



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Comparación técnica-económica entre las variantes de
reforzamiento estructural de un bloque existente y ampliación o
construcción de un nuevo edificio de aulas para la Parroquia
Hermano Miguel**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

Autor

KARLA MONSERRATH MENDIETA FLORES

Director

JOSÉ FERNANDO VAZQUEZ CALERO

CUENCA, ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Un proyecto se realiza con empeño, dedicación, esfuerzo y gratitud, todo eso se plasma en conseguir un logro, pero este logro no se cumple si Dios no actúa en ti.

A mi familia por confiar en el esfuerzo que les puedo brindar y apoyarme siempre para tomar las mejores decisiones.

AGRADECIMIENTO

Expreso un agradecimiento infinito a mi padre Julio y hermana Alejandra, por la ayuda brindada al realizar mi proyecto de tesis, que con su experiencia en el área de ingeniería civil supieron guiarme para complementar el trabajo realizado.

Un sincero agradecimiento al P. Marcelo López, párroco de la Parroquia Hermano Miguel, por su interés mostrado en la planeación y ejecución del proyecto y ser una herramienta de gestión para la ejecución de la obra.

Mi extensiva gratitud a mi director de tesis, Ing. José Vazquez Calero, por la orientación, apoyo y seguimiento a lo largo este proyecto y saber difundir sus conocimientos y ayuda a la comunidad.

“COMPARACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA ENTRE LAS VARIANTES DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN BLOQUE EXISTENTE Y AMPLIACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO EDIFICIO DE AULAS PARA LA PARROQUIA HERMANO MIGUEL”

RESUMEN

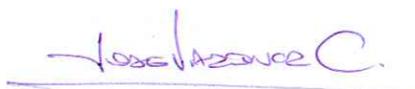
La estructura existente no abastece y no cumple con las necesidades y servicios que genera la Parroquia Hermano Miguel, al observar las condiciones estructurales, no presenta la capacidad y seguridad suficiente para la ampliación de nuevas aulas.

Al desarrollar una herramienta de gestión en beneficio a la comunidad católica de la Parroquia Hermano Miguel, aportando de manera desinteresada en la planificación de diseños definitivos de ingeniería apegados a la nueva normativa, presentamos dos tecnologías, una que es el reforzamiento estructural y ampliación del bloque de aulas existente o la construcción de un nuevo bloque de aulas con sus estudios complementarios de ingeniería, sirviendo de aporte al desarrollo de actividades a niños y ancianos, para la ampliación de áreas educativas y congregaciones contamos con los recursos económicos comprometidos por la Arquidiócesis de Múnich.

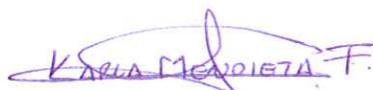
Palabras Claves: Estructura, capacidad, planificación, ingeniería, normativa, educativas.



Paúl Cornelio Cordero Díaz
DIRECTOR DE LA ESCUELA



José Fernando Vazquez Calero
DIRECTOR DE TESIS



Karla Monserrath Mendieta Flores

AUTOR

**"TECHNICAL-ECONOMIC COMPARISON BETWEEN VARIATIONS OF
REINFORCED STRUCTURE OF AN EXISTING BUILDING AND THE
EXPANSION OR CONSTRUCTION OF A NEW CLASSROOM BUILDING FOR
HERMANO MIGUEL PARISH"**

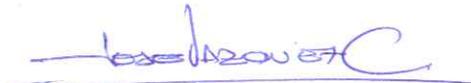
ABSTRACT

The existing structure does not supply nor meets the needs and services that are generated by *Hermano Miguel* Parish. When observing the structural conditions, it is evident that they do not have the capacity and adequate security for the expansion of new classrooms. We present two types of technologies as a management tool aimed to benefit the Catholic community of *Hermano Miguel* Parish so as to contribute at no cost in planning the final engineering designs under the new regulations. These two technologies are the structural reinforcement and expansion of the current classrooms block or the construction of a new classroom block with their additional engineering studies, contributing to the development of activities for children and the elderly. For the expansion of educational areas and congregations we count with financial resources offered by the Archdiocese of Munich.

Keywords: Structure, Capacity Planning, Engineering, Law, Educational.



Paúl Cornelio Cordero Díaz
SCHOOL DIRECTOR



José Fernando Vazquez Calero
THESIS DIRECTOR



Karla Monserrath Mendieta Flores
AUTHOR



Translated by
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA _____	ii
AGRADECIMIENTO _____	iii
RESUMEN _____	iv
ABSTRACT _____	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS _____	vi
ÍNDICE DE TABLA _____	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS _____	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS _____	xv
OBJETIVO GENERAL _____	xvi
OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	xvi
INTRODUCCIÓN _____	1
1. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN LÍNEA BASE _____	2
INTRODUCCIÓN _____	2
1.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL EMPLAZAMIENTO DEL BLOQUE EXISTENTE. _____	2
1.1.1 Generalidades _____	2
1.1.2 Especificación general del proyecto. _____	3
1.1.3 Levantamiento Arquitectónico _____	5
1.1.4 Datos del estudio de suelos _____	9
1.1.4.1 Investigación de laboratorio: _____	9
1.2 RECOPIACIÓN DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CIMENTACIÓN, VIGAS, COLUMNAS Y LOSA DE LA EDIFICACIÓN. _____	10
1.2.1 Cimentación. _____	10
1.2.2 Vigas _____	10
1.2.3 Losa _____	11

1.2.4	Columnas	11
1.3	CATASTRO DE LA RED HIDROSANITARIA EXISTENTE, INTERNA Y EXTERNA.	16
1.3.1	Levantamiento Hidrosanitario interno.	16
1.3.2	Levantamiento hidrosanitarios externo.	17
2.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL REFORZAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE.	22
	Introducción	22
2.1	MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA ESTRUCTURA REFORZADA.	23
2.1.1	Normativas de construcción.	23
2.1.2	Predimensionamiento de la infraestructura reforzada.	23
2.1.2.1	Prediseño de vigas en perfiles G.	24
2.1.2.2	Prediseño de columnas en perfiles conformado.	24
2.1.2.3	Prediseño de losa Steel Deck.	25
2.1.2.4	Cimentación.	25
2.1.3	Reseña del software de cálculo y modelación de la estructura, CYPE 3D Ingenieros.	26
2.2	MODELACIÓN Y AGRUPACIÓN DE CARGAS.	28
2.2.1	Carga Permanente – Carga Muerta.	28
2.2.2	Sobre Carga de uso – Carga Viva.	29
2.2.3	Análisis de la carga sísmica.	29
2.2.3.1	Datos generales de sismo	30
2.2.3.2	Método de análisis – Modal espectral dinámico.	31
2.2.3.3	Periodo de vibración.	33
2.2.3.4	Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.	35
2.2.3.5	Cortante basal.	36
2.2.3.6	Deriva de piso.	38
2.2.4	Análisis de la carga de viento.	39
2.2.5	Agrupación y combinación de cargas.	40
2.3	CÁLCULO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA REFORZADA CON NORMATIVA VIGENTE.	41
	Introducción	41
2.3.1	Métodos de diseño para estructuras metálicas.	42

2.3.2	Diseño de vigas en perfiles G. _____	43
2.3.3	Diseño de columnas en perfiles laminados al frío. _____	44
2.3.4	Diseño de losa Steel Deck. _____	46
2.3.5	Diseño de Escaleras. _____	47
2.3.6	Diseño de placas de anclaje. _____	49
2.3.7	Diseño de cimentación. _____	49
2.3.8	Diseño de la cubierta. _____	49
2.4	VOLÚMENES DE OBRA, PRESUPUESTO REFERENCIAL, CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJO. _____	51
	Introducción _____	51
2.4.1	Volúmenes de obra. _____	52
2.4.2	Presupuesto Referencial – Reforzamiento de la Edificación Existente. _____	53
2.4.3	Cronograma valorado – Reforzamiento de la Infraestructura. _____	54
3	<i>ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA. _____</i>	58
	Introducción _____	58
3.1	MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA. _____	58
3.1.1	Normativa de construcción. _____	58
3.1.2	Prediseño de la reconstrucción de la infraestructura. _____	59
3.1.2.1	Prediseño de vigas. _____	59
3.1.2.2	Prediseño de columnas. _____	60
3.1.2.3	Prediseño de losa. _____	60
3.1.2.4	Prediseño de cimentación. _____	61
3.1.3	Reseña del software de cálculo y modelación de la estructura, CYPE Ingenieros. _____	61
3.2	MODELACIÓN Y AGRUPACIÓN DE CARGAS. _____	63
3.2.1	Carga Permanente – Carga Muerta. _____	63
3.2.2	Sobre Carga de uso – Carga Viva. _____	64
3.2.3	Análisis de la Carga Sísmica. _____	65
3.2.3.1	Datos generales de sismo _____	65
3.2.3.2	Método de análisis – Modal espectral dinámico. _____	66
3.2.3.3	Periodo de vibración. _____	69
3.2.3.4	Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta. _____	70

3.2.3.5	Cortante basal. _____	71
3.2.3.6	Deriva de piso. _____	74
3.2.4	Análisis de la carga de viento. _____	75
3.2.5	Agrupación y combinación de cargas. _____	76
3.3	CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RECONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA CON NORMATIVA VIGENTE. _____	77
	Introducción _____	77
3.3.1	Diseño de Vigas. _____	78
3.3.2	Diseño de Columnas. _____	79
3.3.3	Diseño de Losa. _____	80
3.3.4	Diseño de cimentaciones. _____	81
3.3.5	Diseño de Escaleras. _____	81
3.3.6	Diseño de la cubierta. _____	85
3.4	VOLÚMENES DE OBRA, PRESUPUESTO REFERENCIAL, CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJO. _____	87
	Introducción _____	87
3.4.1	Volúmenes de obra. _____	87
3.4.2	Presupuesto referencial – Reconstrucción de la Infraestructura. _____	88
3.4.3	Cronograma valorado. _____	89
4	<i>EVALUACIÓN Y ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE INGENIERÍA. _____</i>	93
	Introducción _____	93
4.1	EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA PARA ESCOGER LA VARIANTE MÁS CONVENIENTE. _____	93
4.1.1	Análisis del presupuesto en los dos sistemas constructivos. _____	94
4.1.2	Análisis de la especificación del rubro y volúmenes de obra en los dos sistemas constructivos. _____	95
4.1.3	Análisis del cronograma valorado en los dos sistemas constructivos. _____	97
4.1.3.1	Reforzamiento de la estructura existente. _____	97
4.1.3.2	Reconstrucción de la edificación. _____	98
4.1.4	Selección del sistema constructivo. _____	98
4.2	ESTUDIOS DE INGENIERÍA COMPLEMENTARIOS, HIDROSANITARIOS, CONTRAINCENDIOS. _____	99
4.2.1	Red de agua potable. _____	99

4.2.1.1	Reseña del software de cálculo y modelación en la estructura, CYPECAD MEP.	
	Fontanería. _____	101
4.2.1.2	Determinación de consumos en el predio. _____	101
4.2.1.3	Acometida. _____	102
4.2.2	Red de Saneamiento y drenaje. _____	104
	4.2.2.1 Reseña del software de cálculo y modelación en la estructura, CYPECAD MEP.	
	Saneamiento. _____	105
4.2.3	Red contra incendios. _____	105
	4.2.3.1 Sistema de bombeo. _____	106
4.3	PRESUPUESTO REFERENCIAL DE COMPLEMENTARIOS. _____	108
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	110
	BIBLIOGRAFÍA _____	113

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.- Asignación de áreas por bloque. _____	4
Tabla 2.- Carga permanente en la estructura. _____	28
Tabla 3.- Sobrecargas uniforme de uso. _____	29
Tabla 4.- Hipótesis sísmica en las direcciones (X,Y) – Reforzamiento. _____	34
Tabla 5.- Centros de masas, rigidez y excentricidad – Reforzamiento. _____	35
Tabla 6.- Peso sísmico por planta – Reforzamiento. _____	37
Tabla 7.- Condición de cortante basal – Reforzamiento. _____	38
Tabla 8.- Deriva máxima en cada planta –Reforzamiento. _____	39
Tabla 9.- Deriva máxima total en la estructura - Reforzamiento. _____	39
Tabla 10.- Cargas de viento por planta – Reforzamiento. _____	40
Tabla 11.- Materiales utilizados para barras. _____	50
Tabla 12.- Características mecánicas de los perfiles – Reforzamiento. _____	51
Tabla 13. Presupuesto referencial – Reforzamiento de la edificación existente. _____	55
Tabla 15.- Carga permanente en la estructura. _____	64
Tabla 16.- Sobrecargas uniforme de uso. _____	64
Tabla 17.- Hipótesis sísmica en las direcciones (X,Y) – Reconstrucción. _____	70
Tabla 18.- Centros de masas, rigidez y excentricidad – Reconstrucción. _____	70
Tabla 19.- Peso sísmico por planta – Reconstrucción. _____	73
Tabla 20.- Condición de cortante basal – Reconstrucción. _____	73
Tabla 21.- Deriva máxima en cada planta – Reconstrucción. _____	74
Tabla 22.- Deriva máxima total en la estructura - Reconstrucción. _____	74
Tabla 23.- Cargas de viento por planta – Reconstrucción. _____	75

Tabla 24.- Listados de paños. _____	80
Tabla 25.- Materiales utilizados para barras. _____	86
Tabla 26.- Características mecánicas de los perfiles. _____	86
Tabla 27.- Presupuesto referencial – Reconstrucción de la Infraestructura. _____	90
Tabla 29.- Consumo total de cada área de servicio. _____	101
Tabla 30.- Dimensionamiento de la cisterna – criterio1. _____	102
Tabla 31.- Dimensionamiento de la cisterna - criterio 2. _____	102
Tabla 32.- Dimensionamiento del medidor general. _____	103
Tabla 33-. Perdida en los medidores. _____	103
Gráfico 34.- Ubicación de la red de alcantarillado y dimensión _____	104
Tabla 34.- Dimensiones de la cisterna - contra incendios. _____	106
Tabla 35.- Potencia de la bomba para cisterna. _____	107
Tabla 36.- Presupuesto referencial de complementarios. _____	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Ubicación del proyecto. _____	4
Gráfico 2.- Planta subterráneo y corte posterior. _____	6
Gráfico 3.- Primera planta baja, corte frontal y posterior. _____	7
Gráfico 4.- Planta de cimentación N - 2.60m. _____	12
Gráfico 5.- Dimensión de vigas en la estructura. _____	13
Gráfico 6.- Dimensión de losa de entrepiso. _____	13
Gráfico 7a.- Planta subterránea y detalles de columnas. _____	14
Gráfico 7b.- Primera planta baja y detalles de columnas existentes. _____	15
Gráfico 8.- Red hidrosanitaria interna de la parroquia Hermano Miguel. _____	18
Gráfico 9.- Red Hidrosanitaria del bloque de aulas. _____	19
Gráfico 10.- Ubicación y detalle del medidor general. _____	20
Gráfico 11.- Red de saneamiento de la parroquia Hermano Miguel. _____	21
Gráfico 12.- Detalle de losa Steel Deck. _____	25
Gráfico 13.- Geometría de muro sótano y zapatas aisladas. _____	26
Gráfico 14.- Modelación del reforzamiento de la infraestructura. _____	27
Gráfico 15.- Espectro sísmico elástico de aceleraciones - Reforzamiento. _____	32
Gráfico 16.- Espectro de diseño en dirección (X,Y) _____	33
Gráfico 17.- Representación de los periodos modales – Reforzamiento. _____	34
Gráfico 18.- Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta – Reforzamiento. _____	35
Gráfico 19.- Corte transversal losa Steel Deck. _____	47
Gráfico 20.- Núcleo de escalera. _____	48

Gráfico 21.- Cubierta 3D Metálica. _____	50
Gráfico 22.- Modelación de la estructura – Reconstrucción de la Infraestructura. _____	63
Gráfico 23.- Espectro sísmico elástico de aceleraciones – Reconstrucción. _____	67
Gráfico 24.- Espectro de diseño en dirección (X,Y) – Reconstrucción. _____	68
Gráfico 25.- Representación de los periodos modales – Reconstrucción. _____	69
Gráfico 26.- Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta – Reconstrucción. _____	71
Gráfico 27. Núcleo de escalera 1. _____	83
Gráfico 28. Núcleo de escalera 2. _____	84
Gráfico 29.- Cubierta 3D Metálica. _____	85
Gráfico 30.- Presupuesto de las variantes estructurales. _____	94
Gráfico 31.- Porcentajes de los materiales en el reforzamiento estructural. _____	95
Gráfico 32.- Porcentaje de los materiales en la reconstrucción. _____	96
Gráfico 33.- Ubicación de la red de agua potable y dimensión. _____	100
Gráfico 34.- Ubicación de la red de alcantarillado y dimensión. _____	104
Gráfico 35. Esquema de la cisterna - contra incendio. _____	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Planos arquitectónicos para la ampliación de aulas en la Parroquia Hermano Miguel.

Anexo 2.- Memoria Técnica Reforzamiento de la estructura existente

Anexo 3.- Justificación de la acción sísmica – Reforzamiento de la estructura existente.

Anexo 4.- Listado de escaleras – Reforzamiento de la estructura existente.

Anexo 5.- Listado de estructura 3D integradas – Reforzamiento de la estructura existente.

Anexo 6.- Volúmenes de obra – Reforzamiento de la estructura existente.

Anexo 7.- Memoria técnica – Reconstrucción de la infraestructura.

Anexo 8.- Justificación de la acción sísmica – Reconstrucción de la infraestructura.

Anexo 9.- Listado de escaleras – Reconstrucción de la infraestructura.

Anexo 10.- Listado de estructura 3D integradas – Reconstrucción de la infraestructura.

Anexo 11.- Volúmenes de obra – Reconstrucción de la infraestructura.

Anexo 12.- Especificaciones de Rubros.

Anexo 13.- Planos del Reforzamiento de la Edificación Existente

Anexo 14.- Planos de la Reconstrucción de la Infraestructura

Anexo 15.- Planos de la red de distribución de agua potable para el bloque de aulas, iglesia y escenario de la Parroquia Hermano Miguel.

Anexo 16.- Planos de la red de saneamiento para el bloque de aulas de la Parroquia Hermano Miguel.

Anexo 17.- Planos del sistema contraincendios del bloque de aulas de la Parroquia Hermano Miguel.

OBJETIVO GENERAL

Contribuir en la elaboración de una herramienta de gestión, para la comparación técnica-económica entre las variantes de reforzamiento estructural de lo existente o la construcción de un nuevo bloque de aulas, que permita conseguir recursos en la Arquidiócesis de Múnich, para que la Parroquia Hermano Miguel brinde mejores servicios a sus habitantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ser parte del desarrollo de una herramienta de gestión que permita a la comunidad católica de la Parroquia Hermano Miguel, solicitar recursos económicos comprometidos por la Arquidiócesis de Múnich, para la ampliación de la área educativa y de congregaciones.
- Evaluar, apegados a la nueva normativa, dos tecnologías constructivas, una que es el reforzamiento estructural y ampliación de bloques de aulas existente y otra la construcción de un nuevo bloque de aulas, baterías sanitarias y salón de reuniones para la Parroquia Hermano Miguel.
- Planificar y generar a nivel de diseños definitivos los estudios de ingeniería estructural, hidrosanitaria, contra incendios, presupuestos referenciales, especificaciones técnicas y cronogramas valorados de trabajo, para la construcción de aulas, baterías sanitarias y salón de reuniones, que aporten al desarrollo de las diferentes actividades que realiza la Parroquia en beneficio de niños y ancianos.

Mendieta Flores Karla Monserrath

Trabajo de Graduación

Ing. Vazquez Calero José Fernando Msc.

Enero 2015

**“COMPARACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA ENTRE LAS
VARIANTES DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN
BLOQUE EXISTENTE Y AMPLIACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE
UN NUEVO EDIFICIO DE AULAS PARA LA PARROQUIA
HERMANO MIGUEL”**

INTRODUCCIÓN

Todo tipo de edificación en Ecuador es vulnerable a los movimientos telúricos que se presenten, más aun en la zonificación sísmica que se encuentra; el diseño deberá prever que las aceleraciones del suelo no superen las limitaciones de la estructura. En la actual estructura, al ser construida en una época en la que las normas técnicas eran menos exigentes, requiere de un reforzamiento estructural para su ampliación o en su defecto realizar una nueva construcción sujeta a la normativa vigente, utilizando el software y las herramientas de gestión para lograr un espacio físico adecuado para las actividades educativas y culturales, garantizando seguridad para sus ocupantes y una adecuada vida útil del proyecto.

Al investigar las diferentes modelaciones y análisis de la estructura existente, se determinará la variante más conveniente, con sus estudios complementarios de ingeniería estructural, hidrosanitaria, contraincendios, presupuesto referencial, especificaciones técnicas y cronogramas valorados de trabajo, para proceder a la ejecución de la obra en la ciudad de Cuenca y aportar con espacios dignos para el servicio de alimentación y educación a niños y ancianos de la Parroquia.

1. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN LÍNEA BASE

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de toda actividad en la construcción, se requiere la información necesaria de todos los aspectos físicos que se pueda encontrar en campo, por lo que se efectuará un levantamiento estructural, arquitectónico, hidrosanitaria y la evaluación de los miembros estructurales existentes, presentando la información base indispensable, para realizar un reforzamiento de la infraestructura con su ampliación o en su defecto se requiera la construcción de un nuevo bloque de aulas, salón de reuniones y baterías sanitarias. Considerando que la infraestructura es construida hace varios años y no existen los planos respectivo, se ha procedido a realizar un levantamiento estructural que comprende: cimentación, losa, vigas, columnas, cubierta; levantamiento arquitectónico y levantamiento de la red hidrosanitaria interna y externa.

1.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL EMPLAZAMIENTO DEL BLOQUE EXISTENTE.

1.1.1 Generalidades

El aspecto fundamental para el diseño de una edificación o bien una restructuración es la inventiva, tanto en la técnica constructiva o selección del sistema estructural y los materiales de construcción seleccionados. Al escoger una opción determinada por los diseños mencionados, se plantea conseguir una optimización de las características de un análisis estructural, obteniendo costos mínimos y mejoras de tiempo en la construcción. Se comienza con un dimensionamiento preliminar de toda la estructura, completando con recomendaciones y experiencias.

Al conocer las propiedades de los materiales como el *Hormigón Armado* y el *Acero Estructural*, los cuales presentan ventajas y desventajas en su utilización,

mencionaremos los aspectos técnicos-económicos de los dos materiales al utilizar para el análisis y lograr un proyecto aceptable y óptimo. Consideramos que en la actualidad se está magnificando la propuesta de sistemas de construcción en acero, por lo que establecemos una comparación entre los diferentes sistemas bajo las condiciones constructivas de nuestro medio, enfocando el análisis en una ampliación de la infraestructura o una reconstrucción total.

1.1.2 Especificación general del proyecto.

El Proyecto a analizarse está ubicado en la parroquia Hermano Miguel, en la calle Duitama y Daniel Cañizares, sector las Orquídea de la ciudad de Cuenca, se pretende dar una solución estructural, ocupacional y de servicio a las diferentes actividades que se realiza en la parroquia.

La estructura existente está conformado por dos plantas: una planta subterránea que consta de tres aulas y la primera planta baja con tres bloques de aulas adicionales, un área denominada salón de reuniones y otra de baterías sanitarias.

La infraestructura existente consta de 241.41 m², el nivel de entre piso desde el subterráneo a la primera planta es de -2.30 y desde el nivel +0.00 hasta la cubierta es de +2.75. Dispone solo de un ducto de gradas y dos baterías sanitarias en la primera planta. El área de construcción exterior, primera planta es de 149.22m² y subterráneo de 92.18 m².

Tabla 1.- Asignación de áreas por bloque.

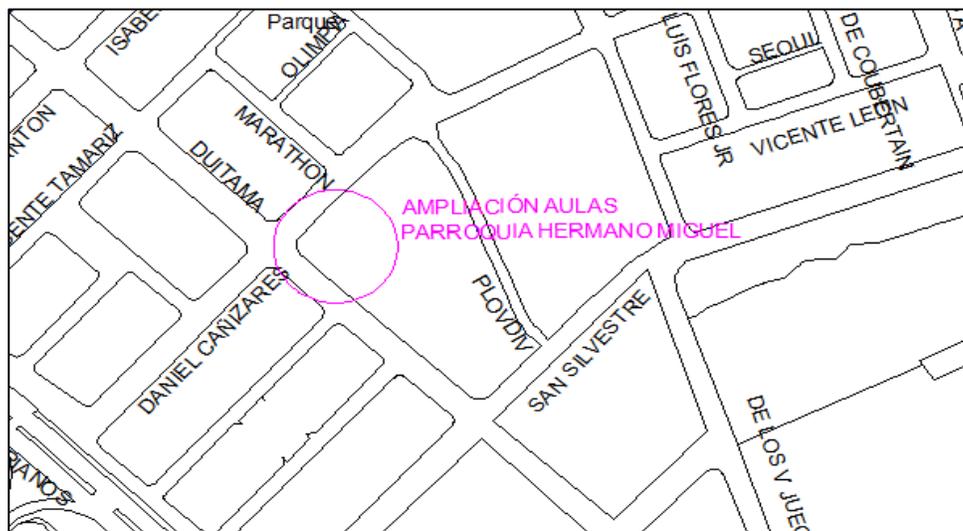
BLOQUE	PLANTA	Área m ²	Servicio
Aula 1	Subterráneo	30.82	Educación
Aula 2	Subterráneo	21.17	Educación
Aula 3	Subterráneo	25.85	Educación
Aula 4	Primera Planta	32.28	Educación y Alimentación
Aula 5	Primera Planta	27.28	Educación y Alimentación
Aula 6	Primera Planta	42.9	Educación y Alimentación
Salón de reuniones	Primera Planta	28.15	Conferencias / Reuniones
Baterías Sanitarias	Primera Planta	4.05	Uso general
Corredores	Subterráneo y Primera planta	19.42	Uso general
Ducto de gradas	Subterráneo	9.07	Uso general
Total (m²)		240.99	

Fuente: Altamirano Julio / 1999.

Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado en las calles Daniel Cañizares y Duitama, sector las Orquídeas, parroquia Hermano Miguel, Cuenca – Ecuador.

Gráfico 1.- Ubicación del proyecto.



Fuente: Municipalidad de Cuenca – 2014.

1.1.3 Levantamiento Arquitectónico

El bloque de aulas, salón de reuniones y área de baterías sanitarias en su mayoría están constituidas por piezas de mampostería formando muros portantes, el subterráneo está conformado por mampostería de muros confinada diseñado para soportar losa, techo y su propio peso, la fachada de la primera planta baja consta de columnas de hormigón armado revestidas mampostería, para su fachada, considerando que son las columnas principales de la edificación, y cinco columnas rigidizadoras del mismo material. El esqueleto estructural está constituido de vigas y columnas de hormigón armado fundidas in situ, el propósito de la utilización de la mampostería estructural está ligada bajo cargas verticales que pueden ser permanentes o transitorias, fuerzas sísmicas o de viento, para así garantizar la durabilidad y vida útil de la estructura.

Las baterías sanitarias están ubicadas en la primera planta baja junto al ducto de gradas, consta de dos inodoros, dos urinarios y un lavamos con su respectiva ventilación, el salón de reuniones está constituido de piezas de mampostería trabada y mampostería confinada. Las aulas que se ubican en el parte subterránea presentan entradas de luz debido a que la infraestructura adyacente no colinda con el bloque de aulas.

Para la primera planta y subterráneo se observa los detalles arquitectónicos de la edificación en los gráficos 1-2, 1-3 respectivamente.

PLANTA SUBTERRANEO

Gráfico 2.- Planta subterráneo y corte posterior.

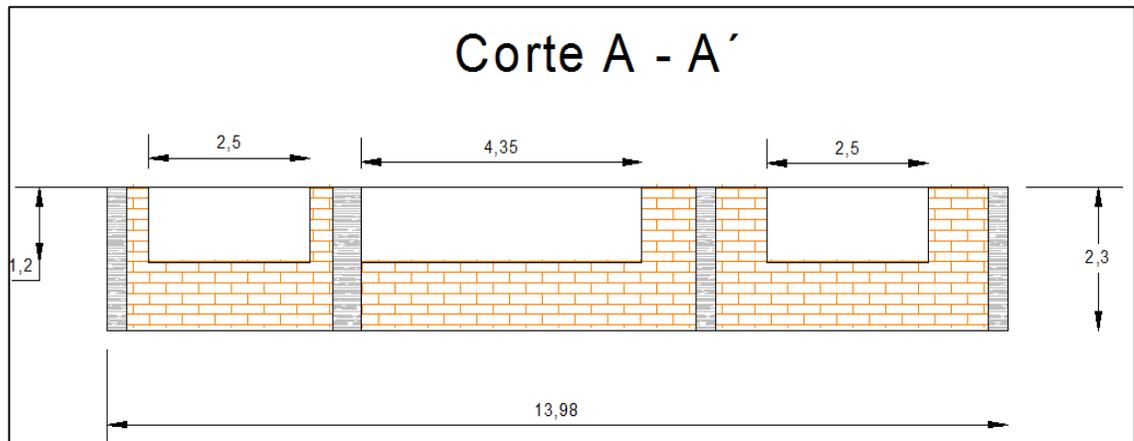
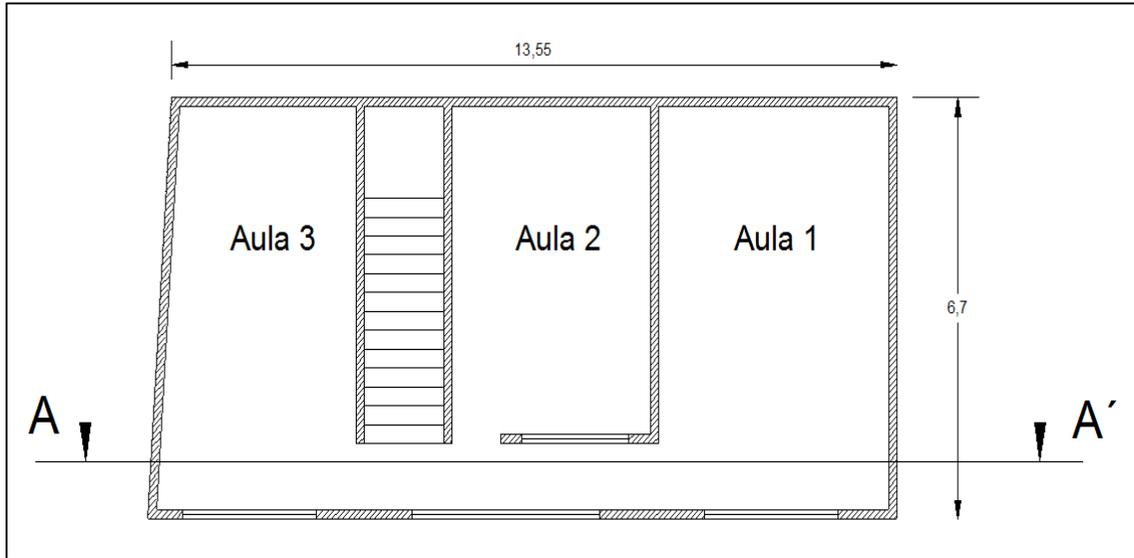
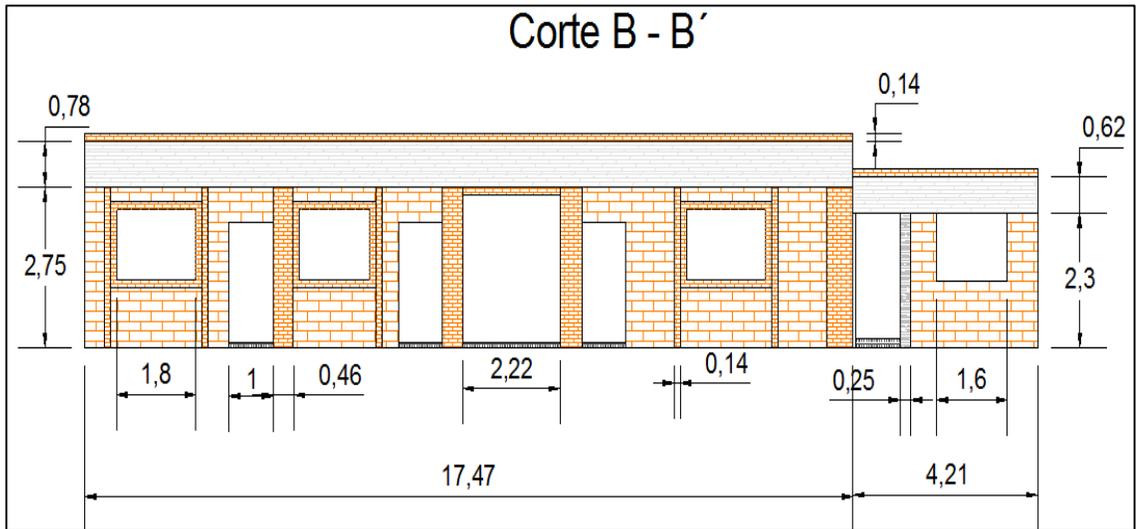
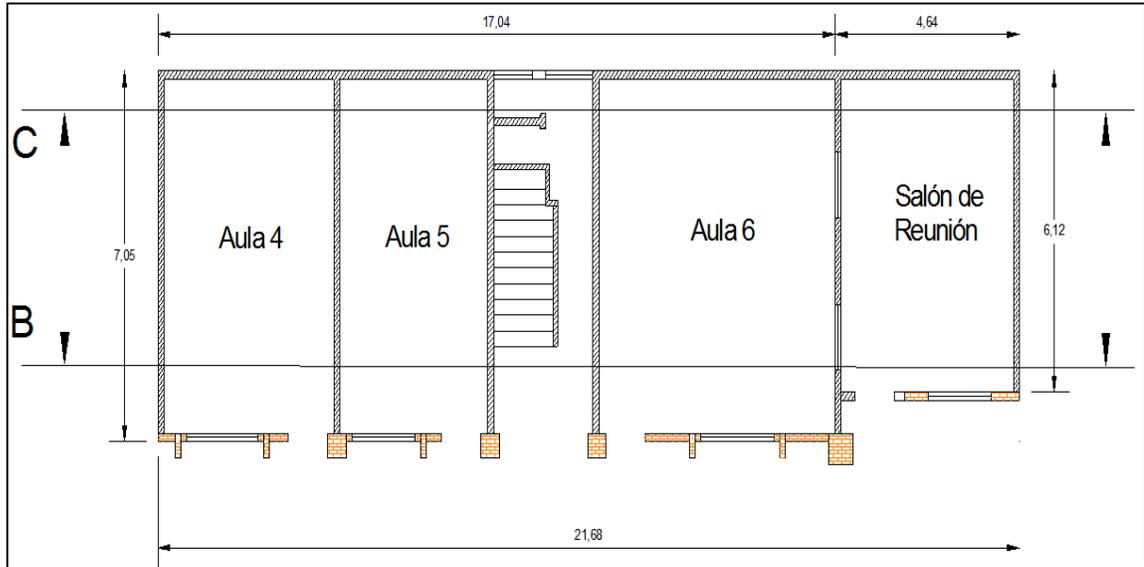


Tabla de símbolos - Planta Subterráneo	
	Muro Divisorio de ladrillo con recubrimiento (espesor 0.2 m.)
	Ventanas
	Columnas
	Pared de Mampostería

Fuente: Autor.

PRIMERA PLANTA BAJA

Gráfico 3.- Primera planta baja, corte frontal y posterior.



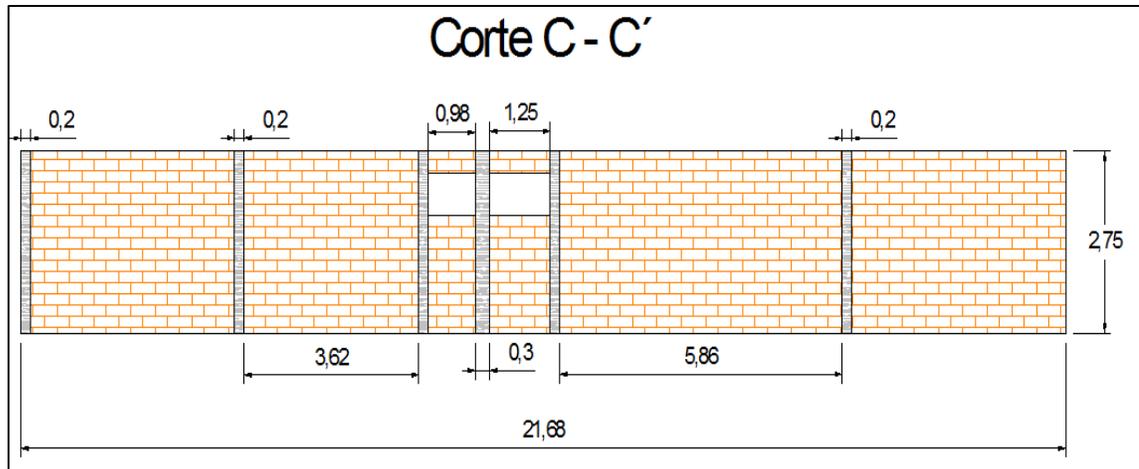


Tabla de símbolos - Planta Subterráneo	
	Muro Divisorio de ladrillo con recubrimiento (espesor 0.2 m.)
	Ventanas
	Columnas
	Pared de Mampostería

Fuente: Autor.

1.1.4 Datos del estudio de suelos

1.1.4.1 Investigación de laboratorio:

Con las muestras en laboratorio, las pruebas experimentales normalizadas con el fin de determinar las propiedades físico-mecánica de la subrasante son las siguientes: *INEN, MOP, AASHTO, ASTM*.

Resultados obtenidos:

El área estudiada está constituida por un estrato de suelo areno arcillosos, el mismo que presenta en espesores variables a partir del nivel del suelo existente, desde el punto de vista geotécnico según la SUCS se lo identifica como SC y de acuerdo al sistema AASHTO se lo identifica como A-2-7, presenta buenas características como material de cimentación.

Suelo:

- Carga admisible σ_{adm} : 2.64 kg/cm²
- Cohesión del suelo C : 0.05 kg/cm²
- Coeficiente de poisson α : 0.45 kg/cm²
- Ángulo rozamiento interno ϕ : 15°
- Peso volumétrico γ_s : 1.80 t/m³

La estratigrafía determinada en el sitio de proyecto desde el punto de vista geotécnico, presenta buenas características como material de cimentación, el proyecto que se implementa desde el punto de vista geológico se presenta estable y seguro para las características del proyecto planteado; se recomienda que las construcciones de las edificaciones se las realice previo a un estudio y diseño estructural.

1.2 RECOPILOCIÓN DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CIMENTACIÓN, VIGAS, COLUMNAS Y LOSA DE LA EDIFICACIÓN.

1.2.1 Cimentación.

Al suelo se transmiten las cargas por columnas o muros de una superestructura, el objetivo de la cimentación es transmitir al terreno un sistema de esfuerzos de manera uniforme que pueda ser resistido por el subsuelo y produzca asentamiento tolerable, evitando generar asentamientos diferenciales. Las cimentaciones que se presentan en esta proyecto son cimentaciones superficiales, para la estructura existente se considera que existe zapatas aisladas y zapatas centradas dependiendo del tamaño de la edificación, de las cargas influyentes y del tipo de suelo, la utilización de zapatas es específicamente requerido para edificaciones de poca altura, zapatas que absorban la carga de una sola columna se denominan zapatas aisladas, para el caso de zapatas que soporten varias columnas, se designan zapatas combinadas.

Considerando que en varias ocasiones se presentan terrenos de cimentación que pueden ser de mala calidad en cuanto a la resistencia, se empleará el uso de estructuras de acero que resultan más livianas para su reforzamiento y ampliación o la construcción de una nueva infraestructura. Para el subterráneo se observa los detalles de cimentación de la edificación en el gráfico 1-4.

1.2.2 Vigas

Las vigas forman parte de la estructura principal que se presenta en cualquier tipo de edificación, son elementos estructurales diseñados para soportar cargas lineales, concentradas o uniformes (tabiques de mampostería, apoyo a losas macizas o nervadas, etc.) y cargas puntuales llamadas vigas secundarias. El diseño de vigas que se ha analizado en el bloque de aulas existentes presenta peraltes de acuerdo a las cargas que se presentan en la estructura, estas se encuentran embebidas en la losas de la primera planta baja por lo son vigas banda. Dimensión de las vigas se muestran en el gráfico 1-5.

1.2.3 Losa

Las losas son elementos estructurales que resisten cargas perpendiculares, las cuales serán soportadas por vigas o muros de hormigón, mampostería u otro material, el comportamiento de estos elementos estructurales está dominado por la flexión, la losa que se presenta en la estructura existente es una losa nervada, donde las vigas se encuentra embebidas formando una estructura monolítica por lo que se denomina losas con vigas embebidas, es losa bidireccional por la magnitud de esfuerzos y deformaciones que se generan en las dos direcciones de trabajo. Detalle de vigas y losa gráfico 1-6.

1.2.4 Columnas

Al analizar los elementos verticales, se determina que existen columnas que son fundidas in situ, la función principal de estos elementos es soportar acciones de compresión, flexión y formar parte de la mampostería confinada. En la estructura existente se presenta columnas para soportar la carga que se genere en una sola planta, esto es debido a que la edificación no es de gran altura, las columnas que se ubican en la fachada de la primera planta baja están revestidas de piezas de mampostería por su diseño arquitectónico.

Todas las dimensiones, secciones, armados, diámetro de varillas, estribos, de los elementos estructurales y el tipo de losa, son recopilados al realizar la inspección en obra, por la experiencia constructiva y reconocimiento de estos miembros estructurales nos proporcionó la información el Ing. Julio Mendieta Mosquera. Detalle de columnas de las dos plantas de la edificación figura 1-7a y 1-7b respectivamente.

Gráfico 4.- Planta de cimentación N - 2.60m.

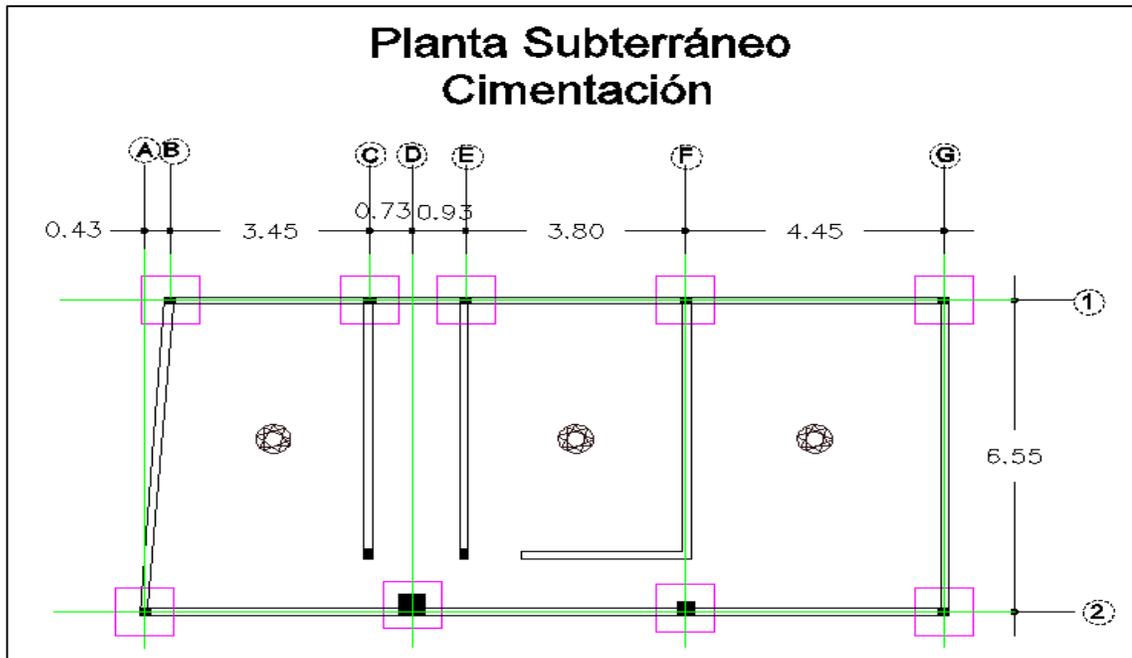
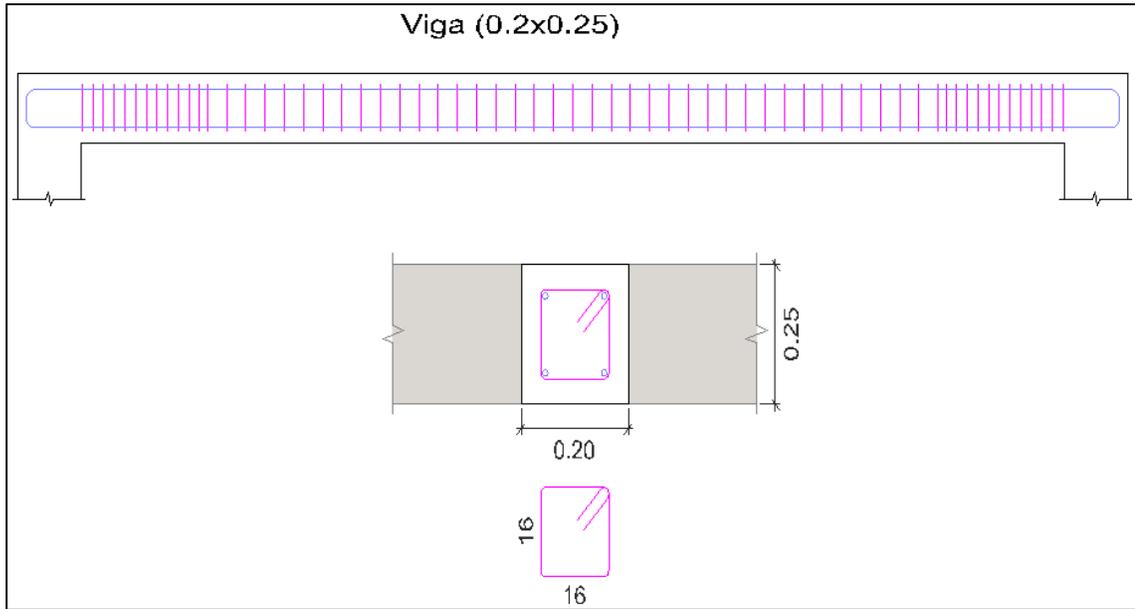


Tabla de símbolos - Cimentación	
	Columnas
	Zapatatas Aislada (1x 1)m.
	Cadena
	Sistema de Piso directamente apoyado sobre el terreno

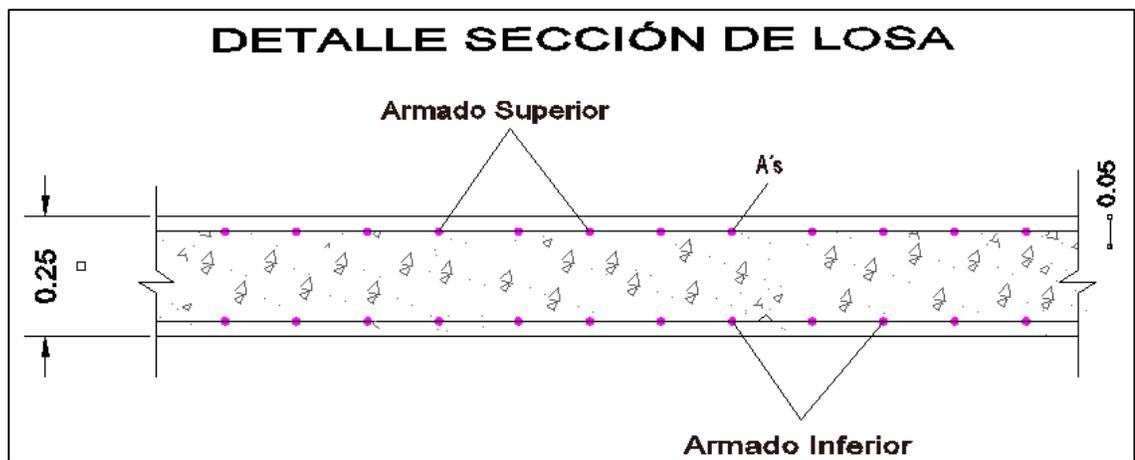
Fuente: Autor.

Gráfico 5.- Dimensión de vigas en la estructura.



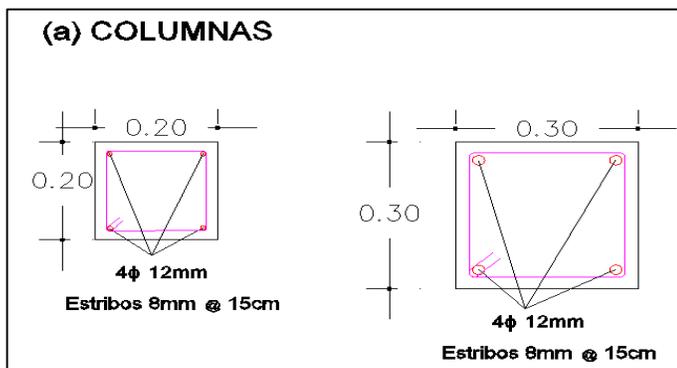
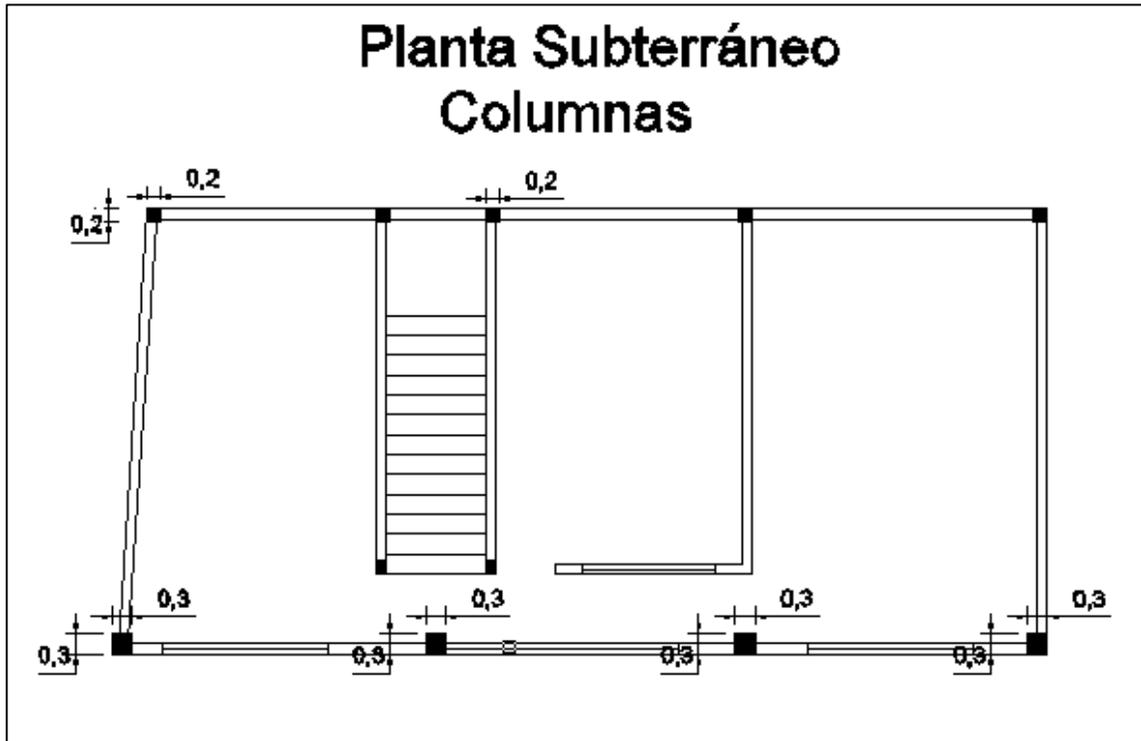
Fuente: Autor.

Gráfico 6.- Dimensión de losa de entrepiso.



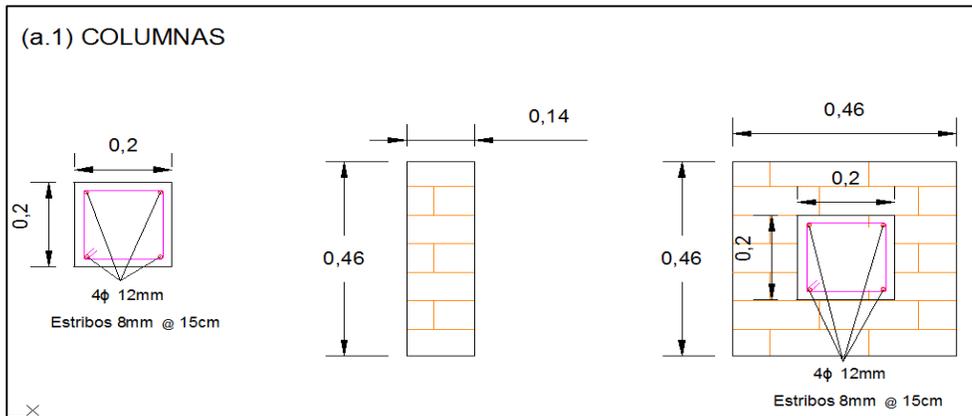
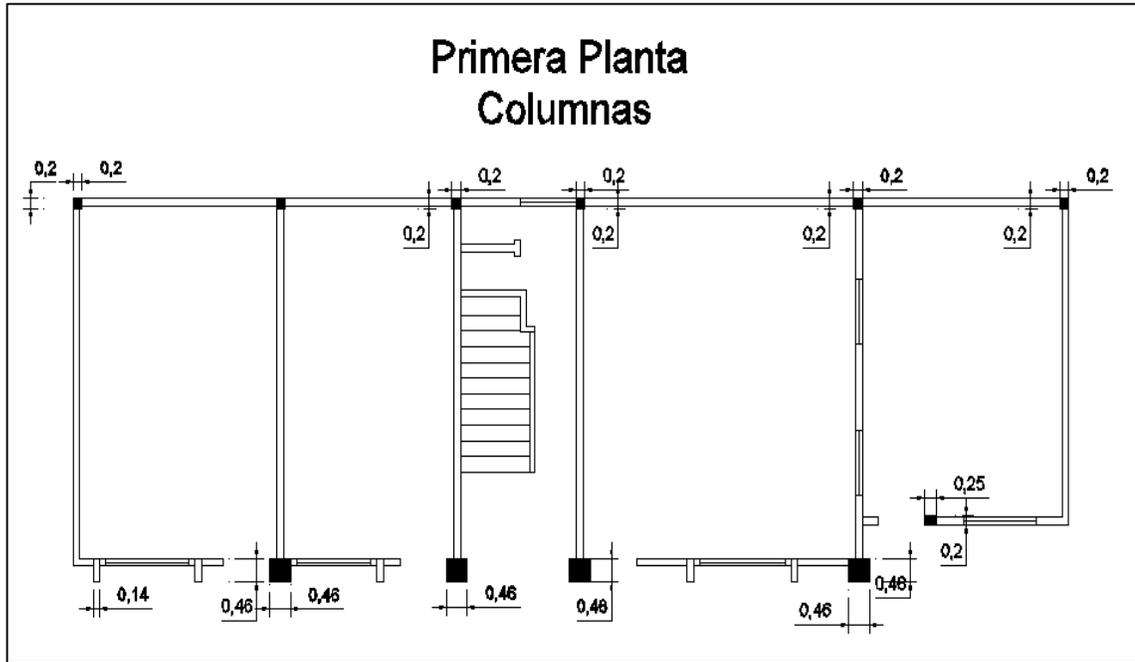
Fuente: Autor.

Gráfico 7a.- Planta subterránea y detalles de columnas.



Fuente: Autor.

Gráfico 7b.- Primera planta baja y detalles de columnas existentes.



Fuente: Autor.

1.3 CATASTRO DE LA RED HIDROSANITARIA EXISTENTE, INTERNA Y EXTERNA.

1.3.1 Levantamiento Hidrosanitario interno.

La instalación hidrosanitaria en todo tipo de edificaciones, deberá ser justificada mediante una memoria técnica que incluirá cálculos, diseños, planos, especificaciones, recomendaciones, serán analizadas previamente y referidas a la (NEC-11, Norma Ecuatoriana de la Construcción - Capítulo 16: NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA, 2011). Se ha realizado una inspección de las instalaciones sanitarias existente y se ha observado que por la vida útil, antigüedad, daño y desgastes, estas se encuentran en condiciones desfavorables. En el bloque de aulas consta de dos baterías sanitarias, dos urinarios y un lavamanos.

De la inspección se ha determinado que la red sanitaria esta empleada por tubería de distribución de agua potable de ½” a partir del medidor general, esta red abastece: área destinada como Centro Médico, un bloque para reuniones, Casa Parroquial, Iglesia, Escenario con área de alimentación y el bloque de aulas destinadas para su reconstrucción y ampliación; la red es continua desde el medidor general y presenta el diseño en una dirección por lo que no existe independencia para cada área.

Al analizar la distribución de red sanitaria general en el predio de la Parroquia Hermano Miguel, se presenta un inconveniente al realizar el abastecimiento de agua potable para la ampliación del área de baterías sanitaria para el bloque de aulas. Se presentará un análisis y diseño de distribución interna de esta red en el capítulo 4, sugiriendo una propuesta nueva e independiente para cada área y conseguir un abastecimiento idóneo para la ampliación del área sanitaria del nuevo bloque de aulas. Detalle del levantamiento de la red interna general del predio de la Parroquia Hermano Miguel, gráfico 1-8 y detalle de la red sanitaria del bloque de aulas, gráfico1-9.

1.3.2 Levantamiento hidrosanitarios externo.

Se realizó la inspección del suministro de abastecimiento del medidor de agua, para la dotación de la misma desde el exterior hacia el interior de las piezas sanitarias del equipamiento. La acometida parte con tubería de $d = 3/4''$, hacia el medidor de agua potable de 3 m³/h y presenta una salida con tubería de $d = 1/2''$, para la distribución interna general al predio de la Parroquia, la acometida se encuentra ubicado en la calle Daniel Cañizares conectada a una red de agua potable de PVC 150mm, las descargas que generan las baterías sanitarias están conectadas a un ramal general de DN= 110mm dentro del predio, el mismo que se conecta al colector de la Escuela “Daniel Córdova Toral” y descargan a la calle San Silvestre con un D=300mm HS. Localización del medidor general se detalla en la gráfica 1-10 y detalles de la descarga de aguas servidas, gráfico 1-11.

Gráfico 8.- Red hidrosanitaria interna de la parroquia Hermano Miguel.

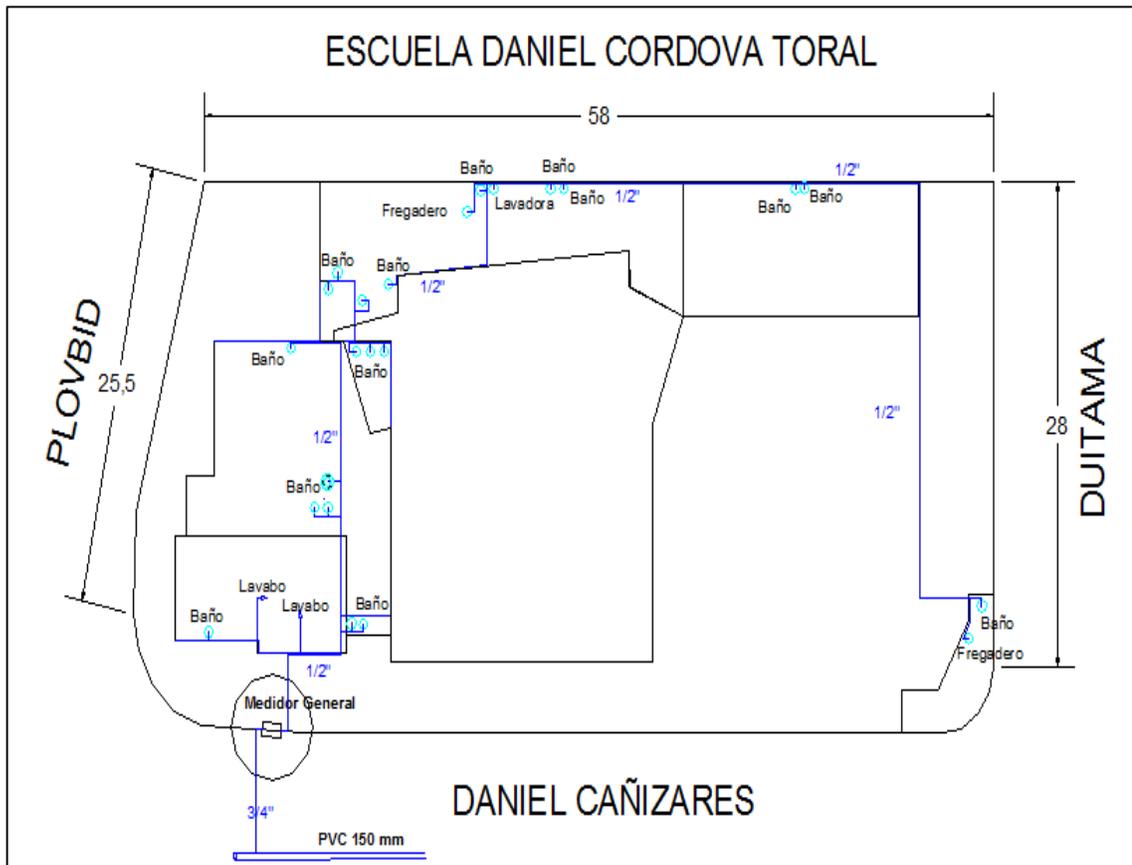


Tabla de símbolos - Red Hidrosanitaria Interna	
	Tubería de agua fría 1/2"
	Medidor General
	Red de Agua Potable PVC 150mm
	Baños, Lavadora, Fregaderos

Fuente: Autor.

Gráfico 9.- Red Hidrosanitaria del bloque de aulas.

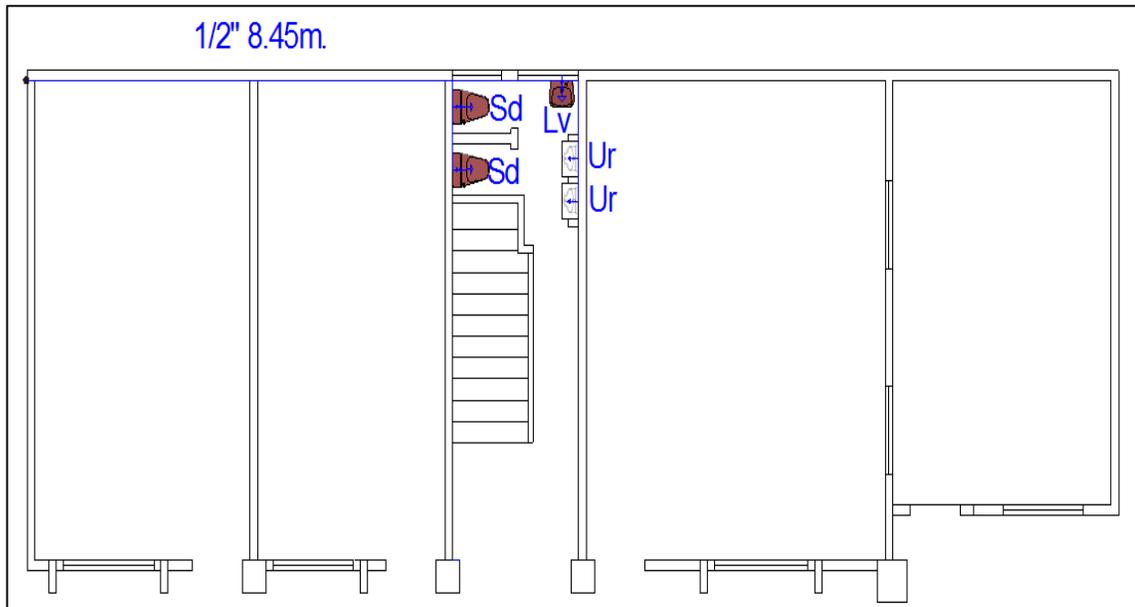
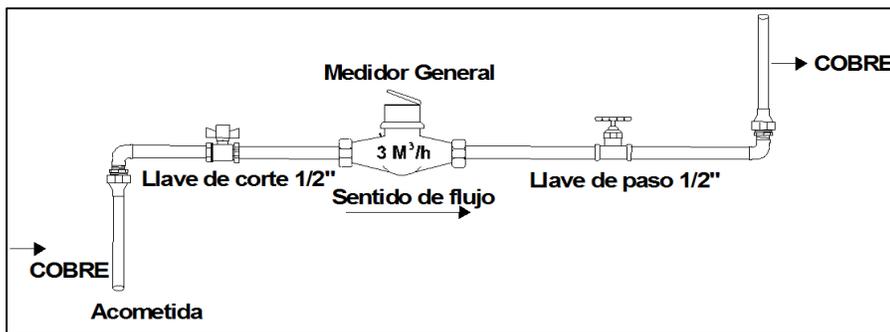
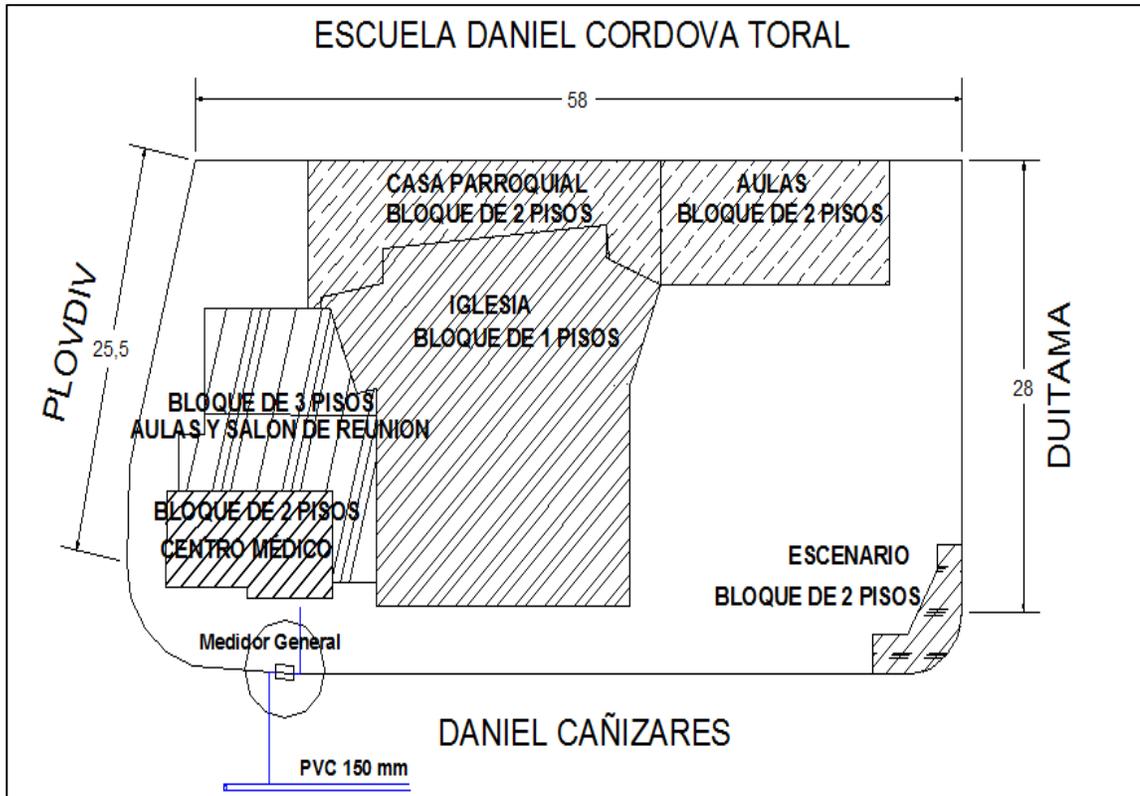


Tabla de símbolos - Bloque de Aulas	
	Tubería de agua fría
Lv	Lavabo
Sd	Inodoro con cisterna
Ur	Urinario

Fuente: Autor.

Gráfico 10.- Ubicación y detalle del medidor general.



Fuente: Autor.

Gráfico 11.- Red de saneamiento de la parroquia Hermano Miguel.

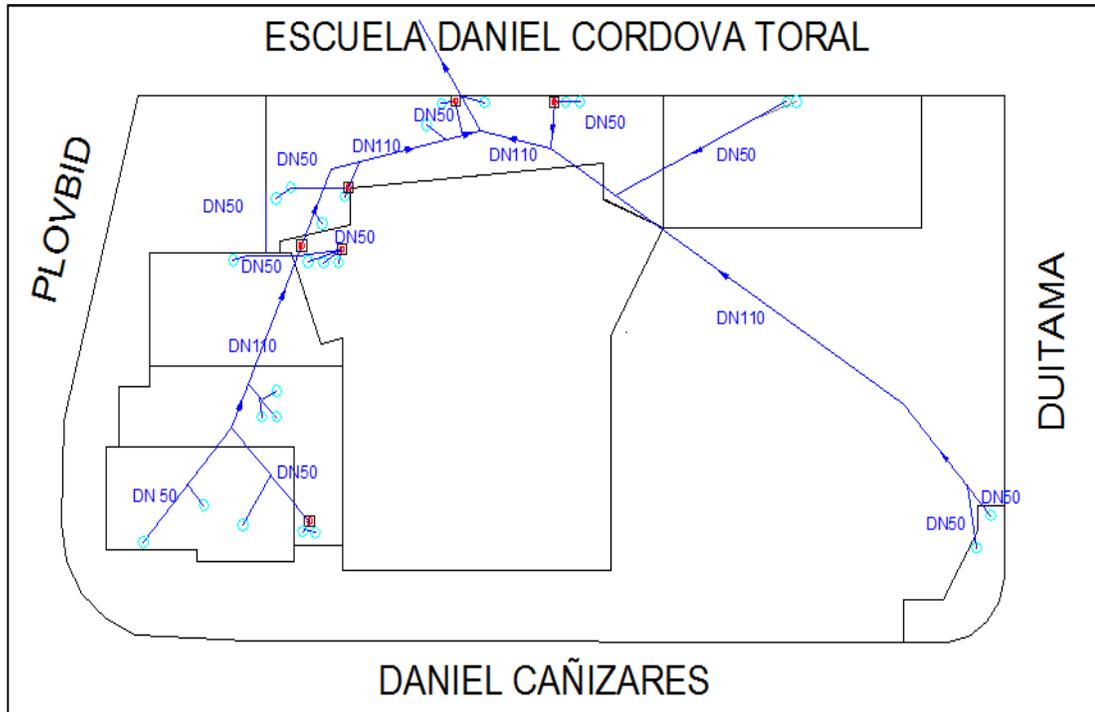


Tabla de símbolos - Saniamiento	
	Tubería de descarga DN 50 y DN110
	Montate de descarga PVC DN110
	Baños, Lavadora, Fregaderos

Fuente: Autor.

2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL REFORZAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE.

INTRODUCCIÓN

Para el análisis completo de la estructura existente, reforzamiento y ampliación procedemos con la modelación matemática, agrupación de cargas, diseños, presupuesto y cronogramas; el requisito principal para el proceso de diseños es conocer todas las cargas máximas que se generan a lo largo de la vida útil de la edificación, para esto consideramos las acciones que generan los fenómenos físicos para evaluar su efecto en la estructura, sin embargo se presentan varios criterios o combinaciones de carga, en la cual se toma el valor igual o mayor al efecto de las cargas incrementadas. Los avances importantes en el desarrollo de las obras civiles en cuanto al emplear materiales y utilizar programas o software de ingeniería, facilitan el pre dimensionamiento o diseño de la construcción y el emplazamiento de los miembros estructurales, consiguiendo obras económicas y funcionales. En el análisis del proyecto de bloque de aulas, salón de reuniones y área sanitaria en la parroquia Hermano Miguel, iniciamos con el reforzamiento estructural de columnas, vigas y suministro de losa tipo Steel Deck para generar una ampliación sobre el bloque existente. Al conocer las ventajas que presenta el acero estructural, este será el material principal para formar una nueva edificación conjunta con la existente.

Para el análisis del proyecto, se cuenta con el diseño arquitectónico de la ampliación del bloque de aulas, salón de reuniones y área sanitaria, el cual está referido al Anexo 1. Planos Arquitectónicos para la ampliación de aulas en la Parroquia Hermano Miguel.

2.1 MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA ESTRUCTURA REFORZADA.

2.1.1 Normativas de construcción.

En la actualidad, Ecuador presenta su normativa propia, que es creada para la seguridad pública por instituciones y profesionales de la ingeniería, los códigos y especificaciones para el diseño estructural que definen las cargas y fuerzas de diseño, tipos de construcción, calidad de los materiales y otros factores, son elaboradas con el fin de no restringir al calculista, si no de asegurar la vida útil y funcional de la estructura como la seguridad de los ocupantes, para el análisis y diseño de la estructura reforzada, las normas descritas son las siguientes:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- AISC “American Institute of Steel Construction”.
- ACI 318-08 “Diseño de Estructuras de Concreto”.
- ANSI/AISC 360-10 “American National Standard Institute”.
- AISI - LRFD “Load and resistance Factor Design”.

2.1.2 Predimensionamiento de la infraestructura reforzada.

En la variante de reforzamiento en acero estructural y ampliación del bloque de aulas, se plantea la colocación de vigas en perfil G, columnas perfil conformados G y losa Steel Deck, las mismas que son colocadas sobre la estructura existente que forman parte del reforzamiento estructural y la ampliación de la edificación. El proyecto se genera en dicho material y las propiedades que posee están definidas de acuerdo a las especificaciones del ASTM A36, que presenta la ventaja de añadirse a partes de estructuras existentes.

2.1.2.1 Prediseño de vigas en perfiles G.

Se predimensiona vigas metálicas que trabajan a flexión y son perfiles conformados G, para las dimensiones generales se asigna la longitud del claro y la altura de la sección para conseguir las dimensiones óptimas, se toma la siguiente consideración:

n_q = Coeficiente de sobrecarga = 1.6

n_o = Relación entre la flexión y el claro = 1/400

(ANEXO 3.- Flecha en fracciones del claro – K.K MUJANOV)

$$L_n = 4 \rightarrow h_{min} = \frac{l \cdot n_o}{4800} * \frac{1}{n_q} = \frac{4 \cdot 400}{4800} * \frac{1}{1.6} = 0.2 \approx 200 \text{ mm}$$

$$b \leq 0.3h \rightarrow b = 0.3 * 0.25 = 0.75 \approx 75 \text{ mm}$$

Se obtiene en el diseño un perfil G, h = 200 mm, B = 75mm, c = 25mm, e = 4mm.

(K.K. MUJANOV , 1986)

2.1.2.2 Prediseño de columnas en perfiles conformado.

Para el prediseño se asignan columnas en cajón doble, se toma la siguiente consideración:

H = Altura libre entre piso = 3.15 m.

$$\frac{1}{15}H \leq h \leq \frac{1}{20}H$$

$$\frac{1}{15}(3.15) \leq h \leq \frac{1}{20}(3.15)$$

$$0.21 \leq h \leq 0.157$$

Se define colocar perfiles G en doble cajón de h = 200 mm, B = 75 mm, c=25mm de espesor = 4mm, para todas las columnas de reforzamiento.

(K.K. MUJANOV , 1986)

2.1.2.3 Prediseño de losa Steel Deck.

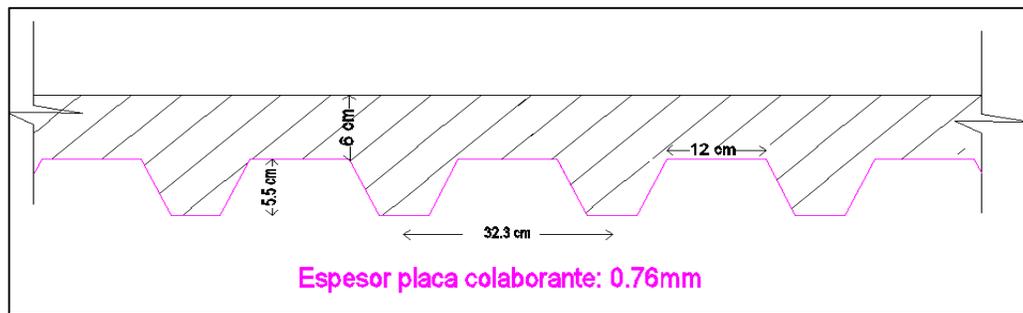
En el predimensionamiento de losa, se asumen los valores de cargas a las que va a estar sometida como la carga muerta, carga viva y se considera la separación entre viguetas de apoyo, no se incluye el peso propio de la placa y del hormigón.

- Carga muerta = 205 kg/m^2
- Carga viva = 250 kg/m^2

Sobrecarga impuesta = 455 kg/m^2

De acuerdo a las especificaciones técnicas de losa Steel Deck, se coloca una losa con las siguientes propiedades de la sección detalladas en el gráfico:

Gráfico 12.- Detalle de losa Steel Deck.

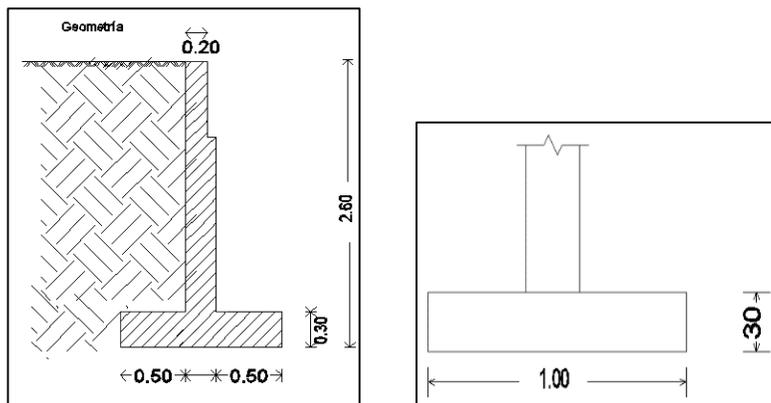


Fuente: Autor.

2.1.2.4 Cimentación.

La cimentación para la estructura existente es de hormigón armado, se considera zapatas corridas y muro pantalla de hormigón armado, las dimensiones para las zapatas se considera un peralte = 30 cm y una sección cuadrada de (1.0 x 1.0) m, para el muro de contención la profundidad $h = 2.60 \text{ m}$, espesor $C = 20 \text{ cm}$, peralte de la zapata = 30 cm y una base = 1.5m.

Grafico 13.- Geometría de muro sótano y zapatas aisladas.



Fuente: Autor.

2.1.3 Reseña del software de cálculo y modelación de la estructura, CYPE 3D Ingenieros.

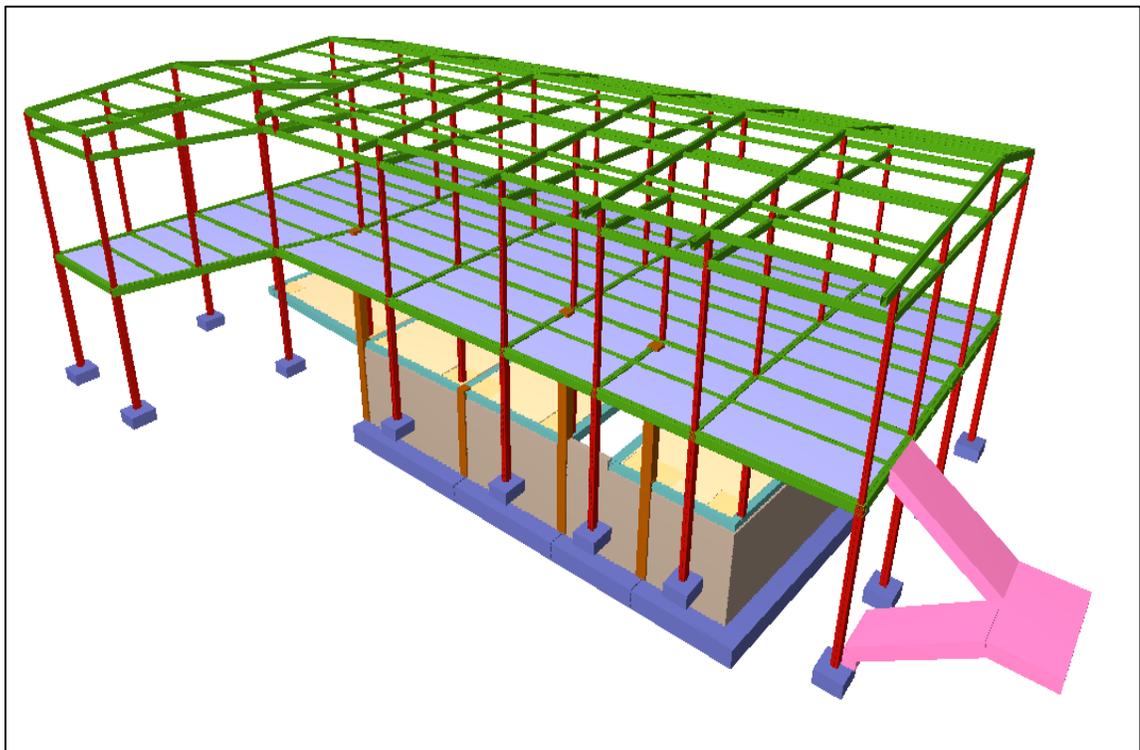
El programa de estructuras CYPE es un software técnico para profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, el desarrollo del programa que incorpora la tecnología informática y la fiabilidad en los cálculos está garantizado por el sistema de gestión de calidad conforme a los requisitos establecidos por la norma ISO 9001:2000. CYPECAD realiza el análisis de las solicitaciones mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales y de rigidez, formado todos los elementos que definen la estructura: pilares, pantallas de hormigón armado, muros, vigas y forjados. Una de las ventajas es contar con la implementación de normativa propia y de aplicación en diferentes países, la normativa implementada para los diseños en Ecuador es la “*Norma Ecuatoriana de la Construcción*”. La versión del programa es 2015 y el número de licencia a utilizar 110843.

CYPE 3D es un programa independiente que en función con CYPECAD se ejecuta una estructura 3D integrada que permite incorporar a la estructura formada por barras de acero a la estructura en hormigón, al crear la obra en CYPE 3D se permite introducir datos generales, hipótesis de carga, estados límites (combinaciones de acciones) y datos de acero (laminados o armados y conformados) para realiza el cálculo, dimensionamiento y comprobación de la resistencia al fuego y el dimensionamiento de

revestimiento de protección para los perfiles de acero; se dispone también de herramientas que facilitan la introducción de las barras de la estructura mediante ficheros generados en programas CAD, generando nudos y barras con la facilidad de vistas en ventanas en 2D y 3D de toda la estructura o de una parte de ella en perspectiva cónica o isométrica de los perfiles en verdadera magnitud. La obtención de resultados, planos y listados se consultan de forma gráfica y analítica, se realiza las comprobaciones de barras en pantalla (tensión, abolladura, esbeltez, flecha, etc.) con la opción de corrección manual o automática hasta el dimensionamiento final.

(CYPE, 1938)

Grafico 14.- Modelación del reforzamiento de la infraestructura.



Fuente: CYPECAD 2015.

2.2 MODELACIÓN Y AGRUPACIÓN DE CARGAS.

Existente diferentes tipos de carga y consideraciones, para este análisis definimos: *CARGAS PERMANENTES*, sobre cargas de uso o *CARGAS VIVAS*, *CARGAS DE SISMO* y *análisis de la CARGA DE VIENTO*; el objetivo de estas especificaciones establecidas en códigos es proporcionar la seguridad pública, estabilidad de todos los miembros que conforman el sistema estructural y no obtener resultados antieconómicos y sobre dimensionados, a continuación se detalla los criterios que se considera para el siguiente proyecto.

2.2.1 Carga Permanente – Carga Muerta.

Las cargas permanentes en la estructura existente se consideran las siguientes: peso propio de la construcción, elementos no estructurales, sistemas eléctrico y sanitario que graviten de forma constante sobre la estructura. Las cargas muertas se generan en su mayoría por cargas uniformemente distribuidas y en casos particulares estas pueden ser lineales y concentradas.

Tabla 2.- Carga permanente en la estructura.

MATERIAL	PESO UNITARIO
	Kg/m ²
Contrapiso y recubrimiento, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor, e= 2.5cm	50
Cielorraso de yeso sobre listones de madera (incluyen los listones)	20
Plancha ondulada de fibrocemento: 6 mm de espesor	15
Muros de ladrillo para edificio	120
TOTAL DE CARGA PERMANENTE	205

Fuente: NEC-11. Capítulo 1: Carga y Materiales.

2.2.2 Sobre Carga de uso – Carga Viva.

Las cargas vivas que se presentan en la operación y uso de la edificación son consideradas como cargas semipermanentes o de efecto dinámico que varían con el tiempo. La funcionalidad que se genera en la edificación puede originar distintos valores de cargas vivas debido a las áreas destinadas para su uso, como las aglomeraciones de personas por periodos de tiempo. Para el diseño de aulas y salón de reuniones se considera los valores de cargas tomadas de la (NEC, 2011).

Tabla 3.- Sobrecargas uniforme de uso.

OPCIÓN O USO	CARGA UNIFORME
	Kg/m ²
Área de reuniones asientos móviles	480
Cubierta plana, inclinada y curvas	70
Unidad educativa, aulas	200
Corredores de segundo piso superior	400
Corredores de primer piso	480

Fuente: NEC-11.- Capítulo 1: Cargas y Materiales.

2.2.3 Análisis de la carga sísmica.

Toda edificación sufre fallas y daños estructurales debido a la presencia de fuerzas horizontales llamadas fuerzas sísmicas, Ecuador se encuentra en una zona de peligro sísmico alta por lo que considera los análisis sísmicos en las estructuras, las características de suelos son primordiales para cada análisis y el tipo de estructura a implementarse. Para el análisis se considera la zona sísmica del Ecuador, características del suelo, importancia de la estructura, el tipo de sistema y tipo de uso. En el modelo matemático del reforzamiento se incluye todos los elementos estructurales resistentes, distribución espacial de masas y rigideces con el fin de demostrar las características más relevantes del comportamiento dinámico.

2.2.3.1 Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

- Zona sísmica (NEC-11, 2.5.2.1): **II**
- Región sísmica (NEC-11, 2.5.3): **Sierra**
- Tipo de suelo (NEC-11, 2.5.4.5): **C**
- Características del peligro sísmico: **Alta**
(NEC-11, 2.5.2.2 – Tabla 2.1)

- Factor de importancia de la obra (NEC-11, 2.6.4):
“Estructuras de ocupación esencial” (Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas).

- Número de modos de vibración (NEC-11, 2.7.7.6.2):
“Se debe considerar todos los modos de vibración a la respuesta total de la estructura que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas”.

- Configuración estructural (NEC-11, 2.6.5):
 - Estructura regular en planta.
 - Estructura regular en elevación.

- Estimación del periodo fundamental de la estructura:
Tipología estructural (X): **III**
Tipología estructural (Y): **III**
“Pórticos espaciales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras”.

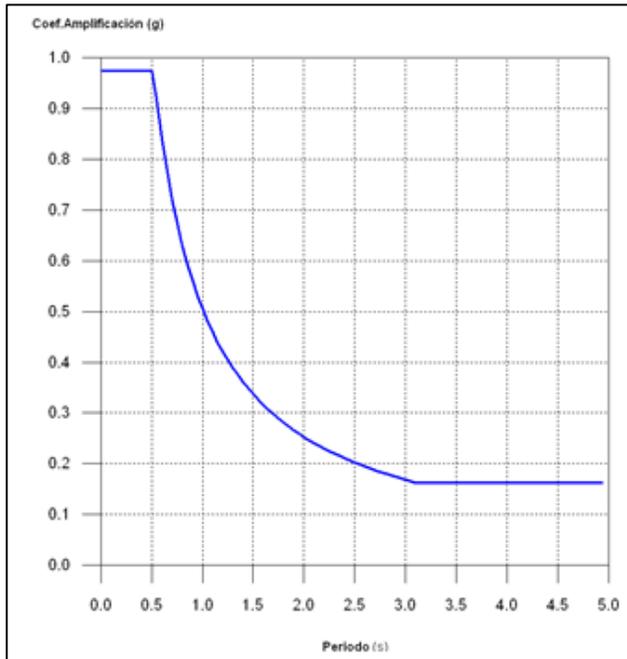
2.2.3.2 Método de análisis – Modal espectral dinámico.

El espectro elástico de diseño pretende caracterizar los movimientos sísmicos y el efecto sobre la estructura existente, para permanecer dentro del rango elástico, esta curva envolvente interpreta los espectros de respuestas ante los movimientos sísmicos.

- Relación de amplificación espectral – Sierra **(η): 2.48**
(NEC-11, 2.5.5.1 – 2.5.3)
- Factor de zona **(Z): 0.25**
(NEC-11, 2.5.2 – Tabla 2.1)
- Factor de Sitio **(Fa): 1.30**
(NEC-11, 2.5.4.8 – Tabla 2.5)
- Factor de Sitio **(Fd): 1.50**
(NEC-11, 2.5.4.8 – Tabla 2.6)
- Factor del comportamiento inelástico del subsuelo **(FS): 1.10**
(NEC-11, 2.5.4.8 – Tabla 2.7)
- Factor r **(r): 1.00**
(NEC-11, 2.5.5.1)
- Factor de tipo de uso e importancia **(I): 1.30**
(NEC-11, 2.6.4 – Tabla 2.9)
- Límite del periodo de vibración **(Tc): 0.70s**
(NEC-11, 2.5.5.1)

El espectro de diseño para el tipo de perfil del subsuelo C se muestra a continuación en el siguiente gráfico:

Gráfico 15.- Espectro sísmico elástico de aceleraciones - Reforzamiento.



Fuente: CYPECAD 2015.

$$S_a = \eta Z F_a I \quad 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a I \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.975g.

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente $(R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E)$ correspondiente a cada dirección de análisis.

Factor de comportamiento / coeficiente de ductilidad

R_X: Factor de reducción (X) (NEC-11, 2.7.2.3): **6.00**

R_Y: Factor de reducción (Y) (NEC-11, 2.7.2.3): **6.00**

Pórticos resistentes a momento - “Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas”.

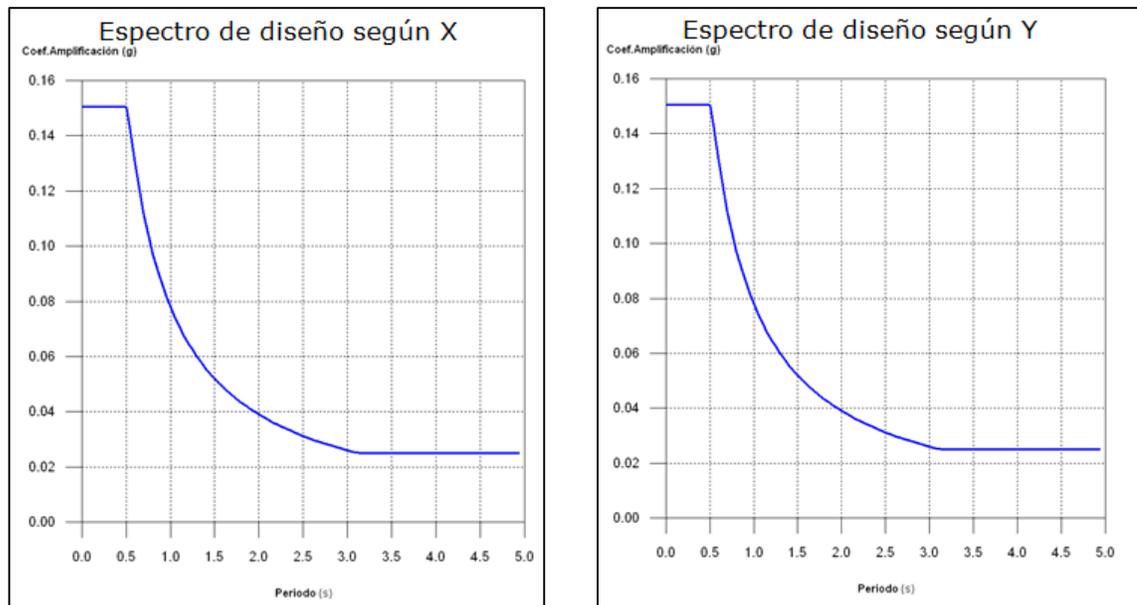
F_P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-11, 2.6.6): **0.90**

F_E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-11, 2.6.7): **0.90**

Coeficiente de irregularidad en planta – “Tipo 1: Irregularidad torsional”

Coeficiente de irregularidad en elevación – “Tipo 1: Piso flexible”

Gráfico 16.- Espectro de diseño en dirección (X,Y)



Fuente: CYPECAD 2015.

2.2.3.3 Periodo de vibración¹.

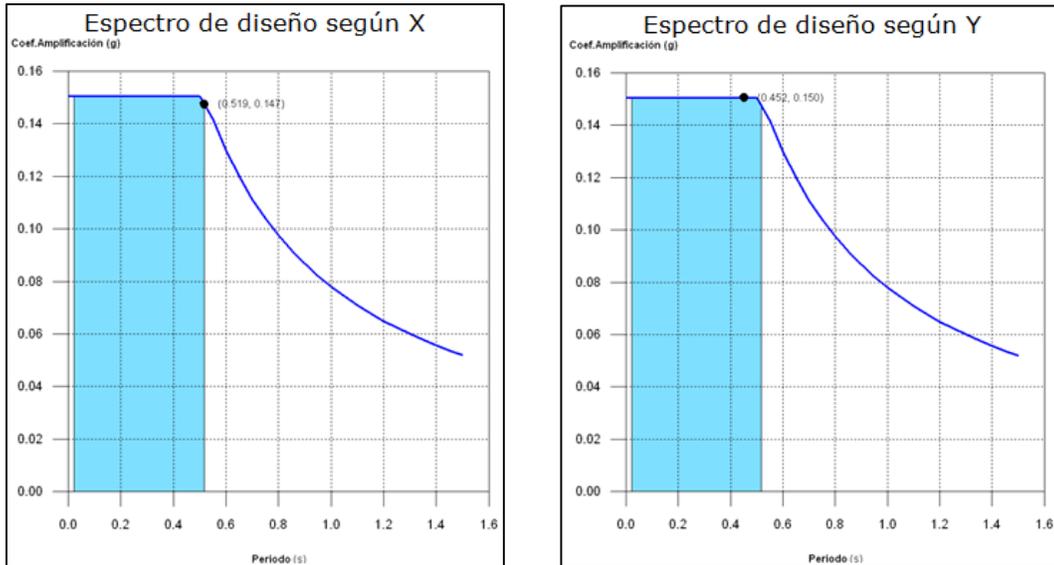
Para determinar el periodo de vibración en la estructura, se analiza en cada dirección principal, los coeficientes de participación normalizados están definidos en la justificación sísmica generada por el software. El porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección de análisis debe ser menor o igual a 10%.

Porcentajes de masas desplazadas por cada modo en cada dirección del análisis (X, Y):

- $M_x = 91.24\%$
- $M_y = 94.61\%$

¹ Anexo 3, Justificación de la Sísmica del Reforzamiento de la Estructura Existente, sección 1.3.- Coeficiente de participación.

Gráfico 17.- Representación de los periodos modales – Reforzamiento.



Fuente: CYPECAD 2015.

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplazan más del 30% de la masa.

T: Periodo de vibración en segundos.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

Tabla 4.- Hipótesis sísmica en las direcciones (X, Y) – Reforzamiento.

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.532	0.216

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.478	0.216

Fuente: CYPECAD 2015.

2.2.3.4 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.

c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X, Y).

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X, Y).

e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X).

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y).

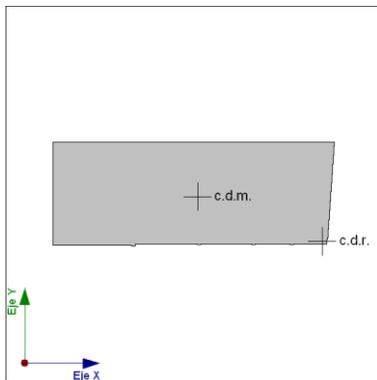
Tabla 5.- Centros de masas, rigidez y excentricidad – Reforzamiento.

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
N+3.15	(5.30, -5.41)	(5.56, -6.37)	-0.26	0.96
N+00	(4.28, -3.69)	(13.05, -6.88)	-8.77	3.20

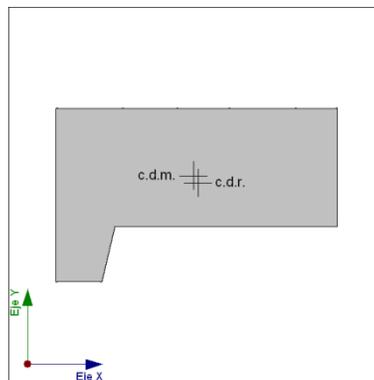
Fuente: CYPECAD 2015.

Gráfico 18.- Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta – Reforzamiento.

N +00



N +3.15



Fuente: CYPECAD 2015.

2.2.3.5 Cortante basal².

- **El cortante basal dinámico (V_d):** Por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal, el cálculo se realiza en las dos direcciones (X,Y) y se obtiene los siguientes resultados:

Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$$V_{d,x} = 33.23 \text{ (ton)}$$

Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica.

$$V_{d,y} = 33.61 \text{ (ton)}$$

- **El cortante basal estático:** El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis.

Cortante sísmico en la base (X) (NEC-11, 2.7.2.1)

$$V_{s,x} = S_{dx} (T_a) W$$

$$V_{s,x} = 54.114 \text{ t}$$

Aceleración espectral horizontal de diseño (X)

$$S_{d,x}(T_a) = 0.22 \text{ g}$$

Periodo fundamental aproximado (X): III (NEC-11, 2.7.2.2.1)

$$T_a = 0.047 \cdot h^{0.9} \rightarrow h = 5.75 \text{ m}$$

$$T_{a,x} = 0.27 \text{ s}$$

“Para pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras”.

² Anexo3, Justificación de la Sísmica del Reforzamiento de la Estructura Existente, sección 1.5.- Corrección por cortante basal.

Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-11, 2.7.2.1)

$$V_{s,y} = S_{dy} (T_a) W$$

$$V_{s,y} = 54.114 \text{ t}$$

Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)

$$S_{a,Y} (T_a) = 0.22 \text{ g}$$

Periodo fundamental aproximado (Y): III (NEC-11, 2.37.2.2.1)

$$T_a = 0.047 \cdot h^{0.9} \rightarrow h = 6.30\text{m}$$

$$T_{a,Y} = 0.27 \text{ s}$$

“Para pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras”.

- **Peso sísmico total de la estructura (W):** El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas. Se considera en el cálculo de la acción sísmica la carga permanente y la fracción de la sobrecarga de uso.

$$W = \sum_{i=1}^n w_i$$

w_i = Peso sísmico total de la planta (i)

Tabla 6.- Peso sísmico por planta – Reforzamiento.

Planta	w_i (t)
N+3.15	147.96
N+00	103.04
$W=\sum w_i$	251.00

Fuente: CYPECAD 2015.

- **Verificación de la condición de cortante basal** (NEC-11, 2.7.7.8)

“El valor del cortante dinámico total en la base (V_d), para cualquiera de las direcciones de análisis que se obtienen por la combinación modal, es menor que el 80% del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 V_s/V_d$ ”.

V_{dx} = Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica.

V_{dy} = Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica.

V_{sx} = Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica.

V_{sy} = Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica.

Tabla 7.- Condición de cortante basal – Reforzamiento.

HIPÓTESIS SÍSMICA	CONDICIÓN DE CORTANTE BASAL MÍNIMO	FACTOR DE MODIFICACIÓN
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 33.233 t \geq 43.291 t	1.30
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 33.609 t \geq 43.291 t	1.29

Fuente: CYPECAD 2015.

2.2.3.6 Deriva de piso.

Se controla el desplazamiento lateral relativo de dos puntos ubicados verticalmente y se comprueba que la estructura presente deformaciones inelásticas controlables, evitando deformaciones excesivas y daños estructurales, el cálculo y comprobación lo realiza el software en uso de la *Norma Ecuatoriana de la Construcción* (NEC) y se considera como valores de Δ_M máxima = 0.020, para hormigón armado, estructuras metálicas y de madera, las fuerzas laterales sean estáticas o dinámicas se calculan en cada dirección y para cada piso, con los resultados en las siguientes tablas se comprueba que la distorsión no sea mayor a los especificado.

Tabla 8.- Deriva máxima en cada planta –Reforzamiento.

DESPLOME LOCAL MÁXIMO DE LOS PILARES (D / H)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas⁽¹⁾	
	<u>Dirección X</u>	<u>Dirección Y</u>	<u>Dirección X</u>	<u>Dirección Y</u>
N+3.15	0.0003	0.0004	0.0063	0.0114
N+00	0.0003	0.0005	0.00067	0.0147
<i>Notas:</i>				
<i>(1) Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad. $\leq \Delta_M$ maxima = 0.020</i>				

Fuente: CYPECAD 2015.

Tabla 9.- Deriva máxima total en la estructura - Reforzamiento.

DESPLOME TOTAL MÁXIMO DE LOS PILARES (D / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas⁽¹⁾	
<u>Dirección X</u>	<u>Dirección Y</u>	<u>Dirección X</u>	<u>Dirección Y</u>
0.0003	0.0004	0.0034	0.0130
<i>Notas:</i>			
<i>(1) Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad $\leq \Delta_M$ maxima = 0.020</i>			

Fuente: CYPECAD 2015.

2.2.4 Análisis de la carga de viento.

Se considera que el viento actúa como presión sobre la estructura, se establece el cálculo del empuje del viento considerando que la altura del bloque de aulas es menor a 10m, lo que se considera una velocidad mínima de 21 m/s ó 75 km/h, la ubicación de la edificación está en zona suburbana a lo que corresponde una categoría B, especificado en la (Norma Ecuatoriana de la Construcción - Capítulo 1: CARGAS Y MATERIALES, 2011), se determina la presión del viento mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times V_b^2 \times C_e \times C_f$$

- Densidad del aire $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$
- Velocidad del viento 21.00 m/s
- Coeficiente de forma $C_f = 1.3$

- Coeficiente de entorno / altura C_e
- Ancho de banda Y (m): 23.2
- Ancho de banda X (m): 14.05

De la siguiente expresión, se determina los valores de empuje de viento expuestas en la fachada en dirección perpendicular a la acción del viento, para cada planta de acuerdo a lo dispuesto en la *Norma Ecuatoriana de la Construcción*, se obtiene los siguientes valores en sus dos direcciones:

Tabla 10.- Cargas de viento por planta – Reforzamiento.

CARGAS DE VIENTO		
Planta	Viento X (t)	Viento Y (t)
N+3.15	2.116	1.281
N+00	3.862	2.339

Fuente: CYPECAD 2015.

2.2.5 Agrupación y combinación de cargas³.

Las cargas son fuerzas o acciones que dan como resultado el peso propio de la estructura, se considera las acciones que generan los ocupantes y pertenencias, efectos ocasionados por las fuerzas ambientales o diferentes movimientos o cambios de dimensiones moderados dentro de la edificación, debido a que es poco probable la ocurrencia simultánea de todas las acciones, se analiza las siguientes combinaciones de carga con los factores que se utilizan únicamente en los casos en que la norma de diseño del material lo permita, se utilizan las combinaciones de carga generalmente consideradas por la *Norma Ecuatoriana de la Construcción* que presentan las siguientes combinaciones:

- $U = 1.4D$ D = Carga permanente.
- $U = 1.2D + 1.6L$ L = Sobrecarga (carga viva).

³ Anexo2, Memoria Técnica del Reforzamiento de la Estructura Existente.

- $U = 1.2D + L$ $E =$ Carga de sismo.
- $U = 1.2D + E + L$
- $U = 0.9D + E$

Para las combinaciones de carga, se presenta la hipótesis de peso propio, cargas permanentes, sobrecarga de uso, carga sísmica y carga de viento, el software realizó varias combinaciones con el objetivo de presentar la condición de esfuerzo más desfavorable en función de los Estados Límites (carga y servicio).

2.3 CÁLCULO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA REFORZADA CON NORMATIVA VIGENTE.

INTRODUCCIÓN

Todo diseño estructural contempla la distribución y dimensionamiento de los elementos que forman parte de cualquier tipo de estructura, al implementar las diferentes estructuras metálicas como elementos principales para la ampliación de la edificación, estos deberán soportar satisfactoriamente las cargas que se soliciten, ofreciendo seguridad antes las deformaciones y vibraciones que estará sujeta la construcción; la rigidez y resistencia forman parte del criterio del calculista, generando un diseño óptimo que reducirá el costo sin sacrificar la resistencia, haciendo uso de las secciones y detalles comerciales.

En la actualidad el tiempo es un factor fundamental en la ejecución de cada obra, mientras menos tiempo se emplee se generara una mayor producción; las estructuras metálicas facilitan la fabricación, ejecución y montaje de los diferentes elementos estructurales, creando diseños razonables, prácticos y económicos. Las normativas de diseño en base a varios años de investigación y experiencia han desarrollados procedimientos y factores límites que se debe utilizar para llegar a un diseño óptimo y la estructura sea segura.

(McCormac, Jack C., 2002)

2.3.1 Métodos de diseño para estructuras metálicas.

Al implementar estructuras metálicas en la construcción que experimentan cargas permanentes, ambientales y otros efectos similares, deben ser diseñadas y verificadas por tensiones o estados límites, al basarse en los conceptos de estados límites y estos ser superados se describe la condición en que la estructura deja de cumplir su función determinada, pierde la capacidad de soportar cargas externas, deformaciones y sufre un deterioro local. Se establece dos grupos de estados límites:

- **Estado Límite Último (E.L.U.):** este se fija en el agotamiento de la capacidad portante, resistencia, estabilidad y límite de fatiga, para proporcionar seguridad en todo tipo de obra y deberán cumplir con este estado límite.
- **Estado Límite de Servicio (E.L.S.):** Se determina por el comportamiento de la estructura debido a las cargas normales de servicio y están asociados con el uso ocupacional, condiciones tecnológicas y ambientales, que al ser superadas dificultan la operación normal de servicio.

Propiedades de los perfiles estructurales:

- Módulo de Poisson $\mu = 0,3$
- Módulo de Elasticidad $Ea = 2\ 000\ 000\ \text{Kg/cm}^2$

La seguridad que se requiere difundir ante las posibles deformaciones y vibraciones en la estructura, es de no atemorizar a los usuarios y evitar agrietamientos peligrosos, estos aspectos van en función del diseño propuesto al conocer los métodos de fabricación y montaje de secciones comerciales que reducen el costo, pero sin disminuir la resistencia.

(McCormac, Jack C., 2002)

2.3.2 Diseño de vigas en perfiles G⁴.

Las vigas principales y secundarias metálicas están sujetas principalmente por cargas transversales que generan efectos de corte, momentos flexionantes y de torsión, el análisis de diseño a estos miembros se verifica por las siguientes especificaciones del AISC 360-10, conjuntamente con el diseño de conexiones.

La resistencia de diseño a flexión nominal M_n , se determinan de acuerdo al AISC- Capítulo F, secciones F2 hasta F12.

$$\phi_b M_n \rightarrow \phi_c = 0.9 \text{ (LRFD)}$$

- *Miembros de sección H de simetría doble con almas compactas y alas no compactas o esbeltas flectados en torno a su eje mayor:* La resistencia nominal de flexión, debe ser el menor valor obtenido por los estados límites de pandeo lateral-torsional y pandeo local del ala en compresión. (AISC – Capítulo F, sección F4.)
- *Perfiles tubulares cuadrados y rectangulares:* Se aplica a sección tubular cuadrada y rectangular flectados en torno a cualquier eje, con almas compactas y no compactas, alas compactas y no compactas o esbeltas según sección B4. La resistencia a flexión nominal debe ser menor a los estados límites de fluencia (momento plástico), pandeo local del ala, y pandeo local del alma en flexión pura. (AISC – Capítulo f, sección F7.)

El diseño de miembros con simetría doble o simple por resistencia nominal de corte V_n , de acuerdo con el estado límite de fluencia en corte y pandeo de corte, es

$$\phi_b V_n \rightarrow \phi_c = 0.9 \text{ (LRFD)}$$

⁴ Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero.

- *Miembros con almas no atisnadas o atisnadas:* se verifica para almas de miembros de simetría doble o simple solicitados a corte y atisnadores transversales. (AISC – Capítulo G, sección G2.)
- *Tubos de sección rectangular y cajón:* se verifica la resistencia de corte nominal en tubos rectangulares y cuadrados de acuerdo a la disposición de la sección G2.1. (AISC – Capítulo G, sección G5.)

En el diseño de los miembros para solicitaciones combinadas y torsión bajo las solicitaciones de carga axial y flexión en torno a uno o dos ejes, con torsión o sin torsión.

- Miembros con simetría simple y doble solicitados a flexión y carga axial (AISC – Capítulo H, sección H1.)
- Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial. (AISC – Capítulo H, sección H3.)

Para las conexiones respectivas en vigas las disposiciones generales hacen referencia al AISC – Capítulo J, Diseño de Conexiones.

2.3.3 Diseño de columnas en perfiles laminados al frío⁵.

Para el cálculo de estos miembros verticales que principalmente trabajan a compresión, deben cumplir con los modos generales de fallo como es el pandeo flexionante, pandeo local y pandeo torsional de acuerdo a las especificaciones del AISC-360-10 conjuntamente con el diseño de conexiones.

⁵ Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero.

El diseño de miembros a compresión axial se verifica su análisis:

La resistencia de diseño en compresión nominal P_n , de acuerdo a los estados límites que aplican pandeo por flexión, pandeo torsional y pandeo flexo-torsional es

$$\phi_c P_n \rightarrow \phi_c = 0.9 \text{ (LRFD)}$$

- *Longitud Efectiva:* Se calcula la esbeltez de columna y se determina de acuerdo con el capítulo C o anexo 7. (AISC - Capítulo E, sección E.2)
- *Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos:* Se aplica a miembros compresión con secciones compactas y no compactas, se define en sección B4 para elementos en compresión uniforme. (AISC – Capítulo E, E.3)
- *Resistencia a compresión, pandeo torsional y flexo-torsional de miembros sin elementos esbeltos:* Se aplica a miembros con simetría simple, asimétricos y simetría, columnas armadas sin elementos esbeltos que define la sección B4.1 para elementos en compresión uniforme. (AISC – Capítulo E, E.4)

La resistencia de diseño a flexión nominal M_n , se determinan de acuerdo a las secciones F2 hasta F12.

$$\phi_b M_n \rightarrow \phi_c = 0.9 \text{ (LRFD)}$$

- Miembros de sección H de simetría doble con almas compactas y alas no compactas o esbeltas flectados en torno a su eje mayor. (AISC – Capítulo F, sección F4.)
- Perfiles tubulares cuadrados y rectangulares. (AISC – Capítulo f, sección F7.)

El diseño de miembros con simetría doble o simple por resistencia nominal de corte V_n , de acuerdo con el estado límite de fluencia en corte y pandeo de corte, es

$$\phi_b V_n \rightarrow \phi_c = 0.9 \text{ (LRFD)}$$

- Miembros con almas no atisadas o atisadas.
(AISC – Capítulo G, sección G2.)
- Tubos de sección rectangular y cajón.
(AISC – Capítulo G, sección G5.)

En el diseño de los miembros para solicitaciones combinadas y torsión bajo las solicitaciones de carga axial y flexión en torno a uno o dos ejes, con torsión o sin torsión.

- Miembros con simetría simple y doble solicitados a flexión y carga axial (AISC – Capítulo H, sección H1.)
- Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte y/o carga axial.
(AISC – Capítulo H, sección H3.)

Para las conexiones respectivas en vigas las disposiciones generales hacen referencia al AISC – Capítulo J, Diseño de Conexiones.

2.3.4 Diseño de losa Steel Deck.

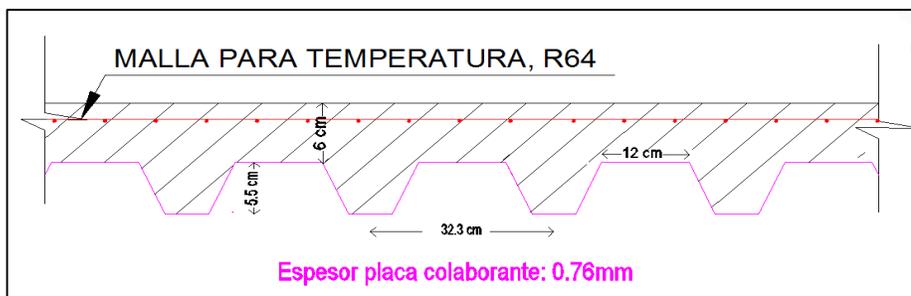
En la implementación de losa Steel Deck en el entrepiso de material metálico cumple con la función de actuar como acero de refuerzo positivo, encofrado y plataforma de trabajo; con respecto a las ventajas de construcción este elemento estructural no necesita diseño a más de una elección idónea con respecto a las cargas gravitatorias a la que va a ser sometida, cumple con las normas de ASTM A653 y ASTM A611 para los grados C y D, se coloca el refuerzo de la malla de temperatura debido a los efectos de fraguado que sufre el concreto.

Datos generales

Perfil Tipo CAL-22

- Espesor: 0.76 mm
- Espesor sobre la cresta: 6.0 cm
- Separación de viguetas: 120 cm
- Resistencia del hormigón: 240 kg/cm²
- Peso superficial: 7.50 kg/m²
- Capacidad de carga: 1289 kg/m²
- Acabado: Galvanizado pesado

Gráfico 19.- Corte transversal losa Steel Deck.



Fuente: NOVALOSA 2014.

2.3.5 Diseño de Escaleras⁶.

Para el diseño de escaleras el software CYPECAD calcula y dimensiona la armadura de losa de escalera como elementos aislados de la estructura, mediante las hipótesis de carga permanente y sobrecarga de uso que combina el programa determina las cargas lineales y superficiales y obtener los desplazamientos, esfuerzos y deformaciones en el análisis de escaleras, las mismas que hacen referencia al ACI-318-08, normativa con la que el software trabaja para el cálculo. El diseño se realiza en hormigón armado emplazando el ducto de grado a la estructura metálica.

⁶ Anexo 4, Listado de Escalera del Reforzamiento de la Estructura Existente.

Núcleo de escalera

Geometría

- Planta inicial: N + 00.0 – LOSA SUBTERRANEO
- Planta final: N + 3.15 – LOSA PRIMERA PLANTA
- Ancho: 1.200 m
- Espesor: 0.27 m
- Huella: 0.280 m
- Contrahuella: 0.175 m
- N° de escalones: 18
- Desnivel que salva: 3.15 m
- Descanso sin apoyos

Cargas

Peso propio: 0.675 t/m²

Sobrecarga de uso: 0.300 t/m²

Peldañeado: 0.185 t/m²

Barandillas: 0.300 t/m

Volumen de obra

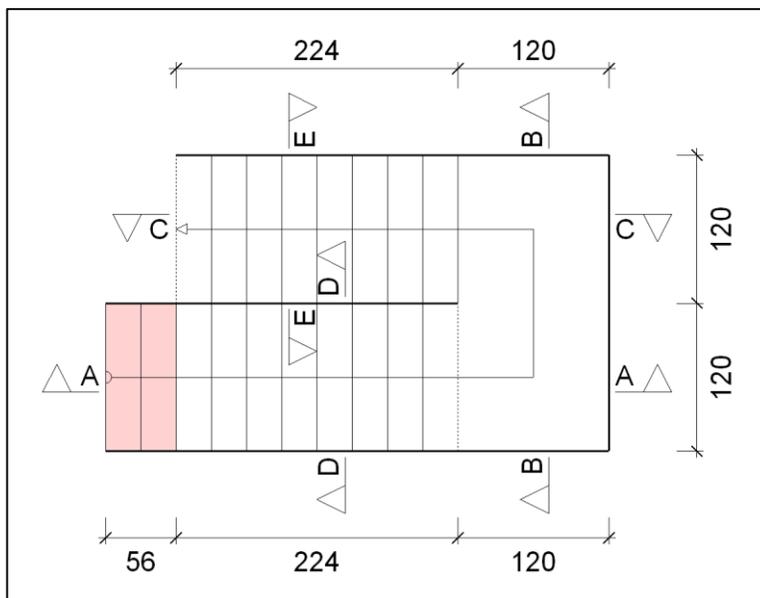
Volumen de hormigón: 3.07 m³

Superficie: 10.1 m²

Cuantía volumétrica: 74.1 kg/m³

Cuantía superficial: 22.6 kg/m²

Gráfico 20.- Núcleo de escalera.



Fuente: CYPECAD 2015.

2.3.6 Diseño de placas de anclaje.

El dimensionamiento, comprobación y colocación de placas de anclaje en las columnas para corredor son analizadas por el método de las bandas finitas para pilares metálicos, se diseña con rigidizadores y realiza comprobaciones de tensión de compresión en la interfaz placa de anclaje - hormigón que deben ser menor a la tensión admisible del hormigón.

2.3.7 Diseño de cimentación.

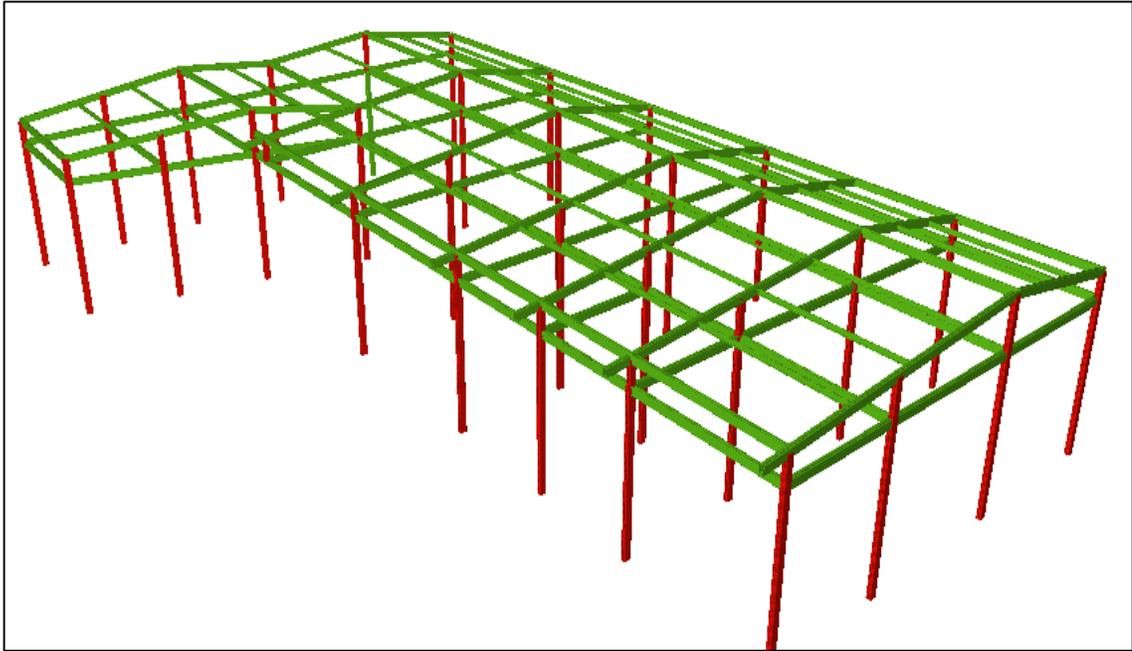
Se admite un tipo de cimentación superficial para columnas que transmiten la carga efectuada en el corredor de la segunda planta, se diseña plintos aislados para soportar una sola columna como elementos integrador, se utiliza un macizo de hormigón ciclópeo y debe tener al menos 40cm de peralte para asegurar una mínima rigidez a la flexión. Se hace referencia a la *Norma Ecuatoriana de la Construcción – Capítulo: 9.- Geotecnia y Cimentación.*

2.3.8 Diseño de la cubierta.

El diseño de cubierta metálica mediante la Estructura 3D integrada en el software CYPE está vinculada a la estructura principal mediante columnas en perfiles conformados G, la estructura metálica se apoya sobre columnas de refuerzos en planta baja y la conexión es por placas de anclaje, se presenta la estructura en tercera dimensión de la primera planta y emplazamiento de la cubierta. El cálculo y diseño hace referencia al acero confinado (AISI S100 -2007 LRFD), para cada situación de proyecto las combinaciones de acción se definen por los criterios de estados limite último de rotura del acero.

Los perfiles y correas utilizados para la estructura metálica son serie perfil G CG150x50x20x4, doble cajón con soldadura discontinua para vigas principales y columnas, correas G 100x50x20x4 para vigas secundarias, estos perfiles de acero hacen referencia por el ASTM A36.

Gráfico 21.- Cubierta 3D Metálica.



Fuente: CYPECAD 2015.

Tabla 11.- Materiales utilizados para barras.

MATERIALES UTILIZADOS							
Material		E (kp/cm ²)	μ	G (kp/cm ²)	f _y (kp/cm ²)	α_t (m/m°C)	γ (t/m ³)
Tipo	Designación						
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	2069317.0	0.300	795891.2	2548.4	0.000012	7.850
Notación: <i>E: Módulo de elasticidad</i> <i>μ: Módulo de poisson</i> <i>G: Módulo de elasticidad transversal</i> <i>f_y: Límite elástico</i> <i>α_t: Coeficiente de dilatación</i> <i>γ: Peso específico</i>							

Fuente: CYPECAD 2015.

Tabla 12.- Características mecánicas de los perfiles – Reforzamiento.

Material		Re f.	Descripción	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS					
Tipo	Designación			A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	1	CG 150x50x20x4, Doble en cajón soldado, (Conformados Correas G) Cordón discontinuo	21.22	6.13	12.13	680.05	319.81	1.13
		2	CG 100x50x20x4, (Conformados Correas G)	8.61	3.07	4.40	128.17	28.88	0.46

Notación:
 Ref.: Referencia
 A: Área de la sección transversal
 A_{vy}: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
 A_{vz}: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
 I_{yy}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
 I_{zz}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
 I_t: Inercia a torsión
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Fuente: CYPECAD 2015.

Para las hipótesis de acción permanente, acción variable y acción sísmica, las combinaciones se definirán de acuerdo a las situaciones persistentes y situaciones sísmicas⁷.

2.4 VOLÚMENES DE OBRA, PRESUPUESTO REFERENCIAL, CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJO.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a los parámetros determinados en este apartado y con respecto a la ingeniería de costos, se evalúa en cantidades cuantitativas todos los volúmenes de obra del reforzamiento en acero estructural, estas cantidades de obra previa a la elaboración del presupuesto se considera un eje fundamental para la obtención de una estimación económica apropiada; en la práctica, la evolución de los precios varían de una ciudad a otra, los *Materiales*, *Equipos* y *Maquinaria* de la construcción se considera elementos

⁷ Anexo 5, Listado de Estructura 3D Integradas del Reforzamiento de la Estructura Existente, sección 1.2.1 Situación de Proyecto – 2.1.2.4 Tabla de medición.

principales para obtener un precio unitario por material que se presenta en el mercado de la construcción. El análisis que se genera en el presupuesto es llevado a un cronograma valorado que es de utilidad en el control de obra, donde se atribuye y organiza de forma secuencial la duración de las actividades constructivas y el tiempo previsible de ejecución.

2.4.1 Volúmenes de obra⁸.

La estructura existente, hasta la primera planta está construida en hormigón armado, la implementación de una segunda planta se realiza en acero estructural conjuntamente con la ampliación, la cuantificación de los volúmenes de obra para la ejecución en esta variante están especificados dentro de *OBRAS PRELIMINARES*: el retiro de materiales reutilizables como puertas, ventanas, protección de ventanas, inodoros, plancha fibrocemento y desarmado de perfiles de cubierta; *ESTRUCTURAL*: se destina como material principal perfiles de acero laminado en columnas y vigas, para losa se utiliza placa colaborante Steel Deck; *CUBIERTA*: se añade acero estructural en perfiles conformado G y *correas G* que incluye montaje y suministro. En los anexos de reforzamiento de la infraestructura, las cantidades de obra se obtienen de los cálculos, diseños, resultados y planos estructurales; en la elaboración del volumen de obra se detallan rubros, precios unitarios y cantidades de obra que poseen una unidad de medida convencional para la obtención del costo total directo.

Para el análisis completo de la estructura en volúmenes de obra, se asumen rubros y cantidades que detallan el sistema eléctrico, mampostería y acabados, cielo raso, y revestimiento de pisos, para instalaciones hidrosanitarias se detallan en el capítulo 4 con diseños, cálculos y planos respectivamente. Todas las cantidades de obra están expresadas en el Anexo *Volúmenes de Obra - Reforzamiento de la Edificación Existente*.

⁸ Anexo 6, *Volúmenes de obra del Reforzamiento de la Estructura Existente*.

2.4.2 Presupuesto Referencial – Reforzamiento de la Edificación Existente.

Al presupuestar el reforzamiento de la edificación existente, el mismo que expresa en términos financieros la cantidad de dinero necesaria para la ejecución, se define las unidades de medida dentro del proyecto expresado en volúmenes de obra y el precio unitario que se le da por unidad de concepto de obra específico, el costo total del proyecto es el resultado del precio unitario, multiplicado por las cantidades obtenidas, a los precios unitarios se les integra los costos adicionales que son costos directos e indirectos en que se haya de realizar la obra. Para determinar el presupuesto de obra se aproxima sus previsiones al costo real que está en función de la habilidad del uso de técnicas presupuestales, criterio de visualización del desarrollo de la obra y experiencias del constructor, se resalta también la vigencia de precios que sirvieron de base para la determinación del presupuesto, para estos principales factores utilizamos el análisis correspondiente mediante el software INTERPRO 2010, que es una base de datos que nos establece la gestión de diferentes precios y rendimientos de los recursos como mano de obra, materiales, equipos / herramientas y transporte, considera un 20% para los costos indirectos que es asumida en cada rubro, para generar los siguientes rubros se toma la siguiente base de datos actualizada correspondiente al basdol_Septiembre_2014_v2.ipu.

El presupuesto para el reforzamiento de la infraestructura se considera los siguientes capítulos: Obras Preliminares, Estructural y Cubierta, en los que se describe rubros, precios unitarios y cantidades de obra obteniendo en una estimación del presupuesto e incluyendo el impuesto al valor agregado (IVA) que determina el presupuesto referencial total.

2.4.3 Cronograma valorado – Reforzamiento de la Infraestructura.

Se presenta la planificación de actividades que demuestra la capacidad de organización al desarrollar el proyecto, la distribución de fondos, contratación y pago por servicio, como la adquisición de equipos están incluidos en el cronograma con el objetivo de mantener el control de la ejecución del presupuesto que es fundamental al determinar el grado de avance en función del número y tiempo requerido para las ensayos u observaciones y complejidad de la ejecución por actividad. El software a utilizar es Microsoft Project que administra, diseña, desarrolla planes, asignación de recursos a tareas, proyecta seguimiento y analiza cargas de trabajo.

Tabla 13. Presupuesto referencial – Reforzamiento de la edificación existente.

**PRESUPUESTO ESTRUCTURAL DE LAS AULAS DE LA PARROQUIA HERMANO MIGUEL
REFORZAMIENTO EN ACERO ESTRUCTURAL**

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		OBRAS PRELIMINARES				1.592,06
1.001	503018	Retiro de planchas de fibrocemento y desarmado de cubierta de estructura metálica	m2	120,13	3,49	419,26
1.002	503063	Retiro de cielo raso de estuco	m2	111,04	4,77	529,65
1.003	503006	Retiro de puerta	u	5,00	4,27	21,35
1.004	503054	Retiro de ventana	u	3,00	3,41	10,23
1.005	503086	Retiro de protecciones de ventanas	m2	6,24	1,13	7,05
1.006	540055	Retiro de Inodoro	u	2,00	5,90	11,80
1.007	540070	Retiro de lavamanos	u	1,00	5,90	5,90
1.008	540071	Retiro de urinarios	u	2,00	5,81	11,62
1.009	503011	Demolición de estructuras de hormigón armado	m3	6,22	24,83	154,50
1.010	503015	Demolición manual de mampostería de ladrillo	m3	29,76	8,51	253,25
1.011	506003	Cargado de material con minicargadora	m3	46,78	1,42	66,42
1.012	506004	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	46,78	2,16	101,03
2		ESTRUCTURAL				26.051,85
2.001	540012	Placa colaborante de acero galvanizado e=0.76mm para losa incluye conectores, suministro y colocación	m2	226,78	19,22	4.358,71
2.002	513013	Acero estructural en perfiles, suministro y montaje con equipo manual	kg	4.998,44	3,11	15.545,15
2.003	540049	Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 bombeado para losa	m3	28,19	133,08	3.751,53
2.004	513007	Malla electro soldada tipo R-84 4mm c/15cm.	kg	226,78	4,00	907,12

2.005	513004	Acero de refuerzo, cortado y figurado	kg	227,00	3,11	705,97
2.006	0.001	Soporte de columnas perfiles	u	7,00	111,91	783,37
3		CUBIERTA				12.047,80
3.001	513013	Acero estructural en perfiles, suministro y montaje con equipo manual	kg	3.873,89	3,11	12.047,80
SUBTOTAL						39.691,71
IVA						12% 4.763,01
TOTAL						44.454,72

Son:

CUARENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS
CINCUETA Y CUATRO CON 72/100 DÓLARES

**CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJO POR CATEGORIAS DE INVERSION
PRESUPUESTO ESTRUCTURAL DE LAS AULAS DE LA PARROQUIA HERMANO MIGUEL
RECONSTRUCCIÓN EN HORMIGÓN ARMADO**

ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSIONES PROGRAMADAS	1 Diciembre - 31 Diciembre 2014		1 Enero - 31 Enero 2015		2 Febrero - 14 Marzo 2015
			Programado	Ejecutado	Programado	Ejecutado	
1	OBRAS PRELIMINARES	1.592.04	1.338.78	1.568.09	10.258.11	9.897.36	
2	ESTRUCTURAL	26.051.85	15.898.73	16.489.71	12.197.80	13.365.29	
3	CUBIERTA	12.047.80					
		39.691.71					
	INVERSIONES						
	PROGRAMADA		17.237.52	43.43%	22.455.91	56.58%	
	PROGRAMADA ACUMULADA		17.237.52	43.43%	39.693.42	100.00%	
	EJECUTADA		18.057.80	45.50%	23.262.65	58.61%	
	EJECUTADA ACUMULADA		18.057.80	45.50%	41.320.45	104.10%	

100
90
80
70
60
50
40
30
20

3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA.

INTRODUCCIÓN

Al haberse implementado la opción de una estructura reforzada en el capítulo anterior, se genera la opción de una reconstrucción en su totalidad del bloque de aulas y su ampliación, el material principal a utilizar es el hormigón armado, una combinación de acero y hormigón simple formando una gran variedad de estructuras y componentes estructurales que permite adaptar a cualquier edificación, con una configuración igual o similar a la forma de la estructura que se pretende analizar.

Partiendo en función de la parte económica y conseguir estructuras estéticamente satisfactorias, se utiliza el software CYPECAD para su análisis y diseño, considerando las normativas de construcción vigentes, que de esta manera el servicio que ofrece la edificación sea segura y se prolongue la vida útil. Los elementos que forman parte de la modelación de la estructura en hormigón armado son cimientos, vigas, columnas, losa alivianada y ductos de gradas, el modelo de la edificación corresponde a una estructura aporticada especial sismo resistente.

3.1 MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

3.1.1 Normativa de construcción.

Al utilizar las especificaciones de la *Norma Ecuatoriana de la Construcción* y otras normativas, que son elaboradas con el objetivo de dar seguridad pública y profesional en los diseños y construcción de varias edificaciones, asegurar la vida útil, funcional de la estructura así como la seguridad de los ocupantes, se considera para el análisis y diseño de la reconstrucción en hormigón armado, las normas descritas que son las siguientes:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- ACI 318-08 “Instituto Americano de Concreto”.
- AISC “American Institute of Steel Construction”.
- AISI - LRFD “Load and Resistance Factor Design”.

3.1.2 Prediseño de la reconstrucción de la infraestructura.

Para los elementos estructurales se aproximan las dimensiones de vigas, columnas, losa, cimentación como zapatas y muro de contención, con el objetivo de modelar la estructura de acuerdo a la variante propuesta.

3.1.2.1 Prediseño de vigas.

Para el prediseño de vigas se asigna secciones rectangulares, los requisitos de prediseño a flexión a vigas, se toma por las siguientes consideraciones:

- c) Altura o espesor mínimo de viga no pre esforzada (ACI-318, 9.5.2 - tabla 9.5(a))
- b) Ancho mínimo (b) sea 250mm o $b=0.3h$ (NEC-11, 4.2)

$$l = 4.3 \rightarrow h = 6.9 / 16 = 0.27 \text{ m.} \approx 0.30\text{m.}$$

$$b = 0.3h \rightarrow b = 0.3 * 0.30 = 0.09 \text{ m.} \approx 0.25\text{m.}$$

Para vigas en volado:

$$l = 2.4 \rightarrow h = 2.4 / 8 = 0.3 \text{ m.} \approx 0.35\text{m.}$$

$$b = 0.3h \rightarrow b = 0.3 * 0.35 = 0.105 \approx 0.25\text{m.}$$

Se obtiene en el diseño de vigas un peralte $h = 35\text{cm}$ y un ancho $b = 25\text{cm}$, para vigas en voladizo de acuerdo a la misma tabla expresada por ACI-318, un peralte de $h = 35\text{cm}$ y un ancho mínimo de $b = 25\text{cm}$.

3.1.2.2 Prediseño de columnas.

Para el prediseño de columnas, se asigna secciones cuadradas, los requisitos para el prediseño de elementos en flexo-compresión se toman por las siguientes consideraciones:

L_n = Altura libre entre piso = 2.75 m.

l_{menor} = Lado menor de la columna ≥ 0.30 m.

$$L_n > 4 l_{mayor}$$

$$2.75 > 4 (0.3)$$

$$2.75 > 1.2$$

(NEC-11, 4.3 – Elementos en Flexo-Compresión)

Se obtiene en el diseño de columnas secciones de 30 x 30 cm.

3.1.2.3 Prediseño de losa.

Para el prediseño de losa, los requisitos del ACI-318, de espesores mínimos de losa, se toman las siguientes consideraciones:

L_n = Luz libre en la dirección larga medida cara cara de las vigas = 4.3m.

(ACI-318, 9.5.3- Tabla 9.5(c))

$h_{compresió}$ = Espesor de la capa de compresión = 0.05m.

$$L_n = 4.3 \rightarrow h_{min} = 4.3/30 = 0.1433$$

$$h_{min} = 0.143 + 0.05 = 0.193 \approx 20 \text{ cm}$$

Se obtiene en el diseño de losa una $h_{min} = 20$ cm, capa de compresión 5 cm.

3.1.2.4 Prediseño de cimentación.

En esta variante de reconstrucción, se emplea muros de sótano, zapatas excéntricas y zapatas corridas, el prediseño se realiza con criterios geométricos. Se asume los siguientes datos para el predimensionamiento de zapatas:

$$\text{Carga muerta (CM)} = 205 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva (CV)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Esfuerzo admisible } \sigma_{adm} = 2.1 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Número de pisos} = 3$$

$$\text{Área tributaria (AT)} = 8\text{m}^2$$

$$\text{Área de la zapata} = \frac{((CM+CV)AT*\#pisos)}{\sigma_{adm}} = \frac{((205+250)8*3)}{2.1} = 5200 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sección cuadrada} = 75 \times 75 \text{ cm}$$

$$\text{Peralte de zapata} = 40 \text{ cm (mínimo)}$$

El predimensionamiento del muro de contención parte de la altura que se debe salvar, la profundidad $H = 2.60 \text{ m}$.

$$\text{Peralte de zapata} \quad E = \frac{H}{10} \rightarrow E = 26 \text{ cm}$$

$$\text{Espesor del muro} \quad C \geq 0.20 \rightarrow C = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Base del muro} \quad 0.4H \leq B \leq 0.7H \rightarrow B = 1.50 \text{ m}$$

(CALAVERA, Jose, 1985)

3.1.3 Reseña del software de cálculo y modelación de la estructura, CYPE Ingenieros.

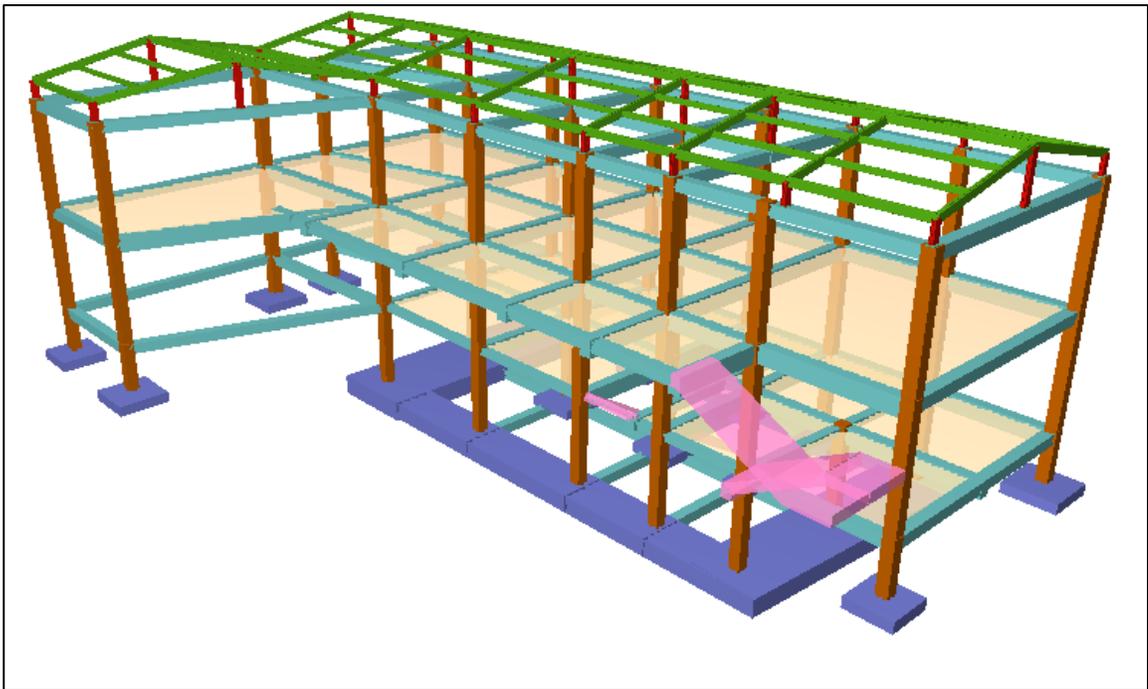
El programa de estructuras CYPE es un software técnico para profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, el desarrollo del programa que incorpora la tecnología informática y la fiabilidad en los cálculos está garantizado por el sistema de gestión de calidad conforme a los requisitos establecidos por la norma ISO 9001:2000.

CYPECAD realiza el análisis de las solicitaciones mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales y de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: pilares, pantallas de hormigón armado, muros, vigas y losa. Una de las ventajas es contar con la implementación de normativa propia y de aplicación en diferentes países, la normativa implementada para los diseños en Ecuador es la “*Norma Ecuatoriana de la Construcción*”, con versión de software 2015, número de licencia 110843.

La introducción de la geometría de una obra, se realiza en las vistas de plantas de los diferentes niveles de la estructura, se puede combinar según convenga, la introducción automática de ficheros, ayudarse con plantillas en formato DXF y DWG, o la implementación de coordenadas globales o relativas, como se realizó en este proyecto. La gestión de plantas, vigas, pilares o paños se puede añadir el número de elementos que se requiera obteniendo la vista 3D sólida e inmediata en perspectiva cónica o isométrica de la diferentes plantas según su asignación o de la edificación completa, sin necesidad de cálculo previo. En la introducción de forjados sean estos horizontales e inclinados y muros cuentan con un grado de transparencia que facilita la visualización de los elementos que se pueden quedar ocultos; la comodidad y libertad que genera el software CYPECAD en la visualización del interior de la estructura mediante la perspectiva cónica muestra una globalización de la estructura que se ha generado mediante el programa, es posible copiar la geometría, características de paños, elementos de una planta sobre otra planta diferente y generar la estructura de la cubierta mediante el 3D integrado en CYPECAD.

(CYPE, 1983)

Grafico 22.- Modelación de la estructura – Reconstrucción de la Infraestructura.



Fuente: CYPECAD 2015.

3.2 MODELACIÓN Y AGRUPACIÓN DE CARGAS.

Se define las *CARGAS PERMANENTES*, sobre cargas de uso o *CARGAS VIVAS*, *CARGAS DE SISMO* y análisis de la *CARGA DE VIENTO* para la reconstrucción de la infraestructura, se analiza con el objetivo de cumplir con las especificaciones establecidas y proporcionar la seguridad pública, dimensionamientos de los elementos bajo cargas determinadas y obtener un sistema estructural no sobre dimensionado.

3.2.1 Carga Permanente – Carga Muerta.

Las cargas permanentes para la estructura se considera las siguientes: peso propio de la construcción, elementos no estructurales, sistemas eléctrico y sanitario que graviten de forma constante sobre la estructura. Las cargas muertas se generan en su mayoría por cargas uniformemente distribuidas y en casos particulares estas pueden ser lineales y concentradas.

Tabla 15.- Carga permanente en la estructura.

MATERIAL	PESO UNITARIO
	Kg/m ²
Contrapiso y recubrimiento, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor, e= 2.5cm	50
Cielorraso de yeso sobre listones de madera (incluyen los listones)	20
Plancha ondulada de fibrocemento: 6 mm de espesor	15
Muros de ladrillo para edificio	120
TOTAL DE CARGA PERMANENTE	205

Fuente: NEC-11. Capítulo 1: Carga y Materiales.

3.2.2 Sobre Carga de uso – Carga Viva.

En la reconstrucción se considera las siguientes cargas vivas debido a las áreas destinadas para su uso, la funcionalidad que genera la edificación puede originar distintos valores de cargas vivas, como las aglomeraciones de personas por periodos de tiempo. Para el diseño de aulas y salón de reuniones se considera los valores de cargas tomadas en la (NEC, 2011).

Tabla 16.- Sobrecargas uniforme de uso.

OPCIÓN O USO	CARGA UNIFORME
	Kg/m ²
Área de reuniones asientos móviles	480
Cubierta plana, inclinada y curvas	70
Unidad educativa, aulas	200
Corredores de segundo piso superior	400
Corredores de primer piso	480

Fuente: NEC-11. Capítulo 1: Cargas y Materiales.

3.2.3 Análisis de la Carga Sísmica.

Toda edificación sufre fallas y daños estructurales debido a la presencia de fuerzas horizontales llamadas fuerzas sísmicas, Ecuador se encuentra en una zona de peligro sísmico alta por lo que considera los análisis sísmicos en las estructuras, las características de suelos son primordiales para cada análisis y el tipo de estructura a implementarse. Para el análisis del proyecto la estructura se considera la zona sísmica del Ecuador, características del suelo, importancia de la estructura, el tipo de sistema y tipo de uso. En el modelo matemático para la reconstrucción incluye todos los elementos estructurales resistentes, distribución espacial de masas y rigideces con el fin de demostrar las características más relevantes del comportamiento dinámico.

3.2.3.1 Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

- Zona sísmica (*NEC-11, 2.5.2.1*): **II**
- Región sísmica (*NEC-11, 2.5.3*): **Sierra**
- Tipo de suelo (*NEC-11, 2.5.4.5*): **C**
- Características del peligro sísmico: **Alta**
(*NEC-11, 2.5.2.2 – Tabla 2.1*)
- Factor de importancia de la obra (*NEC-11, 2.6.4*):
“Estructuras de ocupación especial” (Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas).
- Número de modos de vibración (*NEC-11, 2.7.7.6.2*):
“Se debe considerar todos los modos de vibración a la respuesta total de la estructura que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas”.

- Configuración estructural (*NEC-11, 2.6.5.1*):
 - Estructura regular en planta.
 - Estructura regular en elevación.

- Estimación del periodo fundamental de la estructura :

“Pórticos espaciales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras”.

Tipología estructural (X) (*NEC-11, 2.7.2.2.1*): **III**

Tipología estructural (Y) (*NEC-11, 2.7.2.2.1*): **III**

3.2.3.2 Método de análisis – Modal espectral dinámico.

El espectro elástico de diseño pretende caracterizar los movimientos sísmicos y el efecto sobre la estructura existente, para permanecer dentro del rango elástico, esta curva envolvente interpreta los espectros de respuestas ante los movimientos sísmicos.

- Relación de amplificación espectral – Sierra **(η): 2.48**
(*NEC-11, 2.5.5.1; 2.5.3*)

- Factor de zona **(Z): 0.25**
(*NEC-11, 2.5.2 – Tabla 2.1*)

- Factor de Sitio **(Fa): 1.30**
(*NEC-11, 2.5.4.8 – Tabla 2.5*)

- Factor de Sitio **(Fd): 1.50**
(*NEC-11, 2.5.4.8 – Tabla 2.6*)

- Factor del comportamiento inelástico del subsuelo **(FS): 1.10**
(*NEC-11, 2.5.4.8 – Tabla 2.7*)

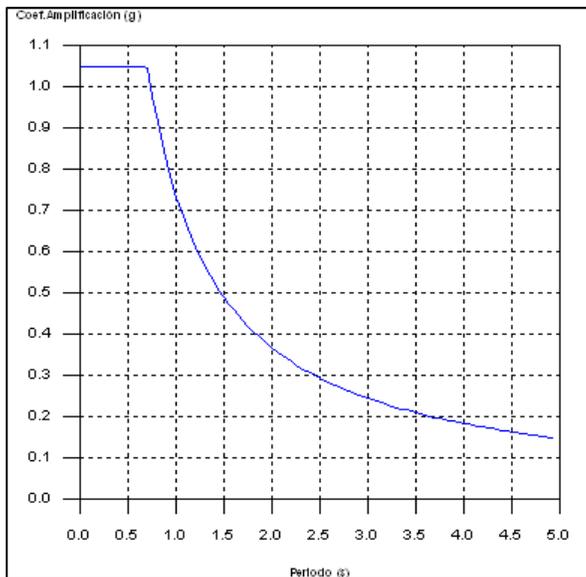
- Factor r **(r): 1.00**
(*NEC-11, 2.5.5.1*)

- Factor de tipo de uso e importancia **(I): 1.30**
(NEC-11, 2.6.4 – Tabla 2.9)

- Límite del periodo de vibración **(T_c): 0.70 s**
(NEC-11, 2.5.5.1)

El espectro de diseño para el tipo de perfil del subsuelo C se muestra a continuación en el siguiente gráfico:

Gráfico 23.- Espectro sísmico elástico de aceleraciones – Reconstrucción.



Fuente: CYPECAD 2015.

$$S_a = \eta Z F_a I \quad 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a I \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.048g.

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente $(R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E)$ correspondiente a cada dirección de análisis.

Factor de comportamiento / coeficiente de ductilidad

R_X: Factor de reducción (X) (NEC-11, 2.7.2.3): **6.00**

R_Y: Factor de reducción (Y) (NEC-11, 2.7.2.3): **6.00**

Pórticos resistentes a momento - “Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas”.

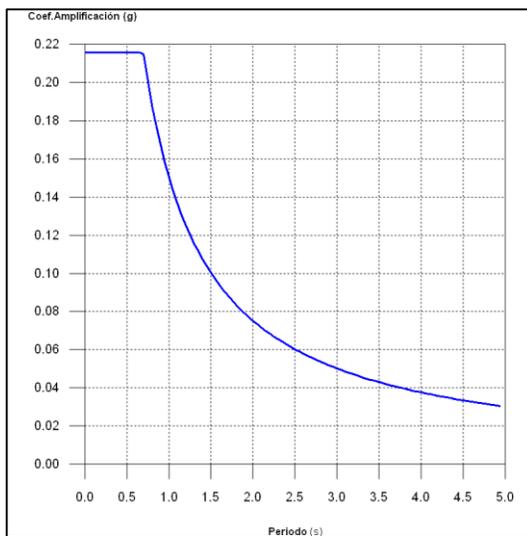
F_P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-11, 2.6.6): **0.90**

F_E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-11, 2.6.7): **0.90**

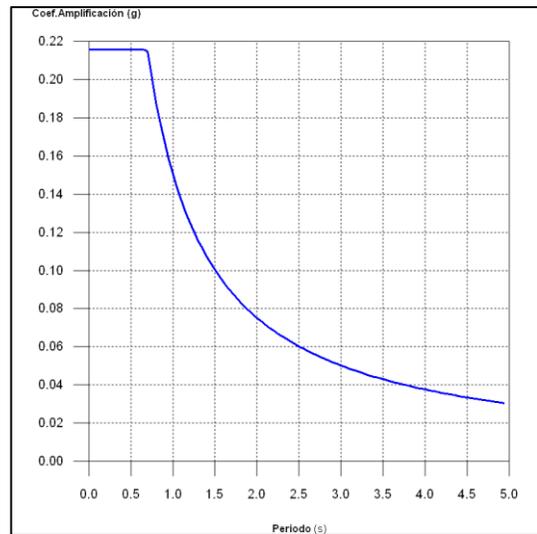
Coeficiente de irregularidad en planta – “Tipo 1: Irregularidad torsional”

Coeficiente de irregularidad en elevación – “Tipo 1: Piso flexible”

Gráfico 24.- Espectro de diseño en dirección (X, Y) – Reconstrucción.



Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y

Fuente: CYPECAD 2015.

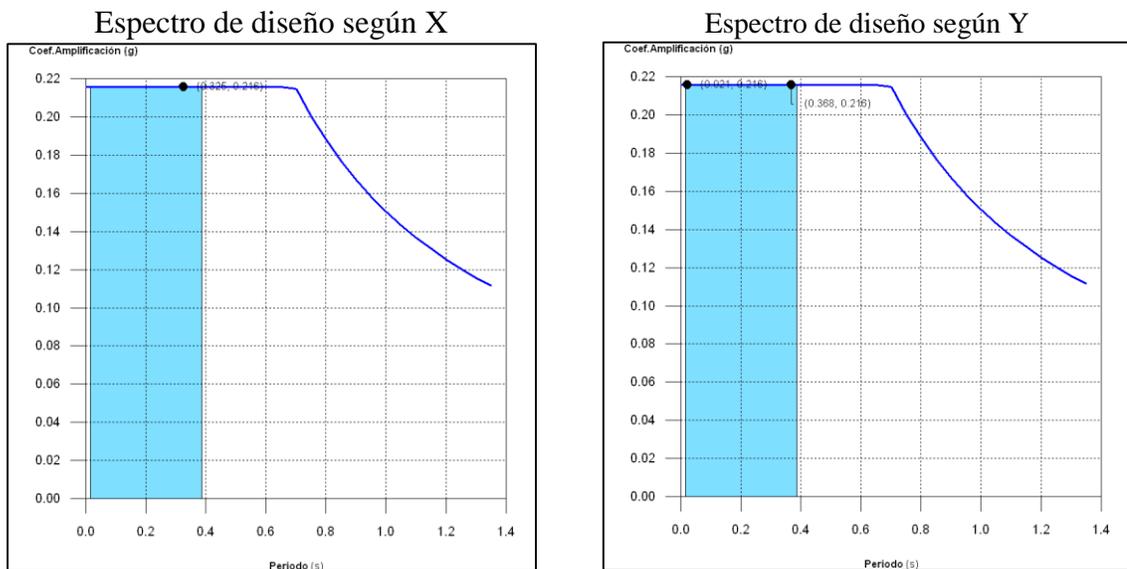
3.2.3.3 Periodo de vibración⁹.

Para determinar el periodo de vibración en la estructura, se analiza en cada dirección principal, los coeficientes de participación normalizados están definidos en la justificación sísmica generada por el software. El porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección de análisis debe ser menor o igual a 10%.

Porcentajes de masas desplazadas por cada modo en cada dirección del análisis x y y:

- $M_x = 99.35\%$
- $M_y = 99.96\%$

Gráfico 25.- Representación de los periodos modales – Reconstrucción.



Fuente: CYPECAD 2015.

⁹ANEXO 8, Justificación Sísmica de la Reconstrucción de la Edificación, sección 1.3.- Coeficiente de participación.

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplazan más del 30% de la masa.

T: Periodo de vibración en segundos.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

Tabla 17.- Hipótesis sísmica en las direcciones (X, Y) – Reconstrucción.

Hipótesis Sismo X1			Hipótesis Sismo Y1		
<u>Hipótesis modal</u>	<u>T (s)</u>	<u>A (g)</u>	<u>Hipótesis modal</u>	<u>T (s)</u>	<u>A (g)</u>
Modo 4	0.325	0.216	Modo 3	0.368	0.216
			Modo 29	0.021	0.216

Fuente: CYPECAD 2015.

3.2.3.4 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.

c.d.m: Coordenadas del centro de masas de la planta (x y y).

c.d.r: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (x y y).

ex : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X).

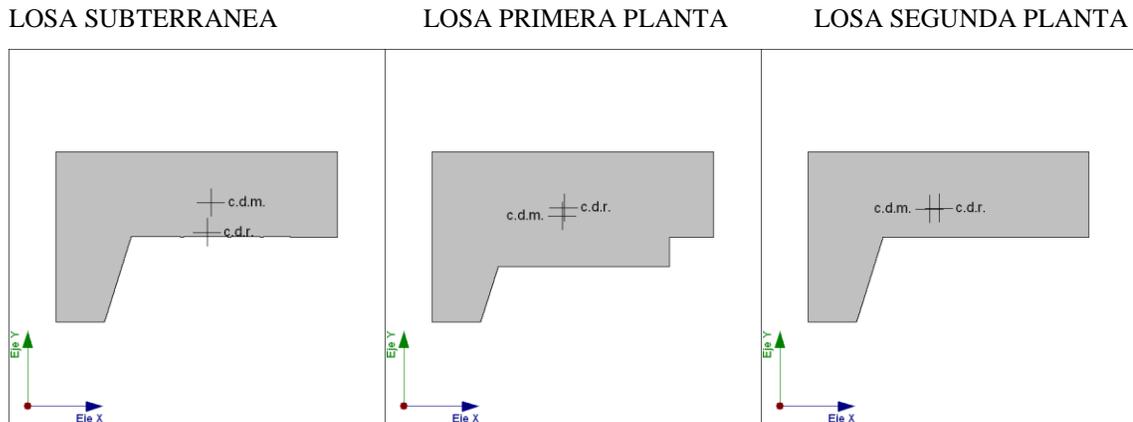
ey : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y).

Tabla 18.- Centros de masas, rigidez y excentricidad – Reconstrucción.

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	ex (m)	ey (m)
LOSA SEGUNDA PLANTA	(4.08, 2.36)	(4.84, 2.42)	-0.76	-0.06
LOSA PRIMERA PLANTA	(4.76, 1.76)	(4.88, 2.46)	-0.12	-0.70
LOSA SUBTERRANEO	(6.78, 2.89)	(6.46, 0.44)	0.32	2.45

Fuente: CYPECAD 2015.

Gráfico 26.- Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta – Reconstrucción.



Fuente: CYPECAD 2015.

3.2.3.5 Cortante basal¹⁰.

- **El cortante basal dinámico (V_d):** Por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal, el cálculo se realiza en las dos direcciones (x y y) y se obtiene los siguientes resultados:

Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$$V_{d,x} = 44.47 \text{ (t)}$$

Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica.

$$V_{d,y} = 48.91 \text{ (t)}$$

- **El cortante basal estático:** El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis.

¹⁰ Anexo 8, Justificación sísmica de la Reconstrucción de la Infraestructura, sección 1.5.- Corrección por cortante basal.

Cortante sísmico en la base (X) (NEC-11, 2.7.2.1)

$$V_{s,x} = S_{dx} (T_a) W$$

$$V_{s,x} = 75.336 \text{ t}$$

Aceleración espectral horizontal de diseño (X)

$$S_{d,x}(T_a) = 0.22 \text{ g}$$

Periodo fundamental aproximado (X): III (NEC-11, 2.7.2.2.1)

$$T_a = 0.047 \cdot h^{0.9} \rightarrow h = 6.30\text{m}$$

$$T_{a,x} = 0.25 \text{ s}$$

“Para pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras”.

Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-11, 2.7.2.1)

$$V_{s,y} = S_{dy} (T_a) W$$

$$V_{s,y} = 75.336 \text{ t}$$

Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)

$$S_{d,y}(T_a) = 0.22 \text{ g}$$

Periodo fundamental aproximado (Y): III (NEC-11, 2.37.2.2.1)

$$T_a = 0.047 \cdot h^{0.9} \rightarrow h = 6.30\text{m}$$

$$T_{a,y} = 0.25 \text{ s}$$

“Para pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras”.

- **Peso sísmico total de la estructura (W):** El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas. Se considera en el cálculo de la acción sísmica la carga permanente y la fracción de la sobrecarga de uso.

$$W = \sum_{i=1}^n w_i$$

w_i = Peso sísmico total de la planta (i)

Tabla 19.- Peso sísmico por planta – Reconstrucción.

PLANTA	w_i (t)
LOSA SEGUNDA PLANTA	45.25
LOSA PRIMERA PLANTA	177.81
LOSA SUBTERRANEO	126.37
$W = \sum w_i$	349.43

Fuente: CYPECAD 2015.

Verificación de la condición de cortante basal (NEC-11, 2.7.7.8)

“El valor del cortante dinámico total en la base (V_d), para cualquiera de las direcciones de análisis que se obtienen por la combinación modal, es menor que el 80% del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 V_s/V_d$ ”.

V_{dx} = Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica.

V_{dy} = Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica.

V_{sx} = Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica.

V_{sy} = Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica.

Tabla 20.- Condición de cortante basal – Reconstrucción.

HIPÓTESIS SÍSMICA	CONDICIÓN DE CORTANTE BASAL MÍNIMO	FACTOR DE MODIFICACIÓN
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 44.470 t \geq 60.269 t	1.36
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 48.915 t \geq 60.269 t	1.23

Fuente: CYPECAD 2015.

3.2.3.6 Deriva de piso.

Se controla el desplazamiento lateral relativo de dos puntos ubicados verticalmente y se comprueba que la estructura presente deformaciones inelásticas controlables, evitando deformaciones excesivas y daños estructurales, el cálculo y comprobación lo realiza el software en uso de la *Norma Ecuatoriana de la Construcción* (NEC) y se considera como valores de Δ_M máxima = 0.020, para hormigón armado, estructuras metálicas y de madera, las fuerzas laterales sean estáticas o dinámicas se calculan en cada dirección y para cada piso, con los resultados en las siguientes tablas se comprueba que la distorsión no sea mayor a los especificado.

Tabla 21.- Deriva máxima en cada planta – Reconstrucción.

DESPLOME LOCAL MÁXIMO DE LOS PILARES (D / H)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
LOSA SEGUNDA PLANTA	0.0003	0.0005	0.008	0.011
LOSA PRIMERA PLANTA	0.0003	0.0005	0.008	0.011
LOSA SUBTERRANEO	----	----	0.003	0.0006
<i>Notas:</i>				
⁽¹⁾ <i>Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad $\leq \Delta_M$ maxima = 0.020</i>				

Fuente: CYPECAD 2015.

Tabla 22.- Deriva máxima total en la estructura - Reconstrucción.

DESPLOME TOTAL MÁXIMO DE LOS PILARES (D / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
0.0003	0.0004	0.006	0.009
<i>Notas:</i>			
⁽¹⁾ <i>Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad $\leq \Delta_M$ maxima = 0.020</i>			

Fuente: CYPECAD 2015.

3.2.4 Análisis de la carga de viento.

Para un análisis de seguridad en la reconstrucción, el viento actúa como presión sobre la estructura, se calculó del empuje del viento en función de la altura del bloque de aulas es menor a 10m, se toma la velocidad mínima de 21 m/s o 75 km/h, la ubicación de la edificación esta en zona suburbana a lo que corresponde una categoría B, especificado en el *capítulo 1: Cargas y Materiales – “Cargas por viento” – Norma Ecuatoriana de la Construcción*, se determina la presión del viento mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times V_b^2 \times C_e \times C_f$$

- Densidad del aire $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$
- Velocidad del viento 21.00 m/s
- Coeficiente de forma $C_f = 1.3$
- Coeficiente de entorno / altura C_e
 - Ancho de banda Y (m): 23.20
 - Ancho de banda X (m): 14.05

De la siguiente expresión, se determina los valores de empuje de viento expuestas en la fachada en dirección perpendicular a la acción del viento, para cada planta de acuerdo a lo dispuesto en la *Norma Ecuatoriana de la Construcción*, se obtiene los siguientes valores en sus dos direcciones:

Tabla 23.- Cargas de viento por planta – Reconstrucción.

CARGAS DE VIENTO		
Planta	<u>Viento X</u> <u>(t)</u>	<u>Viento Y</u> <u>(t)</u>
LOSA SEGUNDA PLANTA	2.116	1.281
LOSA PRIMERA PLANTA	4.231	2.562
LOSA SUBTERRANEO	0.000	0.000

Fuente: CYPECAD 2015.

3.2.5 Agrupación y combinación de cargas¹¹.

Las cargas son fuerzas o acciones que dan como resultado el peso propio de la estructura, se considera las acciones que generan los ocupantes y pertenencias, efectos ocasionados por las fuerzas ambientales o diferentes movimientos o cambios de dimensiones moderados dentro de la edificación, debido a que es poco probable la ocurrencia simultánea de todas las acciones, se analiza las siguientes combinaciones de carga con los factores que se utilizan únicamente en los casos en que la norma de diseño del material lo permita, se utilizan las combinaciones de carga generalmente consideradas por la *Norma Ecuatoriana de la Construcción* que presentan las siguientes combinaciones:

D = Carga permanente.

L = Sobrecarga (carga viva).

E = Carga de sismo.

- $U = 1.4D$
- $U = 1.2D + 1.6L$
- $U = 1.2D + L$
- $U = 1.2D + E + L$
- $U = 0.9D + E$

Para las combinaciones de carga, se presenta la hipótesis de peso propio, cargas permanentes, sobrecarga de uso, carga sísmica y carga de viento, el software realizó varias combinaciones con el objetivo de presentar la condición de esfuerzo más desfavorable en función de los Estados Límites (carga y servicio), analizo y especificado en el *anexo 7, Memoria técnica de la Reconstrucción de la Infraestructura, sección 6.2.- Combinaciones*.

¹¹ *Anexo 7, Memoria técnica de la Reconstrucción de la Infraestructura, sección 6.2.- Combinaciones*.

3.3 CÁLCULO Y DISEÑO DE LA RECONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA CON NORMATIVA VIGENTE.

INTRODUCCIÓN

En el análisis de reconstrucción, se plantea una nueva infraestructura manteniendo las características geométricas y gestionando una ampliación, para los diseños de los elementos estructurales mediante el software CYPECAD, se realiza una agrupación de vigas, columnas tipos, y el diseño de vigas descolgadas.

El sistema estructural de la variante de hormigón armado debe cumplir con las especificaciones del (ACI-318-08), para vigas, columnas, losas bidireccionales y cimentación, que hace referencia a los diseños al armado y detalles de refuerzo, longitudes de desarrollo y empalmes de refuerzo; al diseñarse pórticos especiales y muros estructurales de hormigón armado se debe definir un mecanismo dúctil, estos deben cumplir con lo especificado de la *Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC)*.

Se describe las propiedades de los materiales principales para un post-diseño de los elementos estructurales.

Propiedades del hormigón.

- *Resistencia a la compresión ($F'c$):* Para la resistencia característica a la compresión del hormigón, utilizamos $F'c = 240 \text{ kg/cm}^2$.
- *Módulo de Elasticidad (E_c):* Para una resistencia a la compresión $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$, el rango de comportamiento lineal, $E_c = 232\,000 \text{ kg/cm}^2$.
- *Módulo de Poisson (μ):* Se determina de acuerdo a la norma ASTM C-469, $\mu = 0,2$.

(G. Winter, A.H.Nilson , 1997)

Propiedades del acero de refuerzo:

- *Módulo de Elasticidad (Es)*: Para el acero de refuerzo no preesforzado puede tomarse, $E_a = 2\,100\,000 \text{ kg/cm}^2$. (ACI-318-08, 8.5.2)
- *Límite de Fluencia (Fy)*: Se puede utilizar para el diseño del refuerzo para cortante y torsión, $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. (ACI-318-08, 3.5.3.2)
- *Coefficiente de Poisson (μ)*: La resistencia de la fluencia debe tomarse como el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria $\mu = 0.35$ (ACI-318-08, 3.5.3.2)

3.3.1 Diseño de Vigas¹².

Para cumplir con la capacidad de momentos tanto positivos y negativos en el elemento estructural, el diseño de la armadura se determina mediante un cálculo a flexión de vigas en hormigón armado, es necesaria la armadura inferior y superior que trabajan a tracción y compresión, aceros de refuerzos tanto longitudinales, transversales y para torsión, el ACI-318-08 hace referencia las verificaciones que se debe considerar para el diseño:

- *Vigas*: Verifica la resistencia de los momentos positivos o negativos en cualquier sección a lo largo de la longitud del elemento, disposición de los estribos cerrados de confinamiento y espaciamiento en sección longitudinal. (ACI-318, sección 21.3.4.1 a 21.3.4.3).
- *Acero de refuerzo transversal en vigas*: Se utiliza para pórticos especiales resistentes a momentos en donde actúan fuerzas sísmicas y son diseñados para resistir flexión. (ACI-318-08, sección 21.3, 21.6 y sección 21.7).

¹² Anexo 7, Memoria Técnica de la Reconstrucción de la Infraestructura.

- *Acero de refuerzo longitudinal en vigas:* Se emplea en secciones sometidas a esfuerzos altos, que fisuran el concreto, las longitudes de desarrollo a barras corrugadas y ganchos se determinan mediante la tracción que se efectúa en la sección de la viga. (ACI-318-08, sección 12.1 a 12.5)

(G. Winter, A.H.Nilson , 1997)

3.3.2 Diseño de Columnas¹³.

En el diseño de columnas de hormigón armado, estas deben resistir las solicitaciones de tracción del acero, integrándose como un nuevo material compuesto, le diseño se determina por flexo-compresión, escogiendo columnas con armadura simétrica y secciones tipos definitivas, el armado de este elemento estructural debe cumplir con las cuantías mínimas y máximas, comprobación de esfuerzos y deformaciones, de la misma manera para el armado vertical, el ACI-318-08 hace referencia las verificaciones que se debe considerar para el diseño:

- *Columnas:* Verifica el reforzamiento que debe cumplir todas las columnas que soporten elementos rígidos, proporción de los estribos cerrados de confinamiento y espaciamiento por longitud, refuerzo transversal y espaciamiento. (ACI-318, sección 21.3.5.1 a 21.3.4).
- *Acero de refuerzo transversal en columnas:* Se determina la resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante, límites para el espaciamiento del refuerzo, diseño y refuerzo mínimo a cortante en pórticos especiales donde actúan las fuerzas sísmicas. (ACI-318-08, sección 7.10; sección 11.4; 21.3)
- *Acero longitudinal en columnas:* La longitud de desarrollo se emplea por efectos de debilitamiento a la compresión y está en función del espaciamiento mínimo de las barras. (ACI-318-08, sección 12.3)

(G.WINTER & A.H. NILSON, 1986)

¹³Anexo 7, Memoria Técnica de la Reconstrucción de la Infraestructura.

3.3.3 Diseño de Losa.

En el sistema de losas en dos direcciones se emplea vigas descolgadas, se diseña con respecto a la distribución de la carga de losa y se conoce los momentos flectores en las dos direcciones y el momento torsor, ante la selección y distribución del refuerzo por flexión, la armadura transversal de la losa se coloca en donde se encuentra las secciones críticas con un espaciamiento del refuerzo dispuesto en el ACI-318-08.

- *Refuerzo de la losa:* Las áreas de refuerzo en cada dirección comprende armadura longitudinal tanto superior e inferior y armadura transversal superior e inferior y longitudes de anclaje, se pretende asegurar la acción de la losa reduciendo agrietamiento y posibles concentraciones de cargas en áreas de losa. (ACI-318-08, sección 13.3)
- *Procedimiento de diseño:* Se pretende satisfacer con todos los criterios de resistencia y funcionamiento incluyendo los límites especificados para deflexiones, condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica. (ACI-318-08, sección 13.5)
- *Método de diseño directo:* Permite que el sistema de losas cumpla con los requisitos de seguridad, funcionamiento y limitaciones, se considera los momentos mayorados positivos y negativos que deben cumplir con las especificaciones (ACI-318-08, sección 13.6).

Tabla 24.- Listados de paños.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
LOS20INT50NER10	LOS20INT50NER10 Casetón perdido <u>N° de piezas:</u> 2 <u>Peso propio:</u> 0.306 t/m ² <u>Altura:</u> 20 cm <u>Capa de compresión:</u> 5 cm <u>Intereje:</u> 50 cm <u>Anchura del nervio:</u> 10 cm

Fuente: CYPECAD 2015.

3.3.4 Diseño de cimentaciones.

Para la cimentación, se diseñan zapatas excéntricas, zapatas corridas bajo muro y vigas de atado, las zapatas se consideran como un sólido rígido y las cargas que se transmiten por la columna van al centro de la zapata siendo estas carga axial, momentos x y y , cortantes x y y , momento torsor, las vigas de atado arriostran a las zapatas para transmitir los esfuerzos horizontales. Se comprueba tensiones sobre el terreno, equilibrio o estabilidad y resistencia del hormigón tanto en flexión y cortante que no superen a la del terreno, las hipótesis que se generan para el diseño son las de sismo, viento, peso propio y sobrecarga, determinando el armado de refuerzo y la geometría, el ACI-318-08 hace referencia las verificaciones que se debe considerar para el diseño:

- *Momentos, cortante y desarrollo del refuerzo en zapatas:* Se debe verificar el área de acero distribuida, características geométricas, dimensionamiento y detalles de la zapatas de acuerdo al (ACI-318-08, sección 15.3 a 15.6).

3.3.5 Diseño de Escaleras¹⁴.

En el diseño de escaleras en hormigón armado mediante el software CYPECAD calcula y dimensiona la armadura de losa de escalera como elementos aislados de la estructura, las hipótesis de carga permanente y sobrecarga de uso considera el programa para determinar las cargas lineales y superficiales. Para los desplazamientos, esfuerzos y deformaciones en el diseño de escaleras se hace referencia al ACI-318-08, normativa con la que el software trabajo para el cálculo.

¹⁴ Anexo 9, Listado de escalera de la Reconstrucción de la Infraestructura.

Núcleo de escalera 1

- **Geometría**

Planta final: LOSA SUBTERRANEO

Planta inicial: CIMIENTOS N-3.0

Ancho: 1.600 m

Espesor: 0.18 m

Huella: 0.280 m

Contrahuella: 0.171 m

Nº de escalones: 16

Desnivel que salva: 2.74 m

Apoyo de los descansos: Muro de mampostería (Ancho: 0.20 m)

- **Cargas**

Peso propio: 0.450 t/m²

Sobrecarga de uso: 0.300 t/m²

Peldañado: 0.117 t/m²

Barandillas: 0.300 t/m

- **Volumen de obra**

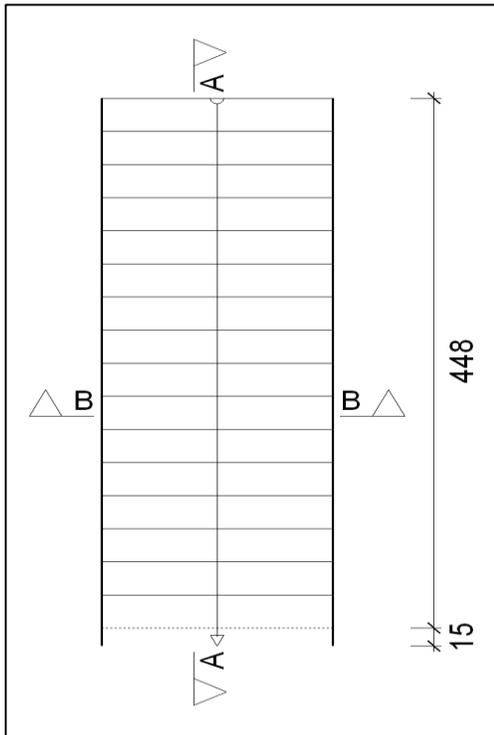
Volumen de hormigón: 1.61 m³

Superficie: 8.6 m²

Cuántía volumétrica: 195.5 kg/m³

Cuántía superficial: 36.5 kg/m²

Gráfico 27. Núcleo de escalera 1.



Fuente: CYPECAD 2015.

Núcleo de escalera 2

- **Geometría**

Planta final: LOSA PRIMERA PLANTA

Planta inicial: LOSA SUBTERRANEO

Ancho: 1.200 m

Espesor: 0.28 m

Huella: 0.300 m

Contrahuella: 0.166 m

Nº de escalones: 19

Desnivel que salva: 3.15 m

Descanso sin apoyos

- **Cargas**

Peso propio: 0.700 t/m²

Peldañeado: 0.182 t/m²

Barandillas: 0.300 t/m

Solado: 0.100 t/m²

Sobrecarga de uso: 0.300 t/m²

- **Volumen de obra**

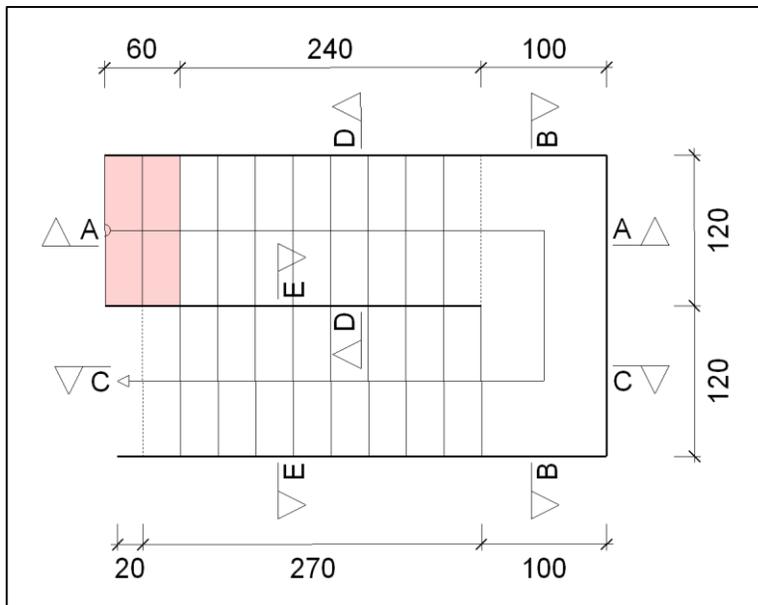
Volumen de hormigón: 3.38 m³

Superficie: 10.7 m²

Cuantía volumétrica: 83.3 kg/m³

Cuantía superficial: 26.4 kg/m²

Gráfico 28. Núcleo de escalera 2.



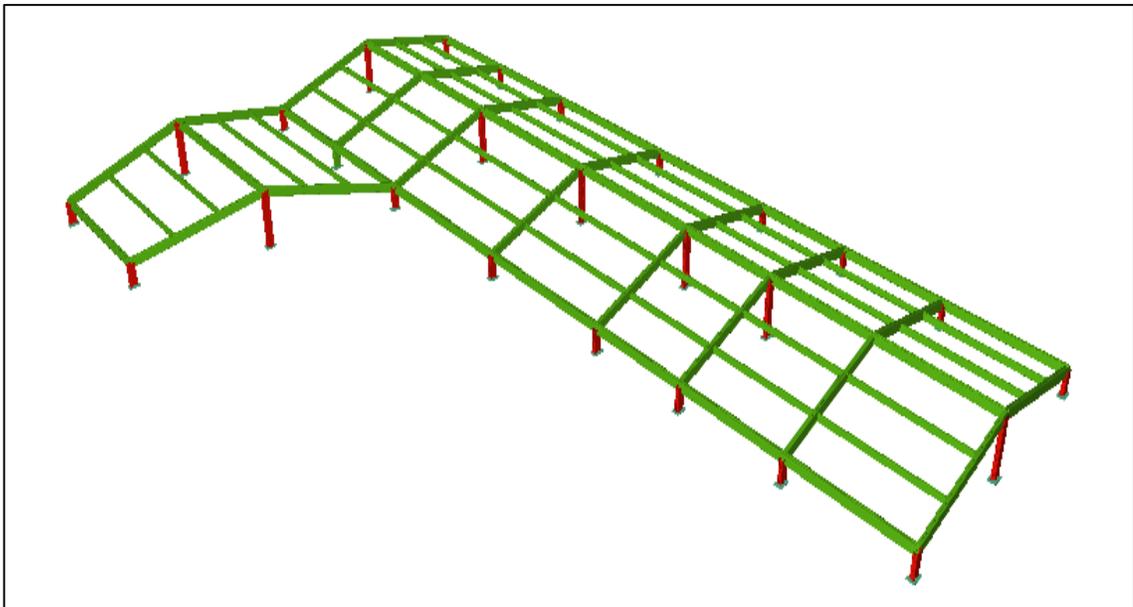
Fuente: CYPECAD 2015.

3.3.6 Diseño de la cubierta.

El diseño de cubierta metálica mediante la Estructura 3D integrada en el software CYPE está vinculada a la estructura principal de hormigón armado gestionada por CYPECAD, la estructura metálica se apoya en vigas y columnas mediante placas de anclaje y se presenta una estructura en tercera dimensión. El cálculo y diseño hace referencia al acero confinado (AISI S100 -2007 LRFD), para cada situación de proyecto las combinaciones de acción se definen por los criterios de estados limite ultimo de rotura del acero.

Los perfiles y correas utilizados para la estructura metálica son serie perfil G CG200x50x15x4, doble cajón soldado para vigas principales y columnas, correas G 150x50x15x2 para vigas secundarias, con placas de anclaje, estos perfiles de acero hacen referencia por el ASTM A36.

Gráfico 29.- Cubierta 3D Metálica.



Fuente: CYPECAD 2015.

Tabla 25.- Materiales utilizados para barras.

MATERIALES UTILIZADOS							
Material		E (kp/cm ²)	μ	G (kp/cm ²)	f _y (kp/cm ²)	$\alpha \cdot t$ (m/m°C)	γ (t/m ³)
Tipo	Designación						
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	2069317.0	0.300	795891.2	2548.4	0.000012	7.850
Notación: <i>E: Módulo de elasticidad</i> <i>μ: Módulo de poisson</i> <i>G: Módulo de elasticidad transversal</i> <i>f_y: Límite elástico</i> <i>$\alpha \cdot t$: Coeficiente de dilatación</i> <i>γ: Peso específico</i>							

Fuente: CYPECAD 2015.

Tabla 26.- Características mecánicas de los perfiles.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	1	C 200x50x15x4, Doble en cajón soldado, (Perfil C) Cordón discontinuo	24.28	6.13	14.80	1300.47	410.19	1.29
		2	CG 150x50x15x2, (Conformados Correas G)	5.32	1.60	2.93	177.55	16.98	0.07
Notación: <i>Ref.: Referencia</i> <i>A: Área de la sección transversal</i> <i>A_{vy}: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'</i> <i>A_{vz}: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'</i> <i>I_{yy}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'</i> <i>I_{zz}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'</i> <i>I_t: Inercia a torsión</i> <i>Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.</i>									

Fuente: CYPECAD 2015.

Para las hipótesis de acción permanente, acción variable y acción sísmica, las combinaciones se definirán de acuerdo a las situaciones persistentes y situaciones sísmicas¹⁵.

¹⁵ Anexo 10, Listado de Estructura 3D Integradas de la Reconstrucción de la Infraestructura, sección 1.2.1 Situación de Proyecto – 2.1.2.4 Tabla de medición.

3.4 VOLÚMENES DE OBRA, PRESUPUESTO REFERENCIAL, CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJO.

INTRODUCCIÓN

Al implementar un análisis económico para la ejecución de diferentes tipos de edificación, estos van a depender de la ubicación del proyecto, demanda en el mercado de materiales para la construcción y mano de obra calificada, de acuerdo a la ingeniería de costos se realiza el análisis para determinar las diferentes cantidades de obra y obtener una estimación del presupuesto referencial en esta variante de reforzamiento; los *Material, Equipos y Maquinaria* para la construcción son fundamentales para una aproximación de los precios unitarios y una correcta estimación económica del proyecto. Para completar el análisis se genera el cronograma valorado en función del presupuesto referencial que mantendrá un control de obra de forma secuencial de acuerdo a las actividades y tiempo previsto en la ejecución.

3.4.1 Volúmenes de obra¹⁶.

Al analizar materiales y sistemas constructivos, se realiza una cuantificación de los volúmenes de obra, en las que se considera dentro de *OBRAS PRELIMINARES*: el retiro de materiales reutilizables como puerta, ventanas, protección de ventanas, inodoros, planchas de fibrocemento y desarmado de cubierta, se incluye la demolición de la estructura de mampostería y hormigón armado; *MOVIMIENTO DE TIERRAS*: se destina para el cargado del material generado por la demolición de la estructura existente; *ESTRUCTURAL*: se estima los materiales principales como acero de refuerzo en los miembros estructurales, placa colaborante para losa, hormigón simple para zapatas, muro, vigas, columnas, losa y gradas, y encofrado en general; *CUBIERTA*: se establece acero estructural en perfiles incluyendo montaje y suministro; las cantidades en obra son obtenidas de los cálculos, resultados y planos estructurales y arquitectónicos que se encuentran en los anexos para la variante de reconstrucción en hormigón armado; se

¹⁶ Anexo 11, Volúmenes de obra de la Reconstrucción de la Infraestructural.

detalla rubros, precio unitario y cantidades de trabajo que posee una unidad de medida convencional para la obtención del costo total directo.

Para el análisis completo de la estructura en volúmenes de obra, se asumen rubros y cantidades que detallan el sistema eléctrico, mampostería y acabados, cielo raso, y revestimiento de pisos, para instalaciones hidrosanitarios se detallan en el siguiente capítulo con diseños, cálculos y planos. Todas las cantidades de obra están expresadas en el Anexo, Volúmenes de obra de la reconstrucción de la infraestructura.

3.4.2 Presupuesto referencial – Reconstrucción de la Infraestructura.

Para el presupuesto de la reconstrucción de la estructura en hormigón armado, este se fundamenta directamente en el precio unitario y cantidad de obra generada por los cálculos y diseños, el cual expresa en términos financieros la cantidad de dinero necesario para la ejecución del proyecto; los precios unitarios que están constituidos por costos adicionales que se han realizar en obra siendo estos los costos directos e indirectos y el análisis de volumen de obra, dan como resultado una aproximación del presupuesto referencial. Al utilizar el software INTERPRO 2010, en que considera los recursos como material, mano de obra, equipos/herramientas y transporte describe rubros y precios unitarios que están de acorde a la demanda de los materiales de construcción incluyendo suministro, instalación y montaje, considera un 20% directamente para los costos indirectos, se toma la siguiente base de datos actualizada correspondiente al basadol_Enero_2014_v2.ipu.

El presupuesto para la reconstrucción de la infraestructura se considera los siguientes capítulos: Obras Preliminares, Movimientos de Tierra, Estructural y Cubierta, en los que se describe rubros, precios unitarios y cantidades de obra obteniendo en una estimación del presupuesto e incluyendo el impuesto al valor agregado (IVA) que determina el presupuesto referencial total.

3.4.3 Cronograma valorado.

La estructura detallada del trabajo son las tareas, hitos y fases del proyecto que determinan el alcancen el mismo que se traduce en tiempo y presupuesto, el nivel de detalles por actividad como los marcadores de puntos importantes debe sustentar el plan y realizar un seguimiento del estado, evaluaciones comparativas del proyecto, la distribución de fondos, contratación y pago por servicio, como la adquisición de equipos están incluidos en el cronograma con el objetivo de mantener el control de la ejecución del presupuesto que es fundamental al determinar el grado de avance. El software a utilizar es Microsoft Project que administra, diseña, desarrolla planes, asignación de recursos a tareas, proyecta seguimientos y analiza cargas de trabajo.

Tabla 27.- Presupuesto referencial – Reconstrucción de la Infraestructura.

**PRESUPUESTO ESTRUCTURAL DE LAS AULAS DE LA PARROQUIA HERMANO MIGUEL
RECONSTRUCCIÓN EN HORMIGÓN ARMADO**

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		OBRAS PRELIMINARES				2.107,63
1.001	503018	Retiro de planchas de fibrocemento y desarmado de cubierta de estructura metálica	m2	120,13	3,49	419,26
1.002	503006	Retiro de puerta	u	11,00	4,27	46,97
1.003	503054	Retiro de ventana	u	12,00	3,41	40,92
1.004	503086	Retiro de protecciones de ventanas	m2	28,32	1,13	32,00
1.005	540055	Retiro de Inodoro	u	2,00	5,90	11,80
1.006	540070	Retiro de lavamanos	u	2,00	5,90	11,80
1.007	503011	Demolición de estructuras de hormigón armado	m3	42,75	24,83	1.061,42
1.008	503015	Demolición manual de mampostería de ladrillo	m3	32,11	8,51	273,26
1.009	506004	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	97,31	2,16	210,20
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS				138,19
2.001	506003	Cargado de material con minicargadora	m3	97,31	1,42	138,19
3		ESTRUCTURA				63.578,02
3.001	513004	Acero de refuerzo, cortado y figurado	Kg	20.536,26	1,90	39.018,89
3.002	540074	Placa colaborante de acero galvanizado e=0.45mm para losa incluye conectores, suministro y colocación	m2	356,55	14,94	5.326,86
3.003	540048	Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 para zapatas	m3	34,66	137,80	4.776,02
3.004	527019	Hormigón simple f'c = 240 kg/cm2 muro	m3	19,03	137,06	2.608,25

3.005	540049	Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 bombeado para losa	m3	28,25	133,08	3.759,51
3.006	540140	Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 para vigas	m3	42,46	137,06	5.819,57
3.007	540007	Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 para columnas	m3	16,26	139,54	2.268,92
3.008	540049	Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 bombeado para losa	m3	4,99	137,06	683,93
3.009	512036	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	1.031,59	4,72	4.869,10
4		CUBIERTA				11.562,92
4.001	513013	Acero estructural en perfiles, suministro y montaje con equipo manual	kg	3.717,98	3,11	11.562,92
SUBTOTAL						77.386,75
IVA						12% 9.286,41
TOTAL						86.673,16

Son:

**CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJO POR CATEGORIAS DE INVERSION
PRESUPUESTO ESTRUCTURAL DE LAS AULAS DE LA PARROQUIA HERMANO MIGUEL
RECONSTRUCCIÓN EN HORMIGÓN ARMADO**

ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSIONES PROGRAMADAS	1 Diciembre - 31 Diciembre 2014	1 Enero - 31 Enero 2015	2 Febrero - 14 Marzo 2015
1	OBRAS PRELIMINARES	2.107,63	2.107,67		
2	MOVIMIENTOS DE TIERRAS	138,18	69,09	69,09	
3	ESTRUCTURAL	63.578,02	22.745,20	27.577,00	21.297,79
4	CUBIERTA	11.562,92			12.807,32
		86.673,16			
	PROGRAMADA		24.921,96	27.646,09	34.105,11
	PROGRAMADA ACUMULADA		24.921,96	52.568,05	86.673,16
	EJECUTADA				
	EJECUTADA ACUMULADA				

PROGRAMADA	PROGRAMADA ACUMULADA	EJECUTADA	EJECUTADA ACUMULADA
24.921,96	24.921,96		
28,75%			
27.646,09	52.568,05		
31,90%	60,65%		
34.105,11	86.673,16		
39,35%	100,00%		

4 EVALUACIÓN Y ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE INGENIERÍA.

INTRODUCCIÓN

Para las variantes descritas en los diseños estructurales de *REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE* y la *RECONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA* de acuerdo al análisis estructural y presupuestal, se realiza la evaluación técnica-económica para escoger la variante más conveniente, la construcción y la reconstrucción en los dos sistemas de la ingeniería civil se toma como base para estructurar un proceso de viabilidad económica y técnica que consiste en la planificación, dirección y control de recursos (personal, equipos, materiales, etc.)

Se complementan los estudios con la disposición de evaluar el sistema hidrosanitario existente e implementar un análisis de contra incendio para las nuevas aulas, se efectúa el análisis de la red interna y externa de abastecimiento de agua potable y descarga de aguas servidas, se realiza la evaluación, estudios y trazado de la red en función de las nuevas baterías sanitarias. La evaluación y estudio complementario de estos sistemas definirán los trabajos adicionales para finalizar el proyecto.

4.1 EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA PARA ESCOGER LA VARIANTE MÁS CONVENIENTE.

La comparación en términos de costo y aspectos técnicos en la construcción nos permite evaluar los dos sistemas constructivos y definir la variante a escoger. En la evaluación económica se define volúmenes de obra, presupuesto y cronograma, que es la representación numérica del gasto aproximado en función de las cantidades de obra, recursos y tiempo, en el aspecto técnico se analiza al personal calificado o mano obra, herramientas y equipos, recursos, transporte, se representa gráficamente el valor del presupuesto referencial.

4.1.1 Análisis del presupuesto en los dos sistemas constructivos.

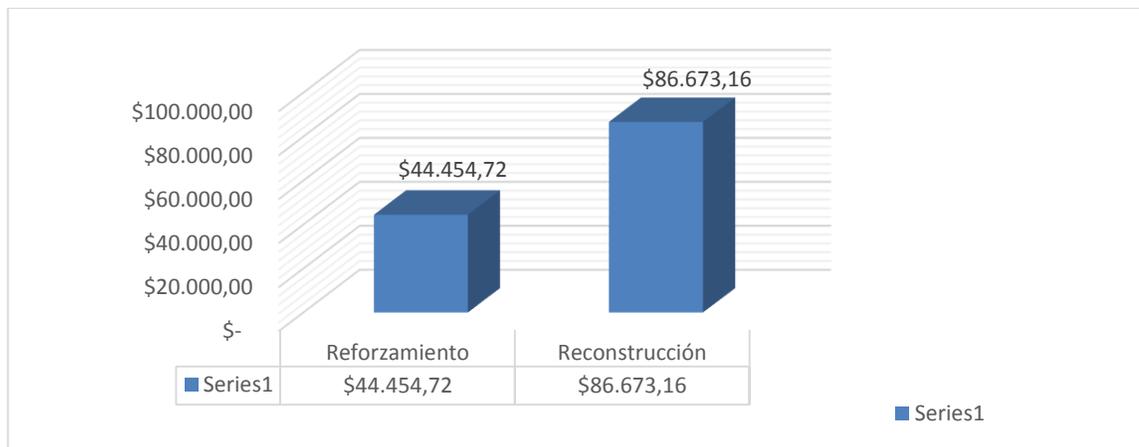
Reforzamiento de la estructura existente y ampliación

- Área de Construcción: 383.44 m²
- Presupuesto Referencial: \$ 44,454.72
- Costo por metro cuadrado: \$116

Reconstrucción de la Infraestructura

- Área de Construcción: 440 m²
- Presupuesto Referencial: \$ 86.673,16
- Costo por metro cuadrado: \$ 197

Gráfico 30.- Presupuesto de las variantes estructurales.



Fuente: Autor.

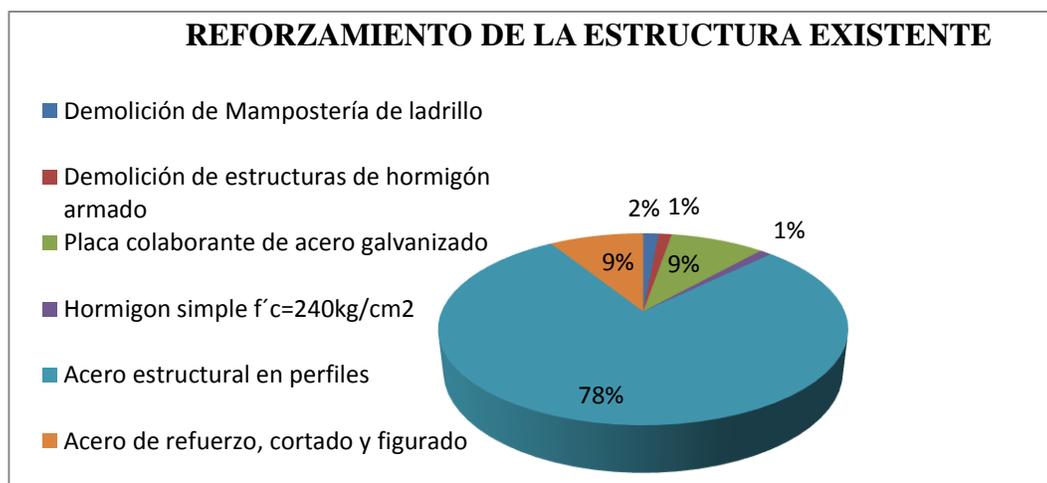
El sistema constructivo a emplear en las dos variantes difiere en área de construcción, cantidad presupuestada y costo por metro cuadrado, en el proceso de reforzamiento, la estructura metálica corresponde a elementos fabricados que requieren de ensambles de perfiles, soldadura, colocación y montaje de los mismos, la disminución de tiempo en la construcción beneficia en mano de obra, uso de maquinarias y herramientas, transporte y procesos de montaje, siendo esta la actividad más importante y dependiente de las anteriores, el proceso de organización para la colocación de cada elemento se realiza con bajo control y revisión.

El sistema reconstructivo se basa en elementos estructurales de hormigón armado, el área de construcción, presupuesto referencial y valor por metro cuadrado es mayor al valor generado por el reforzamiento de la estructura, se aclara que esta variante es de reconstrucción total por lo que la diferencia es notable en los tres aspectos principales. El personal para esta reconstrucción debe ser calificado y con experiencias en obras similares, el material principal es el hormigón armado, se utiliza encofrado en su totalidad para el montado de la estructura y la elaboración del hormigón se realiza por concretera y transportado en carretillas in situ, los recursos son almacenados e inspeccionados.

4.1.2 Análisis de la especificación del rubro y volúmenes de obra en los dos sistemas constructivos.

Para los sistemas constructivos propuestos analizamos las siguientes cantidades de obra: demolición de mampostería de ladrillo, demolición de estructuras de hormigón armado, placa colaborante de acero galvanizado, hormigón simple $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$, acero estructural en perfiles y acero de refuerzo. Mediante los siguientes gráficos se representa en porcentajes la cantidad e importancia del material para cada sistema constructivo.

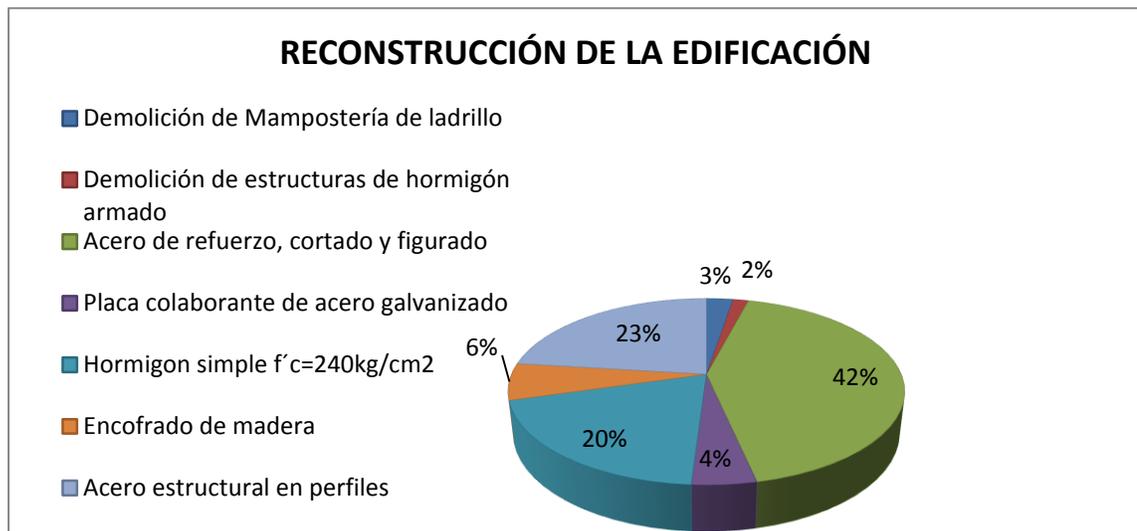
Gráfico 31.- Porcentajes de los materiales en el reforzamiento estructural.



Fuente: Autor.

El acero estructural en perfiles es el material principal para el reforzamiento, ocupando el mayor porcentaje dentro del análisis de volúmenes de obra, la implementación de perfiles estructural favorece en ductilidad ante las acciones sísmicas, para el requerimiento de mano de obra, ésta debe ser calificada con certificación AWS (American Welding Society), en cuanto a los materiales la disponibilidad de perfiles no es inmediata y se requiere fabricarlos obteniendo así la adquisición completa, el mantenimiento debe ser periódico y evitar que el material presente corrosión prolongando la vida útil y se puede reutilizar para otro fin.

Gráfico 32.- Porcentaje de los materiales en la reconstrucción.



Fuente: Autor.

Los materiales a utilizarse en gran cantidad es el acero de refuerzo, hormigón y perfiles de acero estructural, en esta variante de hormigón armado la resistencia se verifica después de un tiempo de ejecución sabiendo que esta estructura es menos dúctil ante la acción sísmica, en cuanto a la mano de obra se requiere de personal calificado con facilidad de conseguir en el ámbito laboral, la disponibilidad de los recursos, maquinaria en el mercado es aceptable, se requiere de un mantenimiento para corrección de fisuras prolongando la vida útil y realizando un adecuado mantenimiento, la reutilización del materia es nula.

4.1.3 Análisis del cronograma valorado en los dos sistemas constructivos.

Los materiales, mano de obra, operación de maquinaria, transporte entre otros son factores principales en cada sistema constructivo, el criterio de evaluar las actividades por su ejecución y continuidad de otra complementan la ruta pronosticada de ejecución en obra, implementado en cada actividad una cuadrilla de trabajadores y determinando el tiempo de ejecución en función del rendimiento.

4.1.3.1 Reforzamiento de la estructura existente.

Cuadrilla:

- Técnico de obras civiles
- Maestro soldador
- Albañil
- Peón

Rendimiento:

- Mano de obra: Cálculo del tiempo empleado de un trabajador o cuadrilla al desarrollar la actividad específica.
- Materiales: Relación de la cantidad del material y la unidad de medida por actividad.
- Equipos y herramientas: Cálculo del tiempo de uso de la maquinaria o herramienta menor en la elaboración de una actividad.

El análisis de rendimientos lo realiza INTERPRO, mediante una base de datos gestionada por personal calificado y con experiencia en el ámbito constructivo, el rendimiento de cada rubro se analiza en la descripción de los precios unitarios.

Duración de la obra: 60 días

Fechas previstas: 01 de Diciembre 2014

Fechas reales: 01 Diciembre 2014 – 7 Febrero 2015

4.1.3.2 Reconstrucción de la edificación.

Cuadrilla:

- Técnico de obras civiles
- Maestro soldador / Fierro
- Albañil
- Peón

Rendimiento:

-*Mano de obra:* Cálculo del tiempo empleado de un trabajador o cuadrilla al desarrollar la actividad específica.

- *Materiales:* Relación de la cantidad del material y la unidad de medida por actividad.

-*Equipos y herramientas:* Cálculo del tiempo de uso de la maquinaria o herramienta menor en la elaboración de una actividad.

El análisis de rendimientos lo realiza INTERPRO, mediante una base de datos gestionada por personal calificado y con experiencia en el ámbito constructivo, el rendimiento de cada rubro se analiza en la descripción de los precios unitarios.

Duración de la obra: 90 días

Fechas previstas: 01 de Diciembre 2014

Fechas reales: 01 Diciembre 2014 – 14 Marzo 2015

4.1.4 Selección del sistema constructivo.

En el mercado de la construcción las ventajas y desventajas de realizar un proyecto se define por los parámetros de calificación como el análisis de la calidad de obra, economía del proyecto y el sistema constructivo con la mejor tecnología. En función del sistema constructivo y los parámetros analizados determinamos que la edificación existente será reforzada con perfiles estructurales.

Mano de Obra:

- Respecto a la mano de obra, se requiere de personal calificado y con experiencia en edificaciones, en nuestro medio laboral se cuenta con poco personal en este servicio, lo que se realiza la contratación de una empresa con la certificación en la implementación de obras en perfiles estructurales.

Materiales:

- La utilización de acero en general depende del stock, para la adquisición de perfiles y abastecimiento, se realiza bajo contrato con la empresa contratante, la misma que suministra los materiales incluyendo suelda y equipos de soldadura.

Tecnología:

- La elevación del costo de material en relación al hormigón es notable por la elevada tasa de inflación debido a las importaciones, pero en relación al costo/beneficio se obtiene menor tiempo de ejecución y se presenta un sistema constructivo eficiente cumpliendo con los mismos estados límites de una estructura en hormigón armado.

4.2 ESTUDIOS DE INGENIERÍA COMPLEMENTARIOS, HIDROSANITARIOS, CONTRAINCENDIOS.

4.2.1 Red de agua potable.

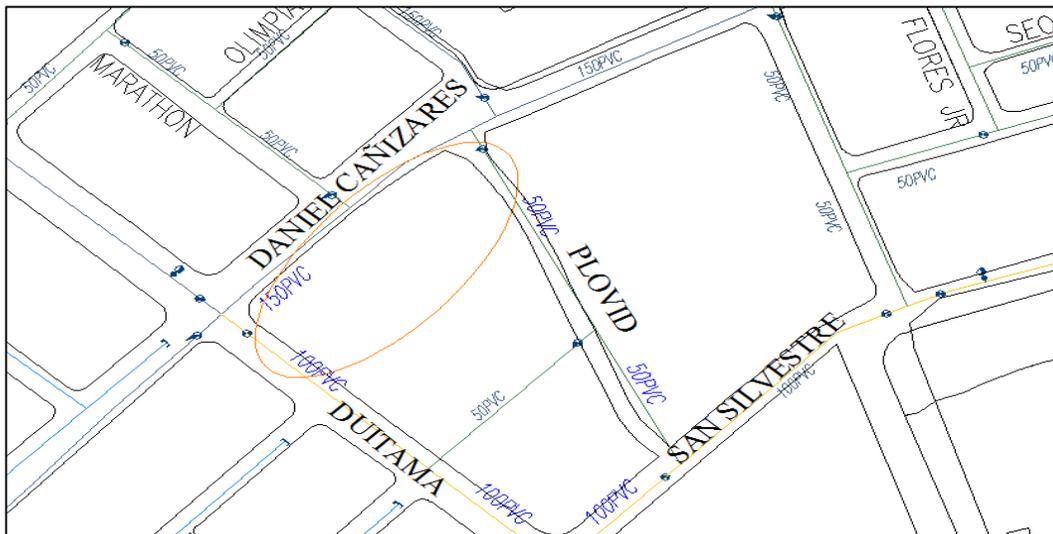
Al obtener el esquema del levantamiento hidrosanitario del bloque de aulas existente mencionado en el primer capítulo, incluyendo la red de distribución general de agua potable dentro del predio de la Parroquia, se determina que la red interna debe ser independiente para cada área o bloque de servicio, considerando que no afecte a la economía, al adecuado servicio inmediato, accesibilidad a modificaciones y reparaciones; para el análisis y diseño que planteamos como solución al abastecimiento de agua potable es realizar la distribución de la red hidrosanitaria desde la salida del

medidor hasta el bloque de aulas, escenario con servicio de alimentación e iglesia, la red interna será sectorizada para cada servicio.

La implementación hidráulica que comprende los sistemas de agua fría, descarga pluvial y sanitaria para cada equipamiento higiénico, con defensa contra incendio en el bloque de aulas, se diseña de acuerdo a la normativa vigente, controlando las presiones en los consumos y velocidad de agua en las tuberías, utilizando materiales, diámetros y elementos disponibles en el mercado, para cada material se aporta con sus características de rugosidad y serie de diámetros a través del uso de bibliotecas en el software que son definidas por el calculista, de la misma manera se realiza para los servicios de alimentación e iglesia para que se realice un buen funcionamiento de la red; la zona donde se localiza el Predio de la Parroquia Hermano Miguel se abastece del sistema de agua potable de la ciudad de Cuenca.

- Calle Daniel Cañizares y Duitama se abastece de la red pública, mediante una tubería de PVC, cuyo diámetro es de 150mm.

Gráfico 33.- Ubicación de la red de agua potable y dimensión.



Fuente: Catastros ETAPA EP, 2011.

4.2.1.1 Reseña del software de cálculo y modelación en la estructura, CYPECAD MEP. Fontanería¹⁷.

La integración de fontanería para las instalaciones de cualquier tipo de edificio (viviendas, oficinas, hospitales, centros docentes, comerciales, etc.) diseña las instalaciones interiores mediante suministros de agua fría y de agua caliente sanitaria, cuenta con una biblioteca completa de válvulas, tuberías, accesorios y es posible que se modifique por medio del calculista para la ejecución del programa. Para la ejecución del diseño se inicia con la introducción de plantas en alzo del edificio y trazado de la instalación sobre las plantillas que permite el programa generar mediante ficheros CAD, el método de trabajo permite editar los planos de instalación, gestionar la geometría y facilita con vistas 3D de la instalación completa. El programa incorpora la definición de parámetros de cálculo general y particulares en cada elemento de la instalación.

4.2.1.2 Determinación de consumos en el predio.

Para determinar la capacidad instalada, tanto de acometida como de la reserva se procedió a evaluar los consumos de todas las áreas de servicio de la Parroquia Hermano Miguel en forma general, haciendo las siguientes consideraciones:

Tabla 29.- Consumo total de cada área de servicio.

	# PERSONAS	DOTACION LT/HAB/DIA	TOTAL
CENTRO MÉDICO	4	250	1000
SALÓN DE REUNIONES	200	50	10000
CASA PARROQUIAL	4	200	800
IGLESIA	1	75	75
BLOQUE DE AULAS	200	50	10000
ESCENARIO-ÁREA DE ALIMENTACIÓN	20	50	1000
			22875 lt

Fuente: Autor.

¹⁷ Anexo 13, Memoria de Cálculo – Fontanería.

Para cubrir la reserva de 1 día, el consumo sería de 22.8 m³, más la reserva contra incendios de 10 m³ (literal f) Art. 145 del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios), tendríamos una necesidad de 32.8m³.

4.2.1.3 Acometida.

La conexión de la acometida es tomada desde la calle Daniel Cañizares, donde se encuentra colocado el medidor general, y de esta red se derivará para cada área de servicio, el abastecimiento que presenta es de forma directa, es decir se lo realiza desde la red pública por lo que del cálculo hidráulico de la red del predio se tiene los siguientes resultados:

DIMENSIONAMIENTO DEL MEDIDOR GENERAL

Tabla 30.- Dimensionamiento de la cisterna – criterio1.

CRITERIO 1: LLENADO DE CISTERNA		
Volumen requerido	33.07	m ³
Tiempo de llenado	8	h
Caudal	0.0011	m ³ /s
Velocidad	2.5	m/s
Diámetro calculado	24.18	mm
Diámetro asumido	1	"

Fuente: Autor.

Tabla 31.- Dimensionamiento de la cisterna - criterio 2.

CRITERIO 2: ABASTECIMIENTO DIRECTO		
Volumen diario máximo:	1.54	l/s
Perdida de carga total	1.14	m
Presión en la red	40	m.c.a.
Presión remanente	38.86	m.c.a.
Velocidad	2.18	m/s
Diámetro	30	mm

Fuente: Autor.

Tabla 32.- Dimensionamiento del medidor general.

MEDIDOR GENERAL		
Caudal de diseño	1.54	l/s
Diámetro	1.00	pulg
Caudal máximo del medidor	2.77	l/s
% Capacidad nominal	0.56	%
Pérdidas	3.08	m.c.a.

Fuente: Autor.

Tabla 33-. Perdida en los medidores.

PERDIDAS EN MEDIDOR					
	Q diseño	Diámetro	Q max medidor	% Capac. nominal	J m.c.a
Medidor General	1.54	1	2.77	0.56	3.08
Medidor 1		1	2.77	0.00	0.00
Medidor 2		1	2.77	0.00	0.00

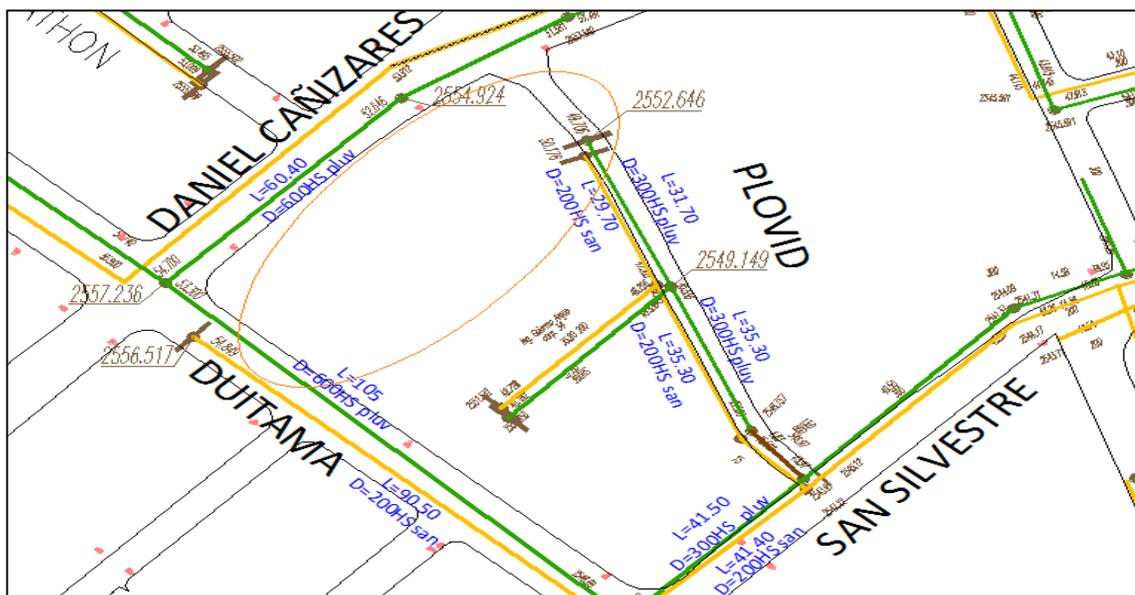
Fuente: Autor.

El medidor general existente para el abastecimiento de agua en el predio de la Parroquia es de ½” con un paso de agua de 3m³, el cual suministra a todas las áreas de servicio, al realizar la ampliación del bloque de aulas he implementar el diseño contra incendios se presentar un nuevo diseño de red de agua potable, se determina que el medidor no abastece para el llenado de cisterna, nuevas baterías sanitarias y el nuevo trazado de la red, todo esto debido a que se presenta una red continua en el predio, al realizar el diseño para el nuevo bloque de aulas con defensa contra incendio y servicio sanitario, consumo de la iglesia y escenario con área de alimentación, se solicita el cambio de medidor general a 1” con un paso de agua de 5m³, implementando un medidor para el consumo de la área de alimentación, iglesia y educación, el otro medidor cumplirá con el abastecimiento al centro médico, salón de reuniones y casa parroquial, sectorizando la red de agua potable en dos medidores.

4.2.2 Red de Saneamiento y drenaje.

El sistema sanitario que comprende la evacuación de aguas residuales y pluviales está diseñado por separado, se conecta a la red de saneamiento de la escuela “Daniel Córdova Toral”, la que presenta arqueta exterior para su revisión a partir de la descarga conjunta de la escuela y la parroquia, enlazando su descarga en el colector general ubicado en la calle San Silvestre, con un D = 300 mm HS para aguas pluviales y sanitario con D = 200 mm HS. En el diseño de una nueva instalación de saneamiento en el bloque de aulas y los servicios aledaños es necesario cumplir con la exigencia de caudal a evacuar tanto en recogida de aguas fecales y aguas pluviales, la facilidad de construcción, implementación de materiales con sus características y diámetros a través de la biblioteca en uso del programa, deben cumplir con el diseño propuesto, para el cual se direcciona la descarga de aguas servidas y lluvias a la calle Duitama. La información de las obras de infraestructura de alcantarillado existente de las siguientes calles: Duitama, San Silvestre, Plovbid y Daniel Cañizares, en donde se encuentra ubicado del predio de la Parroquia Hermano Miguel, están basados en la certificación por el Departamento de agua Potable y Saneamiento de ETAPA EP.

Gráfico 34.- Ubicación de la red de alcantarillado y dimensión.



Fuente: Catastro ETAPA EP, 2011.

4.2.2.1 Reseña del software de cálculo y modelación en la estructura, CYPECAD MEP. Saneamiento¹⁸.

En el diseño de instalaciones interiores en el módulo de saneamiento para la evacuación de aguas pluviales y residuales plantea un sistema separativo o mixto según los diferentes tipos de instalación que puede proyectar, la ejecución del diseño se inicia con la introducción de plantas en alzo del edificio y trazado de la instalación sobre las plantillas que permite el programa generar mediante ficheros CAD, el método de trabajo permite editar los planos de instalación, gestionar la geometría y facilita con vistas 3D de la instalación completa. El programa incorpora la definición de parámetros de cálculo general y particulares, se complementa también con una serie de bibliotecas de elementos y materiales que pueden ser editadas por el calculista.

Para la modelación y análisis de la red de saneamiento y drenaje debido al incremento de baterías sanitarias en el bloque de aulas para su ampliación, se considera el diseño de una nueva red de evacuación de aguas residuales y pluviales siendo esta una red separada que es dirigida hacia la calle Duitama que presenta un $D = 600$ mm HS para aguas pluviales y para aguas servidas con un $D = 200$ mm HS, la red de saneamiento será colocada, conectada y probada en tuberías, cajas de revisión y demás dispositivos que formen parte del conjunto integral del sistema de evacuación de aguas servidas debido a las nuevas baterías sanitarias, cumpliendo con pendiente mínima para tuberías horizontales que será del 1% con la finalidad de conseguir un buen arrastre de sólidos.

4.2.3 Red contra incendios.

Para cubrir la demanda de 32.8m^3 , se ha planificado la construcción de una cisterna entre la cancha múltiple de deporte y la iglesia, las dimensiones de la cisterna son:

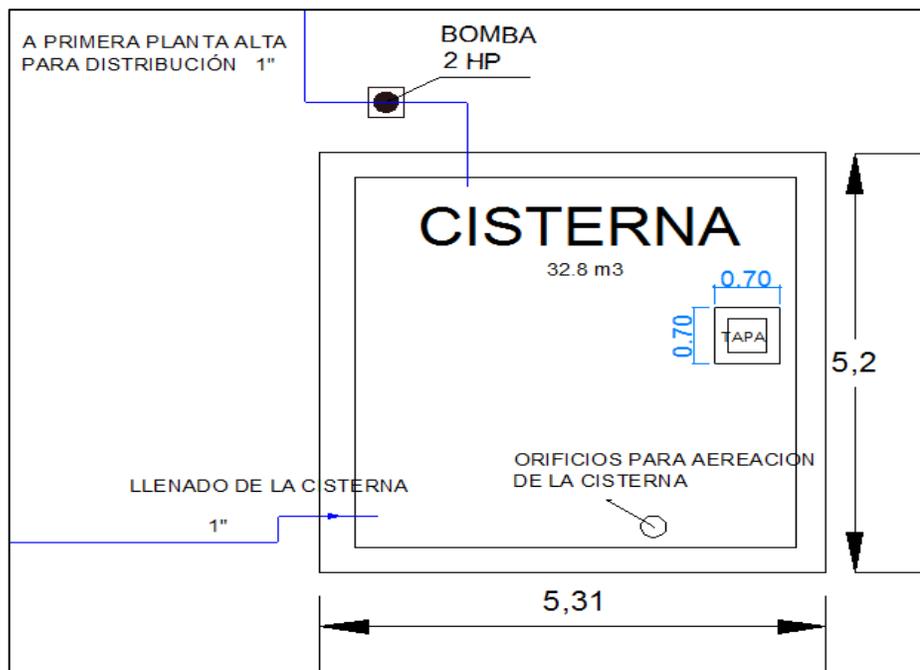
¹⁸ Anexo 14, Memoria de Cálculo – Saneamiento.

Tabla 34.- Dimensiones de la cisterna - contra incendios.

VOLUMEN DE LA CISTERNA		
Vol. (cons+cont incendio)	32.875	m ³
Ancho	5.3	m
Alto	5.2	m
Área	27.56	m ²
Profundidad	1.20	m
Volumen	33.1	m ³

Fuente: Autor.

Gráfico 35. Esquema de la cisterna - contra incendio.



Fuente: Autor.

4.2.3.1 Sistema de bombeo.

Para el diseño de la potencia del motor de la bomba requerimos del caudal máximo probable y se considera que el rendimiento del equipo es de un 60% para su eficiencia y cálculo.

Tabla 35.- Potencia de la bomba para cisterna.

SISTEMA DE BOMBEO		
Caudal Promedio	92.31	l/min
Rendimiento	60	%
Altura manométrica	20.30	m
Potencia bomba	2	HP

Fuente: Autor.

Se deberá dar cumplimiento a las exigencias del B. Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Cuenca, el suministro de agua para el sistema contra incendio en el bloque de aulas comprende el total de agua necesaria para el servicio sanitario y llenado de cisterna, los métodos más empleados son el de montantes y el de rociadores, tanto para estructuras resistentes al fuego como para estructuras no resistentes, el material que se emplea para estas tuberías es de hierro galvanizado de 2 ½ como diámetro mínimo. Para el diseño a emplearse se considera gabinetes contra incendios que se colocan uno en cada planta, pueda el uso de extintor y de manguera para su manejo de cualquier persona en caso de flagelo, el volumen requerido de reserva para incendios es de 10m³, para esto se ha considerado que trabajan dos gabinetes simultáneamente.

4.3 **PRESUPUESTO REFERENCIAL DE COMPLEMENTARIOS.**

Tabla 36.- Presupuesto referencial de complementarios.

PRESUPUESTO REFERENCIAL HIDROSANITARIO DE LAS AULAS DE LA PARROQUIA HERMANO MIGUEL						
PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	506003	Cargado de material con minicargadora	m3	6.00	1.42	8.52
2	507001	Hormigón Simple f'c = 180 kg/cm2	m3	2.00	108.59	217.18
3	504001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	6.00	1.79	10.74
4	515027	Tubería PVC d=200 mm para alcantarillado, suministro e instalación	ml	4.00	15.48	61.92
5	515007	Tubería PVC para desagüe, d= 110 mm	ml	53.00	6.32	334.96
7	520018	Pozo till d=200 mm, incluye cerco y tapa con platina perimetral	u	1.00	78.00	78.00
8	503003	Demolición de losa de vereda	m2	2.00	3.96	7.92
9	543025	Placa de señalización 210x210 mm, evacuación	u	3.00	144.00	432.00
10	516024	Tubo de cobre d = 1"	ml	2.38	27.48	65.40
11	505009	Relleno compactado con material de mejoramiento en zanjas	m3	4.00	25.39	101.56
12	540015	Bajante de aguas lluvias con tubería PVC 110mm, incluye accesorios	ml	2.75	9.71	26.70
15	514023	Tee PVC roscable d=3/4" (p/presión)	u	12.00	3.88	46.56
16	516039	Llave de corte 1"	u	1.00	20.44	20.44
17	521009	Válvula check d=1"	u	1.00	22.73	22.73
18	514026	Codo PVC de 90° roscable d=3/4" (p/presión)	u	12.00	2.00	24.00
19	514029	Tubería de PVC roscable d=3/4" (p/presión)	ml	46.29	2.94	136.09
20	514030	Tubería de PVC roscable d=1" (p/presión)	ml	64.42	5.26	338.85
21	522013	Accesorios para instalación de bombas, suministro y colocación	u	1.00	471.20	471.20
22	514031	Reductor PVC roscable d=1" a 3/4" (p/presión)	u	1.00	2.93	2.93
23	514022	Tee PVC roscable d=1" (p/presión)	u	6.00	5.15	30.90
24	515017	Codo de PVC 110mm x 45 grados para desagüe	u	3.00	4.97	14.91
25	515019	Yee de PVC de 110mm para desagüe	u	17.00	5.51	93.67

26	515021	U para sifón de PVC de 110mm para desagüe	u	7.00	10.66	74.62
27	515023	Reductor PVC de 110mm a 50mm para desagüe	u	5.00	4.52	22.60
28	538026	Lavamanos blanco, incluye accesorios de instalación y grifería	u	2.00	87.10	174.20
29	538027	Inodoro redondo blanco, incluye accesorios	u	9.00	89.74	807.66
30	543006	Gabinetes con vidrio, incluye: Manguera 1½" x 100", similar a Guardián mod. 3010. Incluye: manguera; válvula angular diámetro 1½"; rack porta manguera; nipple 1½"; coupling diámetro. 1½"; boquilla diámetro, hacha 1½"; Extintor 10 lbs tall	u	1.00	807.43	807.43
31	522024	Medidor de agua potable d=1", suministro e instalación	u	3.00	114.47	343.41
32	515039	Tubería PVC para desagüe, d= 50mm	ml	5.10	3.20	16.32
33	515047	Tee PVC d = 110 mm Desagüe	u	1.00	6.42	6.42
34	523276	Provisión e instalación de bocina / sirena 30W	U	1.00	47.02	47.02
35	517014	Tubería HG D=2 1/2"	ml	37.54	23.46	880.69
36	517020	Codo HG 2 1/2", 90°	u	5.00	8.30	41.50
37	522042	Instalación Lavamanos para empotrar, incluye accesorios de instalación	u	5.00	23.26	116.30
SUBTOTAL						5,885.36
IVA					12%	706.24
TOTAL						6,591.60

Son:

SEIS MIL QUINIENTOS NOVENTA Y UNO CON 60/100 DÓLARES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La gestión técnica-económica se realizó con la Arquidiócesis de Cuenca mediante la solicitud enviada por parte la Parroquia Hermano Miguel, en la misma que incluyen diseños estructurales, presupuesto y cronograma valorado de la variante seleccionada, del presente informe el consejo Gubernativo de la Arquidiócesis de Cuenca analizo la solicitud y tomo la siguiente resolución:
 - Autoriza la venta del terreno ubicado en el sector del calma, cuyos recursos serán destinados a la construcción de cinco aulas y una sala comedor en el centro parroquial para el uso y servicio del “Centro de Apoyo” a niños y adultos mayores.
 - Solicitarle que al momento de decidir sobre la cantidad económica se vea lo más conveniente para la Parroquia.
- La Arquidiócesis de Múnich en conversación y correlación con la Arquidiócesis de Cuenca, benefician de manera económica a la parroquia Hermano Miguel mediante la venta de un terreno correspondiente a los bienes de la Arquidiócesis de Cuenca ubicado en los predios de la parroquia Hermano Miguel para su trámite de venta y posterior construcción con el valor acordado.
- Al haber finalizado los análisis estructurales para los sistemas constructivos referente a las aulas de la Parroquia Hermano Miguel, hemos determinado que para las variantes propuestas los elementos estructurales se diseñaron

por el método de los estados límites últimos (E.L.U.), para la edificación y su ampliación se comprobaron los diseños bajo las especificaciones del ACI-318, AISI, AISC referidas al método LRFD y la Normativa Ecuatoriana de la Construcción, cumpliendo con el criterio de columna fuerte – viga débil. Del resultado de los análisis estructurales, la variante de reforzamiento de la edificación existente determina fuerzas menores principalmente la del cortante basal ya que esta, está en función de la aceleración, lo que representa una ventaja en cuanto a masa, derivas y flechas las mismas que se encuentran en rangos considerables dentro del mismo sistema constructivo.

- En los estudios complementarios concluimos al cambio del medidor general a 1", cumpliendo con el abastecimiento en las diferentes áreas de servicio designadas, sectorizando las redes hidrosanitarias internas e implementado dos medidores para el control y consumo de las diferentes áreas a servicio y principalmente para las nuevas baterías sanitarias y complementando con los estudios de contra incendio cumpliendo a las exigencias del B. Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Cuenca.
- En relación a la conclusiones anteriores en costo / beneficio para el reforzamiento de la edificación existente es más conveniente debido al tiempo de ejecución prevista, rendimiento y cuadrilla asignada que resulta idóneo al momento de seleccionar la variante propuesta, en cuanto al material los perfiles estructurales contemplan un 78% del volumen de obra siendo el material principal en el diseño en estructura metálica, el mismo que resulta concluyente para cualquier inversionista con el objetivo de priorizar los periodos de tiempo y economía.

Recomendaciones

- La Arquidiócesis de Múnich en vínculo con la Arquidiócesis de Cuenca realizó los trámites bienes-económicos correspondientes con el fin de generar la ayuda y beneficio a la parroquia Hermano Miguel, se otorgan los permisos de compra y venta del bien-inmueble para la construcción del nuevo bloque de aulas y ampliación.
- Al utilizar las normas de diseño, especificaciones y códigos vigentes a nivel nacional para diferentes construcciones los mismos que son exigidos por las instituciones de control público y privado con el objetivo de dar seguimiento a los procesos constructivos y cumplir con una igualdad referente a la fiscalización de obras.
- Al implementar una estructura mediante perfiles de acero estructural, incluyendo mano de obra o personal calificado, disposición de material, equipos y maquinaria en el mercado de la construcción se presenta deficiencia en cada uno de estos aspectos, generando una centralización de empresas calificadas para la ejecución de proyectos de esta índole, en relación al costo que se genera el mismo se equilibra con el beneficio de tiempo, la decisión la tomará el inversionista en beneficio general.
- Las redes existentes internas hidrosanitarias presentan un diseño y dirección única, lo que genera una baja de presión para los últimos accesorios en la red, esta construcción presenta deficiencia en los diseños y normas de cumplimiento debido a la antigüedad del proceso constructivo, se sugiere dar seguimiento a la implementación del nuevo servicio sectorizando redes hidrosanitarias internas.

BIBLIOGRAFÍA

- ACI. (318-08). *AMERICAN CONCRETE INSTITUTE* .
- ANSI/AISC. (360-10). *AMERICAN INSTITUTE of STEEL CONSTRUCTION*.
- BÁEZ NOGUERA Jorge, . (2004). *Ingeniería Ambiental*. Colombia: Uninorte.
- CALAVERA, Jose. (1985). *Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón Armado para Edificaciones - Tomo II*. Madrid: INTEMAC.
- CYPE . (1983). *CYPE Ingenieros, Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. Obtenido de CYPE Ingenieros: <http://www.cype.es>
- G. Winter, A.H.Nilson . (1997). *Proyecto de Estructuras de Hormigón*. Barcelona: Reverté,S.A.
- K.K. MUJANOV . (1986). *CONSTRUCCIONES METÁLICAS*. Moscu: V/O Vneshtorgizdat.
- KENNETH C. SCHNEIDER y otros,. (1982). *Métodos Cuantitativos en Administración*. México: Limusa.
- MCCORMAC, Jack C. (2002). *Diseño de Estructuras de Acero. Método LRFD* (Segunda ed.). México: Alfaomega.
- NEC. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción - Capítulo 1: CARGAS Y MATERIALES*.
- NEC-11. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción - Capítulo 16: NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA*.
- NEC-11. (2011). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. CAPITULO 2: Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente*.
- NEC-11. (2011). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. CAPÍTULO 4: Estructuras de Hormigón Armado*.

- NEC-11. (2011). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. CAPÍTULO 5: Estructuras de Acero.*
- NEC-11. (2011). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. CAPÍTULO 9: Geotecnia y Cimentaciones.*
- Nilson, Arthur H. (1999). *Diseño de Estructuras de Concreto.* México: McGraw Hill.
- PÉREZ CARMONA Rafael. (2005). *Aguas, desagües y gas para Edificaciones.* Colombia: EcoEdiciones.
- SEPULVEDA, José A. y otros. (1992). *Ingeniería Económica.* México: McGraw Hill.
- WILLIAMS & HARRIS. (1981). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.* MÉXICO D.F.: CONTINENTAL S.A.