

DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS ANTÍGUAS PERTENECIENTES AL BLOQUE DE AULAS DEL COLEGIO SEBASTIÁN DE BENALCÁZAR.

Autor: Juan David Pérez Flores

Director: Dr. Roberto Aguiar

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTRACTO

Todo tipo de edificación es vulnerable ante un sismo que supere las limitaciones de la estructura, esto se incrementa en edificaciones antiguas que tienen un modelo de diseño perteneciente a la época en la cual fueron construidas, por lo que es sumamente urgente que a estructuras antiguas y sobre todo a las de carácter histórico se las deba reforzar considerando las normativas de construcción vigentes, para que de esta manera sus ocupantes puedan transitar, trabajar, estudiar de una manera segura, y para que se prolongue la vida útil de la edificación.

El presente proyecto busca que cualquier edificación que tenga una

configuración igual o similar a la estructura analizada, pueda utilizar el mismo criterio de reforzamiento. Y en base a esta información tener alternativas de rehabilitación para obtener estructuras sismorresistentes para evitar un posible colapso ante terremotos severos.

En este diseño de reforzamiento se plantea el uso de malla electrosoldada colocada en cada cara de los elementos estructurales y con mallas independientes entre sí en columnas de hormigón y de ladrillo, en muros, encuentros en T y en L que simulan columnas equivalentes de hormigón con el fin de obtener una estructura que cumpla con las normas. El análisis matemático se lo realiza con el conjunto de programas de CEINCI LAB y la creación del ambiente virtual usando SketchUp.

ABSTRACT

All type of building is vulnerable to an earthquake that overcomes the limitations of the structure, this old buildings is increased with a design model belonging to the era in which they were built, so it is extremely urgent that ancient structures and especially the historical character considering the need to strengthen current building regulations, so that in this way the occupants can travel, work, study in a safe manner, and to prolong the life of the building.

This project seeks to any building that may have an equal or similar to the structure analyzed, can use the same criterion for reinforcement. And based on this information have rehabilitation alternatives for earthquake

resistant structures to prevent a possible collapse against severe earthquakes.

In this design of reinforcement considering the use of wire mesh placed on each side of the structural elements and separate meshes together in columns of concrete and brick, in walls, encounters T and L columns simulating concrete equivalents in order to obtain a structure that meets the standards. The mathematical analysis is performed with the set of LAB CEINCI programs and the creation of the virtual environment using SketchUp.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Quito al ser declarada como Patrimonio Cultural de la Humanidad cuenta con un centro histórico formada por edificaciones que han sido en los últimos años sometidas a procesos de reforzamiento estructural, es política de estado la conservación, preservación y restauración del patrimonio edificado. La ciudad al estar ubicada en una zona sísmica, considerara que todas las estructuras patrimoniales deben ser sometidas a un reforzamiento sísmico, que permita reducir su vulnerabilidad ante fenómenos naturales.

Con el transcurso del tiempo estas edificaciones se han deteriorado, debilitando a la estructura, por lo tanto se deben hacer estudios técnicos para el análisis, diagnóstico y reforzamiento que permita mejorar estructuralmente las condiciones del patrimonio edificado.

La intervención o rehabilitación sísmica de la estructural se la realiza mediante el reforzamiento sismo-resistente que es un componente esencial para mitigar los efectos de los sismos, el mejoramiento del desempeño de las estructuras antiguas es un asunto de vital importancia. Además puede ser necesario intervenir una edificación por otras razones como cambio de uso, modificación del sistema estructural, daños por corrosión o ataque químico, incendio, impacto de estructuras, entre otras.

Un aspecto crítico en la intervención es la conexión entre materiales nuevos y antiguos por medio de fijaciones, refuerzos activos o pasivos y adhesivos. El Colegio Sebastián de Benalcázar fue construido con materiales mixtos, su cimentación fue realizada con piedra y también con hormigón, la mayor parte de la estructura consiste en muros de ladrillo que soportan pisos de madera, el resto de la estructura está conformada por hormigón armado. Por el hecho de que en la estructura la mayor parte es de ladrillo no confinado, es normal encontrar fisuras generadas por su largo periodo de funcionamiento debido a variaciones en las cargas de servicio y movimientos sísmicos.

En el presente proyecto se han utilizado programas basados en métodos matriciales de estructuras, que facilitan el proceso de modelaje y diseño del reforzamiento estructural de la edificación.

2. METODOLOGÍA

Para la ejecución del Proyecto se utilizó la siguiente metodología:



2.1. Levantamiento: Es esta fase se realizó los levantamientos planimétricos necesarios para la obtención de los planos generales (1:100) y planos de detalle (1:50). Información necesaria para que de esta manera se pueda realizar los modelos virtuales en 3D y generar también el modelo matemático que es sumamente útil para el proceso de diseño.

2.2. Ensayos *INSITU*: Es esta fase se realizó la medición de la resistencia de la estructura empleando ensayos no destructivos utilizando como equipo el esclerómetro, mediante este proceso se puede determinar de una manera más exacta la ubicación de elementos de hormigón armado dentro de los muros de mampostería y tener la información sobre la resistencia de cada uno de estos elementos, características que son valiosas para el modelo matemático.

2.3. Diseño y Análisis del Reforzamiento Estructural: Es esta fase se realizó el diseño y cálculo del reforzamiento estructural el cual consiste en:

- En base a la información antes obtenida sobre los levantamientos plani-altimétricos y los ensayos in situ se procederá a crear un modelo matemático de la estructura que se va analizar.
- Como la estructura carece de columnas de hormigón armado, se procede a plantear el modelo de reforzamiento el cual consiste en, reforzar los muros de mampostería con malla electrosoldada y de esta manera se generaran elementos de hormigón equivalente que tienen un resistencia menor a lo normal, para los elementos de hormigón existentes se procede de igual manera, colocando el reforzamiento y generando columnas de hormigón equivalentes.

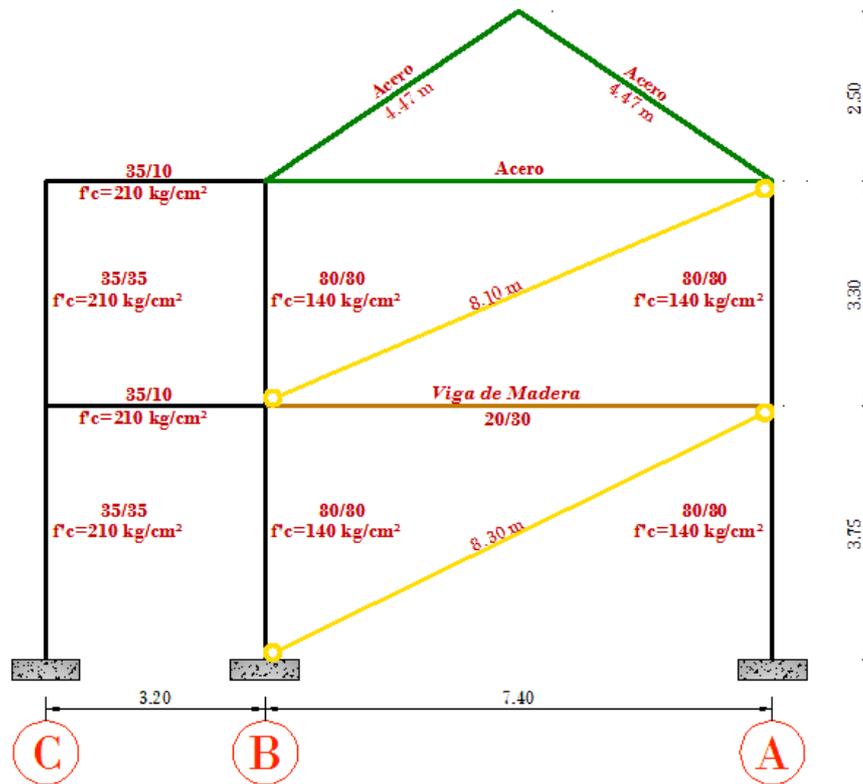


Figura 1. Características de los elementos estructurales y dimensiones en los pórticos. (Pérez, 2013).

- Una vez conocidos los materiales que han sido empleados en la estructura se procede a obtener los valores de las cargas que gravitan en cada uno de estos pórticos.
- Una vez que se tiene toda esta información se hace paso al procesamiento de información utilizando el conjunto de programas de CEINCI-LAB el cual nos entregara resultados utilizados para determinar la resistencia de la estructura y su cumplimiento de la normativa de construcción actual.
- La estructura es analizada en el sentido longitudinal y transversal ya que el sismo podría ser de cualquiera de esos sentidos o en ambos sentidos.

```
Ingrese codigo para perfil de suelo 1=A, 2=B, 3=C, 4=D, 5=E :3
Ingrese zona sismica 1=0.15 g, 2=0.25 g, 3=0.30 g, 4=0.35, 5=0.4 g, 6=0.5 g :5
Ingrese código de Región 1=Costa, 2=Sierra, 3=Oriente :2

gama =
    5.4503    2.1075

qine =
    0.0081    0.0173

Ft =
    45.4223    50.2769
```

Figura 2. Programa **análisis_sismico_longitudinal.m.**
(Pérez, 2013).

2.4. Validación: Es esta fase se realizará el proceso de validación del reforzamiento antes diseñado que cumpla con las Normas Ecuatorianas de la Construcción, que una de las partes más importantes del diseño estructural.

2.5. Modelamiento: Es esta fase se realizarán los planos estructurales y el modelamiento virtual 3D de la estructura con su reforzamiento, en la que consiste en generar una animación la cual explique de una manera didáctica la realización del reforzamiento estructural empleado en esta edificación.

3. MATERIALES

3.1. Mortero

- De cemento y arena gruesa en una relación de 1:3 es el que se utilizara para colocar en las fisuras gruesas si es que estas

estuvieran presentes en la mampostería, en fisuras finas no se colocara ningún mortero ni mezcla adicional.

- De cemento y arena fina en una relación de 1:3 se lo empleara para taponar las perforaciones realizadas en el muro.

3.2. Alambre de Acero

- Alambre # 8 utilizado como conector entre las mallas electrosoldadas.

3.3. Malla Electrosoldada

Las mallas electrosoldadas utilizadas para el reforzamiento de la estructura será un tipo de malla común en el mercado el que se lo comercializa en planchas de 2.4 x 6.0 metros. Las mallas tienen una resistencia de 5000 kg/cm².

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el diseño del reforzamiento se plantea la colocación de las mallas electrosoldadas en las juntas de paredes que correspondientes a los encuentros en T, en L y en paredes que estén ubicadas en los ejes de los pórticos analizados, las dimensiones de las mallas será en base a los cálculos anteriores de reforzamiento utilizados para hallar las columnas equivalentes empleadas en el modelo matemático.

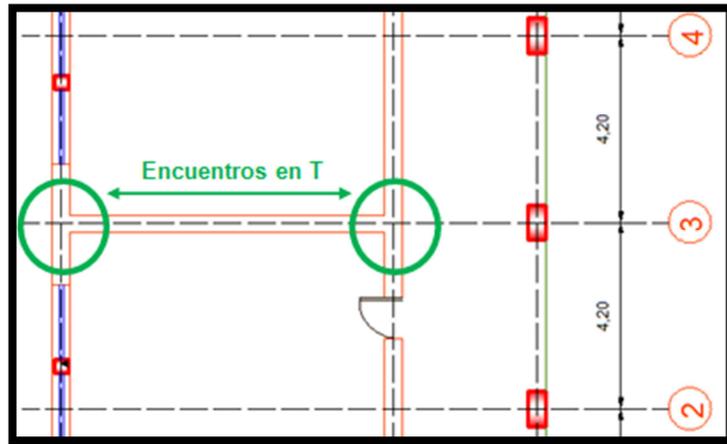


Figura 3: Ubicación del encuentro en T a reforzar. (Pérez, 2013).



Figura 4: Vista interior del encuentro en T. (Pérez, 2013).

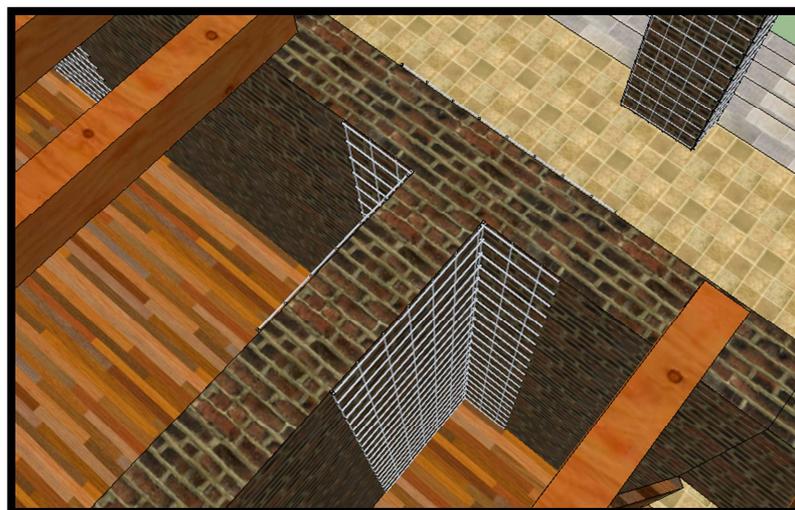


Figura 5: Vista interior del encuentro en T reforzado. (Pérez, 2013).

En la Figura 3 se observa la ubicación de los encuentros en este caso en T, para la Figura 4 ya se tiene la vista virtual del encuentro en T que permite un mayor entendimiento de lo que se desea reforzar. Y ya en la Figura 5 se presenta a la estructura reforzada con la malla electrosoldada.

5. RESULTADOS

Los resultados del modelamiento matemático muestran que las derivas cumplen con el código del NEC 11 en el cual se especifica que deben ser menores de 0.02, además según los valores del Comité VISION 2000 su desempeño se considera Ocupacional y según los Niveles de Daño de Ghobarah las derivas se encuentran dentro de un Daño Leve en el cual los daños pueden ser reparables presentando grietas ligeramente visibles.

6. TRABAJOS RELACIONADOS

Entre las investigaciones más importantes encontradas la realizada por la Pontificia Universidad Católica del Perú, es la que más se asemeja al diseño de reforzamiento planteado para el Colegio Benalcázar.

En esta investigación se propuso reforzar con malla electro - soldada un muro de mampostería que previamente había fallado por fuerza cortante.

Esta investigación corresponde a la Reparación de un Muro de Albañilería Confinada. (San Bartolomé, 2011)

7. CONCLUSIONES

❖ El uso del conjunto de programas de CEINCI LAB es sumamente útil en el análisis sísmico de estructuras, ya que junto a la adición de un grupo de programas generados específicamente para el análisis de este tipo de edificaciones en las que se presentan varias clases de materiales, permitió comprobar de una manera analítica que el reforzamiento planteado sea el adecuado.

❖ La realización del cálculo del reforzamiento de la estructura antigua con sus nuevos elementos dio como resultados que las derivas cumplen con el código del NEC 11 en el cual se especifica que deben ser menores de 0.02, además según los valores del Comité VISION 2000 su desempeño se considera Ocupacional y según los Niveles de Daño de Ghobarah las derivas se encuentran dentro de un Daño Leve. Estos valores muestran que la estructura reacciona muy bien ante un sismo en el sentido transversal y longitudinal, además quiere decir que el reforzamiento planteado es el adecuado.

Por lo que se concluye que la estructura aumentara su periodo de vida útil, y que además podrá soportar movimientos sísmicos sin peligros de un colapso en la edificación.

8. RECOMENDACIONES

- ❖ Los materiales empleados en el reforzamiento son los más comunes en el mercado, por lo que el proceso constructivo deberá ser seguido como ha sido expuesto.
- ❖ Por medio del conjunto de programas de CEINCI-LAB no solamente se puede analizar esta estructura sino también se pueden analizar otro tipo de configuraciones estructurales, pero para este caso particular el modelo matemático planteado no deberá ser modificado ya que en este modelo se presenta a la estructura lo más real posible.
- ❖ El método de reforzamiento presentado es una guía, que puede ser aplicado a otro tipo de estructuras que tengan configuraciones similares.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar R., (2004) *Análisis Matricial de Estructuras*, Centro de Investigaciones Científicas. Tercera Edición. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Aguiar R., (2007) *Dinámica de Estructuras con MATLAB*, Centro de Investigaciones Científicas. Tercera Edición. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Aguiar R., (2008) *Análisis Sísmico de Edificios*, Centro de Investigaciones Científicas. Tercera Edición. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.

- Aguiar R., (2006) *Deriva Máxima de Piso y Curvas de Fragilidad en Edificios de Hormigón Armado*, Centro de Investigaciones Científicas. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Aguiar R., (2003) *Análisis Sísmico por Desempeño*, Centro de Investigaciones Científicas. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Casano M (2009), *Análisis de estructuras bajo acciones dinámicas*. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad regional Paraná.
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-11 (2011). Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente. Ecuador.
- Villacreces W., (1992), *Modelación de Paneles de Mampostería en el Estudio Analítico de Edificios*, (Tesis de Pregrado). Quito: EPN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2001).CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN (*Subcapítulo de la Construcción con Mampostería Estructural.*) Propuesta de Código. (1ra ed.) Quito: INEN.
- Barona D., (2012), *Vulnerabilidad Sísmica del Centro Histórico de Sangolquí*, (Tesis de Pregrado). Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército.
- San Bartolomé A., (2011), *Reparación de un Muro de Albañilería Confinada*, (Tesis de Pregrado): Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Guerra M., (2010), *Manual para el Diseño Sismorresistente de Edificios utilizando el Programa ETABS*. Primera Edición. Quito: Grupo Gama Print.
- Zúñiga., (2010), *Notas en Clases de Hormigón Armado II*. (Cuaderno de Ingeniería Civil). Sangolquí.
- Correa C. (2004). *Sismicidad Histórica del Ecuador, Cálculo de Aceleraciones Máximas, Energía Sísmica liberada y estimación de peligro sísmico*. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/23752462/SISMICIDAD-HISTORICA-DEL-ECUADOR>. Consultado el 3 de Febrero del 2013.
- Diario el Hoy (2007). *Daños por movimientos sísmicos en la Ciudad de Guayaquil*. Recuperado de <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/ecuador-con-alto-riesgo-y-poca-planificacion-396204>. Consultado el 7 de Febrero del 2013.
- El Oficial (2012). *Riesgo Sísmico de Edificaciones Mixtas*. Recuperado de <http://www.eloficial.com.ec/?p=3321> Consultado el 7 de Febrero del 2013.
- CICER (2012). *Patologías en Mampostería de Cerámica Roja. Ficha Técnica N#3*. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/98104584/Fichas-tecnicas>. Consultado el 15 de Febrero del 2013.
- Scribd (2012). *Pesos Específicos*. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/2607520/Pesos-especificos-de-materiales-de-construccion>. Consultado el 24 de Febrero del 2013.