos a los que estará sometido. El hormigón armado se utiliza en edificios de todo tipo, caminos, puentes, presas, túneles y obras industriales. La utilización de fibras es muy común en la aplicación de hormigón proyectado o shotcrete, especialmente en túneles y obras civiles en general.

Hennebique y sus contemporáneos, basaban el diseño de sus patentes en resultados experimentales, mediante pruebas de carga; los primeros aportes teóricos los realizan prestigiosos investigadores alemanes, tales como Wilhem Ritter, quien desarrolla en 1899 la teoría del «Reticulado de Ritter-Mörsch. Los estudios teóricos fundamentales se gestarán en el siglo XX.

Existen varias características responsables del éxito del hormigón armado: El coeficiente de dilatación del hormigón es similar al del acero, siendo despreciables las tensiones internas por cambios de temperatura. Cuando el hormigón fragua se contrae y presiona fuertemente las barras de acero, creando además fuerte adherencia química. Las barras, o fibras, suelen tener resaltes en su superficie, llamadas corrugas o trefilado, que favorecen la adherencia física con el hormigón.

Por último, el pH alcalino del cemento produce la pasivación del acero, fenómeno que ayuda a protegerlo de la corrosión. El hormigón que rodea a las barras de acero

genera un fenómeno de confinamiento que impide su pandeo, optimizando su empleo estructural.

### **6.2.1. EL HORMIGÓN**

El hormigón es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción, debido a su buen comportamiento mecánico, resistencia a acciones climáticas, agentes químicos, fuego, abrasión o cualquier tipo de deterioro.

El hormigón en masa es un material moldeable y con buenas propiedades mecánicas y de durabilidad, y aunque resiste tensiones y esfuerzos de compresión apreciables tiene una resistencia a la tracción muy reducida. Para resistir adecuadamente esfuerzos de torsión es necesario combinar el hormigón con un esqueleto de acero. Este esqueleto tiene la misión resistir las tensiones de tracción que aparecen en la estructura, mientras que el hormigón resistirá la compresión (siendo más barato que el acero y ofreciendo propiedades de durabilidad adecuadas).

El hormigón es un material homogéneo compuesto por agua, árido fino, árido grueso y aglomerante, el cual luego de un tiempo de fragüe1 adquiere dureza y cierta resistencia que depende de las proporciones de los elementos antes mencionados. Durante la mezcla pueden colocarse ciertos aditivos para mejorar las propiedades físico químicas del hormigón.

## 6.2.2. PROPIEDADES DEL HORMIGON ARMADO

Con el pasar de los años se han venido buscando técnicas que permitan mejorar el acabado del hormigón armado, por lo cual se ha definido que este debe constar de las siguientes propiedades:

**Relación Agua –Cemento (A / C)** Este factor es el más importante en la resistencia del hormigón; es la cantidad de agua con respecto a la de cemento.

**Resistencia a la Compresión** Esta propiedad depende de la proporción de cada uno de los componentes del hormigón durante su mezcla, depende también de la relación agua –cemento y de la calidad del curado. La resistencia a la compresión  $f'_c$ , está basada en la obtenida en cilindros cuya relación altura – diámetro(h/d) sea igual a 2, estos cilindros deben ser ensayados a los 28 días de haber sido elaborados.

Los ensayos consisten en la aplicación de una carga axial uniforme sobre toda la superficie de la probeta a una velocidad constante, establecida por la norma ASTM C873. Como resultado de este ensayo se obtiene la curva Esfuerzo – Deformación, donde se puede evidenciar la máxima deformación unitaria. Normalmente se encuentra en un rango entre 0.003 y 0.008, sin embargo el código ACI - 318 establece como normativa una deformación unitaria del hormigón no mayor a 0.003.

Por lo general en estructuras comunes como son edificios, puentes, vías, etc., se utiliza resistencias a la compresión  $f'_c$  de 210 Kg/cm<sup>2</sup> en adelante.

**Resistencia a la Tensión.** Según Nilson (2001) la resistencia a la tensión del hormigón es baja en relación a la resistencia a la compresión,

aproximadamente del 10 al 15% de la resistencia a la compresión, ocasionalmente del 20%. Esta propiedad resulta más difícil de determinar en relación a la resistencia a la compresión, se obtienen resultados dispersos entre probetas que corresponden a un hormigón de la misma edad. Debido a su bajo desempeño a esfuerzos de tensión, el hormigón estructural es reforzado con acero dando como resultado el hormigón armado.

**Resistencia al Corte.** De acuerdo a Ferguson pág. 16 “La resistencia del concreto al corte es grande, y los datos que se han dado al respecto varían del 35 al 80% de la resistencia a la compresión.” Los esfuerzos cortantes suelen ser llamados como esfuerzos de tensión diagonal que deben ser contrarrestados para evitar las fisuras por tensión diagonal. En hormigón estructural se lo logra incorporando refuerzo transversal de acero.

**Trabajabilidad.** Es aquella propiedad que determina la capacidad del hormigón de ser Colocado adecuadamente sin que se genere segregación que pueda producir daños al mismo. La trabajabilidad del hormigón se ve reflejada en su consistencia, esta dependerá de la cantidad de agua, tamaño de los agregados, así como también del tipo de aditivo que ha sido colocado durante la mezcla.

### **6.2.3. DURABILIDAD DEL HORMIGÓN ARMADO**

Según las Norma ASTM E 632 se entiende como durabilidad o vida útil del hormigón armado a “La capacidad de mantener en servicio un producto, componente o construcción durante un tiempo especificado.”, dicho esto la

durabilidad del hormigón tiene un gran comportamiento contra agentes climáticos, ataques químicos, abrasión o procesos de deterioro.

La vida útil de las estructuras se ven íntimamente ligadas con el servicio que vayan a ofrecer las mismas bajo ciertas condiciones de servicio, durante un determinado tiempo, es decir, se entiende como vida útil al tiempo en el cual los servicios de la estructura son eficaces y eficientes.

La durabilidad de las estructuras de hormigón es ya un problema principal, es un estado límite más en el diseño de las estructuras, junto con la resistencia a la aplicación de las cargas, a las deformaciones permisibles y a los tamaños máximos de fisuras permitidos. Howland J. en su investigación sobre el desempeño de la durabilidad de las estructuras de hormigón puede definir la durabilidad como: La capacidad de las estructuras para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y solicitaciones consideradas en el análisis estructural.

#### **6.2.4. VIDA UTIL DEL HORMIGÓN ARMADO.**

La vida útil según la norma Cubana NC 120:2007, es el período de tiempo durante el cual el comportamiento del hormigón en la estructura se mantendrá a un nivel compatible con los requisitos de desempeño de la estructura, siempre que ésta sea adecuadamente conservada, esto quiere decir que sean respetadas de forma

consecuente las medidas necesarias de mantenimiento preventivo. Toda estructura debe diseñarse o proyectarse para alcanzar un plazo de vida útil determinado.

El concepto de Vida Útil debe aparecer ya en la fase de diseño estructural, definiendo los requisitos de seguridad, funcionalidad y apariencia que debe tener una determinada estructura durante un determinado período de tiempo, sin presentar costos inesperados de mantenimiento. Los conceptos básicos basados en la resistencia frente a las sollicitaciones mecánicas se deben hacer extensivos a los de durabilidad, de tal forma que se incluyan las sollicitaciones de tipo agresivo a las que va a estar expuesta la estructura.

**1. La vida útil de proyecto**, que se caracteriza porque comienzan a aparecer en la estructura los primeros síntomas de corrosión del acero de refuerzo: fisuraciones, manchas superficiales de óxido, etc. Este es el momento idóneo para hacer las intervenciones necesarias que permitan alargar la vida útil de la estructura.

**2. La vida útil de servicio**, que se caracteriza porque la estructura pierde ya sus condiciones de servicio, o sea comienza a desprenderse la capa de recubrimiento del acero y esto puede provocar accidentes en las personas.

**3. La vida útil última**, que se caracteriza porque debido a la corrosión, el acero de refuerzo ha perdido sección suficiente para provocar en cualquier momento el colapso de la estructura.

**4. La vida útil residual**, que es el tiempo en que la estructura se mantiene sin colapsar aún después de haber vencido su plazo de vida útil última. En Cuba de forma local para identificar aquellas estructuras que han mantenido una vida útil

residual por tiempo prolongado, se les ha llamado eufemísticamente “Estática milagrosa”

### **6.2.5. CORROSIÓN EN ARMADURAS**

La Corrosión de Armaduras en el Hormigón Armado es uno de los daños más frecuentes y que ocasionan mayores deterioros en las estructuras de Hormigón Armado.

Se manifiesta mediante el desprendimiento del hormigón de una forma puntual o longitudinal, dejando las armaduras próximas a la superficie sin protección, por lo que con el tiempo quedan recubiertas por una película de óxido que se manifiesta mediante la aparición de manchas en la zona afectada.

Durante la hidratación del cemento se libera hidróxido cálcico, también llamado portlandita, que otorga carácter básico al hormigón, situando al pH entre 12 y 13. Con estos valores de pH el acero de las armaduras se encuentra pasivado, es decir, recubierto con una capa de óxidos, compacta y continua, que lo mantiene protegido de la corrosión.

Si bien existen varias causas que pueden dar lugar a la destrucción de la capa pasivante del acero, en la práctica los factores que promueven la corrosión electroquímica de las armaduras en el interior del hormigón son mayoritariamente la carbonatación y la presencia de cloruros, o ambos factores en conjunto, ayudados por el fisuramiento o la porosidad del hormigón que permite el paso hasta las armaduras de oxígeno, humedad y de diversos agresores del medio.

Este tipo de patología bastante frecuente pone en peligro la solidez de los elementos afectados y necesita a menudo reparaciones costosas por la repetición de un gran número de elementos idénticos (fachadas, cornisas, etc.)

### **6.2.6. FISURAS EN EL HORMIGÓN ARMADO**

Las Fisuras en el Hormigón, son roturas que aparecen generalmente en la superficie del mismo, debido a la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia. Cuando la fisura atraviesa de lado a lado el espesor de una pieza, se convierte en grieta.

Las fisuras se originan en las variaciones de longitud de determinadas caras del hormigón con respecto a las otras, y derivan de tensiones que desarrolla el material mismo por retracciones térmicas o hidráulicas o entumecimientos que se manifiestan generalmente en las superficies libres.

La retracción térmica se produce por una disminución importante de la temperatura en piezas de hormigón cuyo empotramiento les impide los movimientos de contracción, lo que origina tensiones de tracción que el hormigón no está capacitado para absorber. En general, no conllevan riesgos estructurales y deben ser estudiados caso por caso, por ser atípicos.

### **6.2.7. REPARACIÓN EN ESTRUCTURAS**

Existen diferentes métodos de reforzamiento tales como: colocación de acero de refuerzo simple o postensado, instalación exterior de refuerzo postensado, recrecimiento o aumento de la sección de concreto con o sin refuerzo adicional (concreto lanzado, colocado convencionalmente o adherido como elemento prefabricado) y el uso de refuerzo (platina o lámina metálica) adherido a la superficie de concreto con adhesivo epóxico. Igualmente, si existen fisuras estructurales en el concreto que requieren ser selladas para dar una estructura monolítica nuevamente, tenemos la tecnología de las inyecciones de resina epóxica de baja viscosidad.

Una estructura de concreto puede presentar anomalías, debido a muy diversas causas. El tema es muy amplio y en él se podría profundizar con muy pocas probabilidades de agotarlo. En este artículo, con riesgo de pecar de simplificación, se tratará de resumir (si es que puedan considerarse como resumibles), algunos importantes puntos que participan en la problemática general del tema.

Actualmente cuando se proyecta y construye una estructura de concreto, generalmente el ingeniero tiene, por lo menos, en la mente tanto la funcionalidad de la obra; como una durabilidad un tanto indefinida si se midiera en años pero que llamaremos “adecuada”; una razonable conservación y reparaciones que deben ser cuidadosamente tomadas en cuenta, y todo esto enmarcado en un costo total y tiempo de construcción mínimos y generalmente ajustados a un proceso de licitación o cuando menos a un examen comparativo con la competencia.

### **6.2.8. ACERO ESTRUCTURAL**

El acero estructural es una aleación de componentes metálicos, especialmente hierro y carbono. Este último suele estar presente en el acero en proporciones del 0,5 al 1,5%. Debido a su gran capacidad para soportar esfuerzos de tracción, se lo utiliza para reforzar al hormigón el cual relativamente ofrece poca resistencia a dichos esfuerzos. La unión del hormigón simple y el acero estructural se conoce como hormigón armado.

En nuestro medio el acero estructural es comercializado en varillas de diferentes diámetros. Para realizar estructuras de hormigón armado, se usa comúnmente varillas desde 10mm a 28mm de diámetro, sin embargo, existen varillas de menor y mayor diámetro que las mencionadas.

El acero confiere a las piezas mayor ductilidad, permitiendo que las mismas se deformen apreciablemente antes de la falla. Una estructura con más acero presentará un modo de fallo más dúcil (y, por tanto, menos frágil), esa es la razón por la que muchas instrucciones exigen una cantidad mínima de acero en ciertas secciones críticas.

En los elementos lineales alargados, como vigas y pilares las barras longitudinales, llamadas armado principal o longitudinal. Estas barras de acero se dimensionan de acuerdo a la magnitud del esfuerzo axial y los momentos flectores, mientras que el esfuerzo cortante y el momento torsor condicionan las características de la armadura transversal o secundaria.

### **6.2.9. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO**

Ya que el acero es un material apropiado para resistir esfuerzos traccionantes, es típico someter a aceros de diferentes resistencias a esfuerzos de esta naturaleza para obtener una curva esfuerzo –deformación analizar el comportamiento mecánico del acero.

Generalmente en nuestro medio se utiliza aceros con un esfuerzo de fluencia  $f_y$  de 4200 kg/cm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad  $E$  de  $2,1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>.

### **6.2.10. DUCTILIDAD**

La ductilidad es la propiedad que tienen algunos materiales de deformarse ampliamente al ser sometidos a una fuerza. En adición a lo mencionado anteriormente, mientras más resistencia tiene el acero, es menos dúctil.

En nuestro medio, se busca que las edificaciones sean sismoresistentes. Para ello, la estructura debe ser capaz de absorber la mayor cantidad de energía producida por el sismo. Esta capacidad se logra haciendo una estructura dúctil implementando la cantidad y detallamiento adecuados en el hormigón.

## **CAPITULO III**

### **6.3. NORMAS DE CONSTRUCCIÓN.**

La mayoría del territorio del Ecuador se encuentra ubicado en una zona de alto peligro sísmico. La vulnerabilidad o susceptibilidad al daño de muchas edificaciones que tienen un alto grado de exposición por estar en su mayoría situadas en ciudades con alta peligrosidad sísmica como Quito, Guayaquil y todas las ciudades costeras, de aquellas construidas antes de la promulgación de los códigos de la construcción o de aquellas que no han sido diseñadas apropiadamente y que a lo largo de su vida han sido reformadas, ampliadas o que han sufrido un cambio en el tipo de uso, distinto al contemplado en el diseño. El riesgo sísmico es alto y debe ser considerado en la toma de decisiones.

Por estas razones, pensando en un mejor porvenir y con el objetivo de evitar futuros daños en edificaciones causados por desastres naturales de alto riesgo como los sismos, en el Ecuador se han establecido diferentes normas de construcción que permiten un mejor acabado, diseño, estructuras y a su vez son capaces de resistir a los diferentes desastres naturales que se pueden presentar. Estas normas son:

**NEC-SE-CG:** Cargas (no sísmicas)

**NEC-SE-DS:** Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente

**NEC-SE-RE:** Riesgo sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras

**NEC-SE-GM:** Geotecnia y Diseño de Cimentaciones

**NEC-SE-HM:** Estructuras de Hormigón Armado

**NEC-SE-AC:** Estructuras de Acero

**NEC-SE-MP:** Estructuras de Mampostería Estructural

**NEC-SE-MD:** Estructuras de Madera

**NEC-SE-VIVIENDA:** Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m

De la misma manera, también se han adoptado normas internacionales de construcción como:

**ASCE 31-2003** Seismic Evaluation of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers (2003)

**ASCE 41-2006** Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers (2006)

**FEMA 154** Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

**FEMA 274** (1997) NEHRP commentary on guidelines for seismic rehabilitation of buildings (1997)

**FEMA 356** (2000) Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings (2000)

**FEMA 440** (2005) Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures  
FEMA 440(2005)

La rehabilitación sísmica de edificios se ejecutará de acuerdo a la norma ASCE 41.

Se espera que la mayoría de edificios rehabilitados de acuerdo a ASCE 41 alcancen los niveles de desempeño deseados ante la acción del sismo de diseño. Sin embargo,

el cumplimiento de esa norma no garantiza tal desempeño, más bien, representa el estado del conocimiento en este campo de la ingeniería. El conocimiento en ingeniería sísmica evoluciona rápidamente, tanto en el entendimiento sobre el comportamiento de los edificios atacados por terremotos, como en las técnicas para predecir su desempeño. Información sobre la confiabilidad de los procedimientos especificados en ASCE 41 se encuentran en FEMA 274.

La norma ASCE 41 está basada principalmente en la pre-norma FEMA 356 e incluye las recomendaciones de FEMA 440 para análisis no-lineal estático.

### **6.3.1. NORMA FEMA**

Agencia Federal para la Gestión de Emergencias o FEMA es la agencia del Gobierno de los Estados Unidos que da respuesta a huracanes, terremotos, inundaciones y otros desastres naturales.

Publicado 1988, hasta el 2002 se había utilizado para evaluar sobre 70,000 estructuras en los EU. La norma FEMA presenta un método para identificar rápidamente, realizar inventario e identificar edificios que presentan riesgo de muerte, lesión, o que tendrán limitación en el uso después de un terremoto. Utilizando un sistema de puntuación basado en el tipo de estructura, esta evaluación nos permite identificar:

- Edificios existentes que fueron diseñados y construidos antes de la utilización de códigos de construcción para sismos.
- Edificios que estén construidas sobre suelos blandos.

- Edificios que poseen características no adecuadas para resistir un sismo.

Como parte de la evaluación cada estructura recibe una puntuación que establece si la misma requiere una evaluación más detallada.

FEMA recomienda:

Valor mínimo es de 2.

Evaluación detallada se realiza por un profesional con experiencia en diseño sísmico.

Limitación:

Solo aplica para edificios.

Método sumamente conservador.

Algunas estructuras adecuadas podrían calificarse como peligrosas.

### **6.3.2 PASOS GENERALES PARA UNA EVALUACION EXTRUCTURAL.**

Antes de comenzar a evaluar estructuras considere:

Presupuesto.- Nos ayuda a determinar el alcance.

Determinar lugar.- Establecer lugar de mayor necesidad, identificar estructuras.

Recolectar datos de diseño.- planos de construcción, estudios de suelos , otros.

Inspección de campo.- inspección interna y externa.

### **6.3.3 CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN**

Los primeros códigos buscaban evitar que las estructuras colapsaran.

El objetivo de los códigos modernos es que la estructura sobrepase el terremoto con daños controlados pero sin colapso, ni pérdidas de vidas.

### **6.3.2. RIESGOS SISMICO**

El Ecuador tiene una larga historia de actividad sísmica que, en los últimos 460 años, ha provocado la destrucción de ciudades enteras como Riobamba e Ibarra, con la muerte de más de 60 000 personas (Yépez H. et al 1998). Escenarios sísmicos probables evaluados en Quito (EPN et al 1994), Guayaquil (Argudo J. et al, 1 999) y Cuenca (García E. 2 000), muestran la necesidad urgente por emprender en programas para la mitigación del riesgo sísmico. El estudio del riesgo sísmico y su impacto en el desarrollo, constituye un reto científico crucial para el siglo veinte y uno. El riesgo sísmico resulta de la combinación de 3 factores:

- peligro sísmico
- nivel de exposición
- vulnerabilidad al daño de las edificaciones.

El análisis de vulnerabilidad se realiza a través de funciones de vulnerabilidad o fragilidad, que relacionan probabilísticamente una medida de intensidad sísmica con una medida de daño en la edificación. En muchos casos las funciones de vulnerabilidad también incorporan las consecuencias del daño en términos de pérdidas humanas y materiales.

## **7. HIPÓTESIS**

### **7.1. HIPOTESIS GENERAL.**

- La evaluación y diagnóstico de la condición estructural sirve para la óptima utilización del edificio del Cuerpo de Bomberos del cantón Jama, Provincia de Manabí.

### **7.2. HIPOTESIS ESPECÍFICA.**

- La evaluación cualitativa y cuantitativamente determina la condición estructural del edificio.
- La recopilación de datos necesarios sirven para la evaluación estructural y diagnóstico correspondiente, en campo y oficina.
- Las cargas de servicio que soporta el edificio están tomando en cuenta la norma del Código Ecuatoriano de Construcción.
- El efecto de las cargas de sismo deterioran la condición del edificio.

## 8. VARIABLES Y SU OPERALIZACIÓN

### 8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

La evaluación estructural.

<b>Concepto</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Índice</b>	<b>Subíndice</b>
La evaluación de una estructura en la actualidad es muy importante para que una estructura perdure en el tiempo.	Optimización científica en la gestión enseñanza-aprendizaje.	Evaluación, y procedimiento de reparación del edificio del Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Jama.	Adecuada evaluación del edificio del Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Jama.	Funcionabilidad de la estructura y Desarrollo de la ciudad.

### 8.3. VARIABLE DEPENDIENTE

- Diagnóstico del edificio del cuerpo de bomberos del cantón Jama, Provincia de Manabí.

Concepto	Dimensión	Indicador	Índice	Subíndice
Para favorecer el desarrollo del Cantón se evaluará la estructura para de esta manera los empleados y personal de bomberos en general desarrollen sus actividades seguras.	La evaluación y diagnóstico del edificio se la hará siguiendo todas las normas: N.E.C código A.C.I ,entre otros.	Para el diseño y evaluación del edificio se lo hará con la norma ecuatoriana de la construcción.	Se iniciara con una observación minuciosa del edificio.	Se verificará los predimensionamientos con el programa SAP200, asignando el espectro de respuesta solicitado por la zona, carga viva, carga muerta, viento y sismo, analizado cada miembro estructural, para garantizar el diseño y contribuir con el desarrollo socio- económico dela ciudad..

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. MÉTODOS**

- Investigación bibliográfica
- Investigación de campo
- Investigación experimental

### **9.2. TÉCNICAS**

- Ensayo no Destructivo
- Observación de Campo
- Levantamiento Estructural

### **9.3. INSTRUMENTOS**

- Esclerómetro
- Ficha de Observación.
- Muestreo

## **10. RECURSOS UTILIZADOS**

### **10.3. RECURSOS HUMANOS**

- Autores del proyecto.
- Director de tesis.
- Miembros del tribunal de revisión de tesis.
- Docentes de la Universidad Técnica de Manabí.

### **10.4. RECURSOS MATERIALES**

- Computadora
- Fotocopiadora
- Flash memory
- CDS
- Internet
- Libros
- Materiales de oficina
- Instrumentos de investigación.
- Esclerómetro
- Flexómetro
- Cinta
- Retroexcavadora

## 10.5. RECURSOS FINANCIEROS

El costo del presente trabajo investigativo comunitario fue de 750 dólares americanos los cuales fueron asumidos por los autores de la investigación. Los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Elaboración del proyecto de tesis	50.00
Movilización	100.00
Internet, Fotocopias e impresiones	200.00
Muestreo	300.00
Trabajo final	100.00
<b>TOTAL</b>	<b>750.00</b>

# **11. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.**

**UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS**

**ENSAYOS  
ESCLEROMETRICOS**

**PROYECTO:**

**LOCALIZACIÓN:** *CANTÓN JAMA - PROVINCIA DE MANABÍ*

**DESCRIPCIÓN:** *COLUMNA A1*

**FECHA :** *MARTES 7 DE ABRIL DEL 2015*

**PARÁMETROS**

DIRECCIÓN DE IMPACTO



**ESTADISTICA**

NÚMEROS DE IMPACTO

N= **9**

VALOR MEDIO DE REBOTE

m= **202** **Kg/cm<sup>2</sup>**

DESVIACIÓN ESTANDAR

de= **21**

VALOR MAXIMO DE REBOTE

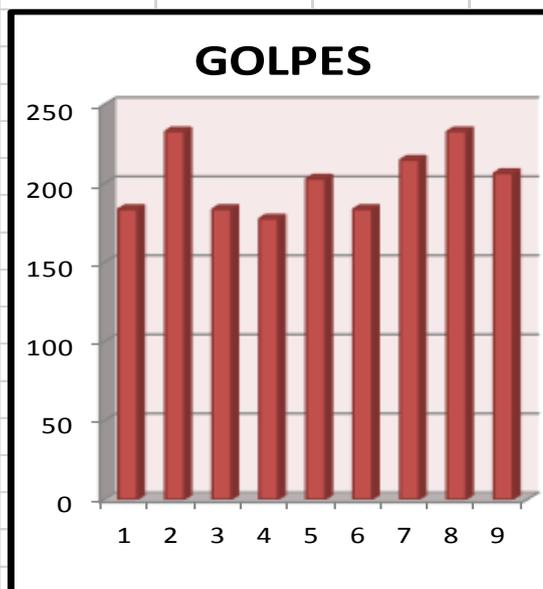
Max= **233** Kg/cm<sup>2</sup>

VALOR MINIMO DE REBOTE

Min= **178** Kg/cm<sup>2</sup>

**MEDIDA DE VALORES DE  
REBOTE**

184	233	184
184	203	178
206	233	215



## **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.**

El ensayo esclerométrico o ensayo no destructivo realizado en la edificación es un ensayo que se realiza para la determinación de resistencia de hormigones. Los resultados obtenidos en la presente edificación nos reveló que la edificación presenta bajas resistencia en columnas y vigas.

### **12.COMPROBACIÓN DE LOS OBJETIVOS.**

#### **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar y diagnosticar la condición estructural para la óptima utilización del edificio del Cuerpo de Bomberos del cantón Jama, Provincia de Manabí.

#### **COMPROBACION**

El edificio del Cuerpo de Bomberos del cantón Jama, se lo evaluó visualmente a través de la técnica de la observación y se diagnostica o se pudo comprobar que dicha edificación muestra falencias en la parte estructural ya que el acero estructural tiene un grado de oxidación muy alto y en las pruebas no destructivas se comprobó que las resistencias de los hormigones es baja.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar cualitativa y cuantitativamente la condición estructural del edificio.

### **COMPROBACION**

Se evaluó cualitativamente el edificio definiendo en las condiciones en las que se encuentra actualmente y cuantitativamente la cantidad de daños que posee con el pasar de los años y la mala práctica constructiva utilizada en la época que se construyó.

- Recopilar datos necesarios para la evaluación estructural y diagnóstico correspondiente, en campo y oficina

### **COMPROBACION**

La recopilación de datos se la realizó para determinar las dimensiones de la edificación, de esta manera se comprobó la modelación de la estructura.

- Determinar las cargas de servicio que soporta el edificio tomando en cuenta la norma del Código Ecuatoriano de Construcción.

### **COMPROBACION**

Se determinó las cargas de servicio para de esta manera modelar la edificación con todas las solicitaciones de cargas, regido a lo que dice la norma del Código Ecuatoriano de Construcción.

- Examinar el efecto de las cargas de sismo a las que se sobrepone el edificio

## **COMPROBACION**

Se estableció la carga sísmica al edificio para realizar la modelación y comprobar que el edificio resiste la fuerza sísmica con las dimensiones con las que fue diseñado.

### 13. CONCLUSIONES

- El edificio del Cuerpo de Bomberos del Cantón Jama tiene más de 28 años en funcionamiento, ciertas partes de la edificación presentan un gran deterioro por el paso del tiempo y posee también problemas constructivos, lo que nos conduce a presumir que los procesos constructivos no han sido los adecuados. Se encontraron más del 30% de las columnas con grandes grietas, en la cual se puede observar estribos no acordes a las especificaciones, dentro de lo que especifica la norma FEMA esta estructura es catalogada como peligrosa debido a sus malos procesos constructivos.
- El acero estructural presenta agresividad del aerosol marino, se encontró recubrimientos mínimos que no cumplen con la normativa encontrándose la edificación cercana al mar. La humedad en vigas y paredes en algunas zonas ha causado el desprendimiento de enlucidos, en otros lugares incrustaciones salinas, dando un mal aspecto a la edificación, en cuanto al riesgo sísmico aumenta de manera considerable porque el acero pierde área de trabajo y este a su vez genera irregularidades en la edificación, por lo que puede existir alguna falla como lo especifica la Norma NEC CAP 2 PELIGRO SISMICO.

- La modelación de la edificación realizada en SAP 2000, mostró los elementos críticos de los pórticos analizados, se efectuó la revisión de cuantías y secciones de hormigón. Es de nuestra consideración la conveniencia del derrocamiento del edificio, que la edificación tiene que ser derrocada por los problemas anexados (Pág.). Las normas FEMA de acuerdo a su formulario de evaluación arrojó como resultado un derrocamiento del edificio para evitar pérdidas humanas como lo certifican los códigos modernos y nuestro criterio.

## **14. RECOMENDACIONES**

- Los procesos constructivos de toda construcción civil siempre deben ir de la mano con las especificaciones técnicas estrictamente cumplidas, ya que de esto depende la seguridad de toda obra civil. Se deberán aplicar las protecciones primarias y secundarias a las estructuras de hormigón armado cercanas al mar
- La dosificación óptima de los hormigones conlleva a un trabajo de calidad en cuanto a los recubrimientos siempre debemos regirnos a normativas, siempre tomando en cuenta el lugar donde se va a construir.
- La nueva edificación que se irá a construir deberá regirse muy estrictamente a las normativas vigentes, ya que dicho edificio deberá prestar mucha seguridad, y en cuanto a lo estético deberá de ser diseñado con todas las innovaciones de la actualidad para que brinde confort y seguridad.

# **15. ANEXOS**

## ESCLEROMETRÍA

Los resultados de las pruebas esclerométricas se visualizan en los siguientes cuadros se observa que los ensayos realizados demuestran un valor alterado , mayores a los reales , dado que existe presencia de carbonatación y esto produce resultados no precisados en este tipo de estudios superficiales



**FIG. (1) COLUMNA CARBONATADA, MUESTRA QUE LOS RESULTADOS ESCLEROMETRÍCOS PARA VALORACION DE RESITENCIA DEL HORMIGON SON IRREGULARES**

La valoración de resistencia del hormigón se realizó mediante ensayo esclerométricos.

El valor promedio obtenido después de los ensayos es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, pudiendo notar resultados menores a este valor, como también se muestra que sobre todo en las vigas el valor es elevado, al contrario de las columnas.

## **DETERMINACION DE ARMADURAS**

Para tener información real de las armaduras de la estructura, se aprovechó el deterioro de las mismas y también del ensayo esclerómetro, para poder medir las secciones de acero estructural, como de los estribos.



**FIG. (2) SE IDENTIFICA LA ARMADURA TANTO DE VIGA COMO DE COLUMNAS, LA DISMINUCIÓN DE LA SECCION TANTON DE HORMIGÓN COMO DE ACERO.**

La norma ACI 318S-11 establece que la separación para refuerzos transversales, en elementos sujetos a la compresión máximo debe ser 15cm, para fines de evitar aplastamiento, y obtener un mejor confinamiento.

Para el caso de los estribos es estructuras sometidas a presión, no deberá exceder 48 veces el diámetro de la varilla de refuerzo longitudinal.

## **MUESTREO**

La construcción también presenta agrietamiento, humedad, desprendimiento de enlucido y de hormigón estructural, deterioro de la mampostería.

## **REVESTIMIENTO**

- Fisuras y grietas: Las fisuras son todo tipo de abertura que solo afecta la parte externa de los elementos estructurales y presenta un ancho inferior a un milímetro. Las grietas están afectan en todo el espesor de los elementos sus dimensiones son mayores que el de las grietas.
- Desprendimiento: la falta de adherencia en el mortero es producida por una mala aplicación del revestimiento. En el caso del desprendimiento del hormigón estructural es muy relacionado con la carbonatación.
- Humedades: la humedad es el principal enemigo de las estructuras, se debe evitar en lo posible la presencia de esta en cualquier tipo de construcción tomando las medidas de precaución necesarios.



**FIG.(3)** SE MUESTRA UNA GRIETA DE GRAN LONGITUD Y MEDIANA PROFUNDIDAD, EL ESTADO DEL REVESTIMIENTO PRESENTA GRAN DETERIORO.



**FIG. (4) PRESENCIA DE HUMEDAD Y DESPRENDIMIENTO DEL REVESTIMIENTO**



FIG.(5) PLOMADA DE LAS COLUMNAS, EN ESTADO CORRECTO



**FIG.(6) NIVEL PARA MEDIR ASENTAMIENTO, RESULTADOS FAVORABLE  
NO EXISTE ASENTAMIENTO**

## DIMENSIONAMIENTOS DE PORTICOS

### PORTICO P3

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + A615Gr60

Confinement Bars (Ties) + A615Gr60

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

Rectangular

Circular

Confinement Bars

Ties

Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars 0.05

Number of Longit Bars Along 3-dir Face 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face 3

Longitudinal Bar Size + 12d

Confinement Bars

Confinement Bar Size + 8d

Longitudinal Spacing of Confinement Bars 0.15

Number of Confinement Bars in 3-dir 2

Number of Confinement Bars in 2-dir 2

Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

OK

Cancel

FIG. (7) PROPIEDADES DEL MATERIAL HORMIGON DE 210 Kg/cm<sup>2</sup>

## MOMENTOS Y CORTANTE

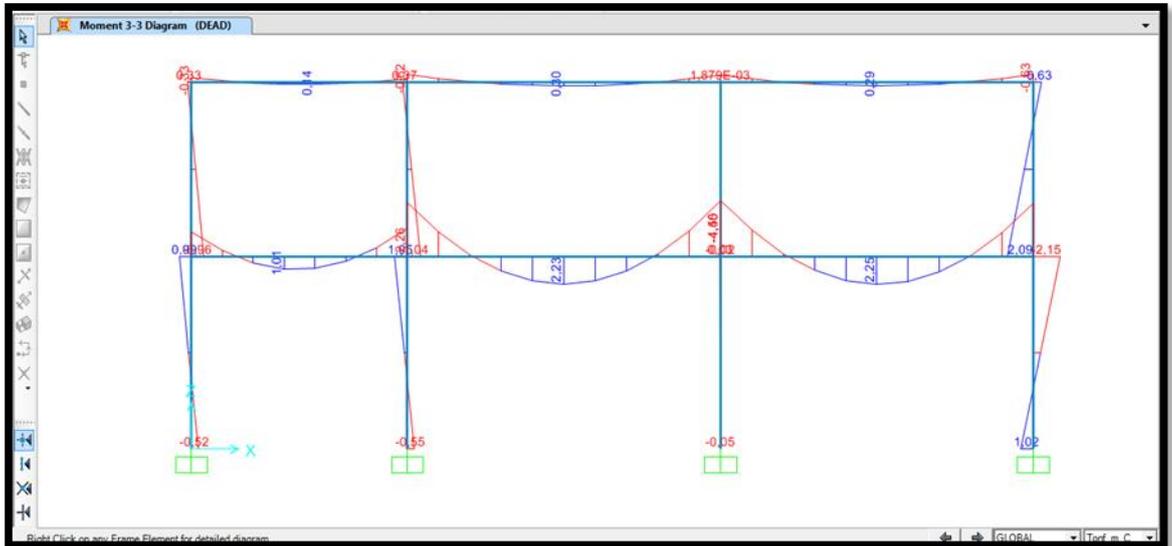


FIG.(8) MOMENTOS DE CARGA MUERTA

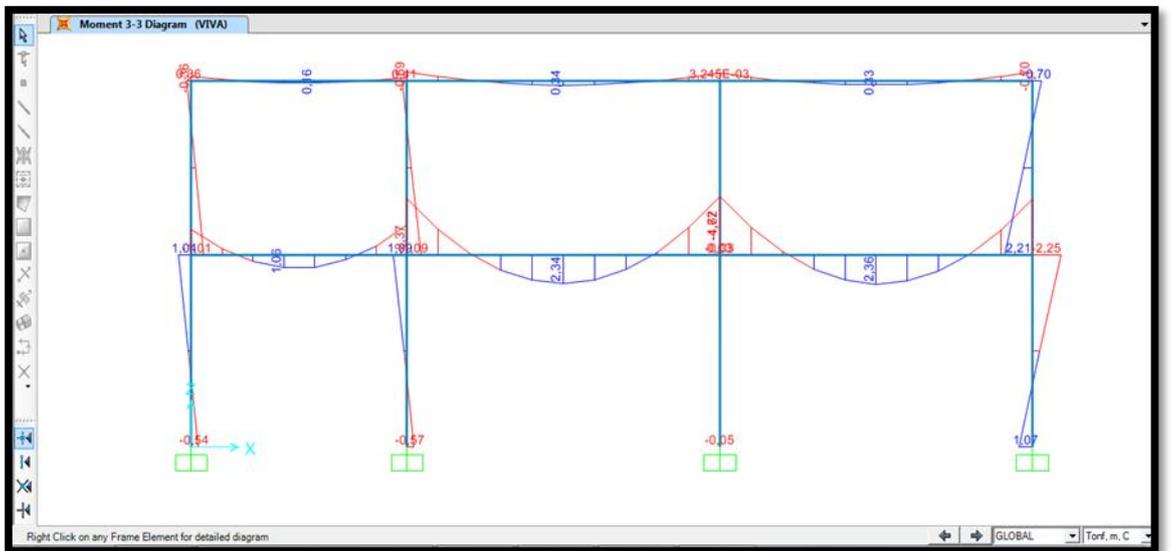


FIG.(8) MOMENTOS CARGA VIVA

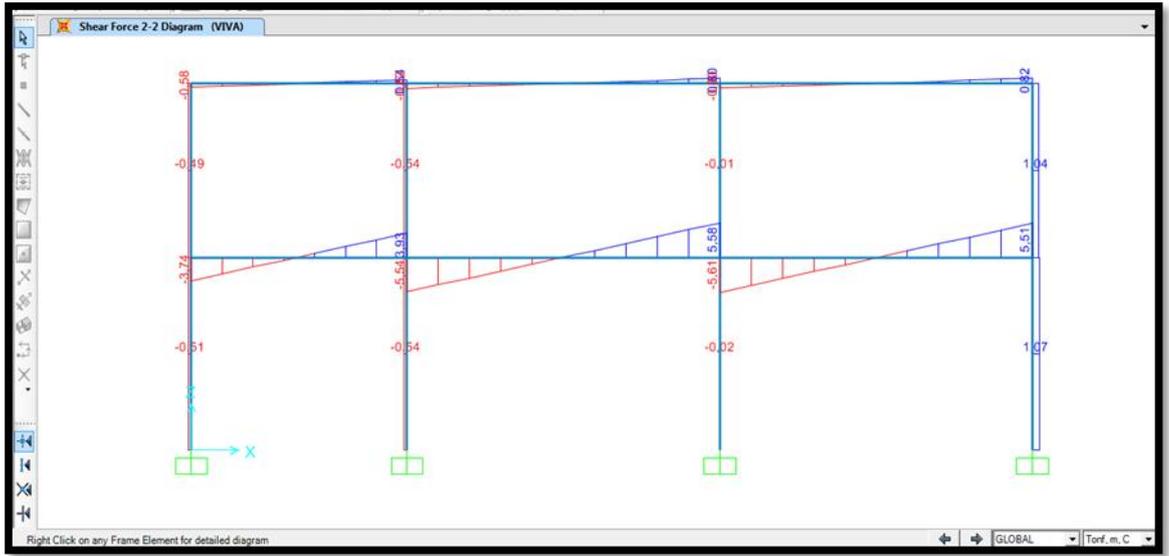
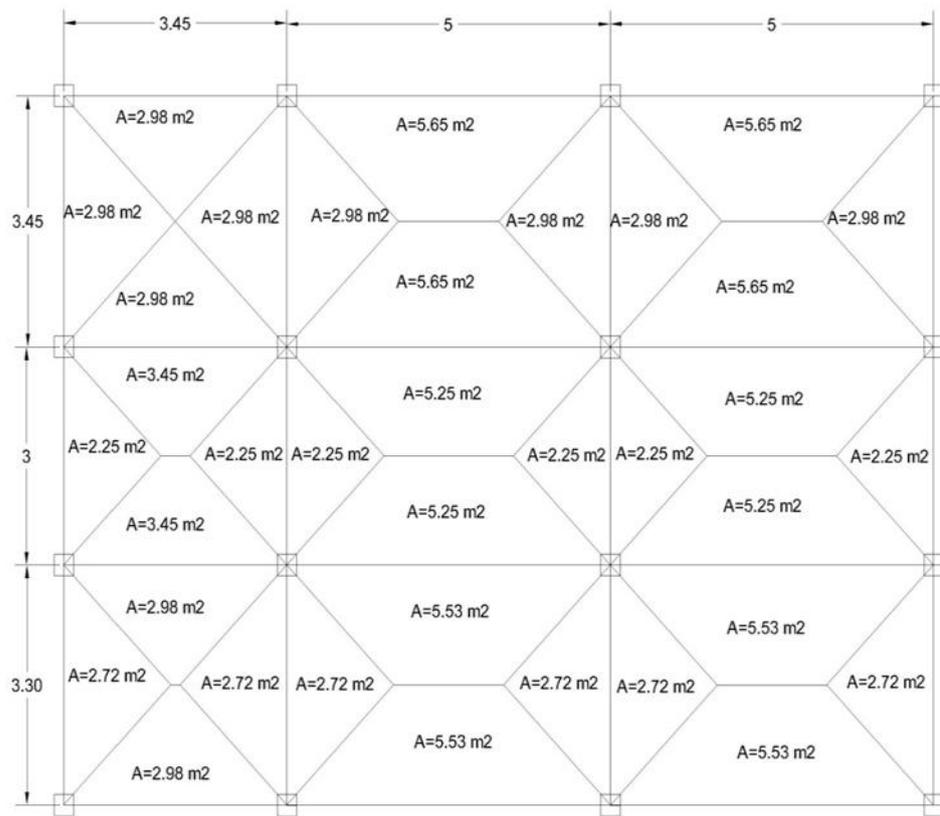
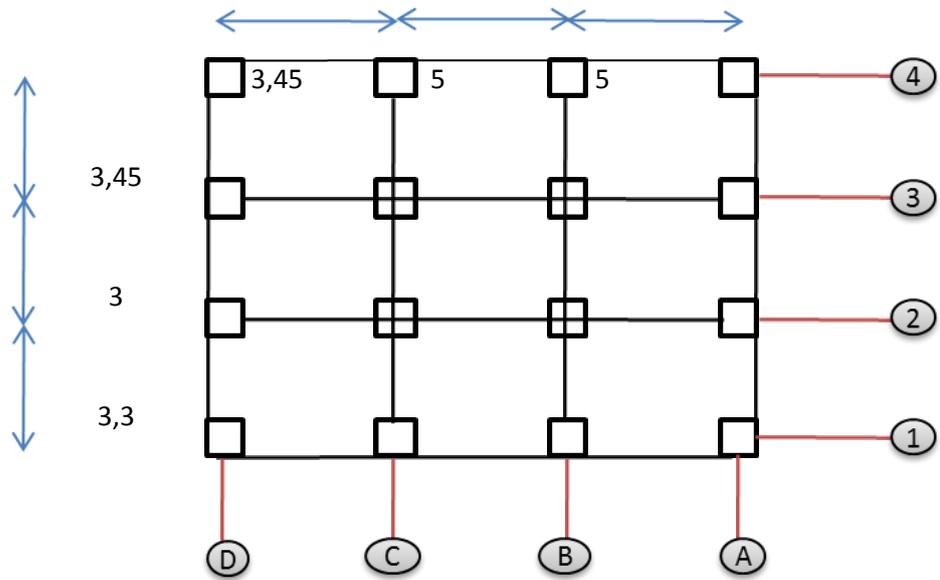


FIG.(9) CORTANTE



**CALCULO DE CARGAS POR METRO CUADRADO**

Peso hormigón= 0,192 T/m2  
 Peso bloques= 0,12 T/m2

Peso por paredes= 0,15 T/m2  
 Peso mampostería= 0,12 T/m2

**CARGA MUERTA= 0,582 T/m2**

**CARGA MUERTA  
 CUBIERTA METALICA= 0,16**

**CARGA VIVA ESTACION  
 DE BOMBEROS= 0,48 T/m2**  
 PRIMER  
 PISO

**CARGA  
 VIVA= 0,07 T/m2**

PORTICOS	AREA(m2)	CM(T/m2)	CM(T)	CM(T-m)	CV(T)	CV(T-m)
A	7,95	0,582	4,63	<b>0,344</b>	3,816	<b>0,284</b>
B	15,9	0,582	9,25	<b>0,688</b>	7,632	<b>0,567</b>
C	7,95	0,582	4,63	<b>0,344</b>	3,816	<b>0,284</b>
D	15,9	0,582	9,25	<b>0,688</b>	7,632	<b>0,567</b>
1	14,04	0,582	8,17	<b>0,838</b>	6,7392	<b>0,691</b>
2	27,99	0,582	16,29	<b>1,671</b>	13,4352	<b>1,378</b>
3	28,23	0,582	16,43	<b>1,685</b>	13,5504	<b>1,390</b>
4	14,28	0,582	8,31	<b>0,852</b>	6,8544	<b>0,703</b>

PORTICOS	AREA(m2)	CM(T-m)	CV(T/m2)	CV(T)	CV(T-m)
A	7,95	<b>0,16</b>	0,07	0,5565	<b>0,041</b>
B	15,9	<b>0,16</b>	0,07	1,113	<b>0,083</b>
C	7,95	<b>0,16</b>	0,07	0,5565	<b>0,041</b>
D	15,9	<b>0,16</b>	0,07	1,113	<b>0,083</b>
1	14,04	<b>0,16</b>	0,07	0,9828	<b>0,101</b>
2	27,99	<b>0,16</b>	0,07	1,9593	<b>0,201</b>
3	28,23	<b>0,16</b>	0,07	1,9761	<b>0,203</b>
4	14,28	<b>0,16</b>	0,07	0,9996	<b>0,103</b>

**CARGA MUERTA MAYORADA**

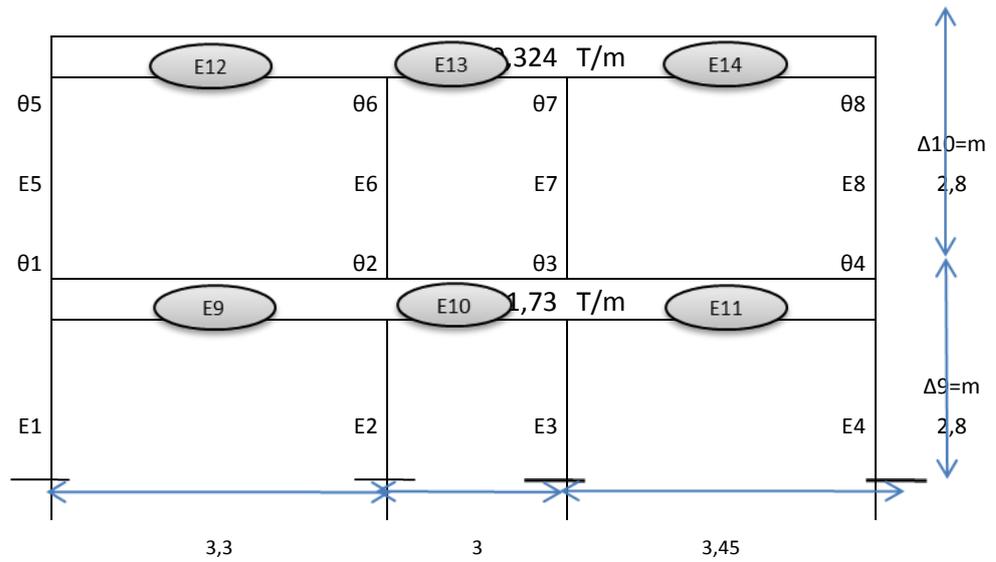
1,2 0,344  
 P1(A-D)= **0,413 T-m**

1,2 0,16  
 P2(A-D)= **0,192 T-m**

**CARGA VIVA MAYORADA**

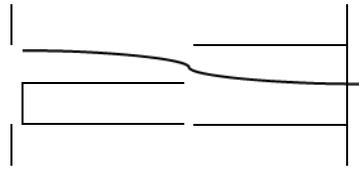
1,6 0,284  
 P1(A-D)= **0,454 T-m**

1,6 0,041  
 P2(A-D)= **0,066 T-m**



	0,29	-0,29	0,24	0,32	-0,32
<b>Kc=</b>	<b>0,357</b>			-0,24	
<b>ac=</b>	<b>0,179</b>				
<b>bc=</b>	<b>0,191</b>				
<b>Tc=</b>	<b>0,137</b>				
	1,57	-1,57	1,30	1,72	-1,72
<b>Kc=</b>	<b>0,357142857</b>			-1,30	
<b>ac=</b>	<b>0,178571429</b>	<b>Kv=</b>	<b>Kv=</b>	<b>Kv=</b>	
<b>bc=</b>	<b>0,191</b>	<b>0,303030303</b>	<b>0,333333333</b>	<b>0,29</b>	
<b>Tc=</b>	<b>0,137</b>	<b>a=</b>	<b>a=</b>	<b>a=</b>	
		<b>0,151515152</b>	<b>0,166666667</b>	<b>0,145</b>	

MOMENTO DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO PARA CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA



$$MEP = WL^2/12$$

**ELEMENTO 9**

MEP izq= 1,57  
MEP der= -1,57

**ELEMENTO 10**

MEP izq= 1,30  
MEP der= -1,30

**ELEMENTO 11**

MEP izq= 1,72  
MEP der= -1,72

**ELEMENTO 12**

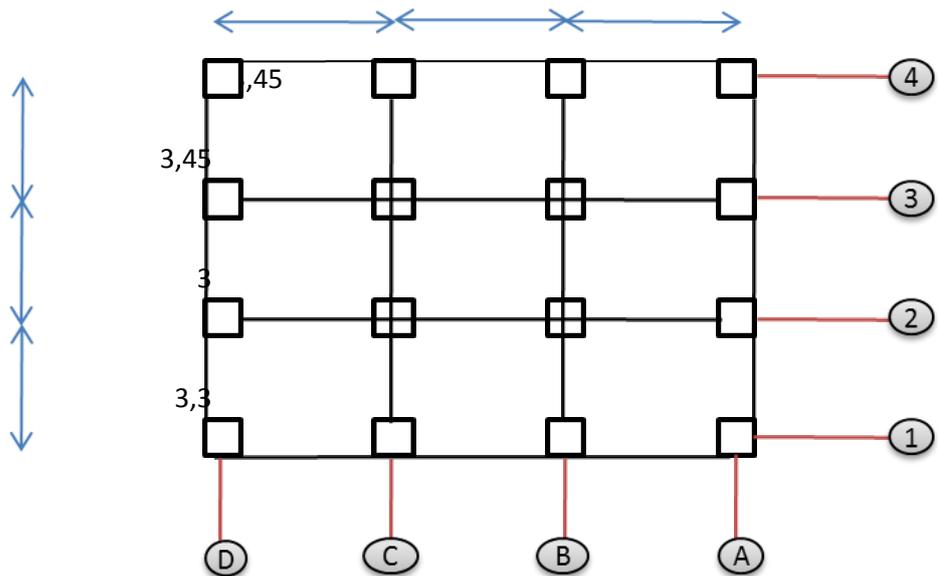
MEP izq= 0,29  
MEP der= -0,29

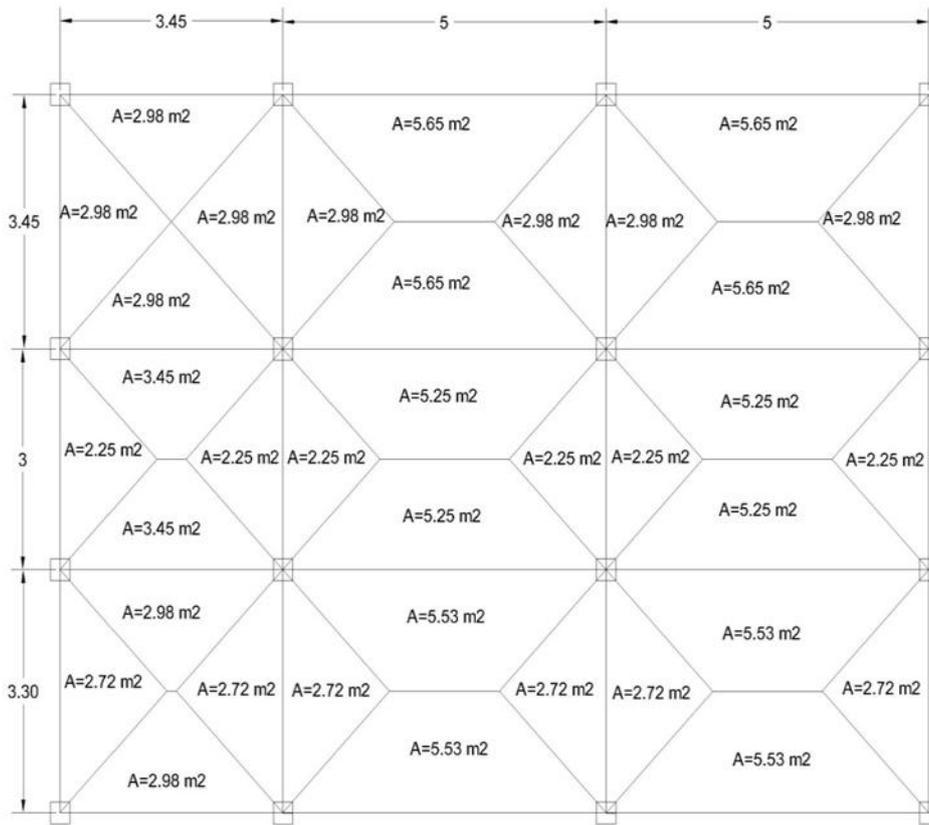
**ELEMENTO 13**

MEP izq= 0,24  
MEP der= -0,24

**ELEMENTO 14**

MEP izq= 0,32  
MEP der= -0,32





**CALCULO DE CARGAS POR METRO CUADRADO**

Peso hormigon=	0,192 T/m <sup>2</sup>
Peso bloques=	0,12 T/m <sup>2</sup>
Peso por paredes=	0,15 T/m <sup>2</sup>
Peso maposteria=	0,12 T/m <sup>2</sup>
<b>CARGA MUERTA=</b>	<b>0,582 T/m<sup>2</sup></b>

**CARGA MUERTA CUBIERTA METALICA= 0,16**

**CARGA VIVA ESTACION DE BOMBEROS= PRIMER PISO**

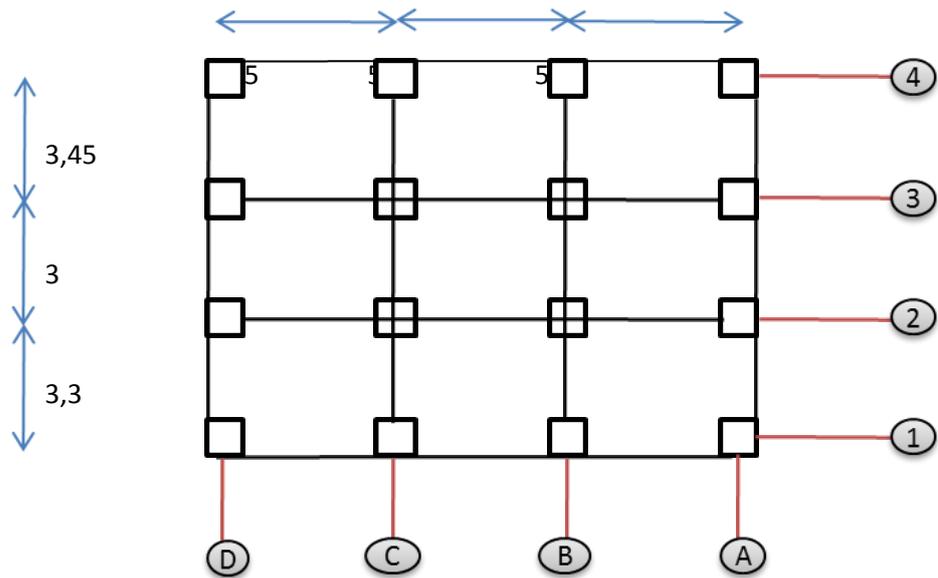
**0,48 T/m<sup>2</sup>**

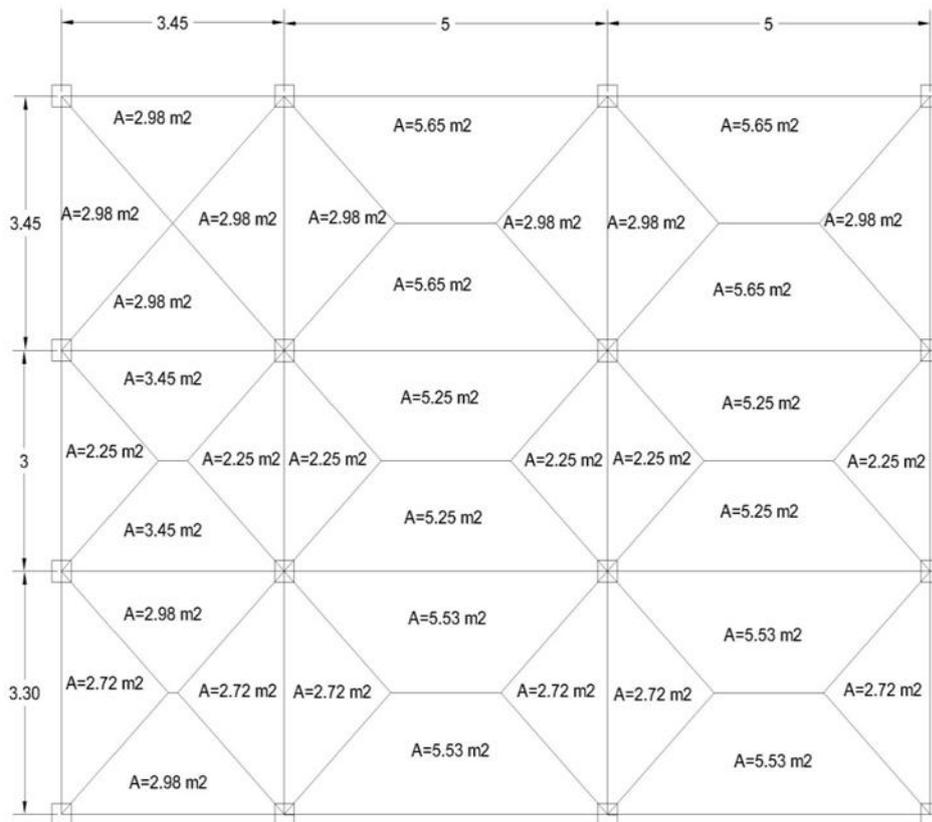
**CARGA VIVA=**

**0,07 T/m<sup>2</sup>**

PORTICOS	AREA(m <sup>2</sup> )	CM(T/m <sup>2</sup> )	CM(T)	CM(T-m)	CV(T)	CV(T-m)
A	7,95	0,582	4,63	<b>0,344</b>	3,816	<b>0,284</b>
B	15,9	0,582	9,25	<b>0,688</b>	7,632	<b>0,567</b>
C	7,95	0,582	4,63	<b>0,344</b>	3,816	<b>0,284</b>
D	15,9	0,582	9,25	<b>0,688</b>	7,632	<b>0,567</b>
1	14,04	0,582	8,17	<b>0,838</b>	6,7392	<b>0,691</b>
2	27,99	0,582	16,29	<b>1,671</b>	13,4352	<b>1,378</b>
3	28,23	0,582	16,43	<b>1,685</b>	13,5504	<b>1,390</b>
4	14,28	0,582	8,31	<b>0,852</b>	6,8544	<b>0,703</b>

PORTICOS	AREA(m2)	CM(T-m)	CV(T/m2)	CV(T)	CV(T-m)
A	7,95	0,16	0,07	0,5565	<b>0,041</b>
B	15,9	0,16	0,07	1,113	<b>0,083</b>
C	7,95	0,16	0,07	0,5565	<b>0,041</b>
D	15,9	0,16	0,07	1,113	<b>0,083</b>
1	14,04	0,16	0,07	0,9828	<b>0,101</b>
2	27,99	0,16	0,07	1,9593	<b>0,201</b>
3	28,23	0,16	0,07	1,9761	<b>0,203</b>
4	14,28	0,16	0,07	0,9996	<b>0,103</b>





**CALCULO DE CARGAS POR METRO CUADRADO**

Peso hormigón= 0,192 T/m<sup>2</sup>  
 Peso bloques= 0,12 T/m<sup>2</sup>  
 Peso por paredes= 0,15 T/m<sup>2</sup>  
 Peso mampostería= 0,12 T/m<sup>2</sup>

**CARGA MUERTA= 0,582 T/m<sup>2</sup>**

**CARGA MUERTA**

**CUBIERTA METALICA= 0,16**

**CARGA VIVA ESTACION**

**DE BOMBEROS= 0,48 T/m<sup>2</sup>**

PRIMER

PISO

**CARGA**

**VIVA= 0,07 T/m<sup>2</sup>**

PORTICOS	AREA(m2)	CM(T/m2)	CM(T)	CM(T-m)	CV(T)	CV(T-m)
A	7,95	0,582	4,63	<b>0,344</b>	3,816	<b>0,284</b>
B	15,9	0,582	9,25	<b>0,688</b>	7,632	<b>0,567</b>
C	7,95	0,582	4,63	<b>0,344</b>	3,816	<b>0,284</b>
D	15,9	0,582	9,25	<b>0,688</b>	7,632	<b>0,567</b>
1	14,04	0,582	8,17	<b>0,838</b>	6,7392	<b>0,691</b>
2	27,99	0,582	16,29	<b>1,671</b>	13,4352	<b>1,378</b>
3	28,23	0,582	16,43	<b>1,685</b>	13,5504	<b>1,390</b>
4	14,28	0,582	8,31	<b>0,852</b>	6,8544	<b>0,703</b>

PORTICOS	AREA(m2)	CM(T-m)	CV(T/m2)	CV(T)	CV(T-m)
A	7,95	0,16	0,07	0,5565	<b>0,041</b>
B	15,9	0,16	0,07	1,113	<b>0,083</b>
C	7,95	0,16	0,07	0,5565	<b>0,041</b>
D	15,9	0,16	0,07	1,113	<b>0,083</b>
1	14,04	0,16	0,07	0,9828	<b>0,101</b>
2	27,99	0,16	0,07	1,9593	<b>0,201</b>
3	28,23	0,16	0,07	1,9761	<b>0,203</b>
4	14,28	0,16	0,07	0,9996	<b>0,103</b>

## FORMULARIO

**Dirección:** Cantón Jama

**Niveles:** 1

**Área total:** 146.25m<sup>2</sup>

**Nombre de la estructura:** Cuerpo de Bomberos del Cantón Jama

**Uso:** Oficinas

**Tipo de suelo:** tipo E (Suelo blando)

Tipo de edificio      c1 (marco resistente a momento)

Calif. Básica      2,5

H menor a 4 niveles 0,4

H mayor a 7 niveles 0,6

Irreg en planta      -1,5

Irreg vertical      -0,5

Pre código      -1,2

Posterior año de ref      1,4

Suelo tipo c      -0,4

Suelo tipo d      -0,4

Suelo tipo e      -0,8 CALIFICACION FINAL 1,10

Comentarios:

El edificio presenta una corrosión agresiva en el acero

No se cumplió con los recubrimientos mínimos.

Presencia de incrustaciones en losas y mampostería.

Evaluación detallada, estructura peligrosa.

## REFERENCIAS

- ACI 364.1R-94, “Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation”,
- FERGUSON, Phil M., “TEORÍA ELEMENTAL DEL CONCRETO REFORZADO”
- ACI 318-11 “Requisitos de reglamento para concreto estructural “
- ACI committee 347R- 03 “Strength Evaluation of Existing Concrete Building”
- ASTM C 42 y ASTM C 823
- FEMA 154
- Desempeño por durabilidad de los hormigones Dr. José Howland
- ACI. Committee 364 1R- 94 “Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation”
- ACI committee 201 1R “Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete”
- STUARDO P. “Metodología de evaluación estructural de elementos de hormigón armado existentes “