

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE LOS BLOQUES 2 Y 4 DEL MERCADO  
ZONAL SUR DE CAJAMARCA”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

VALDIVIA VARGAS, LLELICZA KARIMÉ

ASESOR:

Dr. ING. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA – PERÚ

2024

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Valdivia Vargas, Llicza Karimé  
DNI: 72855163  
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. Asesor: Dr. ing. Mosqueira Moreno, Miguel Angel  
Facultad: Ingeniería
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación: NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE LOS BLOQUES 2 Y 4 DEL MERCADO ZONAL SUR DE CAJAMARCA
6. Fecha de evaluación: 06/03/2024
7. Software antiplagio:       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 3
9. Código Documento: oid:3117:337920319
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 15/03/2024

 <hr/> <p><b>FIRMA DEL ASESOR</b> <b>Nombres y Apellidos:</b> Miguel Angel Mosqueira Moreno <b>DNI:</b> 26733060</p>	 <p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258601 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 15/03/2024 22:07:38-0500</p> <hr/> <p><b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b></p>
--	--

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

## AGRADECIMIENTO

*Quiero agradecer a Dios por permitirme llegar a cumplir esta meta. También quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa en la realización de esta tesis.*

*En primer lugar, a mi asesor y guía, por su orientación experta, apoyo constante y valiosos comentarios que fueron fundamentales para el desarrollo y éxito de este proyecto.*

*Agradezco también a los docentes, por su invaluable retroalimentación y consejos que enriquecieron el contenido de este trabajo. Mi gratitud se extiende a mis amigos y seres queridos por su apoyo emocional y comprensión durante este arduo proceso.*

*Finalmente, agradezco a la Universidad Nacional de Cajamarca por proporcionar los recursos y el entorno necesario para llevar a cabo esta investigación.*

*Cada uno de ustedes ha sido una parte esencial en este viaje académico y su contribución ha dejado una huella indeleble en el logro de esta meta.*

*¡Gracias!*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo de tesis a mis padres, Nancy y Aníbal, quienes siempre han sido mi fuente de inspiración y apoyo incondicional. Su amor, sacrificio y ejemplo de dedicación me han impulsado a alcanzar mis metas académicas.*

*También dedico este logro a mis hermanas, Patricia y Maricielo por su constante aliento y paciencia a lo largo de este camino.*

*A mis amigos y seres queridos, les dedico este esfuerzo por ser una fuente de alegría.*

*A mi mentor y guía en esta travesía, le dedico mi más sincero agradecimiento por su dedicación y orientación, que han sido cruciales para alcanzar este logro.*

*Cada uno de ustedes ha dejado una marca imborrable en mi viaje académico y personal.*

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.3. HIPÓTESIS.....	21
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.5. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.6. LIMITACIONES.....	22
1.7. OBJETIVOS.....	23
1.7.1. Objetivo general.....	23
1.7.2. Objetivos específicos.....	23
1.8. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS.....	23
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	25
1.8.1. Antecedentes internacionales.....	25
1.8.2. Antecedentes nacionales.....	26
1.8.3. Antecedentes locales.....	27
2.2. BASES TEÓRICAS.....	28

2.2.1.	Sismicidad .....	28
2.2.2.	Edificaciones importantes .....	31
2.2.3.	Diseño sismorresistente según Norma E. 030.....	33
2.2.4.	Diseño por desempeño sísmico.....	35
2.2.5.	Consideraciones en edificaciones esenciales .....	43
2.2.6.	Evaluación del comportamiento sísmico de las edificaciones esenciales .....	44
2.2.7.	Nivel de amenaza sísmica .....	45
2.2.8.	Espectro de peligro uniforme de aceleración .....	52
2.2.9.	Análisis estático no lineal .....	53
2.2.10.	Evolución del tipo de análisis .....	55
2.2.11.	Método de los coeficientes ASCE 41-17 .....	55
2.2.12.	Representación bilineal de la curva de capacidad (FEMA 356) .....	59
2.2.13.	Sectorización de la curva de capacidad.....	61
2.2.14.	Curva de capacidad .....	63
2.2.15.	Espectro de demanda.....	65
2.2.16.	Modelo de comportamiento para concreto armado.....	66
2.2.17.	Modelo inelástico de secciones.....	71
2.2.18.	Modelo inelástico .....	71
2.2.19.	Modelo no lineal del muro de albañilería .....	75
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	77
2.3.1.	Edificaciones importantes .....	77
2.3.2.	Diseño basado en el desempeño sísmico. ....	77
2.3.3.	Nivel de desempeño .....	78
2.3.4.	Análisis pushover .....	78
2.3.5.	Espectro de capacidad .....	78

2.3.6. Punto de desempeño:.....	79
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>80</b>
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	80
3.2. TIEMPO DE REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	81
3.3. PROCEDIMIENTO.....	81
3.3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación.....	81
3.3.2. Población de estudio .....	82
3.3.3. Muestra.....	82
3.3.4. Unidad de análisis .....	82
3.3.5. Tipo de análisis .....	83
3.4. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	83
3.4.1. Procesamiento de datos .....	83
3.4.2. Análisis de datos y presentación de los resultados.....	83
3.4.3. Descripción de la estructura .....	84
3.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	87
3.5.1. Propiedades mecánicas.....	87
3.5.2. Modelo de fuerza-deformación de los materiales .....	89
3.6. METRADO DE CARGAS .....	91
3.6.1. Carga muerta .....	91
3.6.2. Carga viva .....	91
3.7. MODELAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS .....	92
3.8. FACTORES DE SISMICIDAD .....	96
3.8.1. Factor zona.....	96
3.8.2. Coeficiente de uso e importancia .....	97
3.8.3. Factor de amplificación suelo .....	97

3.8.4.	Coefficiente de reducción.....	98
3.9.	VERIFICACIÓN DE LAS IRREGULARIDADES.....	100
3.9.1.	Irregularidad en altura.....	100
3.9.2.	Irregularidad en planta.....	110
3.9.3.	Factores de irregularidad.....	114
3.10.	ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL.....	115
3.11.	ANÁLISIS DINÁMICO LINEAL.....	120
3.11.1.	Modos de vibración.....	120
3.11.2.	Derivas máximas elásticas e inelásticas.....	121
3.11.3.	Cortante dinámico total en la base y factor de escala.....	121
3.11.4.	Verificación del sistema estructural.....	123
3.12.	DEMANDA SÍSMICA.....	124
3.12.1.	Espectro de la norma E. 030.....	124
3.12.2.	Espectro de peligro uniforme para los sismos.....	126
3.13.	NIVELES DE DESEMPEÑO.....	128
3.13.1.	Modelamiento en el software ETABS v.20.03.....	129
3.13.2.	Calibración de dos ensayos en muros de albañilería para columnas anchas con rótula de corte.....	130
3.13.3.	Idealización de los muros de albañilería mediante el modelo de columna ancha (frame).....	135
3.13.4.	Modelado de las estructuras.....	137
3.13.5.	Curvas y espectros de capacidad.....	139
3.13.6.	Representación bilineal.....	147
3.13.7.	Sectorización de la curva y puntos de desempeño.....	152
3.14.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	158
CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		160

4.1.	VERIFICACIÓN DE LAS IRREGULARIDADES .....	160
4.1.1.	Irregularidad en altura .....	160
4.1.2.	Irregularidad en planta .....	160
4.2.	ANÁLISIS LINEAL.....	160
4.2.1.	Desplazamientos laterales relativos admisibles .....	160
4.2.2.	Cortante dinámico total en la base y factor de escalamiento .....	161
4.2.3.	Verificación del sistema estructural .....	161
4.3.	NIVELES DE DESEMPEÑO ALCANZADOS .....	161
4.3.1.	Bloque 2 .....	161
4.3.2.	Bloque 4 .....	162
4.4.	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ENTRE AMBOS BLOQUES.....	163
4.4.1.	Desempeño sísmico para x.....	163
4.4.2.	Desempeño sísmico para y.....	163
	CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	165
5.1.	CONCLUSIONES.....	165
5.2.	RECOMENDACIONES .....	166
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	167
	ANEXOS.....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categoría de las edificaciones y factor U .....	31
Tabla 2 Valores del coeficiente $C_t$ .....	34
Tabla 3 Estados de daño y niveles de desempeño .....	38
Tabla 4 Niveles de desempeño de la edificación.....	40
Tabla 5 Niveles de movimiento sísmico .....	41
Tabla 6 Niveles recomendados de desempeño esperados .....	41
Tabla 7 Nivel de desempeño esperado: criterio de seguridad básica .....	43
Tabla 8 Niveles de desempeño esperado para edificaciones esenciales.....	44
Tabla 9 Parámetros de los sismos de análisis establecidos .....	46
Tabla 10 Sismos de análisis y desempeño esperado en las edificaciones .....	46
Tabla 11 Niveles de amenaza sísmica según ATC-40 .....	47
Tabla 12 Factores de zona .....	48
Tabla 13 Perfiles de suelo y su clasificación.....	49
Tabla 14 Factores de suelo "s" .....	49
Tabla 15 Periodos .....	49
Tabla 16 Categoría de la edificación y factor de uso .....	50
Tabla 17 Coeficiente básico de reducción ( $r$ ).....	51
Tabla 18 Irregularidades estructurales en altura.....	51
Tabla 19 Irregularidades estructurales en planta .....	52
Tabla 20 Valores del factor de modificación .....	57
Tabla 21 Valores del factor de masa efectiva, $c_m$ .....	57
Tabla 22 Parámetros para la obtención del espectro de respuesta.....	66
Tabla 23 Propiedades mecánicas.....	77

Tabla 24 Cimentación de los bloques 2 y 4.....	86
Tabla 25 Vigas y columnas de los bloques 2 y 4 .....	87
Tabla 26 Especificaciones técnicas de los elementos estructurales .....	88
Tabla 27 Peso adicional por metro cuadrado de aligerado.....	91
Tabla 28 Carga viva mínima repartida .....	92
Tabla 29 Valores de rigidez efectiva.....	96
Tabla 30 Factores de zona.....	97
Tabla 31 Categoría de las edificaciones y factor u.....	97
Tabla 32 Factores de suelo "s" .....	98
Tabla 33 Periodos .....	98
Tabla 34 Coeficiente básico de reducción (r).....	99
Tabla 35 Resumen de parámetros sísmicos.....	100
Tabla 36 Irregularidad de rigidez-piso blando .....	101
Tabla 37 Story stiffness dirección x .....	101
Tabla 38 Story stiffness dirección y .....	102
Tabla 39 Story stiffness dirección x .....	103
Tabla 40 Story stiffness dirección y .....	104
Tabla 41 Comprobación de irregularidad de rigidez.....	105
Tabla 42 Irregularidad de rigidez-piso blando .....	105
Tabla 43 Comprueba la resistencia en dirección x .....	106
Tabla 44 Comprueba la resistencia en dirección y .....	106
Tabla 45 Comprueba la resistencia en dirección x.....	107
Tabla 46 Comprueba la resistencia en dirección y .....	107
Tabla 47 Irregularidad de masa .....	107

Tabla 48 Comprobación de irregularidad de masa.....	108
Tabla 49 Irregularidad de geometría vertical .....	109
Tabla 50 Irregularidad de discontinuidad de los sistemas resistentes .....	109
Tabla 51 Resumen de irregularidades de la edificación en altura .....	110
Tabla 52 Irregularidad torsional .....	110
Tabla 53 Derivas en dirección "x" e "y" .....	111
Tabla 54 Irregularidad de esquinas entrantes .....	111
Tabla 55 Comprobación de irregularidad esquinas entrantes.....	112
Tabla 56 Comprobación de irregularidad esquinas entrantes.....	112
Tabla 57 Irregularidad de esquinas entrantes .....	113
Tabla 58 Irregularidad de sistemas no paralelos .....	113
Tabla 59 Resumen de irregularidades de la edificación en planta .....	114
Tabla 60 Factores de irregularidad .....	114
Tabla 61 Categoría y regularidad de las edificaciones .....	114
Tabla 62 Parámetros de análisis .....	115
Tabla 63 Fuerza cortante en la dirección x-x .....	116
Tabla 64 Fuerza cortante en la dirección y-y .....	116
Tabla 65 Fuerza cortante en la dirección x-x .....	117
Tabla 66 Fuerza cortante en la dirección y-y .....	117
Tabla 67 Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura en dirección x.....	118
Tabla 68 Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura en dirección y.....	118
Tabla 69 Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura en dirección x.....	119
Tabla 70 Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura en dirección y.....	119
Tabla 71 Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura .....	119

Tabla 72 Resultados de los modos de vibración .....	120
Tabla 73 Derivas máximas elásticas e inelásticas .....	121
Tabla 74 Fuerza cortante mínima según norma bloque 2.....	122
Tabla 75 Fuerza cortante mínima según norma bloque 4.....	122
Tabla 76 Comprobación del sistema estructural .....	123
Tabla 77 Comprobación del sistema estructural .....	123
Tabla 78 Resumen de parámetros sísmicos según la norma NTE E. 030 .....	124
Tabla 79 Coordenadas espectrales del espectro inelástico y de la curva de peligro sísmico .....	125
Tabla 80 Espectros de peligro uniforme para distintos periodos de retorno- Cajamarca.	127
Tabla 81 Resumen de datos obtenidos del ensayo .....	132
Tabla 82 Puntos del gráfico deriva vs fuerza .....	133
Tabla 83 Ejemplo de cálculo de rótula de corte para cada columna ancha.....	136
Tabla 84 Parámetros para el cálculo de la curva bilineal bloque 2 dirección x .....	148
Tabla 85 Parámetros para el cálculo de la curva bilineal bloque 2 dirección y .....	149
Tabla 86 Parámetros para el cálculo de la curva bilineal bloque 4 dirección x .....	150
Tabla 87 Parámetros para el cálculo de la curva bilineal bloque 4 dirección y .....	151
Tabla 88 Sectorización de la curva de capacidad.....	153
Tabla 89 Puntos de desempeño de bloque 2 dirección x.....	153
Tabla 90 Sectorización de la curva de capacidad.....	154
Tabla 91 Puntos de desempeño de bloque 2 dirección y.....	155
Tabla 92 Sectorización de la curva de capacidad.....	156
Tabla 93 Puntos de desempeño de bloque 4 dirección x.....	156
Tabla 94 Sectorización de la curva de capacidad.....	157

Tabla 95 Puntos de desempeño de bloque 4 dirección y.....	158
Tabla 96 Nivel de desempeño sísmico de bloque 2 en dirección x.....	158
Tabla 97 Nivel de desempeño sísmico de bloque 2 en dirección y.....	159
Tabla 98 Nivel de desempeño sísmico de bloque 4 en dirección x.....	159
Tabla 99 Nivel de desempeño sísmico de bloque 4 en dirección y.....	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa sísmico del Perú .....	29
Figura 2 Zonas sísmicas .....	30
Figura 3 Mapa sísmico del Cajamarca .....	30
Figura 4 Espectro de demanda-capacidad .....	54
Figura 5 Representación bilineal de la curva de capacidad (FEMA 273).....	60
Figura 6 Diagrama v vs d, sectorización por VISION 2000 .....	62
Figura 7 Representación bilineal del método espectro de capacidad .....	65
Figura 8 Modelo elastoplástico .....	67
Figura 9 Modelo de curva completa .....	67
Figura 10 Modelo trilineal.....	68
Figura 11 Modelo de Hognestad-concreto no confinado .....	69
Figura 12 Diagrama parábola-rectángulo de cálculo ceb .....	69
Figura 13 Modelo de Kent y Park para concreto confinado con estribos rectangulares ....	69
Figura 14 Modelo de Mander para concreto confinado .....	70
Figura 15 Idealización de daño en vigas .....	72
Figura 16 Idealización de daño equivalente .....	73
Figura 17 Obtención del diagrama momento-giro .....	73
Figura 18 Idealización del diagrama momento-giro .....	74
Figura 19 Modelación de vigas y columnas en edificios aporticados .....	75
Figura 20 Muro de albañilería y su modelo no lineal equivalente .....	76
Figura 21 Ubicación, área y perímetro del terreno del mercado zonal sur de Cajamarca..	80
Figura 22 Diagrama de metodología .....	82
Figura 23 Modelo de Mander para concreto confinado .....	90

Figura 24 Modelo de Parker para el acero de refuerzo .....	90
Figura 25 Modelado estructural del bloque 2.....	93
Figura 26 Modelado estructural del bloque 4.....	94
Figura 27 Modelado estructural del bloque 2 y 4.....	95
Figura 28 Diagrama story stiffness dirección x.....	102
Figura 29 Diagrama story stiffness dirección y.....	103
Figura 30 Diagrama story stiffness dirección x.....	104
Figura 31 Diagrama story stiffness dirección y.....	105
Figura 32 Espectro de peligro uniforme y espectro inelástico para la ciudad de Cajamarca .....	126
Figura 33 Espectros de peligro uniforme para los distintos periodos de retorno-Cajamarca .....	128
Figura 34 Dimensiones de los muros de albañilería (m).....	131
Figura 35 Lazos histeréticos del muro de ladrillos de arcilla.....	131
Figura 36 Gráfica de envolvente fuerza-desplazamiento con valores absolutos promediado .....	132
Figura 37 Límites de desempeño del muro ensayado .....	133
Figura 38 Rótula de corte v2 .....	134
Figura 39 Rótula de corte v3 .....	135
Figura 40 Ejemplo de modelado de muro de albañilería en ETABS .....	137
Figura 41 Modelado de bloque 2, con rótulas .....	138
Figura 42 Modelado de bloque 2, con rótulas .....	139
Figura 43 Curva de capacidad del bloque 2 en dirección x (v-d).....	140
Figura 44 Espectro de capacidad del bloque 2 en dirección x (sa-sd).....	141

Figura 45 Curva de capacidad del bloque 2 en dirección y (v-d).....	142
Figura 46 Espectro de capacidad del bloque 2 en dirección y (sa-sd).....	143
Figura 47 Curva de capacidad del bloque 4 en dirección x (v-d).....	144
Figura 48 Espectro de capacidad del bloque 4 en dirección x (sa-sd).....	145
Figura 49 Curva de capacidad del bloque 4 en dirección y (v-d).....	146
Figura 50 Espectro de capacidad del bloque 4 en dirección y (sa-sd).....	147
Figura 51 Curva bilineal bloque 2 dirección x (v-d) .....	148
Figura 52 Curva bilineal bloque 2 dirección y (v-d) .....	149
Figura 53 Curva bilineal bloque 4 dirección x (v-d) .....	150
Figura 54 Curva bilineal bloque 4 dirección y (v-d) .....	151
Figura 55 Sectorización y puntos de desempeño bloque 2 dirección x.....	152
Figura 56 Sectorización y puntos de desempeño bloque 2 dirección y.....	154
Figura 57 Sectorización y puntos de desempeño bloque 4 dirección x.....	155
Figura 58 Sectorización y puntos de desempeño bloque 4 dirección y.....	157
Figura 59 Desempeño sísmico característico para los bloques 2 y 4 en dirección x.....	163
Figura 60 Desempeño sísmico característico para los bloques 2 y 4 en dirección x.....	164

## RESUMEN

Evidenciando, que existen distintos sismos en diferente espacio y tiempo. Los que vienen afectando varias edificaciones importantes como centros comerciales y mercados, notando un mal comportamiento en las estructuras, después de estos eventos sísmicos. Se realiza la siguiente investigación en la que se evaluó el nivel de desempeño sísmico de Mercado Zonal Sur ubicado en Cajamarca (zona con alta sismicidad). Esta edificación al acoger a gran cantidad de personas, debe mantenerse operativas y tener un comportamiento estructural adecuado ante la probabilidad de movimientos telúricos. El objetivo principal de la investigación fue determinar el nivel de desempeño sísmico en los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur, haciendo uso de la metodología del ASCE 41-17, por el método de coeficientes que determina con precisión y facilidad cada punto de desempeño que alcance la edificación de acuerdo al movimiento sísmico y los objetivos de desempeño del comité VISION 2000. Se realizó el análisis estático no lineal, para determinar los niveles de desempeño, para el que elaboró el modelamiento numérico, en el software ETABS 20.03, donde fue necesario realizar una idealización de los muros de albañilería como columna ancha. Finalmente, en el programa se halla la curva de capacidad, y se realiza el análisis de datos en Excel. Concluyendo que el Bloque 2 y 4 en la dirección X e Y tiene un nivel de desempeño sísmico de colapso para un movimiento sísmico raro de 475 años de retorno, demostrando la baja ductilidad de la edificación en ambas direcciones.

***Palabras clave:*** Análisis estático no lineal, columna ancha, desempeño sísmico, puntos de desempeño, modelamiento numérico, curva de capacidad.

## ABSTRACT

Evidence that there are many earthquakes that occur in different space and time, such as the example of the earthquake that occurred in 2017, in Mexico City, with a magnitude of 7.1; where damage from overstress due to cutting could be observed in more than 10 shopping centers. Noting that important buildings such as markets and shopping centers were affected and showed poor behavior due to recent seismic events, the following investigation was carried out, in which the level of seismic performance of Mercado Zonal Sur de Cajamarca was determined. Since this building accommodates a large number of people, it must remain operational and have adequate structural behavior in the face of the probability of earthquakes. The main objective of this research was to determine the level of seismic performance in blocks 2 and 4 of the Southern Zonal Market, using the ASCE 41-17 methodology, by the coefficient method that accurately and easily determines each performance point that scope the building according to each earthquake: frequent, occasional, rare and very rare; and the performance objectives of the VISON 2000 committee. A non-linear static analysis was carried out to determine the performance levels, for this numerical modeling was developed in the ETABS 20.03 software, where it was necessary to carry out an idealization of the masonry walls as a wide column, to be able to place the corresponding plastic hinges on each structural element. Finally, the capacity curve is found in the program and the data analysis in Excel. Concluding that Block 2 and 4 in the X and Y direction have a collapse seismic performance level for a rare 475-year return earthquake, demonstrating the low ductility of the structure in both directions.

**Keywords:** Nonlinear static analysis, wide column, seismic performance, performance points, numerical modeling, capacity curve.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Con el paso del tiempo, las ciudades antiguas; han sido afectadas por los distintos cambios y movimientos que sufre la tierra en su interior; generados por algunos procesos volcánicos, rupturas de fallas geológicas o por el roce en el borde de las placas tectónicas (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, IGEMMET, 2021). Todas estas acciones anteriores, generan los fenómenos naturales denominados sismos.

En América Latina, específicamente en su zona occidental, es susceptible a fuertes movimientos sísmicos debido a su proximidad a placas tectónicas activas. Según BBC News Mundo (2022); “tras el sismo de 2017 de magnitud 7,1 en la Ciudad de México, se evidenció la falla inmediata de más de 10 centros comerciales, por ejemplo, en Centro comercial Perisur, uno de las áreas comerciales de mayor distinción en la ciudad, aforando alrededor de 3 mil personas, en esta edificación se observó daños de sobre esfuerzo por corte, tras el movimiento telúrico”.

En el ámbito peruano, debido a su ubicación geográfica, es evidente la presencia frecuente de actividad sísmica. Uno de los movimientos sísmicos más fuertes fue el sismo de magnitud 6 en el Distrito de Mala, (El Peruano, 2021); el cual tuvo repercusión en gran parte de la región de Lima, afectando a viviendas y centros comerciales que acogen a gran cantidad de la población, uno de ellos fue el “Mall del Sur” en Chorrillos, donde se evidenció el desprendimiento de las baldosas del cielo raso y algunas grietas en los elementos estructurales.

Ahora, en el ámbito regional, según (Cenepred, 2021, pág. 12) de acuerdo al mapa de susceptibilidad de masa, Cajamarca se encuentra mayormente en zonas de color amarillo, lo que simboliza la ocurrencia de algunos movimientos en masa, detonados por sismos y lluvias. En el 2019 según el (INDECI) ocurrió un sismo con una magnitud de 8, en Lagunas-Alto Amazonas,

que tuvo una considerable repercusión en algunas partes de la región de Cajamarca, causando perjuicios estructurales en edificaciones esenciales e importantes, por ejemplo, en la provincia de Jaén las instituciones educativas y mercados como “Mega Plaza Jaén” sufrieron fisuras debido a los eventos sísmicos.

Notando que los casos expuestos anteriormente son estructuras nuevas, y han presentado problemas de comportamiento frente a movimientos telúricos. Teniendo en cuenta que según la Norma E.030, (2018), Cajamarca se encuentra en una zona altamente sísmica (Z3), con un factor 0.35g para un periodo de retorno de 475 años; y además la edificación en estudio se encuentra en la categoría de “importante”, lo que significa que debe mantenerse operativas ante un sismo de alta magnitud. Entonces se ha visto conveniente realizar este trabajo de investigación.

Esta investigación se encargó de poder evaluar la variable: nivel de desempeño sísmico de los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur de Cajamarca, empleando el análisis estático no lineal. Para lo que se empleó el método de coeficientes, planteado por el ASCE 41-17, siendo este un método más actualizado y conservador con respecto a la metodología que propone el FEMA 440; con el que podemos verificar si el edificio cumple con el objetivo de desempeño sísmico para un movimiento sísmico raro.

La edificación a evaluar fue diseñada en el año 2012, usando la Norma E. 030 vigente de ese entonces. Esta norma, presenta una actualización mediante la RM N° 355-2018-VIVIENDA, 2018, modificando de esta forma la Norma E. 030, el artículo 11 (Microzonificación sísmica), 12.1 Perfiles de suelo, procedimiento para el análisis sísmico. Por ello se ha visto conveniente realizar una verificación del análisis lineal de la estructura con la norma de diseño sismorresistente actualizada, y comprobar si cumple con lo estipulado, y determinar posibles irregularidades en la estructura.

Así mismo se hizo uso de los datos hallados en los análisis estático y dinámico lineal, para la comprobación del tipo de sistema estructural del Mercado Zonal Sur. Para poder determinar el nivel de desempeño sísmico de los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur, se tuvo que realizar el análisis estático no lineal de la estructura, teniendo en cuenta los pasos empleados en la metodología propuesta por el ASCE 41-17, con el método de los coeficientes.

Al obtener la curva de capacidad de cada bloque se determinan los puntos de desempeño sísmico para cada nivel de movimiento propuesto por el comité VISION 2000, el cual presenta 4 niveles utilizados en esta investigación debido a que los objetivos de desempeño son más conservadores y se puede determinar el punto de desempeño para sismos con periodo de retorno bajo desde 43 y 72 años hasta periodos de retorno de 475 a 970 años.

## **1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cuál es el nivel de desempeño sísmico de los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur de Cajamarca?

## **1.3.HIPÓTESIS**

El nivel de desempeño sísmico de los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur de Cajamarca, es de “resguardo de vida” para el movimiento sísmico raro, según lo recomendado por el comité VISION 2000 (SEOAC, 1995).

## **1.4.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación busca profundizar el conocimiento sobre el análisis estático no lineal, de una edificación estructurada a base de muros de albañilería, haciendo uso del procedimiento propuesto por el ASCE/SEI 41-17 (2017), en el capítulo 14, punto 14.5, con el procedimiento del método de los coeficientes para un análisis no lineal, y los parámetros de evaluación de desempeño sísmico propuesto el comité VISION 2000 (SEAOC, 1995).

Además, se desarrolla el análisis no lineal del Mercado Zonal Sur de Cajamarca (lugar con alta sismicidad), para evaluar el desempeño sísmico de esta estructura importante según la categorización de la Norma E.030, teniendo en cuenta que, es necesario que presente un funcionamiento adecuado durante y después de un sismo.

### **1.5.ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación consideró el proyecto del Mercado Zonal Sur de Cajamarca, realizando un análisis estático no lineal de los bloques 2 y 4, para determinar el nivel de desempeño sísmico.

Se usó la metodología expuesta en el capítulo 14 de la norma ASCE 41-17, ya que presenta un método más actualizado, y lineamientos para desarrollar un diseño por desempeño de las edificaciones, enfocados en la prevención del colapso y funcionalidad.

El estudio abarcó además análisis lineal, empleando la Norma E.030, 2018 para una comprobación del diseño elaborado durante el año 2012.

Para hallar el nivel de desempeño sísmico, se tuvo en consideración los objetivos de desempeño pautados por el comité VISION 2000, con 4 niveles de amenaza sísmica, un criterio con el que se puede hallar el punto de desempeño en los sismos con menor periodo de retorno (43 y 72 años) hasta los más grandes (475 y 970 años).

### **1.6.LIMITACIONES**

Se realizó un estudio del Mercado Zonal Sur considerando lo expuesto en los planos y los materiales del expediente técnico, realizando la investigación de acuerdo a los datos brindados en la Municipalidad Provincial de Cajamarca. Por lo que la visita a campo no se pudo realizar ya que la obra se encuentra en observación por la contraloría (Nota de prensa, 2018).

Para la elaboración de esta investigación se siguió los pasos de la investigación “Análisis Dinámico Incremental de un Hospital de 60 Años de Antigüedad con Muros de Albañilería

Artesanal” (Gonzales, G. y Aguilar, A., 2020), ya que los estudios sobre análisis no lineal en albañilería, son muy escasos.

Para la introducción de las propiedades no lineales del muro de albañilería al programa, se realizó una calibración de los datos en el programa con 2 ensayos propuestos por la Pontificia Universidad Católica del Perú, extraídos de investigaciones que emplearon el mismo material en albañilería del Mercado Zonal Sur.

## **1.7.OBJETIVOS**

### ***1.7.1. Objetivo general***

Determinar el nivel de desempeño sísmico de los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur de Cajamarca

### ***1.7.2. Objetivos específicos***

- Determinar el nivel de desempeño sísmico para un sismo frecuente.
- Determinar el nivel de desempeño sísmico para un sismo ocasional.
- Determinar el nivel de desempeño sísmico para un sismo raro.
- Determinar el nivel de desempeño sísmico para un sismo muy raro.

## **1.8.ORGANIZACIÓN DE LA TESIS**

Este trabajo de investigación presenta cinco capítulos

**CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.** Se muestra la introducción, que contiene el planteamiento del problema, la formulación del problema, la hipótesis, la justificación, los alcances, las limitaciones y los objetivos.

**CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.** Se proporciona la totalidad de la información correspondiente al marco teórico, así mismo los antecedentes teóricos de la investigación, las bases teóricas y la definición de los términos fundamentales.

**CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.** Incluye la localización geográfica de la estructura, la temporalidad de la investigación, especifica la metodología empleada y presenta los resultados obtenidos del análisis lineal y no lineal.

**CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.** Se elabora el análisis y la discusión de los resultados obtenidos del análisis estático no lineal Pushover.

**CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.** En este segmento se exponen las conclusiones derivadas del estudio, junto con recomendaciones que contribuyen a ampliar la comprensión del trabajo de investigación. Además, se incorporan las referencias bibliográficas y los anexos respectivos.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:** Se presenta una lista de fuentes que se usó a lo largo de la investigación.

**ANEXOS:** Se presenta información complementaria, extraídas del expediente técnico y documentos solicitados.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1.ANTECEDENTES TEÓRICOS

#### 1.8.1. *Antecedentes internacionales*

**Campbell, J. & Duran, M. (2017).** En el estudio titulado "Modelo numérico para el análisis no lineal de muros de albañilería", se propone la representación del comportamiento respuesta no lineal de muros de albañilería bajo cargas aplicadas en su propio plano. La modelación desarrollada logra una representación precisa de muros de albañilería simple, confinada y armada utilizando el software ANSYS. Este software permite considerar las propiedades de los materiales, incluyendo ladrillos, mortero e interfaces. Un aspecto destacado de la investigación es la introducción del modelo de junta, simulado como una conexión especial de dos resortes no lineales. Esto permite capturar de manera efectiva los diversos modos de falla de las juntas en los muros de albañilería. Como resultado principal de esta investigación, se ha obtenido la curva del muro, donde se evidencia el desplazamiento en la parte superior versus la fuerza en la base. El modelo se aplicó exitosamente para simular el comportamiento estructural de varios muros de mampostería que previamente se habían sometido a pruebas en la Universidad de La Serena y la Universidad de Chile, demostrando resultados satisfactorios.

**Suárez, C. ( 2017).** En su monografía "Análisis de Vulnerabilidad Estructural del bloque 5 de la facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas mediante el uso del procedimiento no Lineal Estático de Plastificación progresiva "PUSHOVER"" nos propone realizar un estudio que lleve las estructuras a sus parámetros de falla en caso de un terremoto, ya que esto proporciona evidencia confiable para tomar decisiones que contribuyan a la mejora de la resiliencia de los que ocupen las diversas

estructuras. Para este documento se ha usado uno de los métodos computacionales, que brinda buenos resultados, es el análisis PUSHOVER, estática no lineal porque tiene en cuenta las fuerzas sísmicas primordiales que provocan la falla de todos los recursos y el colapso de la configuración. Los resultados obtenidos pueden utilizarse para conocer con mayor precisión la vulnerabilidad de la obra y el nivel de riesgo para el visitante. Teniendo en los métodos y valores de investigación recomendados por la normatividad colombiana vigente (NSR-10) para efectos de la aplicación razonable del expediente final y su correspondencia a casos reales en el territorio nacional.

### ***1.8.2. Antecedentes nacionales***

**Gonzales, G. & Aguilar, A. & Huaco, G. (2020).** En su investigación sobre el “Análisis Dinámico Incremental de un Hospital de 60 años de Antigüedad con Muros de Albañilería” tiene como finalidad realizar un modelo no lineal de dicha estructura, para entender cómo se comportan los componentes estructurales y la estructura general ante un movimiento sísmico. Para esto se realizó en primer lugar una calibración de los muros de albañilería con los resultados obtenidos de pruebas llevadas a cabo en el laboratorio, obteniendo los datos necesarios para realizar el modelo computacional de la estructura, seguidamente, se sometió al modelo a un análisis de tiempo historia, con distintos niveles de intensidad, obteniendo de esta manera las curvas IDA, en cada dirección ortogonal. Como conclusión demostraron que la estructura presentó una gran rigidez para registros de corta duración.

**Calcina Peña, R. (2017).** En su tesis para obtener el grado de Magister en Ingeniería Civil, denominada “Evaluación del desempeño Sísmico de un Edificio de Once pisos utilizando Análisis Estático y Dinámico No-Lineal”, el propósito fue analizar la respuesta sísmica de un edificio de 11 pisos mediante el empleo de estudios estáticos y dinámicos, no lineales.

El estudio de control se realizó de acuerdo con los métodos y el estudio de resultados establecidos por la Regulación 273 de FEMA. Continuó con las pautas iniciadas por FEMA y el Código ATC-40. Estos estudios permitió observar juntas o áreas de los recursos estructurales del inmueble que podrían causar daños y dejar de funcionar en caso de un sismo. Además, la aplicación de estas dos metodologías nos permitió conocer las debilidades de esta estructura.

### ***1.8.3. Antecedentes locales***

**Fustamante Huamán, D. (2021).** En su investigación titulada "Nivel de Desempeño Sísmico de una Edificación de 11 Pisos en la Provincia de Chota mediante el Método del Espectro Capacidad-Demanda", el objetivo principal es evaluar y determinar los niveles de sismorresistencia de un edificio de 11 pisos ubicado en la ciudad de Chota, utilizando el método ATC-40. Este método emplea el Espectro de Demanda de Capacidad y considera un sistema estructural compuesto por paredes y marcos estructurales, donde las paredes estructurales absorben más del 70% de la fuerza de corte en la base.

El rendimiento sísmico se evaluó mediante los niveles establecidos por el ATC, haciendo uso del software ETABS versión 20 para el análisis y diseño. Se llevó a cabo un análisis estático no lineal para determinar las fuerzas de corte y los desplazamientos asociados. Así mismo, se generaron las curvas de capacidad de diseño, que permitieron identificar los desplazamientos de fluencia y colapso, relacionándolos con los niveles de rendimiento.

Los resultados de la evaluación señalan que, en la dirección X, la estructura cumple con los estándares de seguridad vital para el terremoto de diseño, aunque no satisface completamente el máximo nivel sísmico, lo que podría dar lugar a un posible colapso. En cuanto a la dirección Y, la estructura cumple con los criterios para el sismo de servicio y el sismo de diseño, pero no alcanza el valor máximo de sismo, más allá del cual se predice el colapso de la estructura.

**Altamirano Segura, R. (2021).** En su tesis titulada "Desempeño Sismorresistente del Pabellón 'D' de Educación Secundaria de la Institución Educativa de San Ramón-Cajamarca", se aborda la importancia del diseño estructural y sísmico en centros educativos, considerando la significativa concentración de personas en estas instalaciones. Por ello la investigación se centra en evaluar el nivel de desempeño sísmico del Bloque D de la IE, utilizando el método propuesto por el (ATC-40, 1996), así como los objetivos de desempeño del comité VISION 2000. La verificación se llevó a cabo analizando la capacidad de la estructura mediante información proveniente de planos estructurales y modelando en el software SAP 2000. Los resultados indican que el desempeño sísmico de la estructura frente a terremotos raros según (Norma E.030, 2018) y terremotos muy raros se encuentra en el rango reguardo de vida, pero cercano al colapso. Por lo tanto, no cumple con los objetivos de desempeño sísmico establecidos por el comité VISION 2000.

## **2.2.BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Sismicidad**

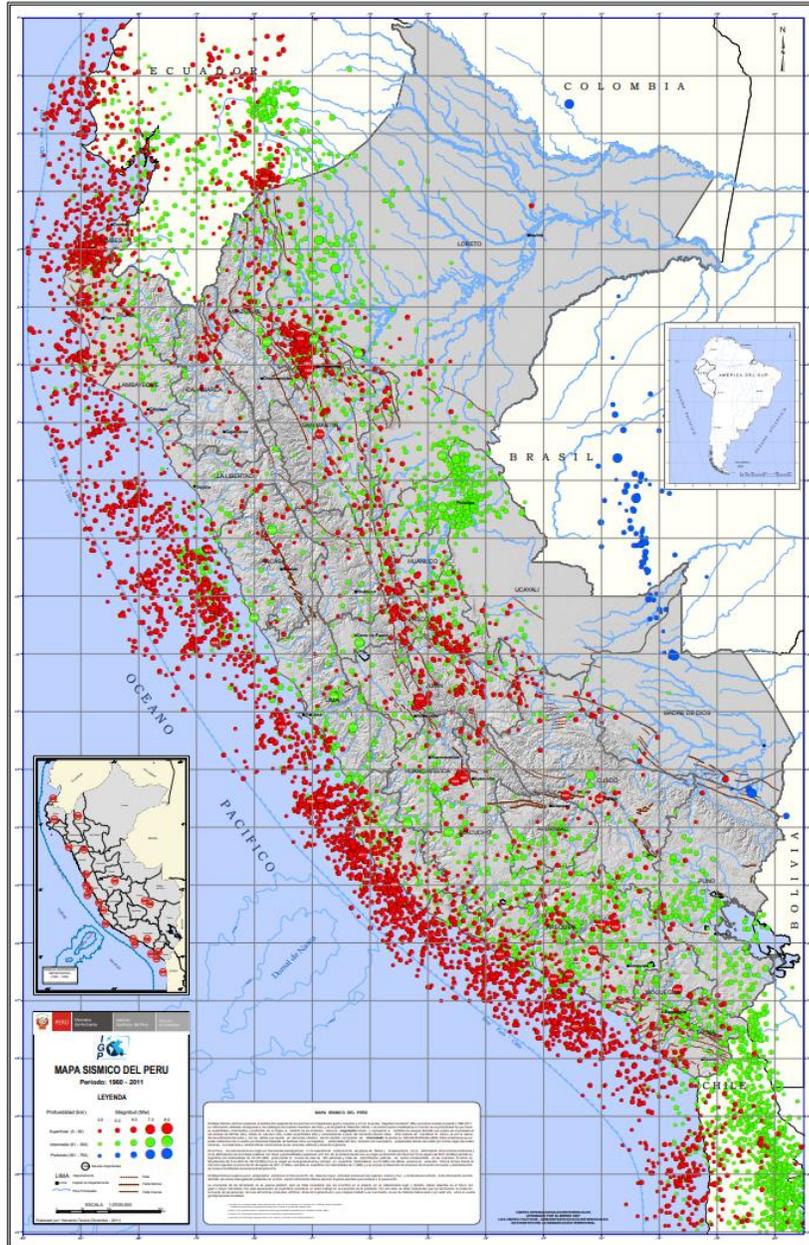
**Sismicidad en el Perú.** Según (Tavera, H., 2020) los sismos que ocurren en la demarcación territorial peruana, se deben a la subducción de las placas y el desplazamiento energético de cada una de las unidades tectónicas dentro de la corteza terrestre.

La Figura 1, Tavera, H. (2020, pág. 15) muestra un mapa de actividad sísmica en Perú de 1960 a 2018. Los sismos presentan tres tipos: superficiales, intermedios y profundos. Las actividades sísmicas de foco superficial, están dispersadas a lo largo de la costa peruano-chilena, (círculos rojos), definiendo la fuente principal propensión sísmica. También está la fuente secundaria, son los cambios en la forma de la corteza terrestre, los cuales son responsables de la generación de sismos en la cordillera andina (círculos rojos). Los sismos intermedios, están extendidos en tres zonas definidas, (círculos verdes)

(Tavera, H. 2020, pág. 15). Los sismos de origen profundo, representados por círculos azules, se los observa dispersados de manera longitudinal de sur hasta el norte en la región limítrofe entre Perú y Brasil.

### Figura 1

Mapa sísmico del Perú



Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2023

**Sismicidad en Cajamarca.** De acuerdo con la normativa técnica peruana NTE. E.030 del año 2018, Cajamarca está clasificada en las zonas sísmicas 02 y 03, según se ilustra en la Figura 2. Esta clasificación confirma la elevada actividad sísmica en la región, conforme a las indicaciones del RNE en su normativa sobre Diseño Sismorresistente.

**Figura 2**

*Zonas sísmicas*



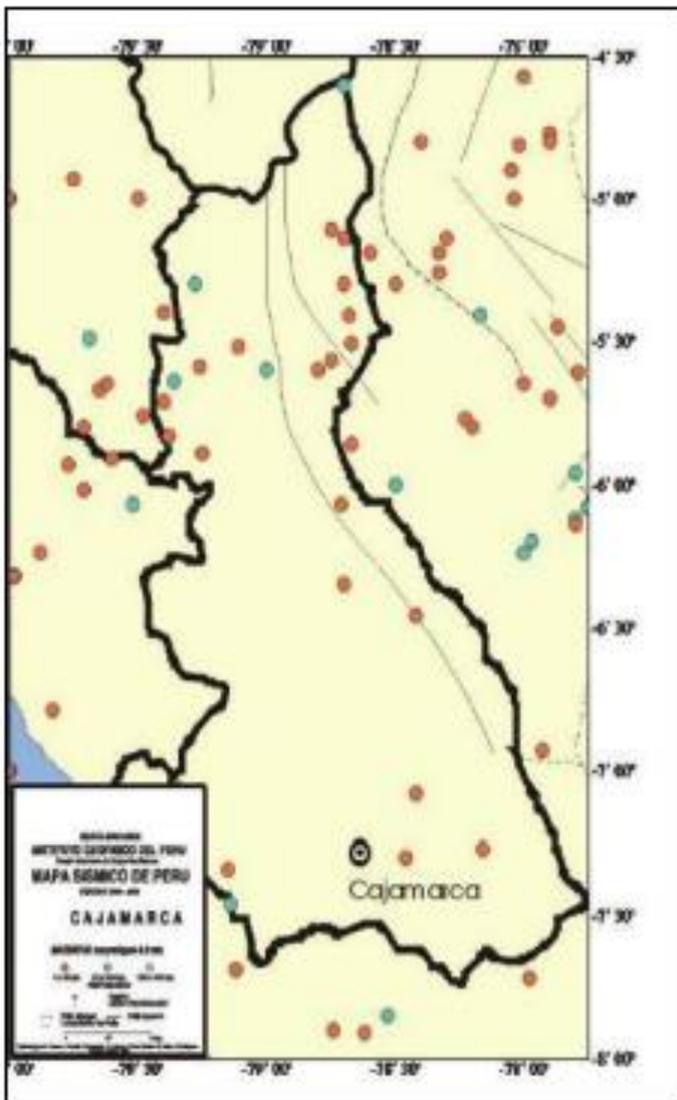
*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018*

Últimamente según Mosqueira, M.A. (2012), no se ha presentado ningún sismo de alta magnitud en Cajamarca, se puede observar en la Figura 3, pero al presentar una

formación geológica particular, la naturaleza de sus suelos y la presencia volcánica, se tiene mayor certeza de la ocurrencia de sismos, que, debido a las características de sus suelos, los efectos se amplificarán, considerando de esta forma una zona de silencio sísmico.

### Figura 3

*Mapa sísmico del Cajamarca*



*Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2009*

#### 2.2.2. Edificaciones importantes

La (Norma E.030, 2018) categoriza a las edificaciones, mostrado en la Tabla 1.

**Tabla 1***Categoría de las edificaciones y factor U*

<b>Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”</b>		
<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FACTOR U</b>
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.</li> <li>- Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> <li>- Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</li> <li>- Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</li> <li>- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</li> </ul>	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

### 2.2.3. *Diseño sismorresistente según Norma E. 030.*

Se utilizan dos procedimientos:

#### **Análisis estático lineal**

*Generalidades.* Según la Norma E.030, 2018, art. 4.5, este análisis ayuda a verificar las solicitaciones sísmicas por medio de un grupo de fuerzas que actúan en el centro de masas en cada uno de los niveles de la edificación. Se sigue esta metodología para todas las estructuras regulares o irregulares que se encuentran en zona sísmica 1, en las otras zonas sísmicas puede ser empleado en estructuras regulares.

#### *Fuerza Cortante en la Base:*

Se halla la fuerza cortante total en la base de la estructura, en cada dirección utilizando la siguiente expresión (Norma E.030, 2018):

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

El valor de C/R no debe ser menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

#### *Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:*

Las fuerzas sísmicas horizontales en cada nivel "i", asociadas con una dirección específica, se determinan mediante:

$$F_i = \alpha_i * V$$

#### *Periodo Fundamental de Vibración:*

Este periodo se calcula con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde, el coeficiente  $C_t$  varía de acuerdo a cuáles serían los elementos resistentes en una dirección respectiva de la edificación, como se puede notar en la Tabla 2, según la (Norma E.030, 2018).

**Tabla 2**

*Valores del coeficiente  $C_t$*

$C_T = 35$	Pórticos de concreto armado sin muros de corte Pórticos dúctiles de acero con uniones resistente a momentos, sin arriostre.
$C_T = 45$	Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras Pórticos de acero arriostrado
$C_T = 60$	Edificios de albañilería y para los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

### **Análisis dinámico lineal**

**Modos de vibración.** Como menciona en la Norma E.030, (2018), art. 4.6.1, la identificación del modo de vibración se puede lograr a través de un análisis específico que considera adecuadamente la rigidez y la distribución de masa. Para cada una de las direcciones, estos modos de vibración se consideran al menos el 90 % de la cantidad total, sin embargo, al menos los tres primeros modos principales en la orientación del análisis.

Aceleración Espectral: Para cada dirección horizontal analizada, el pseudo espectro no elástico determinado por:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Criterios de Combinación: Según se muestra en la Norma E.030, (2018), art. 4.6.3., se permite hallar una respuesta elástica máxima a la fuerza interna de los

componentes estructurales: la fuerza cortante de la base, la cortante de entrepiso y los momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso. Así mismo la respuesta elástica máxima esperada correspondiente al efecto articular del modo de vibración diferente utilizado se puede determinar Empleando una combinación integral secundaria de valores calculados en cada modo

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i * p_{ij} * r_j}$$

Donde r es la respuesta modal, desplazamientos o fuerzas.

Los coeficientes de correlación se muestran de la siguiente forma:

$$p_{ij} = \frac{8\beta^2(1 + \lambda)\lambda^{3/2}}{(1 - \lambda^2)^2 + 4\beta^2\lambda(1 - \lambda^2)^2}$$

$$\lambda = \frac{w_j}{w_i}$$

$\beta$ : fracción del amortiguamiento crítico, que se supone contante para todos los modos iguala a  $0,05w_i$ ,  $w_j$  son las frecuencias angulares de los modos i, j.

Fuerza Cortante Mínima: según la Norma E.030. (2018), art. 4.6.4, la fuerza de cambio en el primer entrepiso del edificio puede ser al menos el 80 % del valor determinado de acuerdo con el número 4.5 para estructuras ordinarias, o menos del 90 % cuando se trata de estructuras irregulares. Solo de ser necesario, para aumentar el cambio, para corresponder a los mínimos indicados, todos los demás resultados deben ser aumentados proporcionalmente, excepto los desplazamientos.

#### **2.2.4. Diseño por desempeño sísmico**

Este término hace referencia al diseño de capacidades, cuyo propósito es que la estructura tenga un funcionamiento adecuado, medido por ciertos cambios. Estos procedimientos son: el espectro de capacidad y el procedimiento directo basado en

desplazamientos, según (Carillo, J., 2007, págs. 92-96, como se cita en, Estrella, J.J. y Ochoa, A.J., 2024)

**Niveles de desempeño sísmico.** Establece un umbral de daño, que indica una condición límite o tolerable, definida en la funcionalidad del probable daño físico a la estructura, la posible amenaza a la estabilidad de los ocupantes de la estructura debido a estos daños y la capacidad funcional de la estructura después del evento sísmico (**ATC-40, 1996, págs. 3-7**).

**Propuesta VISION 2000.** Una de las fortalezas de VISIÓN 2000 es que fomenta un procedimiento integral en el diseño, evaluación y creación. Esto incluye elegir la ubicación correcta, elegir los materiales y sistemas estructurales correctos, la calidad de los detalles, la resistencia y la rigidez, la importancia de los sistemas no estructurales, la calidad de la creación, etc. (Bonett, R.L., 2003, pág. 51)

Este comité define cuatro niveles de control que categorizamos de la siguiente manera:

- **Totalmente Operacional (A):** Según el (SEAOC, 1995), el grado de control en el que no se produce daño. El impacto sobre los ocupantes de las instalaciones es insignificante. La construcción sigue siendo completamente segura para los residentes. Todos los elementos y servicios del edificio están operativos y disponibles para su uso. Por lo general, no se necesitan reparaciones.
- **Operacional (B):** Como propone el (SEAOC, 1995), el nivel de gestión con daños moderados en los recursos no estructurales y contenidos del edificio, e incluso daños menores en los recursos estructurales. Se toman medidas para mitigar los daños, y la estabilidad del edificio no se ve comprometida. Las estructuras deben estar listas para

realizar sus funciones habituales de manera inmediata después de un terremoto. Por lo general, se necesitan pocas reparaciones menores..

- **Seguridad (C):** Menciona en el (SEAOC, 1995), que el nivel de funcionamiento en el que se producen daños intermedios en los recursos estructurales y no estructurales y al contenido de la estructura, deterioro de la rigidez lateral y de la resistencia del sistema, así mismo la interrupción de los suministros eléctricos y mecánicos y modificación de las vías de escape de la estructura. En este caso las instalaciones no están operativas y la edificación podría necesitar reparaciones adecuadas.
- **Pre-colapso (D):** El nivel operativo para el (SEAOC, 1995), es el que la disminución de la resistencia lateral y la capacidad de resistencia del sistema pone en compromiso la equivalencia composicional, se aproxima a la falla estructural. Se generan interrupciones de servicio y rutas de escape. El edificio es totalmente inseguro para los residentes y la expansión de las reparaciones puede no ser técnica y/o económicamente factible.

En la alusión anterior se tiene en cuenta una explicación detallada de los niveles de daño permisibles asociados a los cuatro niveles de manejo, mostrados en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Estados de daño y niveles de desempeño*

<b>Estado de daño</b>	<b>Nivel de Desempeño</b>	<b>Características</b>
<b>Despreciable</b>	Totamente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
<b>Ligero</b>	Operacional	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
<b>Moderado</b>	Seguridad	Daños moderados. La estructura sufre daños, pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse
<b>Severo</b>	Pre-Colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
<b>Completo</b>	Colapso	Colapso estructural

*Fuente: SEOAC, 1995*

*Propuesta ATC-40 (1996).* Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (1996) brinda por separado el “nivel de desempeño para la estructura” y el “nivel de desempeño para los componentes no estructurales”, obteniendo cada uno de ellos llegamos a la definición del “nivel de desempeño de la edificación”. Presentamos los niveles de desempeño para la estructura son 6 y los niveles de desempeño para los componentes no estructurales son 5.

Nivel de desempeño para la estructura:

- **Sp-1. Inmediata ocupación:** según el (ATC-40, 1996), es el sistema, que es resistente a cargas verticales y laterales, permanece fundamentalmente sin cambios, el daño a la estructura puede ser menor, el riesgo para la vida es insignificante y la estructura permanece completamente funcional.
- **Sp-2. Daño controlado:** como se menciona en el (ATC-40, 1996), responder al estado cambiante del mal en condiciones extremas de ocupación y estabilidad inmediatas.

- **Sp-3. Seguridad:** para el (ATC-40, 1996), hace referencia que aunque la estructura pueda haber sufrido daño significativo, la mayoría de los elementos estructurales permanecen intactos.
- **Sp-4. Seguridad limitada:** citando al (ATC-40, 1996), lo define como: el nivel que responde a condiciones adversas cambiantes dentro de las circunstancias marginales de estabilidad y seguridad estructural y conlleva un alto riesgo para los residentes.
- **Sp-5. Estabilidad estructural:** el (ATC-40, 1996) indica que es una condición de fallo, en la cual el sistema estructural está al límite de sufrir un colapso parcial o total.
- **Sp-6. No considerado:** situación en que solo se contempla la clasificación sísmica de los elementos no estructurales. Se limita a la evaluación de la gestión de los recursos no estructurales (ATC-40, 1996).

#### Nivel de desempeño para los componentes no estructurales

Muestra los estados de falla de elementos no estructurales. El (ATC-40, 1996) define cuatro condiciones de falla: Operacional, Ocupación Rápida, Estabilidad y Amenaza, con la abreviatura NP-n (“Non-structural performance”, donde n representa la letra).

- **Np-a. Operacional:** del movimiento sísmico, los sistemas, elementos y recursos no estructurales están intactos y operativos.
- **Np-b. Inmediata ocupación:** los sistemas y elementos no estructurales se mantienen en su posición, con interrupciones mínimas que no comprometen ni restringen su funcionamiento.
- **Np-c. Seguridad:** Considera daños significativos en sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin que estos colapsen o se interrumpan de manera que represente una amenaza grave para los ocupantes.

- **Np-d. Amenaza:** Involucra daño significativo en sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin el colapso de elementos grandes y pesados que representen una amenaza para grupos de personas.
- **Np-e. No considerado:** No se relaciona con un nivel de rendimiento de los componentes no estructurales, sino con una situación en la que solo se realiza una evaluación sísmica de los componentes estructurales.

Nivel de desempeño de la edificación

Mediante la Tabla 4 se detallan los potenciales estados de deterioro para la construcción. Combinando los niveles de desempeño de la estructura y de los componentes no estructurales, se obtienen estos nuevos niveles de desempeño (ATC-40, 1996).

**Tabla 4**

*Niveles de desempeño de la edificación*

	SP-1 Inmediata Ocupación	SP-2 Daño Controlado(rango)	SP-3 Seguridad	SP-4 Seguridad limitada (rango)	SP-5 Estabilidad Estructural	SP-6 No considerado
NP-A Operacional	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Inmediata Ocupación	1-B Inmediata Ocupación	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Seguridad	1-C	2-C	3-C Seguridad	4-C	5-C	6-C
NP-D Amenaza	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E No Considerado	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad Estructural	No Aplicable

*Fuente: ATC-40, 1996*

**Niveles de amenaza sísmica.**

**Propuesta VISION 2000.** La propuesta del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995), establece cuatro categorías de riesgo sísmico. La Tabla 5 presenta los respectivos niveles de actividad sísmica, identificados mediante los siguientes términos descriptivos.

**Tabla 5**

*Niveles de movimiento sísmico*

<b>Nivel del movimiento sísmico</b>	<b>Periodo medio de retorno T (años)</b>	<b>Probabilidad de excedencia (p, t)</b>
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy raro	970 años	10% en 100 años

*Fuente: SEOAC, 1995*

Los requisitos mínimos para el comportamiento sísmico de las construcciones se definen a través del rendimiento anticipado de las edificaciones frente a distintos niveles de riesgo sísmico. La Tabla 6 presenta las recomendaciones para los niveles esperados de rendimiento de las edificaciones, según su clasificación de uso y ocupación.

**Tabla 6**

*Niveles recomendados de desempeño esperados*

Instalaciones Básicas Instalaciones Esenciales/Riesgosas Instalaciones de Seguridad Crítica Desempeño inaceptable		Nivel de Desempeño Sísmico			
		Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad	Pre-Colapso
Nivel del Movimiento Sísmico	Frecuente (T=43 años)	1	0	0	0
	Ocasional (T=72 años)	2	1	0	0
	Raro (T=475 años)	3	2	1	0
	Muy Raro (T=970 años)	-	3	2	1

*Fuente: SEOAC, 1995*

**Propuesta ATC-40 (1996).** De acuerdo a la propuesta del ATC-40 (1996) se establecen tres niveles de riesgo asociados a movimientos sísmicos identificados de la siguiente manera:

- *Sismo de Servicio (SS)*; que es relativo a movimientos sísmicos de intensidad baja a moderada, que suelen ser frecuentes, generalmente vinculados con un 50% de probabilidad de excederse en un lapso de 50 años. Este tipo de movimientos tiene un período medio de retorno de aproximadamente 72 años, lo que implica la posibilidad de que ocurra varias veces durante la vida útil de una edificación.
- *Sismo de Diseño (SD)*; se refiere a eventos sísmicos de intensidad moderada a severa, poco comunes, con alrededor del 10% de probabilidad de ocurrir en un lapso de 50 años y un período medio de retorno de aproximadamente 475 años.
- *Sismo Máximo (SM)*; hace referencia a eventos sísmicos de intensidad severa o muy severa, de ocurrencia extremadamente poco frecuente, con aproximadamente un 5% de probabilidad de suceder en un lapso de 50 años y un período medio de retorno de alrededor de 975 años.

El nivel operativo deseado de la construcción se establece una vez que se ha encontrado el límite de daño tolerable en la construcción y la tasa de movimiento debido a un sismo. Por ejemplo, la Tabla 7 según el (ATC-40, 1996), muestra, por ejemplo, los múltiples grados de operación deseados, relacionados con los llamados criterios de estabilidad elemental, utilizados principalmente en la construcción convencional, esperando que la construcción muestre un nivel de estabilidad esencial (3-C) para sismos de diseño (SD) y nivel de gestión de seguridad estructural (5-E) para sismos mayores (SM).

**Tabla 7**

*Nivel de desempeño esperado: criterio de seguridad básica*

Nivel del movimiento del terreno	Nivel de desempeño de la edificación			
	Operacional	Inmediata Ocupación	Seguridad Vital	Estabilidad Estructural
Servicio (SS)				
Diseño (SD)			X	
Máximo (SM)				X

*Fuente: ATC-40, 1996*

### **2.2.5. Consideraciones en edificaciones esenciales**

Según (Safina, S., 2002), los enfoques o estrategias presentados bajo el concepto de diseño basado en operaciones sísmicas son generalmente aplicables al diseño y/o evaluación de cualquier tipo de montaje. Esta condición requiere un criterio de manejo desestructurado y efectivo para extender la idea de manipulación estructural normalmente pensada en los diseños clásicos. Se han realizado avances significativos en el diseño basado en la manipulación estructural, lo que permite evaluar el diseño estructural de los edificios existentes cuando se dispone de todos los datos sobre sus propiedades estructurales.

- Propuesta del Comité VISION 2000 (SEOAC, 1995) para instalaciones esenciales.
- Propuesta de los códigos de diseño sísmico del llamado “Triservices” (DOD, 1986).
- Título 24 – Hospitales, de la Comisión de Edificaciones del Estado de California (CBSC, 1995).
- Disposiciones particulares para el diseño sísmico de los “Veterans Administration Hospital” (VA, 1986), como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Niveles de desempeño esperado para edificaciones esenciales*

<b>Nivel del movimiento del terreno</b>	<b>Recomendaciones de diseño</b>			
	<b>VISION 2000</b>	<b>Triservices Essential</b>	<b>California Hosp/Essent.</b>	<b>VA Hospital</b>
Servicio (SS)	1A	1B		
Diseño (SD)	1B		1B	
Máximo (SM)	3C	3C	5E	1A

*Fuente: Gonzales, C. A., 2017*

### **2.2.6. Evaluación del comportamiento sísmico de las edificaciones esenciales**

(Safina, S., 2002), propone que cuando se completa la etapa conceptual y se han predeterminado los niveles de daños admisibles/tolerables en una creación para cada nivel de amenaza, es necesaria una evaluación sísmica de una obra para determinar su capacidad para lograr el nivel de gestión esperado.

En este contexto, según (Safina, S., 2002), es primordial considerar que la evaluación del potencial de pérdida o posible daño causado por el movimiento sísmico en una construcción, implica la mayoría de los componentes derivados de una adecuada descripción de la fuerza aplicada al sistema y una representación precisa de un modelo estructural que refleje la construcción de manera realista, un tiempo adecuado de caracterización del material, una definición coherente del estado de carga y permanece restringido por la información de construcción disponible y las restricciones implícitas en los estudios y modelos de impugnación, más que cualquier otra cosa, es de naturaleza no lineal.

Existen varios enfoques analíticos para la valoración sísmica de construcciones existentes (SEAOC, 1999), algunos utilizan el enfoque de comportamiento lineal-elástico, mientras que otros optan por el comportamiento no lineal e inelástico.

### 2.2.7. Nivel de amenaza sísmica

Como menciona (Llocle, A., 2021, pág. 33), la evaluación de la amenaza sísmica considera la posición de la estructura en relación con factores como las fallas geológicas en la zona y las características geológicas regionales y del lugar. Los movimientos a los que se someterá el terreno, dependen de estos parámetros, lo que altera así mismo el desempeño de la estructura.

Cuando se desea aplicar el diseño por desempeño sísmico, Se requiere una secuencia de eventos sísmicos que permita su manifestación y que su representación esté dentro del rango de severidad sísmica para alcanzar un rendimiento deseado.

**Propuesta VISION 2000.** Los niveles de sismo de diseño se presentan en términos de extensión de recurrencia, esto se expresa como un periodo de tiempo promedio, dimensionado en años, considerando el intervalo entre la ocurrencia de terremotos de mayor severidad (Llocle, A., 2021, pág. 34).

La siguiente ecuación, expresa el cálculo del periodo de retorno.

$$T_R = \frac{t}{\ln(1 - P_e)}$$
$$T_R = \frac{1}{1 - (1 - P_e)^{\frac{1}{t}}}$$

Donde:

$T_R$ : Periodo de retorno (años)

$P_e$ : Probabilidad de Excedencia

$t$ : Vida útil de la edificación

Al tener el periodo de retorno y también la aceleración del periodo para el nivel sísmico.

$$\frac{a_2}{a_1} = \left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)^{0.4}$$

$$a_2 = \left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right) * a_1$$

Donde:

$T_{R1}$ : Tiempo de retorno para el nivel de sismo 1

$T_{R2}$ : Tiempo de retorno para el nivel de sismo 2

$a_1$ : Aceleración del sismo 1

$a_2$ : Aceleración del sismo 2

VISION 2000 presenta 4 sismos para el Análisis (Aguilar, R., 2004) se presenta en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Parámetros de los sismos de análisis establecidos*

<b>Sismo</b>	<b>Vida útil de Estructura</b>	<b>Probabilidad de excedencia</b>	<b>Periodo de retorno</b>
Sismo frecuente	30 años	50%	43 años
Sismo ocasional	50 años	50%	72 años
Sismo raro	50 años	10%	475 años
Sismo muy raro	100 años	10%	970 años

*Fuente: SEOAC, 1995*

Para el diseño sísmico de una edificación, se debe comprobar su desempeño a nivel estructural y además ser viable económicamente, se presenta en la Tabla 10 mostrando la categoría de las edificaciones y los sismos indicados (Llocle, A., 2021, pág. 35).

**Tabla 10***Sismos de análisis y desempeño esperado en las edificaciones*

<b>Sismo de Análisis</b>	<b>Operacional</b>	<b>Inmediata ocupacional</b>	<b>Seguridad de vida</b>	<b>Prevención de colapso</b>
Sismo frecuente	◇			
Sismo ocasional	●	◇		
Sismo raro	*	●	◇	
Sismo muy raro		*	●	◇

*Fuente: SEOAC, 1995*

Para esta investigación se hará uso del sismo raro

**Propuesta ATC-40.** En el caso del ATC existen los niveles de sismo, mostrados a continuación en la Tabla 11.

**Tabla 11***Niveles de amenaza sísmica según ATC-40*

<b>Sismo de Servicio</b>	<b>Sismo de Diseño</b>	<b>Sismo Máximo</b>
Movimiento del suelo con una probabilidad de 50% de excedencia durante 50 años. Tiene un periodo de retorno (T) de 75 años. Sismo considerado como frecuente ya que su ocurrencia es más de una vez durante el tiempo de vida útil de la edificación.	Movimiento del suelo con una probabilidad de 10% de excedencia durante 50 años. Tiene un periodo de retorno (T) de 475 años. Movimiento sísmico considerado poco frecuente, intensidad moderada y severa por lo que su ocurrencia es menos de una vez durante la vida útil de la edificación.	Movimiento del suelo con una posibilidad de 2% y 5% de excedencia durante 50 años. Tiene un periodo de retorno (T) de entre 975 y 2475 años. Movimiento sísmico considerado como máximo que pueda someterse sobre una estructura.

*Fuente: ATC-40, 1996*

**NTE E.030-2018.** La norma peruana, adapta su diseño para un movimiento sísmico con periodo de retorno de 475 años, lo que sería un sismo raro de acuerdo al comité VISION 2000 y un sismo de diseño según el ATC. Para llegar analizar sísmicamente una

edificación se deben tener en cuenta los parámetros de sitio y los factores que modifican la aceleración de gravedad de acuerdo al lugar y tipo de edificación, los extraemos de la norma (Norma E.030, 2018).

**Zonificación y factor de zona (Z).** Se divide el territorio en cuatro zonas como se menciona en la (Norma E.030, 2018), describiendo la distribución y características de la actividad sísmica en cada una. Los factores de zona están detallados en la Tabla 12,

**Tabla 12**

*Factores de zona*

<b>Tabla N°1</b>	
<b>Factores de Zona “Z”</b>	
<i>Zona</i>	<i>Z</i>
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

Perfil de suelo y sus valores típicos

Los perfiles de suelo mencionados en la norma, los divide en 5 tipos:

- Perfil tipo  $s_0$ : roca dura
- Perfil tipo  $s_1$ : roca o suelo muy rígido
- Perfil tipo  $s_2$ : suelos intermedios
- Perfil tipo  $s_3$ : suelos blandos
- Perfil tipo  $s_4$ : condiciones excepcionales

En la Tabla 13 se resumen los valores típicos para los tipos de suelo:

**Tabla 13***Perfiles de suelo y su clasificación*

<b>Tabla N°2</b>			
<b>Clasificación de los perfiles de suelo</b>			
Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
So	>1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	<180 m/s	<15	25 kPa a 50kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

**Parámetros de suelo.** Los parámetros que se toman en cuenta en la (Norma E.030, 2018) son los factores de suelo (S), así mismo los periodos  $T_P$  y  $T_L$ , mostrados en la Tabla 14 y Tabla 15.

**Tabla 14***Factores de suelo "s"*

<b>Tabla N°3</b>				
<b>Factores de Suelo "S"</b>				
Suelo Zona	S <sub>o</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018***Tabla 15***Periodos*

<b>Tabla N°4</b>				
<b>Periodos "TP" y "TL"</b>				
Perfil	So	S1	S2	S3
TP (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

**Factor de amplificación del suelo (C).** En la (Norma E.030, 2018), menciona que según las características de sitio se obtiene el factor de amplificación, usando las siguientes condiciones y fórmulas.

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2}\right)$$

**Factor U.** Se clasifican las estructuras en categorías, se le asigna un factor U, según se detalla en la Tabla 16 (Norma E.030, 2018).

**Tabla 16**

*Categoría de la edificación y factor de uso*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Factor U</b>
Categoría A	A1 esenciales	Nota 1
	A2 esenciales	1.50
Categoría B	Edificaciones importantes	1.30
Categoría C	Edificaciones comunes	1.00
Categoría D	Edificaciones temporales	Nota 2

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

**Coefficiente de reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_o$ ).** Se plantean en la (Norma E.030, 2018), los coeficientes de reducción sísmica para cada tipo de material y sistema estructural, en este caso se verán, los coeficientes para los sistemas estructurales de concreto armado, mostrados en la Tabla 17.

**Tabla 17***Coefficiente básico de reducción (r)*

<b>Tabla N°7 SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
Muros Estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería armada</b>	3
<b>Madera</b>	7(**)

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

**Factores de Irregularidad.** Se sugiere en la (Norma E.030, 2018), los coeficientes para la irregularidad en altura y en planta, que están presentados en la Tabla 18 y Tabla 19.

**Tabla 18***Irregularidades estructurales en altura*

Irregularidades Estructurales en Altura		Factor I <sub>a</sub>
01	Regular	1.00
02	Irregularidad de Rigidez-Piso Blando	0.75
03	Irregularidad de Resistencia-Piso Débil	0.75
04	Irregularidad Extrema de Rigidez	0.50
05	Irregularidad Extrema de Resistencia	0.50
06	Irregularidad de Masa o Peso	0.90
07	Irregularidad Geométrica Vertical	0.90
08	Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80
09	Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0.60

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

**Tabla 19**

*Irregularidades estructurales en planta*

Irregularidades Estructurales en Altura		Factor $I_a$
01	Regular	1.00
02	Irregularidad Torsional	0.75
03	Irregularidad Torsional Externa	0.60
04	Esquinas Entrantes	0.90
05	Discontinuidad del Diafragma	0.85
06	Sistemas no Paralelos	0.90

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

**Coefficientes de reducción sísmica.** Como lo estipula en la (Norma E.030, 2018), multiplicando el valor de  $R_0$  por los factores de irregularidad inherentes a la estructura, se calcula el coeficiente de reducción.

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

**2.2.8. Espectro de peligro uniforme de aceleración**

Viene a ser la gráfica que conecta las aceleraciones espectrales vinculadas a cada periodo estructural con una probabilidad específica de excedencia en un intervalo de tiempo determinado, y para un determinado factor de amortiguamiento en relación al crítico (Aguiar, R., 2004)

Este espectro, proporciona factores de respuesta que se utilizan en el cálculo de las demandas sísmicas para el diseño de estructuras. Se considera que estos parámetros son preferibles e incluso se consideran superiores en comparación con el enfoque de fijar una forma específica del espectro en función de cifras aproximadas de la aceleración máxima del suelo de manera probabilística (SENCICO, 2016, pág. 54).

El enfoque que se usa para calcular el espectro de peligro sísmico uniforme implica describir las fuentes sísmicas, teniendo en cuenta su ubicación, tamaño y recurrencia. La incertidumbre en la variabilidad de estos factores se expresa a través de una función de probabilidad. Seguidamente, utilizando estos datos, se generan las curvas de peligro con valores

espectrales para los diferentes periodos estructurales. Esto se hace con el fin de obtener un espectro sísmico uniforme que se ajuste a un nivel de peligro deseado.

### ***2.2.9. Análisis estático no lineal***

Es definido como la carga incremental (un patrón de fuerzas horizontales que varía con la altura) denominado Pushover, analiza el rendimiento de la estructura, midiendo la magnitud del desplazamiento en la parte superior y la fuerza cortante en la base. La fuerza horizontal experimenta un incremento hasta que un punto de reacción en el que la estructura se considera un punto de colapso. Este enfoque posibilita determinar la fuerza cortante en la base de la estructura al emplear el patrón de carga seleccionado. Así, el valor de la fuerza cortante en la base se deduce a partir del desplazamiento en el techo de la estructura. (Távarez, J.T., 2016, págs. 31-32).

Durante el proceso de análisis, la estructura responde elásticamente al inicio, luego los elementos van superando su nivel de cedencia con el aumento de fuerzas, disminuye la rigidez de la estructura y comienza un rango inelástico.

Una vez que una construcción es sometida a mucho movimiento debido a un sismo, sufre movimientos laterales y consecuentes deformaciones en sus componentes estructurales y no estructurales. Cuando nos referimos a una respuesta de amplitud pequeña, estamos hablando de deformaciones en la base ubicados dentro del rango elástico y no causan daño significativo. En este escenario, la estructura es capaz de soportar y revertir estas deformaciones sin sufrir daño permanente.

Por otro lado, cuando la respuesta de amplitud es mayor, las deformaciones en la base exceden la capacidad elástica de la estructura, lo que resulta en daño estructural. En este caso, se hace notoria la necesidad de desarrollar un método que permita evaluar las fuerzas y movimientos promedio de manera más precisa.

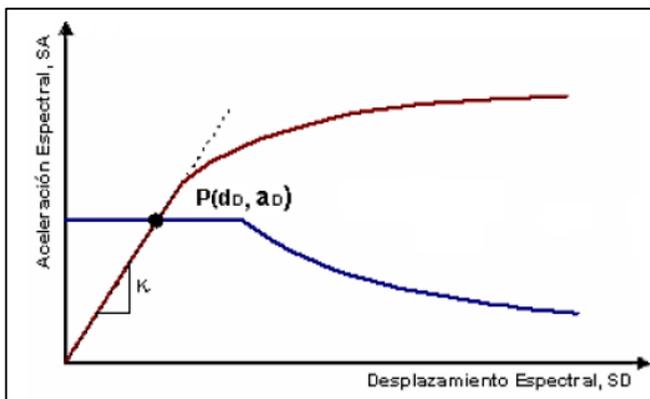
Para abordar este desafío, se ha desarrollado un método conocido como procedimiento de estudio estático no lineal simplificado. Se emplea este proceso para analizar estructuras que experimentan deformaciones significativas, permitiendo la evaluación de las fuerzas y movimientos promedio a lo largo del proceso, incluso cuando la respuesta de amplitud es alta.

Hay diferentes métodos de análisis estático no lineal, que permiten examinar edificaciones para contrastar la capacidad con la demanda sísmica a la que se expondría toda la edificación. A continuación, se presentan los siguientes métodos:

- El método del espectro capacidad FEMA 440, nos ayuda a determinar una visualización gráfica del comportamiento sísmico de un edificio, por medio de la determinación del punto donde se cruzan el espectro de capacidad y el espectro de demanda, como se muestra en la Figura 4 según (Freeman, S.A., Nicoletti, J.P. y Mataumura, G., 1984, como se cita en, Aguiar, R; Mora, D. y Tipanluisa, E., 2016)

**Figura 4**

*Espectro de demanda-capacidad*



*Fuente: Jurado, C. y Navarro, L., 2009*

- El método del coeficiente ASCE/SEI 41-17, el método de coeficientes ASCE (American Society of Civil Engineers) es un enfoque utilizado en la ingeniería estructural para calcular las cargas de diseño en una estructura. Este método

proporciona un conjunto de coeficientes que se aplican a diferentes tipos de cargas, como cargas de viento, cargas de nieve, cargas sísmicas y otras, con el fin de determinar las fuerzas máximas que una estructura debe ser capaz de resistir de manera segura. Los coeficientes ASCE son valores que se utilizan para ajustar las cargas reales o probables en función de varios factores, como la ubicación geográfica, la importancia de la estructura, la duración de las cargas y otros factores que pueden afectar la carga real que actúa sobre una estructura.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

#### ***2.2.10. Evolución del tipo de análisis***

- ATC 40, 1996, NLS
- FEMA 273, 1997, NLS-NLD
- FEMA 440, 2005, análisis NLS
- ASCE 41, 2007, rehabilitación, NLS-NLD
- FEMA p440a, 2009, efectos de histéresis, NLD
- ATC 58, 2009, desempeño sísmico, NLD
- PERR/ATC, 2010, tall buldings design, NLD
- NIST GCR: NLD

#### ***2.2.11. Método de los coeficientes ASCE 41-17***

Nos plantea el uso de este método para el análisis y mejora de edificios ya construidos. Esta norma proporciona pautas detalladas para evaluar la capacidad sísmica de estructuras existentes y determinar qué mejoras son necesarias para que satisfagan los criterios de seguridad actuales.

Esta metodología se utiliza para evaluar la capacidad sísmica de una estructura existente y determinar si es necesario realizar mejoras. Este método se basa en la asignación de coeficientes a diferentes componentes estructurales y sistemas para reflejar su capacidad sísmica. Los coeficientes se utilizan para calcular la capacidad sísmica total de la estructura, (ASCE/SEI 41-17, 2017, pág. 536).

Se sigue la siguiente metodología.

- Clasificación de la estructura: se clasifica la estructura en función de su sistema estructural, su uso y otros factores importantes.
- Determinación de los coeficientes de riesgo sísmico: se determinan los coeficientes de riesgo sísmico ( $r$ ) y de amortiguamiento ( $s$ ) para la ubicación específica de la estructura. Estos coeficientes reflejan la amenaza sísmica en esa área.
- Determinación de los coeficientes de daño ( $d$ ): se asignan coeficientes de daño a los diferentes componentes estructurales y sistemas de la edificación en función de su vulnerabilidad sísmica.
- Cálculo de la demanda sísmica, así como también la capacidad sísmica: se calcula la demanda sísmica basada en los coeficientes de  $r$ ,  $s$  y  $d$ . Luego, se calcula la capacidad de la estructura existente para soportar esa carga.
- Comparación de la demanda y la capacidad: se compara la demanda sísmica con la capacidad sísmica para determinar si la estructura cumple con los estándares de seguridad actuales. Si la demanda es mayor que la capacidad, se pueden requerir mejoras.

Pasos usados en este método

1°. Se obtiene la curva de capacidad de la edificación (modelo matemático)

2°. Se lleva a cabo la representación bilineal de la curva, estableciendo los parámetros de rigidez ( $k_e$ ), la fuerza cortante de fluencia ( $v_y$ ), y adicionalmente el desplazamiento de fluencia ( $d_y$ ).

3°. Se calcula el periodo fundamental usando la siguiente ecuación.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

Donde:

- $T_i$ : periodo fundamental elástico
- $K_i$ : rigidez lateral elástica
- $K_e$ : rigidez lateral efectiva

4°. Se obtiene el factor de modificación, el cuál extraemos de la Tabla 20, que permita conectar el movimiento lateral espectral de un sistema de un grado de libertad, equivalente con el desplazamiento de la cubierta de un edificio que posee un sistema con varias posibilidades de movimiento independiente o grados de libertad.

**Tabla 20**

*Valores del factor de modificación*

Number of stories	Shear Buildings		Other Buildings
	Triangular Load Pattern	Uniform Load Pattern	Any Load Pattern
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

*Fuente: ASCE 41-17*

5°. Calcular el factor de masa efectiva, por medio de la Tabla 21, denominado como  $c_m$ .

En su lugar, es posible utilizar el factor de participación de masa modal efectiva

calculado específicamente para el modo fundamental mediante un análisis de valores propios. Si el período fundamental,  $t$ , es mayor a 1,0 segundo, entonces  $c_m$  se asumirá como igual a 1,0, (ASCE/SEI 41-17 , 2017).

**Tabla 21**

*Valores del factor de masa efectiva,  $c_m$*

No of stories	Concrete Moment Frame	Concrete Shear Wall	Concrete Pier-Spandrel	Steel Moment Frame	Steel Concentric Braced Frame	Steel Eccentric Braced Frame	Other
1-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 or more	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

*Fuente: ASCE 41-17*

6°. Halla la relación de resistencia, haciendo uso de lo siguiente.

$$u_{strength} = \frac{S_a}{V_y/W} * C_m$$

Donde:

- $S_a$ : aceleración espectral en el periodo fundamental efectivo del edificio.
- $V_y$ : cortante de fluencia
- $W$ : peso sísmico del edificio
- $C_m$ : factor de masa efectiva

7°. Calcular el coeficiente de ajuste,  $c_1$ , que vincula los desplazamientos máximos previstos en una situación no elástica con los desplazamientos calculados mediante un análisis elástico lineal de respuesta. Si el período es menor a 0,2 segundos,  $c_1$  tiene un valor de 0,2. Sin embargo, si el período excede 1,0 segundo, el valor de  $c_1$  se establece en 1,0.

$$C_1 = 1 + \frac{u_{strength} - 1}{aT_e^2}$$

Donde:

- $U_{strength}$ : relación de resistencia
- A: factor de clase de sitio: clase de sitio a o b (130); clase de sitio c (90), clase de sitio d, e o f (60)
- $T_e$ : periodo fundamental

8°. Determinar el coeficiente de ajuste,  $c_2$ , con el propósito de reflejar la influencia de la forma de histéresis afectada, la disminución de la rigidez cíclica y la disminución de la fuerza en respuesta al desplazamiento máximo. Si el período es mayor a 0,7 segundos, se establece un valor fijo de 1,0 para  $c_2$ .

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left( \frac{u_{strength} - 1}{T_e} \right)^2$$

Donde:

- $U_{strength}$ : relación de resistencia
- $T_e$ : periodo fundamental

9°. Desplazamiento máximo esperado, usando la siguiente ecuación, (ASCE/SEI 41-17 , 2017)

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

### ***2.2.12. Representación bilineal de la curva de capacidad (FEMA 356)***

Se define como la simplificación que se utiliza para describir la respuesta no lineal de la estructura. Obteniendo lo que se muestra en la Figura 5.



5. Luego se determina el desplazamiento en el punto de fluencia, usando lo siguiente:

$$D_e^i = \frac{V_y^i}{K_e^i}$$

6. Se traza una línea recta que va desde el punto inicial hasta el punto de fluencia ( $d_y;v_y$ ) y otro segmento iniciando en el punto de fluencia llevado hacia el punto de colapso ( $du;vu$ ).
7. Se halla el área bajo la curva de capacidad ( $a_{curva}$ ) y la curva bilineal ( $a_{bilineal}$ ), se deben igualar ambas áreas.
8. Se calcula la diferencia de error en la representación bilineal por medio de la ecuación.

$$\varepsilon = \frac{A_{curva} - A_{bilineal}}{A_{curva}} \times 100$$

9. Debe cumplir con el error admisible establecido, de no ser el caso, vuelve a calcular un nuevo valor de cortante de fluencia ( $v_y$ ), con la ecuación, presentada.

$$V_y^{i+1} = V_y^i \times \frac{A_{curva}}{A_{bilineal}}$$

10. Se repiten los pasos del 4 al 9, hasta que se cumpla con la tolerancia de error establecida.

### **2.2.13. Sectorización de la curva de capacidad**

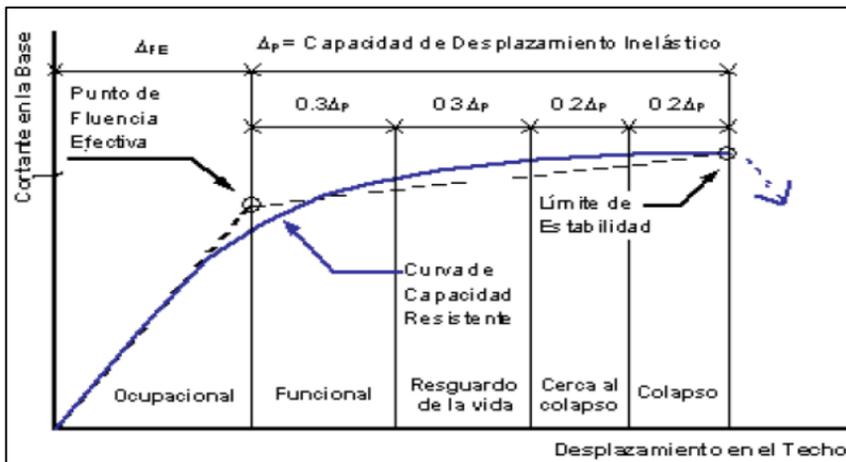
Para determinar el nivel de desempeño asociado al punto encontrado en la curva de capacidad, se realiza una división de la curva en sectores que representan diferentes estados de daño de la estructura. Siguiendo la metodología presentada en SEOAC (1995), se identifican dos zonas principales en esta división. La primera es la zona elástica ( $\Delta e$ ), que indica la condición

funcional de la estructura y se establece utilizando el punto de fluencia efectiva, a través de una representación simplificada mediante una línea recta que sigue la curva de capacidad.

La segunda zona es la zona inelástica ( $\Delta_p$ ), que se subdivide en cuatro partes, cada una correspondiente a un porcentaje específico (30%, 30%, 20% y 20%). Estos porcentajes se asocian con los cuatro últimos niveles de desempeño: funcional, Seguridad de Vida, Cerca al Colapso y Colapso, como se muestra en la Figura 6. Cada nivel de desempeño se relaciona con una parte específica de la zona inelástica, lo que ayuda a determinar en qué estado se encuentra la estructura en función de su capacidad de resistencia y su capacidad de deformación.

**Figura 6**

*Diagrama v vs d, sectorización por VISION 2000*



*Fuente: Jurado, C. y Navarro, L., 2009*

En resumen, la metodología divide la curva de capacidad en sectores para identificar diferentes estados de daño de la estructura. La parte que representa la zona elástica, viene a ser dado por el estado operacional, mientras que la zona inelástica se subdivide en partes que se asocian con niveles de desempeño específicos, lo que permite evaluar el comportamiento de la estructura en función de su capacidad de resistencia y deformación.

#### **2.2.14. Curva de capacidad**

La principal finalidad en el análisis estático no lineal, es originar la Curva de Capacidad, donde se muestra el desplazamiento lateral versus la fuerza colocada a la estructura. (Fustamante, D., 2021, pág. 30)

En resumen, la curva de capacidad refleja la capacidad de resistencia de la estructura frente a una carga sísmica, buscando asegurar que el comportamiento estructural sea coherente con los objetivos de diseño establecidos.

Para poder hallar los límites de la estructura, al exceder los límites elásticos, es necesario realizar una sucesión de análisis elásticos en secuencia, que se ubican uno sobre otro, para construir un diagrama de capacidad fuerza-desplazamiento aproximado de la estructura.

Al inicio se realiza la representación matemática, con un modelado de la estructura, al que se le expone fuerzas laterales, haciendo que algunos componentes logren su límite elástico, después la estructura es cambiada, tomando en cuenta la reducción de la resistencia de elementos, en los puntos en los que su capacidad ha excedido los límites y se han formado rótulas. Un conjunto de fuerzas laterales distribuidas en la edificación, se aplican hasta que aparezcan las rótulas. Se continua, con el proceso hasta el punto que la estabilidad estructural se vea comprometida (Fustamante, D., 2021, pág. 30)

**Conversión de la curva de capacidad a un espectro de capacidad.** El ATC-40 propone que, para utilizar el método del Espectro de Capacidad, se debe transformar la curva de capacidad en un formato ADSR, es decir los términos de cortante basal versus desplazamiento, convertirlo en un espectro de Respuesta Aceleración-desplazamiento. Para ello se deben usar las siguientes ecuaciones (Fustamante, D., 2021, pág. 31).

$$PF_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{i1}}{g} \right]}{\left[ \sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{i1}^2}{g} \right]}$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{i1}}{g} \right]^2}{\left[ \sum_{i=1}^N \frac{w_i}{g} \right] \left[ \sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{i1}^2}{g} \right]}$$

$$s_{ai} = \frac{V_i}{\alpha_1}$$

$$s_{ai} = \frac{\Delta_{techo}}{PF_{\phi_{techo},1}}$$

Donde:

- $Pf_1$ = factor de participación modal para el primer modo natural
- $A_1$ = coeficiente modal de la masa para el primer modo natural
- $\frac{w_i}{g}$  = masa asignada al nivel i
- $\Delta_{techo}$ = desplazamiento del techo (v y el asociado  $\delta_{techo}$  componen puntos sobre la curva de capacidad
- $S_a$ = aceleración espectral
- $S_d$ = desplazamiento espectral (ATC-40, 1996)

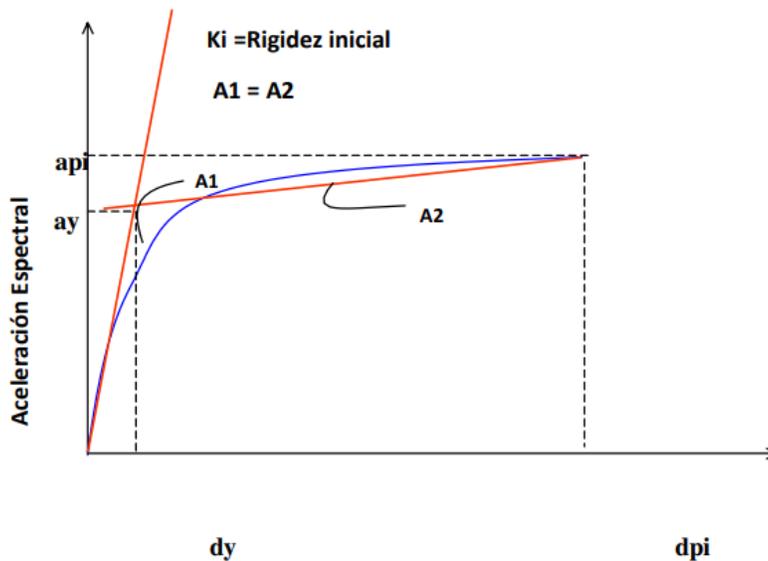
**Representación bilineal del espectro de capacidad.** La representación bilineal del espectro es necesario para calcular aproximadamente del amortiguamiento real y la adecuada disminución de la demanda espectral (Fustamante, D., 2021, pág. 32).

Para la elaboración de esta representación, se debe definir el punto “api”, “dpi”, el que señala el punto de desempeño tentativo. Cuando se llega a intersectar el espectro de

demanda reducido con el espectro de capacidad en dicho punto, entonces ya se halló el punto de desempeño, que se muestra en la Figura 7.

**Figura 7**

*Representación bilineal del método espectro de capacidad*



*Fuente:* Fustamante, D. , 2021

### **2.2.15. Espectro de demanda**

Con la NTE, E.030 – 2018, analizando el sismo mediante un espectro de pseudo-aceleración diseñado para un sismo raro, utilizando los parámetros específicos del sitio y del suelo, la función del edificio y el sistema estructural.

Una vez que se tiene el espectro de la norma, se calcula el espectro de aceleraciones para diferentes niveles de movimiento sísmico (sismo frecuente, sismo ocasional, sismo raro y sismo muy raro) (Fustamante, D., 2021).

Mostramos en la Tabla 22, los parámetros utilizados según la Norma E.030.

**Tabla 22***Parámetros para la obtención del espectro de respuesta*

Ítem	Parámetro	Valor	Descripción	
Factor Zona	Z	0.35	Ubicación: Cajamarca	
Factor de Amplificación del Suelo	S	1.20	Suelos Blandos (Perfiles Tipo S <sub>3</sub> )	
Periodos	T <sub>P</sub>	1.0	Depende del Factor S	
	T <sub>L</sub>	1.6		
Factor de Amplificación Sísmica	C	$T < T_P$	$C = 2.5$	Factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo
		$T_P < T < T_L$	$C = 2.5 \left( \frac{T_P}{T} \right)$	
		$T > T_L$	$C = 2.5 \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$	
Factor de Uso o Importancia	U	1.3	Edificación Categoría "B" (Importante)	
Factor de Reducción de Fuerza Sísmica	R	3	Sistema estructural: Sistema de Albañilería confinada	
Aceleración Espectral	S <sub>a</sub>	$\frac{ZUCS}{R} g$	Define el Espectro Inelástico de Pseudoaceleraciones ( $g=9.81m/s^2$ )	

**2.2.16. Modelo de comportamiento para concreto armado**

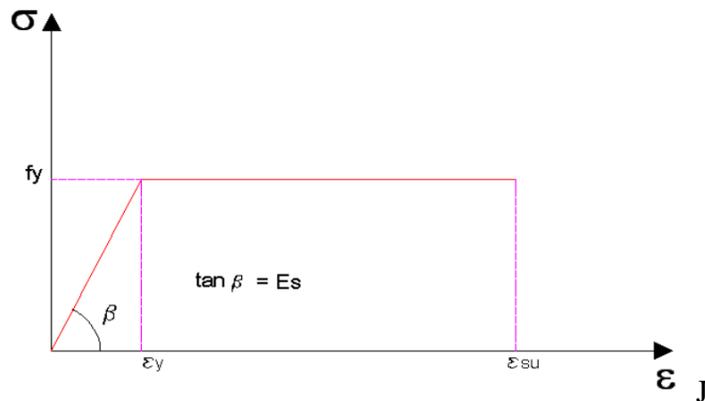
Los distintos modelos de relación esfuerzo-deformación constitutivos para el acero de refuerzo y el concreto, los que sirven para el análisis de las estructuras, las que fueron elaboradas a partir de resultados experimentales (Navarro, C. y Fernandez, J., 2006, págs. 5-6).

**Acero: modelos esfuerzo-deformación.** Están los siguientes modelos

**Modelo elastoplástico.** Se modela como la idealización de dos rectas, mostrados en la Figura 8.

**Figura 8**

*Modelo elastoplástico*

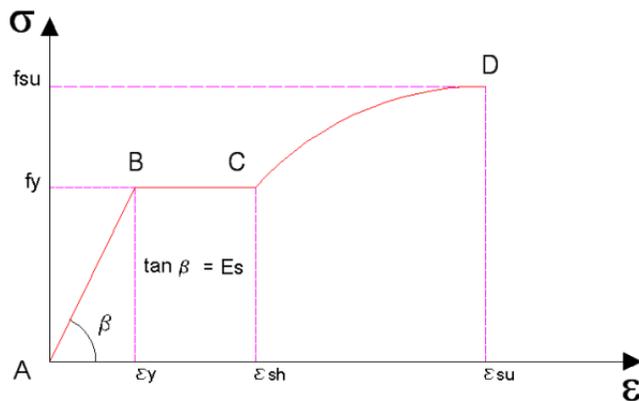


*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

**Modelo de curva completa.** Se muestra en la Figura 9 los resultados de los esfuerzo y deformaciones en el punto de inicio de la fluencia ( $\epsilon_y$ ,  $f_y$ ), de la ganancia de rigidez por deformación ( $\epsilon_{sh}$ ) y la rotura ( $\epsilon_{su}$ ,  $f_{su}$ ), puntos indispensables para determinar la curva, (Navarro, C. y Fernandez, J., 2006).

**Figura 9**

*Modelo de curva completa*



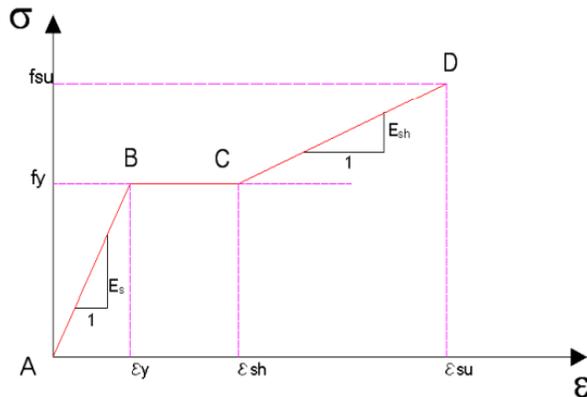
*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

**Modelo trilineal.** Es una representación que es usada cuando el elemento experimenta deformaciones que superan el punto de fluencia. Mostramos en la Figura 10, el rango elástico es el tramo lineal AB, donde se verifica que la inclinación es igual a su

módulo de elasticidad ( $E_s$ ). La etapa de inicio de fluencia ( $f_y$ ), es el tramo BC, la deformación aumenta hasta  $\epsilon_{sh}$ . La parte CD de la curva representa la región de endurecimiento debido a la deformación, y en esta sección la inclinación es equivalente a  $E_{sh}$  (Navarro, C. y Fernandez, J., 2006).

**Figura 10**

*Modelo trilineal*



*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

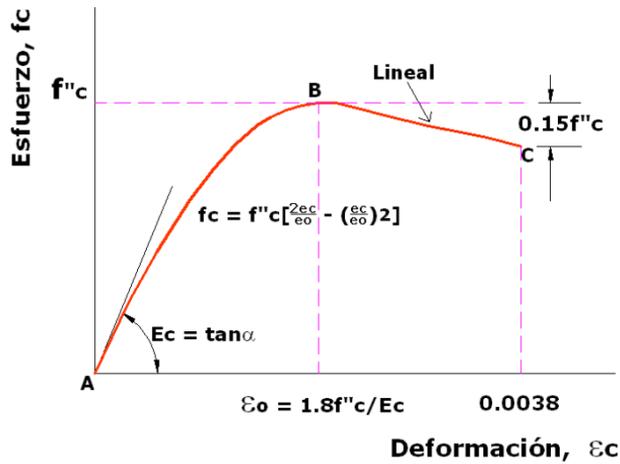
**Concreto: modelos esfuerzo-deformación**

*Concreto no confinado*

- Modelo Hognestad. Se muestra uno de las representaciones más utilizadas, que muestran el comportamiento del concreto. En la Figura 11, el tramo ab, representa el incremento de la deformación del concreto, tiene una forma parabólica. Llegando a  $\epsilon_{sh}=0.002$ , el máximo esfuerzo a compresión ( $f'_c=0.85 f'_c$ ). Seguido de este tramo está el bc, donde se muestra el declive de la resistencia en el concreto debido a la fisuración interna. La deformación aumenta hasta llegar al valor  $\epsilon_{sh}=0.003-0.004$ , el que se denomina punto de rotura. (Ottazzi, G., 2003, pág. 40).

**Figura 11**

*Modelo de Hognestad-concreto no confinado*

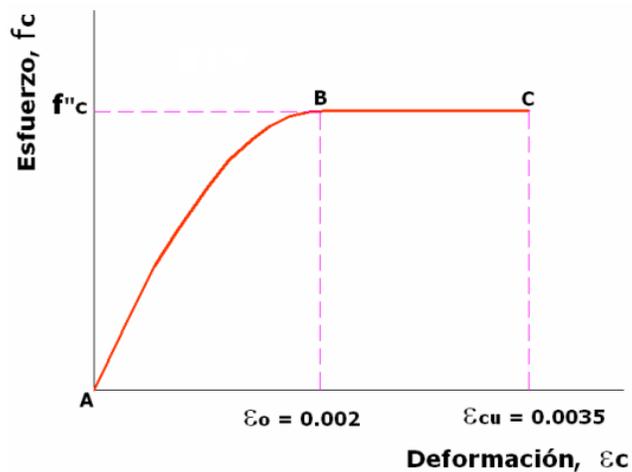


*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

- Modelo del CEB. El Comité Europeo de Concreto, 1978, muestra en la Figura 12, un modelo inelástico, perfectamente plástico, se usa para el diseño de elementos de concreto armado con flexión simple, (Navarro, C. y Fernandez, J., 2006).

**Figura 12**

*Diagrama parábola-rectángulo de cálculo CEB*



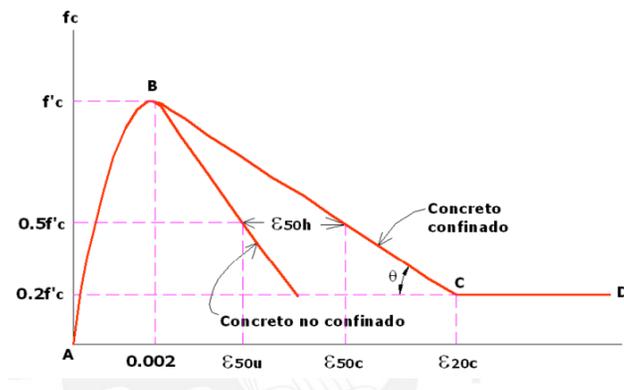
*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

**Concreto confinado**

- Modelo de Kent y Park. Mostrado en la Figura 13, se utiliza para el concreto confinado, estribado. Se presenta en una sola gráfica, el efecto del concreto confinado y no confinado.

**Figura 13**

*Modelo de Kent y Park para concreto confinado con estribos rectangulares*

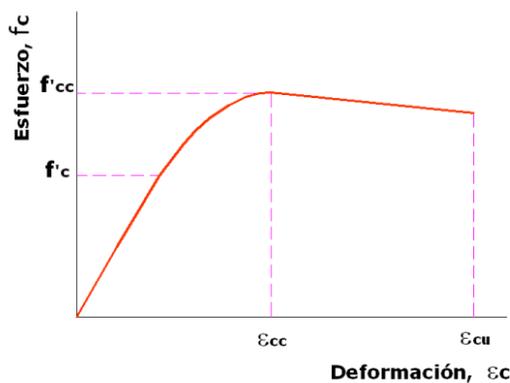


*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

- Modelo de Mander. Posee una curva inicial que se eleva por encima de la fuerza del concreto sin confinar  $f_c$ , alcanzando la fuerza de compresión confinada  $f'_{cc}$ , como observamos en la Figura 14. Luego de este, se presenta una curva que desciende. (Paulay, T. y Prisestley, M.J.N., 1992, como se cita en Velásquez, C., 2017).

**Figura 14**

*Modelo de Mander para concreto confinado*



*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

Esta curva se forma a partir de las siguientes funciones y ecuaciones.

$$f_c = \frac{(f'_{cc}xr)}{(r - 1 + xr)}$$

Donde:

- $x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{cc}}$
- $\varepsilon_{cc} = 0.002 \left[ 1 + 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_{cc}} - 1 \right) \right]$
- $\varepsilon_{cu} = 0.004 + 1.4 \frac{\rho_s f_{yhe_{sm}}}{f'_{cc}}$
- $r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}$
- $E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}}$

### 2.2.17. Modelo inelástico de secciones

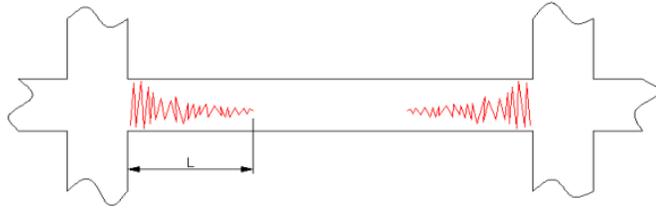
Cuando se va aumentando del momento, se incrementa la curvatura; formando una relación lineal entre ambos; a continuación, se produce la fisuración del concreto debido a esfuerzos de tracción. Seguido de ello se halla una relación entre ambas variables que se pueden representar por una línea recta, pero con distinta pendiente, una vez que llegue al momento y curvatura de fluencia, que son parte del esfuerzo de la fluencia del acero. Seguidamente el momento incrementa gradualmente hasta que llega al momento y curvatura última (Ottazzi, G., 2003)

### 2.2.18. Modelo inelástico

**Zona de comportamiento no lineal.** Cuando ocurren los movimientos sísmicos importantes los elementos barra (vigas y columnas) presentan daños en las zonas cercanas a los nudos, como podemos ver en la Figura 15 en color rojo, a una determinada longitud l, de la intersección de los elementos de barras (Navarro, C. y Fernandez, J., 2006).

## Figura 15

### *Idealización de daño en vigas*



*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

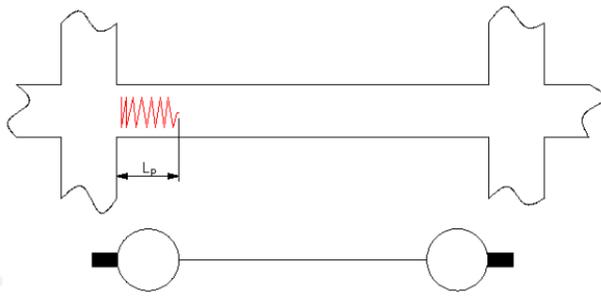
**Rótula plástica.** Viene a ser un artilugio de amortiguamiento de energía, el cual posibilita el giro de la deformación plástica de los elementos estructurales. Explica la deformación de una parte en la cual ocurre flexión. Se conoce como la condición plástica alcanzada por las fibras de un componente estructural cuando se forma una articulación en la sección transversal. Estas rótulas surgen debido al aumento de la capacidad de resistencia que cambia dependiendo del nivel de hiperactividad y la cantidad de articulaciones que pueden formarse. Por lo tanto, es crucial contar con un diseño estructural apropiado que permita una ubicación óptima de estas articulaciones.

Para controlar las rótulas durante un sismo, se pretende que estas se desarrollen primero en las vigas en lugar de en las columnas, con el fin de evitar consecuencias más graves. Además, la Norma de Concreto Armado E-060 indica que, en cuanto al manejo de las juntas plásticas, la capacidad de resistencia a la flexión de las columnas debe cumplir con la condición de que la suma total de momentos en el centro del nudo, relacionada con la resistencia nominal en flexión de las correspondientes columnas que integran el nudo, debe ser superior a 1.4 veces la suma de momentos en el centro del nudo asociada a la resistencia nominal en flexión de las vigas que forman parte del nudo según (Paulay, T. y Priestley, M.J.N., 1992, como se cita en Velásquez, C., 2017)

En la Figura 16 se muestra la idealización del elemento barra con su zona de daño, próxima a los nudos, por una línea y las circunferencias ubicadas a los extremos, representando una equivalencia al daño ocasionado.

**Figura 16**

*Idealización de daño equivalente*

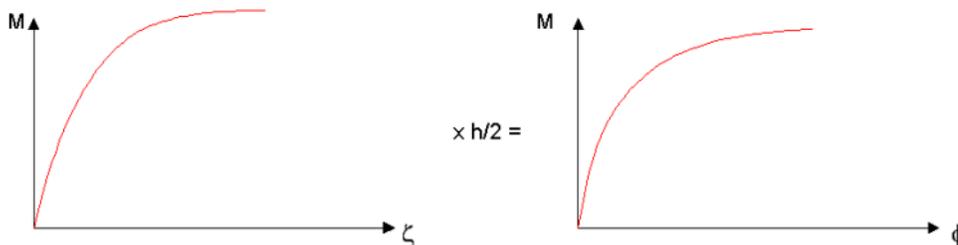


*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

**Relación momento-giro en rótulas plásticas.** La respuesta inelástica del elemento se ve influenciada por la curvatura a lo largo de su longitud. Se asumió que la curvatura es invariable a lo largo de la rótula plástica, por lo que solo se procede a realizar la multiplicación entre la curvatura y la longitud equivalente de rótula “ $l_p$ ”, obteniendo de esta forma el resultado correspondiente al giro que se origina la zona inelástica, obteniendo el gráfico que se muestra en la Figura 17 (Navarro, C. y Fernandez, J., 2006).

**Figura 17**

*Obtención del diagrama momento-giro*

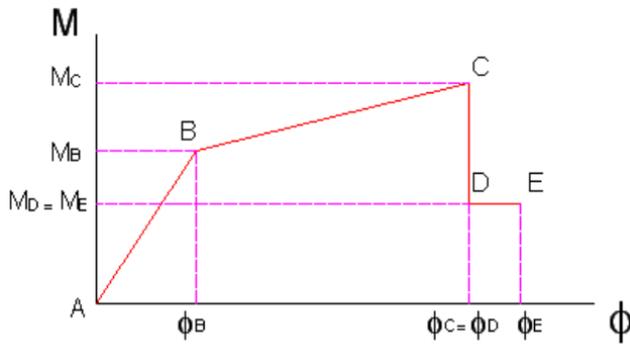


*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

**Diagrama simplificado.** Hay una descripción de la capacidad de rotación no elástica de los componentes, donde se simplifica el gráfico momento-giro mediante líneas rectas, tal como se ilustra en la Figura 18, (Navarro, C. y Fernandez, J., 2006).

**Figura 18**

*Idealización del diagrama momento-giro*



*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

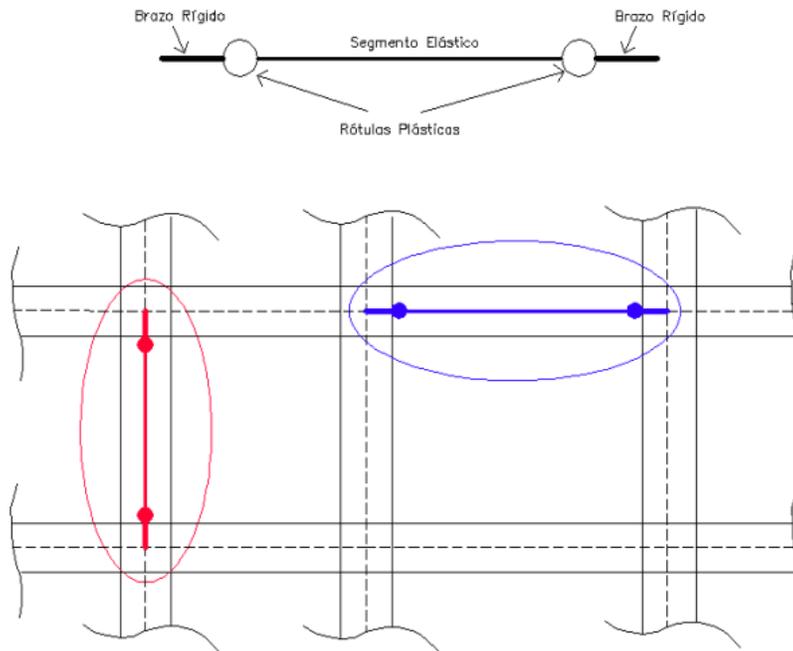
Donde:

- B: es la fluencia efectiva del elemento
- C: es la capacidad máxima resistente de la rótula
- D: reducción súbita de la capacidad máxima de momento (hasta el 40%)
- E: rotura

En el proceso de modelar la estructura y evaluar su respuesta ante acciones sísmicas, se colocan articulaciones no lineales en los extremos de los elementos. Se trata la región de los nudos, que representan zonas infinitamente rígidas. En la Figura 19, se indica en rojo y azul la ubicación de las articulaciones plásticas en los elementos tipo barra (Coll, M., Lopez, R. y Saiidi, M., 2005).

## Figura 19

### Modelación de vigas y columnas en edificios aporticados



*Fuente: Navarro, C. y Fernandez, J., 2006*

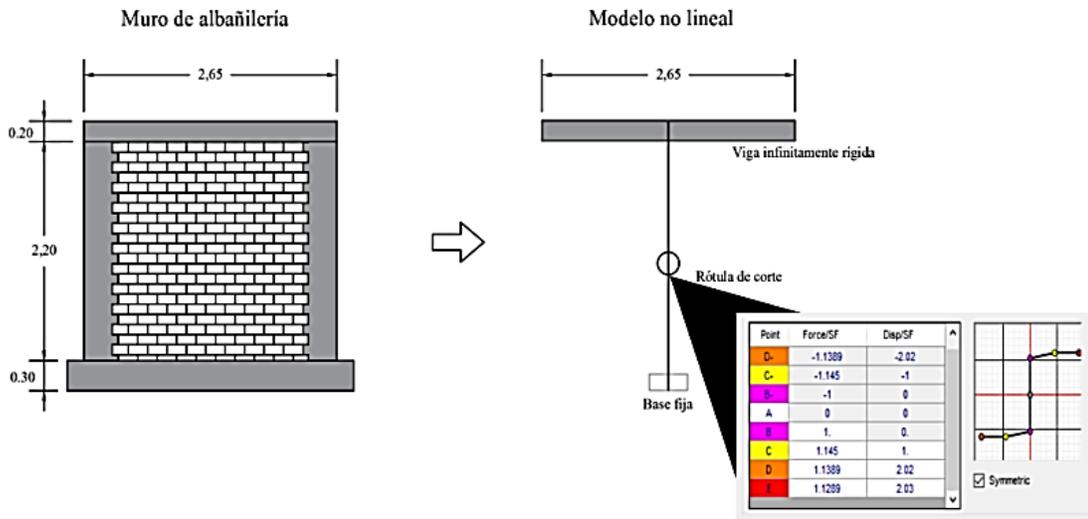
#### 2.2.19. Modelo no lineal del muro de albañilería

En la investigación titulada, “Análisis Dinámico Incremental de un Hospital de 60 Años de Antigüedad con Muros de Albañilería Artesanal”, por George Gonzales, Ashily Aguilar, y Guillermo Huaco de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, en el proceso, se creó una expresión matemática, la cual se presenta en la Figura 20, de la propiedad no lineal del muro de albañilería se logra utilizando un componente de concreto con dimensiones y propiedades lineales que equivalen a las de la albañilería real. A este elemento se le asignó una rótula de corte posicionada en su punto medio a lo largo de su dirección de deformación, con las características de resistencia obtenidas del muro de albañilería ensayado. Además, se creó una simplificación del modelo utilizando una viga de rigidez infinita que impacta en el componente de tipo frame. A

continuación, se presenta un esquema que ilustra tanto el muro de albañilería real como el modelo no lineal equivalente propuesto en este estudio.

**Figura 20**

*Muro de albañilería y su modelo no lineal equivalente*



*Fuente: Gonzales, G.; Aguilar, A. y Huaco G., 2020*

La tabla 23 incluye información acerca de las características mecánicas de los materiales utilizados en la representación equivalente.

**Tabla 23***Propiedades mecánicas*

Material	Propiedades del Material			
	Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Modelo Histérico
Albañilería	2.37 x 10 <sup>4</sup>	47.41	-	Pivot
Concreto Losa	2.174 x 10 <sup>5</sup>	210	2400	Concreto
Concreto Columna	2.74 x 10 <sup>5</sup>	333	2400	Concreto
Concreto Viga	2.55 x 10 <sup>5</sup>	289	2400	Concreto
Concreto Rígido	2.17 x 10 <sup>8</sup>	210	2400	Concreto
Acero de Refuerzo	2.039 x 10 <sup>6</sup>	-	-	Kinematic

*Fuente: Gonzales, G.; Aguilar, A. y Huaco G., 2020*

## 2.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

### 2.3.1. Edificaciones importantes

Según la (Norma E.030, 2018), se denominan edificaciones importantes aquellas que, al ocurrir un sismo en la zona, sigan teniendo la capacidad de funcionar inmediatamente, entre estas edificaciones tenemos a las que acogen una alta concentración de personas, como son “los cines, los teatros, los estadios, los coliseos, los centros comerciales, los terminales de pasajeros, las instalaciones penitenciarias, así como sitios que albergan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas”.

### 2.3.2. Diseño basado en el desempeño sísmico.

Hace mención en Bertero, R. y Bertero, V., 1992, pág. 23, como lo cita en Bonett, R.L., 2003), que este diseño, implica seleccionar evaluaciones adecuadas que faciliten la determinación de las dimensiones y detalles de los elementos estructurales y no estructurales. Esto se realiza de manera que, para un nivel de movimiento específico y con

diversos niveles de confiabilidad, la estructura no sufra daños que superen ciertos límites predefinidos.

### **2.3.3. Nivel de desempeño**

Lo establece (SEAOC, 1995), como un estado límite de daño, el que refleja una condición admisible. Esta condición se define considerando tres factores esenciales: los daños físicos potenciales en los componentes estructurales y no estructurales, el riesgo de la seguridad de los ocupantes provocada por estos daños, y la operatividad de la estructura después del terremoto.

### **2.3.4. Análisis pushover**

Según (Fajfar. P, Marušić, D. y Peruš I., 2005), es un método sencillo y efectivo para analizar la capacidad y la relación entre resistencia y deformación de una estructura frente a una aplicación de fuerzas inerciales. Se lleva a cabo este análisis al exponer la estructura a un conjunto de cargas laterales  $F_i$ , aumentando de manera gradual hasta que la estructura llega a su máxima capacidad. Empleando este método, se puede reconocer el surgimiento de grietas, el inicio de la deformación permanente y la falla de los elementos estructurales, así como identificar los límites de servicio y la curva de capacidad donde nos muestran las deformaciones y cortantes de la estructura

### **2.3.5. Espectro de capacidad**

Es la elaboración de la gráfica de la curva de capacidad, al convertir en formato ARSD el gráfico de fuerza cortante ( $V$ ) vs desplazamiento del techo ( $D_t$ ); en aceleración espectral ( $S_a$ ) vs desplazamiento espectral ( $S_d$ ).

### **2.3.6. Punto de desempeño:**

Se determina mediante la intersección entre el espectro de capacidad y el espectro de demanda, representando el desplazamiento estructural máximo anticipado debido al sismo requerido. (ATC-40).

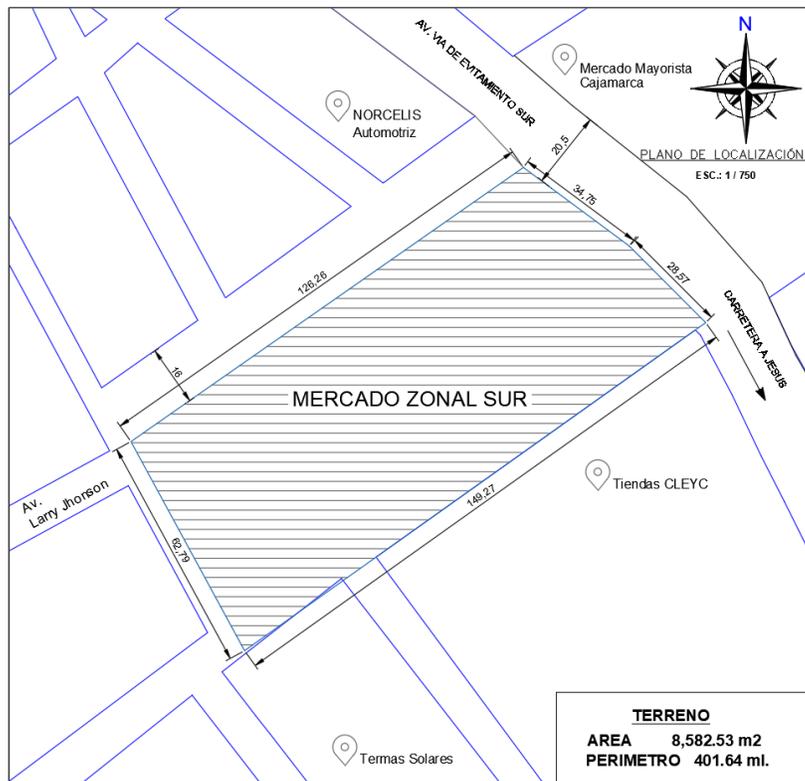
## CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El propósito de esta tesis, es establecer o determinar el nivel de desempeño sísmico de los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur de Cajamarca; departamento de Cajamarca, provincia Cajamarca, Distrito Cajamarca, Localidad de Huacariz, incluye tres puntos de entrada, cada uno ubicado en una calle diferente. El acceso principal, orientado hacia la carretera Cajamarca - Jesús, sirve tanto para vehículos como para peatones, mientras que los otros dos accesos son exclusivamente para peatones. En la Figura 21, se puede observar la ubicación del terreno donde ha sido construido el Mercado Zonal Sur. Se especifica el área del proyecto (8,582.53 m<sup>2</sup>) y el perímetro (401.64 ml)

**Figura 21**

*Ubicación, área y perímetro del terreno del mercado zonal sur de Cajamarca*



*Fuente: Expediente técnico, 2012*

### **3.2.TIEMPO DE REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se comenzó a llevarse a cabo desde fines del año 2022 hasta el tercer trimestre del año 2023, con la finalidad de realizar la evaluación por desempeño de la estructura, haciendo uso de la normativa ASCE 41-17.

### **3.3.PROCEDIMIENTO**

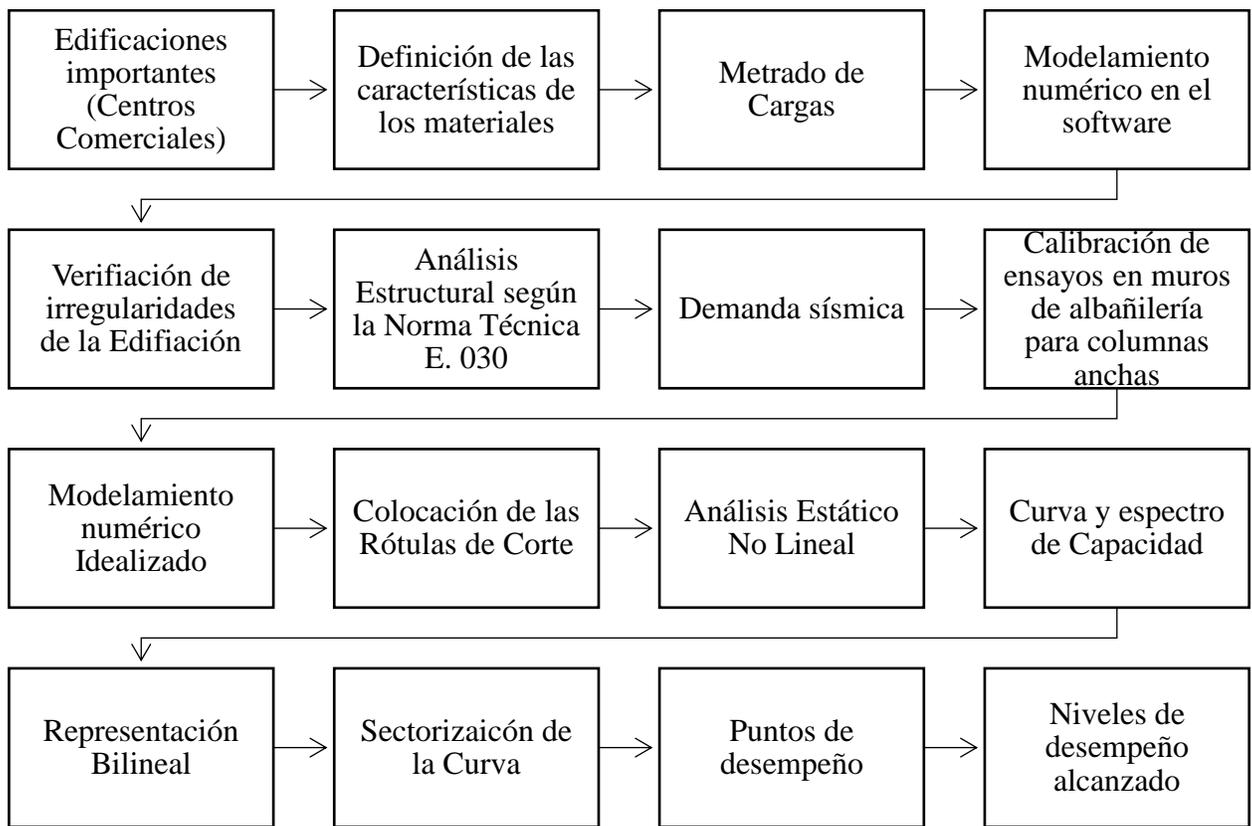
#### ***3.3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación***

- **Tipo.** Aplicada. Investigación concreta para poder conocer el desempeño de la estructura, aplicando los conocimientos adquiridos.
- **Nivel.** Será una investigación de nivel descriptivo.
- **Diseño.** El diseño experimental.
- **Método de la investigación.** La investigación se basa en un enfoque hipotético-deductivo. Se centrará en el análisis de una estructura específica, llevando a cabo la evaluación del desempeño sísmico para entender cómo la edificación responderá a un sismo raro con un período de retorno de 475 años.

En siguiente Figura 22, se divisa el diagrama de flujo que muestra la metodología llevada a cabo en esta investigación.

**Figura 22**

*Diagrama de metodología*



### **3.3.2. Población de estudio**

La población de estudio será el Mercado Zonal Sur de Cajamarca, que consta de 4 bloques y un estacionamiento

### **3.3.3. Muestra**

Muestreo no probabilístico, tomando a los bloques 2 y 4, debido a que son los bloques que albergan mayor cantidad de personas, presentan la mayor área construida y mayor masa.

### **3.3.4. Unidad de análisis**

La unidad de análisis viene a ser cada uno de los bloques principales del Mercado Zonal Sur de Cajamarca.

### **3.3.5. Tipo de análisis**

Se va a utilizar es el *análisis cuantitativo probabilístico*, se recolectan Información fundamental que respalda la hipótesis, los que se resumen y se examinan cuidadosamente, obteniendo los resultados para abordar la hipótesis.

## **3.4. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

La principal fuente de recolección de datos e información es el expediente técnico brindado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca, luego se cuentan con los distintitos tipos de fuentes adquiridas mediante la indagación en vía web.

Para esta investigación, se contaron con la siguiente información: Memoria descriptiva, memoria de cálculo y diseño, especificaciones técnicas, planilla de metrado, planos de arquitectura (ubicación, Topografía, distribución general, bloques), planos de estructuras (losas, vigas, cimientos), panel fotográfico.

### **3.4.1. Procesamiento de datos**

Para el análisis de información. se hizo uso de métodos computarizados, haciendo uso de los siguientes softwares:

- ETABS versión 20
- AutoCAD v.20
- Microsoft Excel

### **3.4.2. Análisis de datos y presentación de los resultados**

Utilizando el software ETABS versión 20, se construyó el modelo computacional y se analizaron los bloques de la estructura planificada. Se recopilaron, analizaron y resumieron los datos mediante Microsoft Excel, Word y AutoCAD. Se presentan tablas y gráficos para resumir la información.

Verificación de planos:

- Anexo 1: Se muestra la distribución de arquitectura del primer nivel, segundo y tercer piso del Bloque 2 y 4 del Mercado Zonal Sur.
- Anexo 2: Se muestra la losa aligerada con los elementos estructurales del Bloque 2 y 4 del Mercado Zonal Sur.

### **3.4.3. Descripción de la estructura**

El proyecto cuenta con 3 niveles, que se organizan de la siguiente forma

- **Primer nivel.** 05 Oficinas + baño, de dos niveles cada una con acceso directo desde la calle posterior del predio, 36 Puestos de carnes rojas (Incl. Lavadero de una poza y mesón de concreto), 23 Puestos de pollo Incl. Lavadero de una poza y mesón de concreto), 09 Puestos de productos hidrobiológicos (Incl. Lavadero de una poza y mesón de concreto), 55 Puestos de fruta, 06 Puestos de embutidos, 30 Puestos tipo stand para productos diversos, 03 Baterías de servicios higiénicos para damas, caballeros y discapacitados (público y empleados) baños, 02 Cuartos de limpieza uno de ellos implementados con un baño completo para uso de empleados, 01 Ambiente para Subestación, grupo de emergencia y tablero de transferencia, 03 Cámaras: 01 de conservación para carnes, 01 de conservación para aves, 01 de congelación para pescado, 01 Ambiente para lavaderos, 01 Ducto para Ascensor tipo panorámico (1 cara), 01 Ducto para montacarga de 1000 kilos de capacidad, 01 Cuarto de máquinas para electrobombas, 01 Escalera principal, 03 Escaleras secundarias, 02 Escaleras de escape, 01 escalera de servicio, 01 Zona de carga y descarga, Estacionamiento para 47 vehículos, 01 cisterna para consumo doméstico

con capacidad de 65.24 m<sup>3</sup>, 01 cisterna para agua contra incendio de 40 m<sup>3</sup>, 03 ingresos peatonales, 01 ingreso y salida para vehículos.

- **Segundo Nivel.** 51 Puestos de abarrotes, 05 Puestos para mercería, 06 Puestos para artesanía, 32 puestos de verduras, 10 Puestos de tubérculos, 03 Baterías de servicios higiénicos para damas, caballeros y discapacitados (público y empleados) baños, 02 Cuartos de limpieza uno de ellos implementados con un baño completo para uso de empleados, 01 Ambiente para lavaderos, 01 Ducto para Ascensor tipo panorámico (1 cara), 01 Ducto para montacarga de 1000 kilos de capacidad, 01 Escalera principal, 03 Escaleras secundarias, 02 Escaleras de escape, 01 escalera de servicio.
- **Tercer Nivel.** 11 puestos para juguería (Incl. Lavadero de una poza con escurridero y mesón de concreto), 01 Patio de comidas para los puestos de juguería, 19 Puesto de para comida, 01 Patio de comidas, 09 Tiendas para juegos, 11 Tiendas para artefactos, 01 oficina para administración, con baño y depósito, 01 Tópico, 01 Sala para reuniones.

La edificación presenta 4 bloques estructurales, los que se encuentran separados entre sí por juntas sísmicas, los bloques estudiados en esta investigación son bloques 2 y 4.

- **Bloque 2:**
  - Primer nivel: 42 puestos
  - Segundo nivel: 42 puestos
  - Tercer nivel: 19 puestos, lugar de juegos, patio de comidas
- **Bloque 4:**

- Primer nivel: 34 puestos, 1 depósito de limpieza, 1 baño completo, 14 puestos
- Segundo nivel: 17 puestos, lavadero, hall de servicio, baño público de hombres, baño público de mujeres, depósito de limpieza, baño.
- Tercer nivel: 11 puestos, lavadero, sala de reuniones, baño público de hombres, baño público de mujeres, depósito de limpieza, 2 baños, tópico, oficina administrativa, sala de artefactos.

El proyecto se expande en un área de terreno de 8,582.53 m<sup>2</sup>, y un área techada total 14,472.92 m<sup>2</sup>. Tiene un largo de total de 147.93m y un ancho de 65.15 m.

El sistema estructural del edificio consiste en albañilería confinada, tanto en dirección horizontal como vertical.

- **Cimentación:**

En la Tabla 24 se muestra el listado de los elementos estructurales utilizados en las cimentaciones de los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur.

**Tabla 24**

*Cimentación de los bloques 2 y 4*

Bloque 2	Bloque 4
Zapata corrida con 0.50 m de h	Zapatatas aisladas con 0.50 m de h
Zapatatas aisladas con 0.50 m de h	Vigas de cimentación 1 (VC-25x60 cm)
Vigas de cimentación 1 (VC-25x40 cm)	Vigas de cimentación 2 (VC-25x75 cm)
Vigas de cimentación 2 (VC-25x60 cm)	Vigas de cimentación 3 (VC-25x40 cm)
Vigas de cimentación 3 (VC-30x70 cm)	Cimiento corrido 1 (60x105 cm)
Vigas de cimentación 4 (VC-30x40 cm)	Cimiento corrido 2 (60x110 cm)
Cimiento corrido 1 (60x105 cm)	Cimiento corrido 3 (60x65 cm)
Cimiento corrido 2 (60x110 cm)	Cimiento corrido 4 (60x90 cm)
Cimiento corrido 3 (60x65 cm)	Cimiento corrido 5 (60x80 cm)
Cimiento corrido 4 (60x90 cm)	Cimiento corrido 6 (60x50 cm)
Cimiento corrido 5 (60x80 cm)	Cimiento corrido 7 (60x40 cm)
Cimiento corrido 6 (60x50 cm)	Cimiento corrido 8 (60x60 cm)
Cimiento corrido 7 (60x40 cm)	Cimiento corrido 9 (60x50 cm)
Cimiento corrido 8 (60x60 cm)	
Cimiento corrido 9 (60x50 cm)	

### **Vigas y columnas:**

En la Tabla 25 se muestra el listado de los componentes estructurales utilizados (vigas y columnas).

**Tabla 25**

*Vigas y columnas de los bloques 2 y 4*

	Bloque 2	Bloque 4
VIGAS	Vigas principales en x (25x45 cm) y (25x60 cm)	Vigas principales en x (25x55 cm), (20x30 cm)
	Vigas secundarias en y (25x35 cm) y (13x30 cm)	Vigas secundarias en y (25x30 cm) y (13x30 cm)
COLUMNAS	Columna C-1 (40x40 cm)	Columna C-1, C-10 (50x50 cm)
	Columna C-1' (35x35 cm)	Columna C-2, C-3, C-7, C-11 (35x35 cm)
	Columna C-2 (25x15 cm)	Columna C-4 (Col L)
	Columna C-2' (35x13 cm)	Columna C-5 (Col T)
	Columna C-3 (35x25 cm)	Columna C-6 (Col T)
	Columna C-4 (25x25 cm)	Columna C-8 (25x25 cm)
	Columna C-5 (40x25 cm)	Columna C-9 (40x25 cm)
	Columna C-6 (Col T)	
	Columna C-7 (75x25 cm)	
Columna C-9 (60x60 cm)		

### **Albañilería confinada:**

Albañilería de espesor 13 cm y de 23 cm

## **3.5.CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

Tomamos las siguientes características para el modelado de la estructura

### **3.5.1. Propiedades mecánicas**

#### **Elementos estructurales**

Se muestra en la Tabla 26 las especificaciones técnicas de los materiales utilizados en el proyecto del Mercado Zonal Sur: Acero, Concreto y Albañilería, especificando para que tipo de elemento estructural se utilizó cada uno.

**Tabla 26**

*Especificaciones técnicas de los elementos estructurales*

Material	Elementos	Bloque 2	Bloque 4	
Acero de refuerzo	Columnas			
	Esfuerzo de fluencia	Vigas principales	$f_y = 4200 \frac{kgf}{cm^2}$	$f_y = 4200 \frac{kgf}{cm^2}$
		Vigas secundarias		
		Vigas chatas		
		Aligerado		
	Carga última	Columnas	$f_u = 6300 \frac{kgf}{cm^2}$	$f_u = 6300 \frac{kgf}{cm^2}$
		Vigas principales		
		Vigas secundarias		
		Vigas chatas		
	Módulo de elasticidad	Columnas	$E = 2000000 \frac{kgf}{cm^2}$	$E = 2000000 \frac{kgf}{cm^2}$
Vigas principales				
Vigas secundarias				
Vigas chatas				
Peso unitario	Aligerado	$7850 \frac{kg}{m^3}$	$7850 \frac{kg}{m^3}$	
	Columnas			
	Vigas principales			
	Vigas secundarias			
Coeficiente de poisson	Vigas chatas	$\mu = 0.3$	$\mu = 0.3$	
	Aligerado			
	Columnas			
	Vigas principales			
Concreto	Columnas			
	Resistencia a la compresión	Vigas principales	$f'_c = 210 \frac{kgf}{cm^2}$	$f'_c = 210 \frac{kgf}{cm^2}$
		Vigas secundarias		
		Vigas chatas		
		Aligerado		
	Módulo de elasticidad	Columnas	$E = 15000 \sqrt{f'_c} \frac{kgf}{cm^2}$	$E = 15000 \sqrt{f'_c} \frac{kgf}{cm^2}$
		Vigas principales		
		Vigas secundarias		
		Vigas chatas		
	Coeficiente de poisson	Aligerado	$\mu = 0.15$	$\mu = 0.15$
Columnas				
Vigas principales				
Vigas secundarias				
Recubrimiento	Vigas chatas	4 cm	4 cm	
	Aligerado	4 cm	4 cm	

	Vigas secundarias	4 cm	4 cm
	Vigas chatas	4 cm	4 cm
	Aligerado	2.5 cm	2.5 cm
Albañilería	Resistencia a la compresión	$f'_m = 65 \frac{kgf}{cm^2}$	$f'_m = 65 \frac{kgf}{cm^2}$
	Módulo de elasticidad	$E = 32500 \frac{kgf}{cm^2}$	$E = 32500 \frac{kgf}{cm^2}$
	Resistencia al corte	$v'_m = 8.1 \frac{kgf}{cm^2}$	$v'_m = 8.1 \frac{kgf}{cm^2}$
	Coefficiente de poisson	$\mu = 0.3$	$\mu = 0.3$

La capacidad portante del suelo es la que se muestra a continuación.

### Suelo

Capacidad portante	$\sigma_t = 1.02 \frac{kg}{cm^2}$
--------------------	-----------------------------------

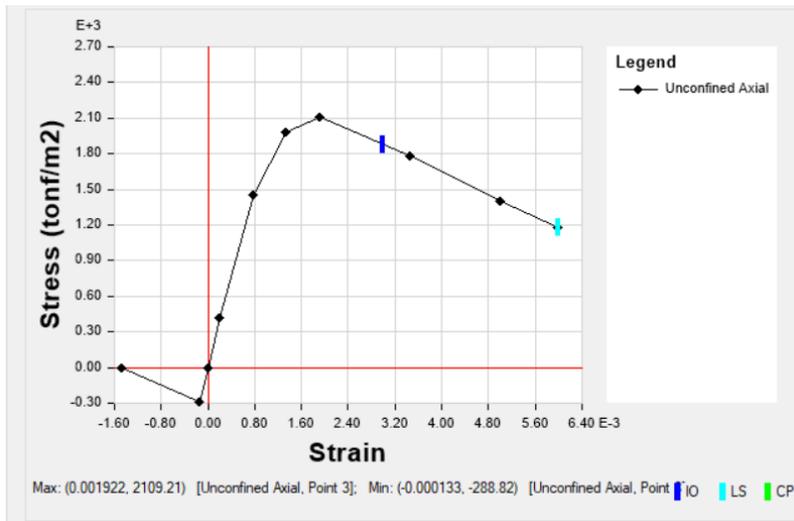
### 3.5.2. Modelo de fuerza-deformación de los materiales

El software nos brinda la facilidad de elegir el tipo de modelo de fuerza deformación para cada material empleado, en cada caso se presenta la gráfica Strain vs. Stress para cada material: concreto el modelo de Mander, Parker para acero de refuerzo y modelo de Mansory para albañilería.

**Concreto:** se aplicó el modelo propuesto por Mander, de tensión-deformación, para concreto sujeto expuesto a compresión uniaxial y confinado con refuerzo transversal, en la Figura 23, se muestra el gráfico elegido en el programa ETABS.

**Figura 23**

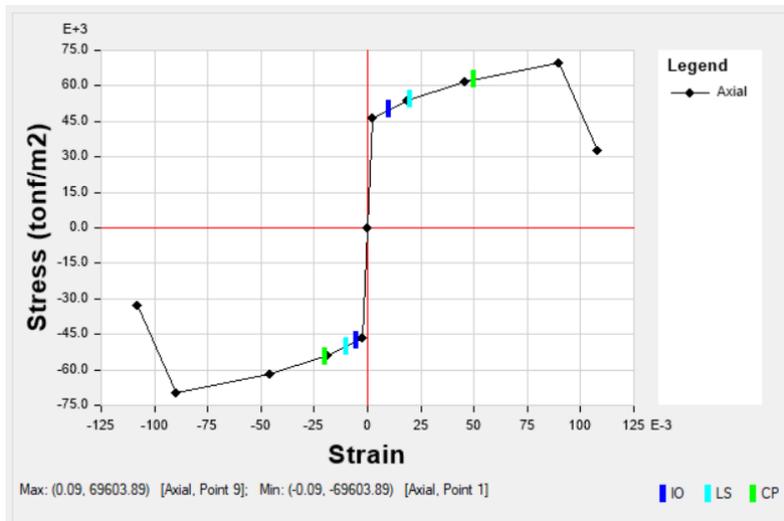
*Modelo de Mander para concreto confinado*



**Acero de refuerzo:** Se empleó el modelo propuesto por Parker. La Figura 24 exhibe el modelo de tensión-deformación seleccionado en el programa ETABS para el material, que en este caso es el acero de refuerzo.

**Figura 24**

*Modelo de Parker para el acero de refuerzo*



### 3.6. METRADO DE CARGAS

El metrado de cargas, se lo muestra en la memoria de cálculo estructural del expediente técnico

#### 3.6.1. Carga muerta

El metrado de carga muerta, debe tener en cuenta el peso específico de cada material, teniendo en cuenta la norma E-020, así como las dimensiones de los componentes. El software a utilizar, coloca automáticamente en el cálculo el peso propio de cada elemento, por lo que al momento del metrado de carga muerta solo se adiciona los acabados de piso, cielo raso, revestimientos, tabiquería, o algún tipo de carga puntual o distribuida que sea necesaria cuantificarla.

Carga adicional al peso propio que proporciona el programa, se muestra en la Tabla 27, para piso terminado, tabiquería y tarrajeo.

**Tabla 27**

*Peso adicional por metro cuadrado de aligerado*

Piso terminado	100 $\frac{kg}{m^2}$
Tabiquería	100 $\frac{kg}{m^2}$
Tarrajeo	40 $\frac{kg}{m^2}$
Total	240 $\frac{kg}{m^2}$

*Fuente: Expediente técnico, 2012*

#### 3.6.2. Carga viva

En función del uso que se le da a cada ambiente, la carga distribuida, la podemos extraer de la norma E-020. En este caso, se usó, lo mostrado en la Tabla 28.

**Tabla 28**

*Carga viva mínima repartida*

Oficinas	250 $\frac{kg}{m^2}$
Ambientes de ventas	350 $\frac{kg}{m^2}$
Corredores y escaleras	500 $\frac{kg}{m^2}$

*Fuente: Expediente técnico, 2012*

### **3.7.MODELAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS**

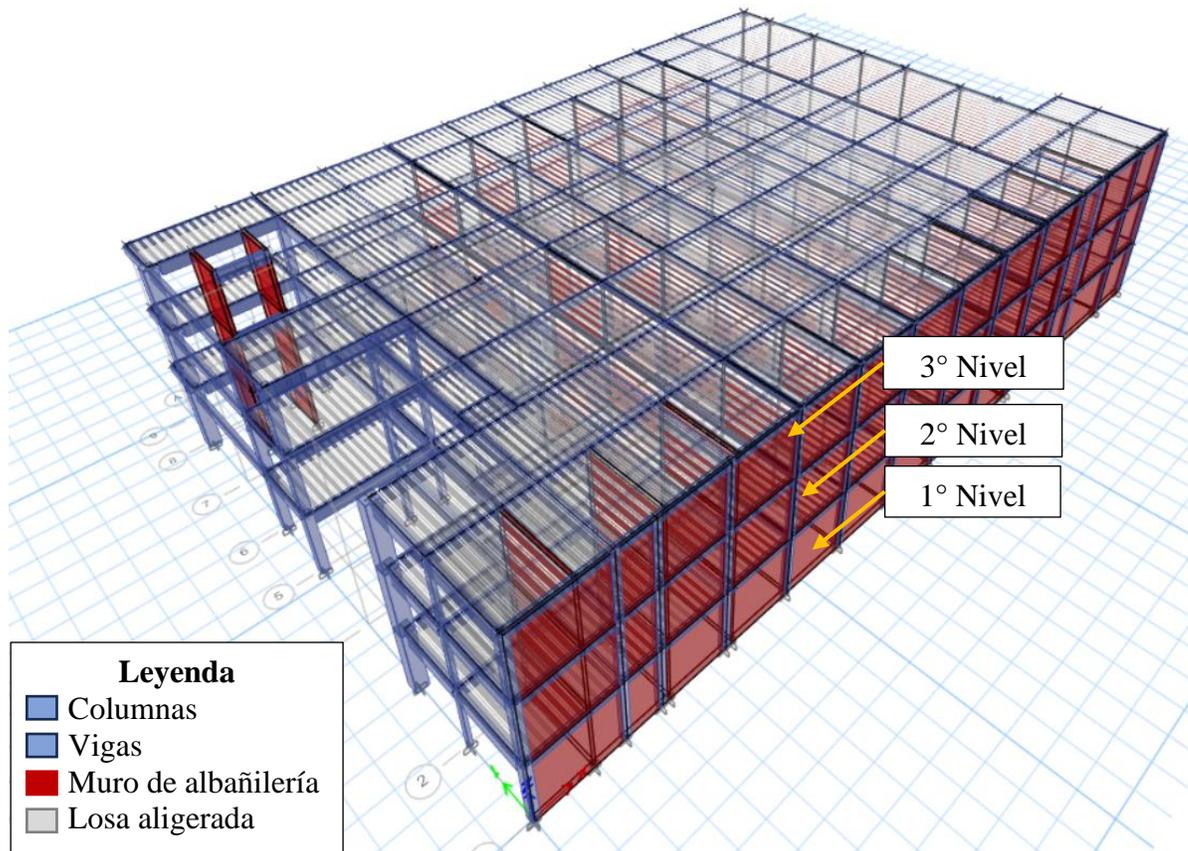
Se muestra el modelado de los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur de Cajamarca en el software ETABS v.20.3.0, siendo este la representación simplificada de los elementos y sus parámetros. propuestos en los planos, memorias descriptivas y memorias de cálculo, propuestas en el expediente técnico.

Para el modelado numérico, y para realizar el análisis lineal del Mercado Zonal Sur se siguen los pasos propuestos por el NTE E.030. A continuación, se mostrará el modelado estructural de los bloques 2 y 4 en ETABS, siguiendo lo propuesto por el R.N.E.

**Bloque 2:** En la Figura 25, se presenta el modelado estructural del bloque 2, indicando los elementos estructurales utilizados, señalados en la leyenda.

**Figura 25**

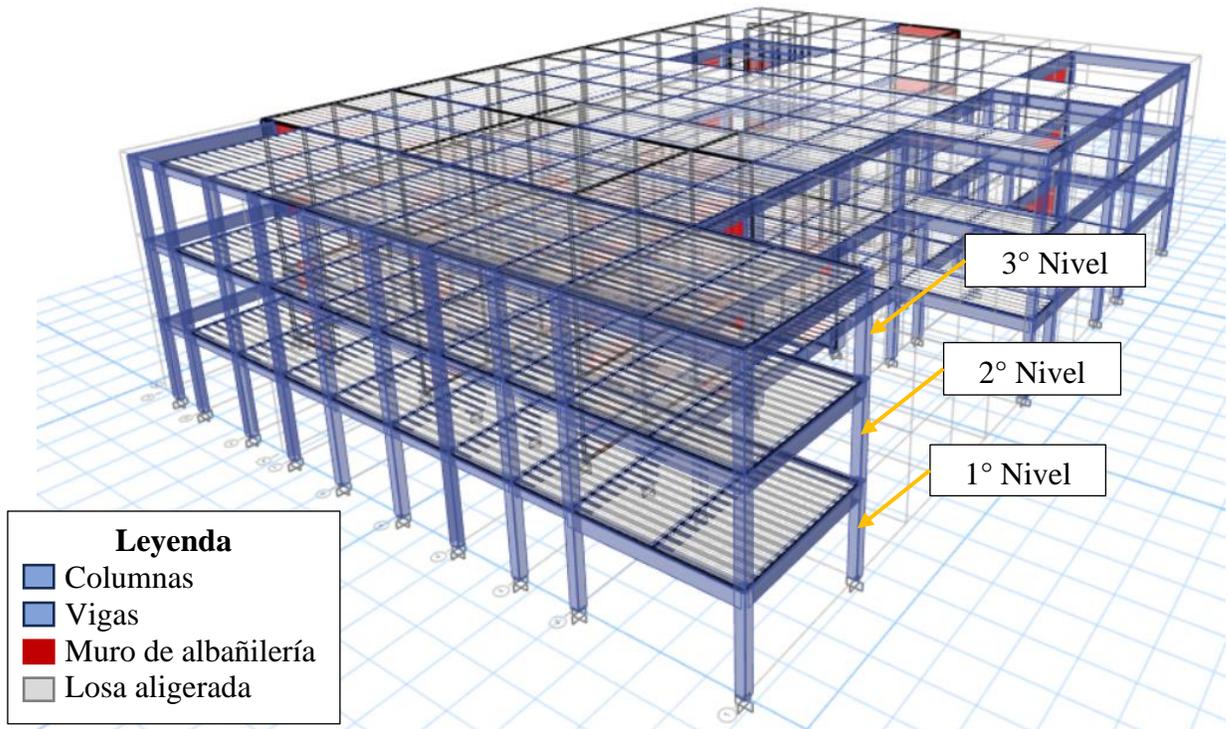
*Modelado estructural del bloque 2*



**Bloque 4:** En la Figura 26, se presenta el modelado estructural del bloque 4, indicando los elementos estructurales utilizados, señalados en la leyenda.

**Figura 26**

*Modelado estructural del bloque 4*

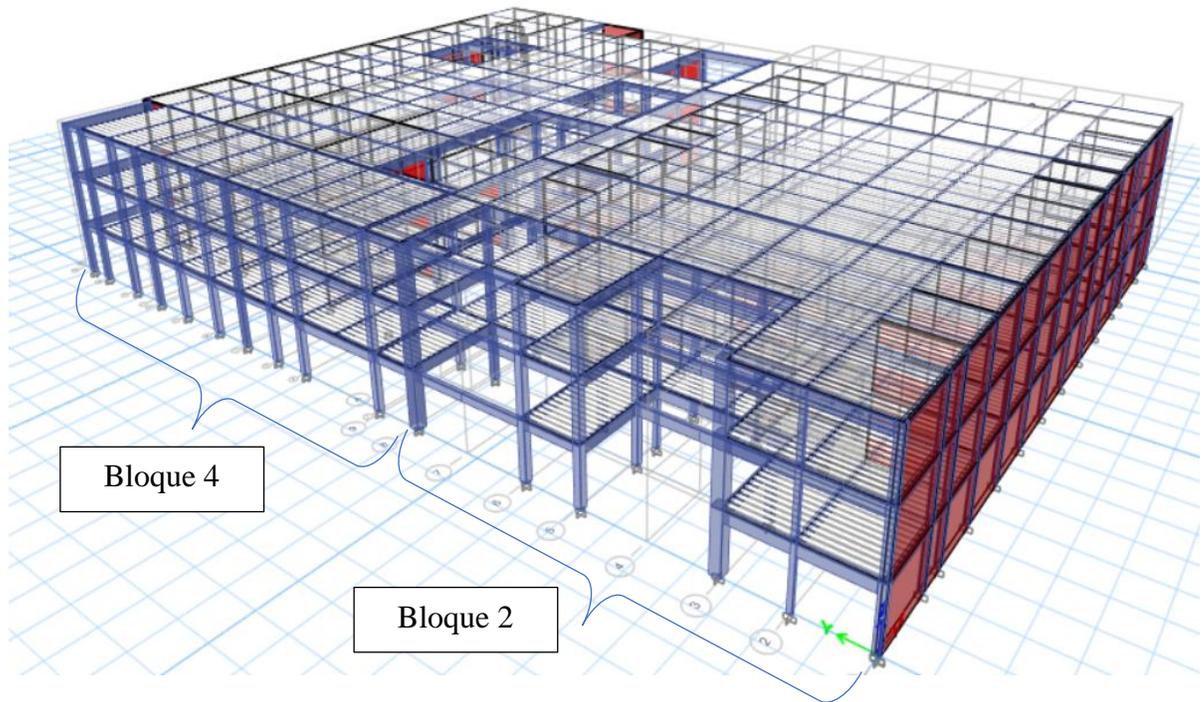


### **Bloque 2 y 4**

En la Figura 27, se presenta el modelado estructural del bloque 2 y 4, ubicados en un mismo modelo, para poder tener una visión general de la ubicación de ambos bloques, los que se analizan por separado.

**Figura 27**

*Modelado estructural del bloque 2 y 4*



Por otra parte, para la evaluación no lineal de la estructura, se utilizarán las recomendaciones del NTE E.030, VISION 2000, ASCE 41-17.

A continuación, se muestran las recomendaciones extraídas para el modelado numérico no lineal.

- Las cargas sísmicas que se van a considerar están fijadas en la base, SEOAC 1995
- El cálculo del peso de la estructura se realiza utilizando el enfoque propuesto por la (Norma E.030, 2018) “en edificaciones de las categorías a y b, se tomará el 50 % de la carga viva”

$$P = PP + CM + 0.50 CV + 0.25 CVT$$

$$P = PP + CM + 0.50 CV$$

- Para tener en cuenta los valores de rigidez efectiva mostrados en la Tabla 29, se tiene en cuenta la recomendación del (ATC-40, 1996).

**Tabla 29**

*Valores de rigidez efectiva*

Componente	Rigidez a Flexión	Rigidez a Corte	Rigidez Axial
Vigas	$0.50 E_c I_g$	$0.40 E_c I_w$	$E_c A_g$
Columnas	$0.70 E_c I_g$	$0.40 E_c I_w$	$E_c A_g$

- Se utilizó el procedimiento ASCE41-17 y los lineamientos establecidos por el comité VISION 2000 guían este proceso.
- Para definir las rótulas plásticas se usa lo indicado en el ASCE 41-17.

### **3.8.FACTORES DE SISMICIDAD**

Son parámetros que se usan para construir el espectro inelástico. Para la consideración de los factores de sismicidad se hizo uso de la norma (Norma E.030, 2018).

#### **3.8.1. Factor zona**

Cajamarca se sitúa según el mapa de Zona Sísmica y la tabla de Zonificación sísmica, que forma parte de la zona 3, ubicamos el valor en la Tabla 30.

**Tabla 30**

*Factores de zona*

<b>Tabla N°1 Factores de Zona “Z”</b>	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

*Fuente: NTE. E.030, 2018*

Z= 0.35

### 3.8.2. *Coefficiente de uso e importancia*

La categoría a la que pertenece es la B “Edificaciones Importantes”, en la Tabla 31

**Tabla 31**

*Categoría de las edificaciones y factor u*

<b>B Edificaciones Importantes</b>	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
--	--	-----

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

U=1.3

### 3.8.3. *Factor de amplificación suelo*

El suelo del terreno de acuerdo con los cálculos detallados en la documentación técnica del expediente. tiene una resistencia de:

$$\text{Resistencia del terreno } (\sigma) = 1.02 \frac{kg}{cm^2}$$

El suelo del terreno se clasifica como suelo, tipo S<sub>3</sub> (Suelo blando).

Ubicamos en la Tabla 32, la zona y el tipo de suelo.

**Tabla 32***Factores de suelo "s"*

<b>Tabla N°3</b>				
<b>Factores de Suelo "S"</b>				
Suelo Zona	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

El factor S= 1.20

Para hallar los periodos, ubicamos en la Tabla 33

**Tabla 33***Periodos*

<b>Tabla N°4</b>				
<b>Periodos "T<sub>P</sub>" y "T<sub>L</sub>"</b>				
Perfil	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T <sub>L</sub> (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*T<sub>P</sub>= 1.0 y T<sub>L</sub>= 1.6**3.8.4. Coeficiente de reducción**

En el eje x e y: el sistema es dual, se ubica el coeficiente en la Tabla 34.

**Tabla 34***Coefficiente básico de reducción (r)*

<b>Tabla N°7 SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
Muros Estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería armada</b>	3
<b>Madera</b>	7(**)

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

R= 3

Resumen de los parámetros tomados de acuerdo a la norma NTE.030, como se muestra en la Tabla 35.

**Tabla 35***Resumen de parámetros sísmicos*

ITEM	FACTOR	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	VALOR
Factor de zona	Z	Ubicación de Cajamarca	Z3	0.35
Coefficiente de importancia	U	Mercado	B	1.3
Factor de amplificación sísmica	C	Factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo	$T < T_p \quad C = 2.5$ $T_p < T < T_p \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right)$ $T > T_L \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$	
Periodos	TP	Depende del Factor	Límite	1.0
	TL	S	Límite	1.6
Factor de Suelo	S	Suelos Blando	S3	1.2
Coefficiente de reducción	R	Edificación de sistema dual	Albañilería	3

### 3.9.VERIFICACIÓN DE LAS IRREGULARIDAS

#### 3.9.1. Irregularidad en altura

Para la verificación de las irregularidades nos guiamos de lo propuesto en la Norma E.030, 2018, artículo 20.

**Irregularidad de rigidez- piso blando:** A continuación, en la Tabla 36, se muestra la definición según el R.N.E.

**Tabla 36***Irregularidad de rigidez-piso blando*

<b>Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	<b>Factor de Irregularidad I<sub>a</sub></b>
<b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando:</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.	0,75
<b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10):</b> Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.	0,50

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

Después de modelar la edificación en ETABS, verificamos la irregularidad extrayendo los datos de la tabla de Story Stiffness.

**Bloque 2:**

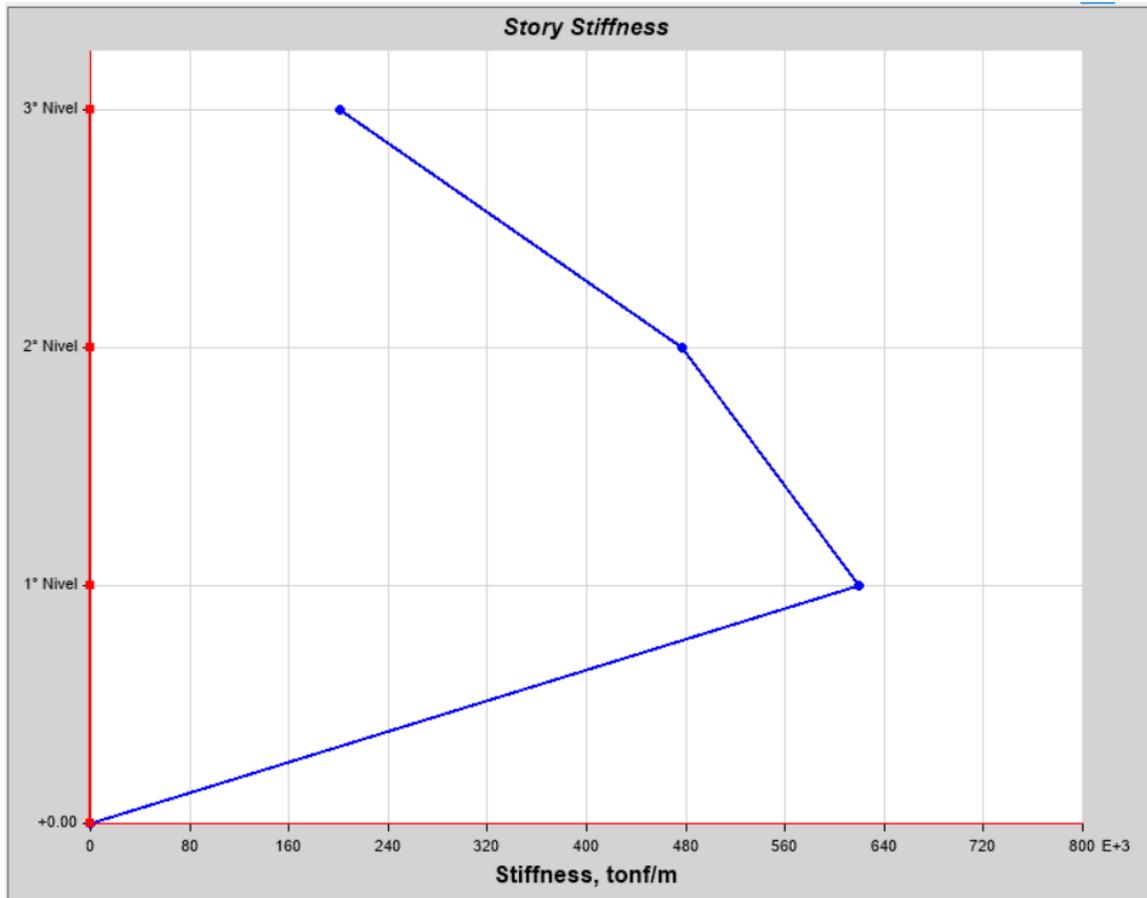
Se extrae el diagrama (Figura 28) y los valores de la rigidez lateral en dirección X (Tabla 37), del programa modelado en ETABS 20.3.0.

**Tabla 37***Story stiffness dirección x*

<b>Story</b>	<b>Elevation m</b>	<b>Location</b>	<b>X-Dir Tonf/m</b>
3° Nivel	11.1	Top	201207.6867
2° Nivel	7.4	Top	476648.3201
1° Nivel	3.7	Top	619541.6295

**Figura 28**

*Diagrama story stiffness dirección x*



Se extrae el diagrama (Figura 29) y los valores de la rigidez lateral en dirección Y (Tabla 38), del programa modelado en ETABS 20.3.0.

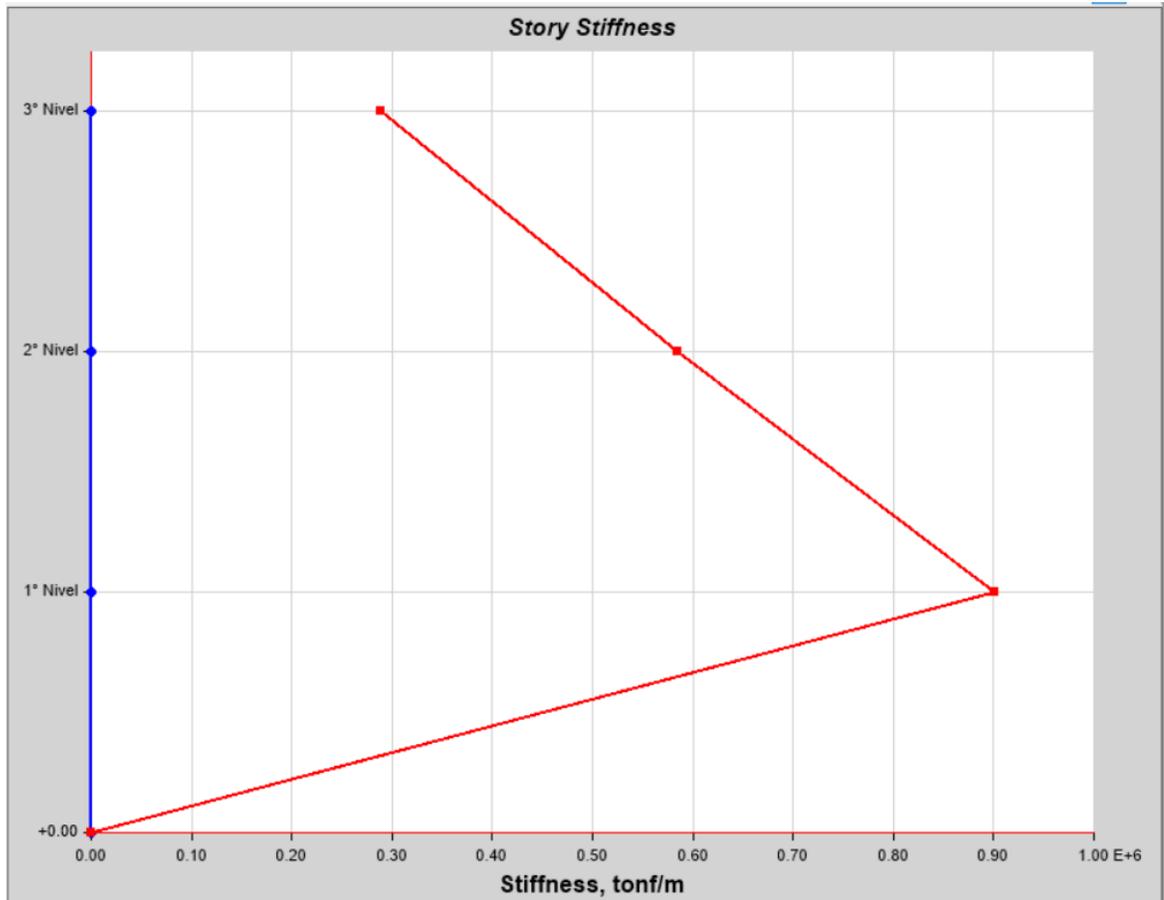
**Tabla 38**

*Story stiffness dirección y*

Story	Elevation m	Location	Y-Dir Tonf/m
3º Nivel	11.1	Top	288289.4013
2º Nivel	7.4	Top	584062.9485
1º Nivel	3.7	Top	901553.4898

**Figura 29**

*Diagrama story stiffness dirección y*



#### **Bloque 4**

Se extrae el diagrama (Figura 30) y los valores de la rigidez lateral en dirección X (Tabla 39), del programa modelado en ETABS 20.3.0.

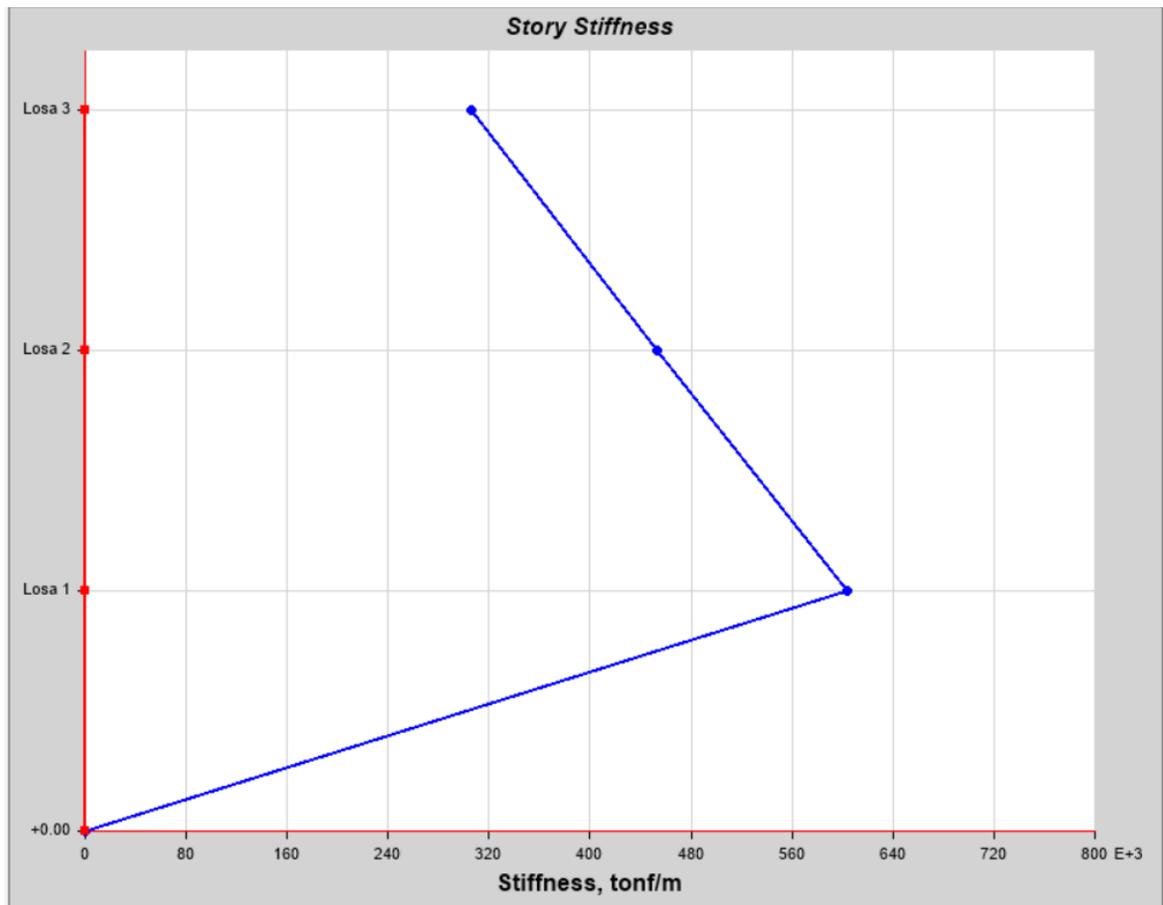
**Tabla 39**

*Story stiffness dirección x*

Story	Elevation m	Location	X-Dir Tonf/m
3° Nivel	11.1	Top	305693.081
2° Nivel	7.4	Top	452834.452
1° Nivel	3.7	Top	604251.428

**Figura 30**

*Diagrama story stiffness dirección x*



Se extrae el diagrama (Figura 31) y los valores de la rigidez lateral en dirección Y (Tabla 40), del programa modelado en ETABS 20.3.0.

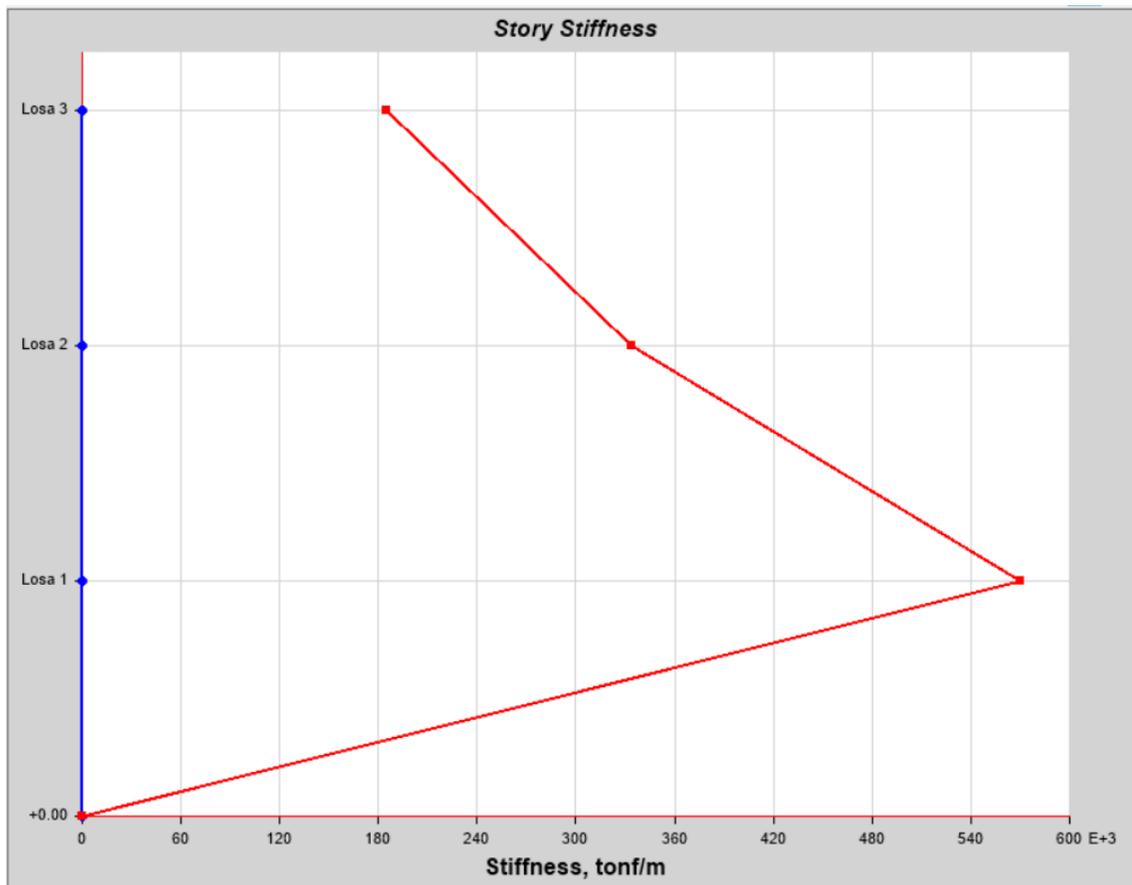
**Tabla 40**

*Story stiffness dirección y*

Story	Elevation m	Location	Y-Dir Tonf/m
3° Nivel	11.1	Top	184846.06
2° Nivel	7.4	Top	333795.918
1° Nivel	3.7	Top	570259.215

**Figura 31**

*Diagrama story stiffness dirección y*



Comprobación de Irregularidad: después de haber extraído los datos del software, se realiza la comprobación de la irregularidad, mostrando los datos obtenidos en la Tabla 41.

**Tabla 41**

*Comprobación de irregularidad de rigidez*

Piso	BLOQUE 2			BLOQUE 4		
	Stiff X tonf/m	Stiff Y tonf/m	$k_i < 0.70k_{i+1}$	Stiff X tonf/m	Stiff Y tonf/m	$k_i < 0.70k_{i+1}$
3° nivel	201207.69	288289.40		305693.08	184846.06	
2° nivel	476648.32	584062.95	NO NO	452834.45	333795.91	NO NO
1° nivel	619541.63	901553.49	NO NO	604251.42	570259.21	NO NO

Los bloques 2 y 4 no se presenta irregularidad de rigidez

**Irregularidad de resistencia-piso débil:** Según el NTE E.030, nos indica lo siguiente (Tabla 42).

**Tabla 42**

*Irregularidad de rigidez-piso blando*

<b>Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Irregularidad de Resistencia – Piso Débil:</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,75
<b>Irregularidad Resistencia (Ver Tabla N° 10):</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,50

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

Comprobamos con los datos extraídos del programa de las tablas de Story Forces.

## Bloque 2

Revisamos en dirección x, mostrando los datos en la Tabla 43.

**Tabla 43**

*Comprueba la resistencia en dirección x*

Case/Combo	Story	Elevation (m)	Location	VX tonf	Resistencia 80%
SDXX	3° nivel	32.65	Bottom	353.616	CUMPLE
SDXX	2° nivel	30.15	Bottom	607.7656	CUMPLE
SDXX	1° nivel	27.65	Bottom	767.3247	

Revisamos en dirección y, mostrando los datos en la Tabla 44.

**Tabla 44**

*Comprueba la resistencia en dirección y*

Case/Combo	Story	Elevation (m)	Location	VY tonf	Resistencia 80%
SDYY	3° nivel	32.65	Bottom	460.5399	CUMPLE
SDYY	2° nivel	30.15	Bottom	772.3982	CUMPLE
SDYY	1° nivel	27.65	Bottom	955.4969	

Se comprueba que no existe irregularidad por piso débil.

#### Bloque 4

Revisamos en dirección x, los resultados se muestran en la Tabla 45.

**Tabla 45**

*Comprueba la resistencia en dirección x*

Case/Combo	Story	Elevation (m)	Location	VX tonf	Resistencia 80%
SDXX	3° nivel	32.65	Bottom	182.0315	CUMPLE
SDXX	2° nivel	30.15	Bottom	330.3367	CUMPLE
SDXX	1° nivel	27.65	Bottom	405.5485	

Revisamos en dirección y, en la Tabla 46 se muestran los resultados.

**Tabla 46**

*Comprueba la resistencia en dirección y*

Case/Combo	Story	Elevation (m)	Location	VY tonf	Resistencia 80%
SDYY	3° nivel	32.65	Bottom	182.0315	CUMPLE
SDYY	2° nivel	30.15	Bottom	330.3367	CUMPLE
SDYY	1° nivel	27.65	Bottom	405.5485	

Se comprueba que no existe irregularidad por piso débil.

**Irregularidad de masa o peso:** A continuación, en la Tabla 47, se muestra la definición según el R.N.E. de la irregularidad de masa.

**Tabla 47**

*Irregularidad de masa*

<b>Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Irregularidad de Masa o Peso:</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

Se extraen los datos de la tabla Story Forces, del programa ETABS 20.3.0, y se comprueba la irregularidad, en la Tabla 48.

**Tabla 48**

*Comprobación de irregularidad de masa*

BLOQUE 2								
STRUCTURE RESULTS (STORY FORCES)								
Story	Load Case/Combo	P tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	Peso por Nivel tonf	Comprobar		
3° Nivel	CM+0.50CV	1006.103	13255.8518	-23426.68	1006.103	1509.1545		
2° Nivel	CM+0.50CV	2130.748	28412.067	-49687.29	1124.645	1686.9675	Cumple	Cumple
1° Nivel	CM+0.50CV	3258.4515	43579.3903	-76063.33	1127.7035	1691.55525	Cumple	Cumple
Peso total de la Edificación (P) =			3288.48		tonf			
BLOQUE 4								
STRUCTURE RESULTS (STORY FORCES)								
Story	Load Case/Combo	P tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	Peso por Nivel tonf	Comprobar		
3° Nivel	CM+0.50CV	1083.6052	20184.3985	-24606.95	1083.6052	1625.4078		
2° Nivel	CM+0.50CV	2195.1368	40827.3906	-49804.363	1111.5316	1667.2974	Cumple	Cumple
1° Nivel	CM+0.50CV	3302.9121	61412.5366	-74834.776	1107.7753	1661.66295	Cumple	Cumple
Peso total de la Edificación (P) =			0		tonf			

No se presenta irregularidad de masa.

**Irregularidad geométrica vertical:** Mostrando en la Tabla 49, la definición según el R.N.E.

## Tabla 49

### *Irregularidad de geometría vertical*

<b>Tabla N° 8</b> <b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Irregularidad Geometría Vertical:</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

No presenta

### **Discontinuidad en los sistemas resistentes**

En la Tabla 50, se muestra la definición.

## Tabla 50

### *Irregularidad de discontinuidad de los sistemas resistentes*

<b>Tabla N° 8</b> <b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes:</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

No presenta

Se resumen las irregularidades en la Tabla 51.

**Tabla 51**

Resumen de irregularidades de la edificación en altura

IRREGULARIDADES EN ALTURA		BLOQUE 2		BLOQUE 4	
		X	Y	X	Y
Irregularidades de Rigidez	[0.75]	1	1	1	1
Irregularidades de Extrema Rigidez	[0.50]	1	1	1	1
Irregularidades de Masa o Peso	[0.9]	1	1	1	1
Irregularidad de Geometría Vertical	[0.9]	1	1	1	1
Discontinuidad en los sistemas resistentes	[0.9]	1	1	1	1
Discontinuidad Extrema en los sistemas resistentes	[0.6]	1	1	1	1
IRREGULARIDADES EN ALTURA [Ia] X - X =		1		1	
IRREGULARIDADES EN ALTURA [Ia] Y - Y =		1		1	

Se puede observar que no existe irregularidad en altura en la estructura, por lo que el factor se considera 1

### 3.9.2. Irregularidad en planta

Para la evaluación, nos guiamos de la Tabla 52 de la NTE.030

#### Irregularidad torsional

**Tabla 52***Irregularidad torsional*

<b>Tabla N° 9</b> <b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>	<b>Factor de Irregularidad I<sub>a</sub></b>
<p><b>Irregularidad Torsional:</b> Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga.</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

Se realiza la verificación de derivas extraídas del programa, mostrando los resultados en la

Tabla 53.

**Tabla 53**

*Derivas en dirección "x" e "y"*

BLOQUE 2					Comprueba con
PISO	Output Case	Step Type	Direction	Drift	$\Delta < 0.0025$
3° Nivel	Desp x x	Max	X	0.002374	<0.0025
2° Nivel	Desp x x	Max	X	0.00164	<0.0025
1° Nivel	Desp x x	Max	X	0.001332	<0.0025
PISO	Output Case	Step Type	Direction	Drift	
3° Nivel	Desp y y	Max	Y	0.001736	<0.0025
2° Nivel	Desp y y	Max	Y	0.00139	<0.0025
1° Nivel	Desp y y	Max	Y	0.000972	<0.0025
BLOQUE 4					Comprueba con
PISO	Output Case	Step Type	Direction	Drift	$\Delta < 0.0025$
3° Nivel	Desp x x	Max	X	0.001688	<0.0025
2° Nivel	Desp x x	Max	X	0.001915	<0.0025
1° Nivel	Desp x x	Max	X	0.00163	<0.0025
PISO	Output Case	Step Type	Direction	Drift	
3° Nivel	Desp y y	Max	Y	0.002458	<0.0025
2° Nivel	Desp y y	Max	Y	0.002494	<0.0025
1° Nivel	Desp y y	Max	Y	0.001987	<0.0025

Se verifica esta irregularidad en dirección x e y, se comprueba lo que indica en la norma, por lo que se concluye que no existe irregularidad en de torsión.

**Esquinas entrantes:** Para la verificación de la irregularidad de esquinas entrantes, nos guiamos de la Tabla 54, extraída de la Norma E.030.

**Tabla 54**

*Irregularidad de esquinas entrantes*

<b>Tabla N° 9</b> <b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>	<b>Factor de Irregularidad I<sub>a</sub></b>
<b>Esquinas Entrantes:</b> La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

## Bloque 2

Existen esquinas entrantes en la dirección “y” en el bloque 2. Para la demostración se realizó el cálculo y se resume en la Tabla 55, a continuación.

**Tabla 55**

*Comprobación de irregularidad esquinas entrantes*

Longitud en y	30.05	m
Longitud de entrada	7.6	m
Porcentaje	25.29118136	%

El porcentaje es mayor a 20%, por lo que existe irregularidad de esquinas entrantes, el factor de irregularidad para este bloque en la dirección “y” es de 0.9.

## Bloque 4

Existen esquinas entrantes en la dirección “x” e “y” en el bloque 4, dividiendo los resultados en la Tabla 56.

**Tabla 56**

*Comprobación de irregularidad esquinas entrantes*

Longitud en x	44.75	m
Longitud de entrada	14.6	m
Porcentaje	32.62569832	%
Longitud en y	30.9	m
Longitud de entrada	15.3	m
Porcentaje	49.51456311	%

El porcentaje es mayor a 20%, por lo que existe irregularidad de esquinas entrantes, el factor de irregularidad para este bloque en la dirección “x” e “y” es de 0.9.

## Discontinuidad del diafragma

Para la verificación de esta irregularidad nos guiamos de la Tabla 57, extraída de la Norma E.030.

## Tabla 57

### *Irregularidad de esquinas entrantes*

<b>Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>	<b>Factor de Irregularidad I<sub>a</sub></b>
<b>Discontinuidad del Diafragma:</b> La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

No presenta

### **Sistemas no paralelos**

Para la verificación de las irregularidades el NTE E.030, nos muestra la Tabla 58.

## Tabla 58

### *Irregularidad de sistemas no paralelos*

<b>Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>	<b>Factor de Irregularidad I<sub>a</sub></b>
<b>Sistemas no Paralelos:</b> Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.	0,90

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

No presenta

Se resumen las irregularidades en la Tabla 59.

**Tabla 59***Resumen de irregularidades de la edificación en planta*

IRREGULARIDADES EN PLANTA		BLOQUE 2		BLOQUE 4	
		X	Y	X	Y
Irregularidades Torsional	[0.75]	1	1	1	1
Esquinas Entrantes	[0.9]	1	0.9	0.9	0.9
Discontinuidad del Diafragma	[0.85]	1	1	1	1
Sistemas no Paralelos	[0.9]	1	1	1	1
IRREGULARIDADES EN PLANTA [Ip] X - X =		1		0.9	
IRREGULARIDADES EN PLANTA [Ip] Y - Y =		0.9		0.9	

Se puede observar que existe irregularidad en planta, por esquinas entrantes.

### 3.9.3. Factores de irregularidad

Presentamos a continuación la Tabla 60, donde se muestran los factores de irregularidad.

**Tabla 60***Factores de irregularidad*

Factores de Irregularidad	BLOQUE 2		BLOQUE 4	
	X	Y	X	Y
I <sub>a</sub>	1	1	1	1
I <sub>p</sub>	1	0.9	0.9	0.9

Para citar lo propuesto en la norma NTE.030. revisamos la Tabla 61.

**Tabla 61***Categoría y regularidad de las edificaciones*

<b>Tabla N° 10</b>		
<b>CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES</b>		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4,3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios hasta 2 pisos u 8 m de altura
	1	Sin restricciones

*Fuente: Norma E.030 del R.N.E., 2018*

La edificación no presenta irregularidades extremas

### 3.10. ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL

Este análisis permite realizar el cálculo de la fuerza cortante mínima en ambas direcciones (x-y), haciendo uso de los factores de sismicidad ya hallados con anterioridad.

Luego se distribuye esta carga en los pisos de la edificación, que se usará más adelante para el análisis estático no lineal. Para ello se tiene la Tabla 62, con el resumen de los parámetros utilizados.

**Tabla 62**

*Parámetros de análisis*

PARÁMETROS DE ANÁLISIS		DETERMINACIÓN	VALOR
Z: Factor de zona	[Zona 3]	Tabla 01 (E.030)	0.35
U: Factor de uso o importancia	[Categoría B]	Tabla 03 (E.030)	1.30
S: Factor de amplificación del suelo	[Suelo 3]	Tabla 04 (E.030)	1.20
TP: Periodo que define la plataforma del factor C (s)	[Suelo 3]	Tabla 04 (E.030)	1.00
TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)	[Suelo 3]	Tabla 05 (E.030)	1.60
P: Peso Total de la Edificación (Tonf)			3258.45

Después de tener listos los parámetros a utilizar, se continua con el siguiente procedimiento.

- Cálculo de la cortante mínima en cada dirección. Se lo realiza mediante la fórmula.

$$\frac{ZUCS}{R} \times P$$

Donde:

- Z: factor de zona
- U: factor de uso

- C: factor de amplificación sísmica
- R: coeficiente de reducción sísmica
- P: peso total de la edificación

## Bloque 2:

Se calcula la Fuerza cortante en dirección x, el resultado es mostrado en la Tabla 63.

**Tabla 63**

*Fuerza cortante en la dirección x-x*

DIRECCIÓN X-X	TX: Periodo natural en la dirección X (s)		0.257
	CX: Factor de amplificación sísmica en X	Art. 14 (E.030)	2.500
	Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)	3
	Iax: irregularidad en altura (Piso Blando, Piso débil)	Tabla 08 (E.030)	1
	Ipx: irregularidad en planta (Torsión)	Tabla 09 (E.030)	1
	RX: Coeficiente de reducción sísmico en X	Art. 22 (E.030)	3
	$C_x/R_x = 0.357 > 0.11$		Cumple
	VX: Fuerza cortante en la base en la dirección X -X (Tonf)		1482.595

Se calcula la Fuerza cortante en dirección y, el resultado es mostrado en la Tabla 64.

**Tabla 64**

*Fuerza cortante en la dirección y-y*

DIRECCIÓN X-X	TY: Periodo natural en la dirección Y (s)		0.180
	CY: Factor de amplificación sísmica en Y	Art. 14 (E.030)	2.5
	Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)	3.000
	Iay: irregularidad en altura (Piso Blando, Piso débil)	Tabla 08 (E.030)	1.000
	Ipy: irregularidad en planta (Torsión)	Tabla 09 (E.030)	0.900
	RY: Coeficiente de reducción sísmico en Y	Art. 22 (E.030)	2.700
	$C_Y/R_Y = 0.397 > 0.11$		Cumple
	VY: Fuerza cortante en la base en la dirección Y - Y (Tonf)		1647.328

## Bloque 4

Se calcula la Fuerza cortante en dirección x, el resultado es mostrado en la Tabla 65.

**Tabla 65***Fuerza cortante en la dirección x-x*

DIRECCIÓN X-X	TX: Periodo natural en la dirección X (s)		0.248
	CX: Factor de amplificación sísmica en X	Art. 14 (E.030)	2.5
	Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)	3
	Iax: irregularidad en altura (Piso Blando, Piso débil)	Tabla 08 (E.030)	1
	Ipx: irregularidad en planta (Torsión)	Tabla 09 (E.030)	0.9
	RX: Coeficiente de reducción sísmico en X	Art. 22 (E.030)	2.7
	Cx/Rx = 0.357 > 0.11		Cumple
	VX: Fuerza cortante en la base en la dirección X -X (Tonf)		1669.806

Se calcula la Fuerza cortante en dirección y, el resultado es mostrado en la Tabla 66.

**Tabla 66***Fuerza cortante en la dirección y-y*

DIRECCIÓN X-X	TY: Periodo natural en la dirección Y (s)		0.248
	CY: Factor de amplificación sísmica en Y	Art. 14 (E.030)	2.5
	Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)	3
	Iay: irregularidad en altura (Piso Blando, Piso débil)	Tabla 08 (E.030)	1
	Ipy: irregularidad en planta (Torsión)	Tabla 09 (E.030)	0.9
	RY: Coeficiente de reducción sísmico en Y	Art. 22 (E.030)	2.7
	CY/Ry = 0.397 > 0.11		Cumple
	VY: Fuerza cortante en la base en la dirección Y - Y (Tonf)		1669.806

b. Se calcula la distribución de cargas mediante la siguiente fórmula

$$F_i = \alpha_i * V, \alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde:

- P<sub>i</sub>: peso por piso
- H<sub>i</sub>: altura de cada piso
- V: fuerza cortante
- K: exponente relacionado con el periodo fundamental

**Bloque 2:**

Se realiza la distribución de fuerzas estáticas, en ambas direcciones por separado, la presentación de las fuerzas se muestra en la Tabla 67 y 68.

**Tabla 67**

*Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura en dirección x*

Techo	Altura Acum. (hi)	Peso por Piso (Pi)	Pi*(hi <sup>k</sup> )	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
3° nivel	11.1	1006.103	11167.7	0.47196	699.72157
2° nivel	7.4	1124.645	8322.4	0.35171	521.44321
1° nivel	3.7	1127.7035	4172.5	0.17633	261.43065
SUMATORIA		3258.4515	23662.61925	FUERZA CORTANTE	1482.595433

**Tabla 68**

*Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura en dirección y*

Techo	Altura Acum. (hi)	Peso por Piso (Pi)	Pi*(hi <sup>k</sup> )	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
3° nivel	11.1	1006.103	11167.7433	0.47195719	777.4684166
2° nivel	7.4	1124.645	8322.373	0.351709712	579.3813472
1° nivel	3.7	1127.7035	4172.50295	0.176333098	290.4784946
SUMATORIA		3258.4515	23662.61925	FUERZA CORTANTE	1647.328258

#### **Bloque 4**

Se realiza la distribución de fuerzas estáticas, en ambas direcciones por separado, la presentación de las fuerzas se muestra en la Tabla 69 y 70.

**Tabla 69***Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura en dirección x*

Techo	Altura Acum. (hi)	Peso por Piso (Pi)	Pi*(hi <sup>k</sup> )	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
3° nivel	11.1	1083.6052	12028.01772	0.493920761	824.7516333
2° nivel	7.4	1111.5316	8225.33384	0.337766641	564.0046163
1° nivel	3.7	1107.7753	4098.76861	0.168312598	281.0493121
SUMATORIA		3302.9121	24352.12017	FUERZA CORTANTE	1669.805562

**Tabla 70***Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura en dirección y*

Techo	Altura Acum. (hi)	Peso por Piso (Pi)	Pi*(hi <sup>k</sup> )	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
3° nivel	11.1	1083.6052	12028.01772	0.493920761	824.7516333
2° nivel	7.4	1111.5316	8225.33384	0.337766641	564.0046163
1° nivel	3.7	1107.7753	4098.76861	0.168312598	281.0493121
SUMATORIA		3302.9121	24352.12017	FUERZA CORTANTE	1669.805562

Se presenta el resumen de distribución de fuerzas en los bloques 2 y 4, en una tabla resumen (Tabla 71).

**Tabla 71***Distribución de fuerzas estáticas equivalentes en altura*

Nivel	BLOQUE 2		BLOQUE 4	
	Fuerza estática equivalente		Fuerza estática equivalente	
	Sismo (X)	Sismo (Y)	Sismo (X)	Sismo (Y)
3° nivel	699.72157	777.4684166	824.75163	824.7516333
2° nivel	521.44321	579.3813472	564.00462	564.0046163
1° nivel	261.43065	290.4784946	281.04931	281.0493121
Cortante total	1482.595433	1647.328258	1669.805562	1669.805562

### 3.11. ANÁLISIS DINÁMICO LINEAL

#### 3.11.1. Modos de vibración

Se presentan los modos de vibración obtenidos del análisis numérico, detallados en la Tabla 72, que presentan un porcentaje de masa participativa mayor al 90% en Dirección X, Y y Z.

**Tabla 72**

*Resultados de los modos de vibración*

Modo de vibración	BLOQUE 2						
	Periodo (seg)	Acumulado Masa Participativa			Acumulado Masa Participativa		
		UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0.236	0.3678	0.0931	0.315	0.368	0.093	0.315
2	0.171	0.1927	0.6394	0.000	0.561	0.733	0.316
3	0.135	0.2843	0.0773	0.521	0.845	0.810	0.836
4	0.091	0.0953	0.0166	0.067	0.940	0.826	0.904
5	0.07	0.0003	0.0001	0.000	0.940	0.826	0.904
6	0.065	0.0065	0.1214	0.001	0.947	0.948	0.905
7	0.064	0.0011	0.0163	0.000	0.948	0.964	0.905
8	0.059	0.0006	0.00001911	0.000	0.949	0.964	0.906
9	0.049	0.0301	0.003	0.059	0.979	0.967	0.965
10	0.047	0.0174	0.0002	0.017	0.996	0.967	0.981
11	0.037	0.00002682	0.0316	0.001	0.996	0.999	0.982
12	0.032	0.0039	0.001	0.018	1.000	1.000	1.000
Porcentaje de Masa Participativa Acumulada					100%	100%	100%
Modo de vibración	BLOQUE 4						
	Periodo (seg)	Acumulado Masa Participativa			Acumulado Masa Participativa		
		UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0.248	0.1983	0.2683	0.373	0.198	0.268	0.373
2	0.203	0.1622	0.5375	0.131	0.361	0.806	0.504
3	0.146	0.5096	0.0064	0.354	0.870	0.812	0.858
4	0.084	0.0391	0.0456	0.059	0.909	0.858	0.917
5	0.068	0.0216	0.112	0.012	0.931	0.970	0.929
6	0.052	0.0378	0.0017	0.059	0.969	0.972	0.988
7	0.05	0.0194	0.0075	0.003	0.988	0.979	0.991
8	0.041	0.0043	0.0193	0.001	0.992	0.999	0.992
9	0.034	0.0076	0.0013	0.008	1.000	1.000	1.000
10	0.029	0.00003343	0.000008112	0.000	1.000	1.000	1.000
11	0.026	0	0.00004658	0.000	1.000	1.000	1.000
12	0.024	0.000002905	0.0001	0.000	1.000	1.000	1.000
Porcentaje de Masa Participativa Acumulada					100%	100%	100%

### 3.11.2. Derivas máximas elásticas e inelásticas.

Las derivas son extraídas del programa ETABS 20.3.0. se obtienen del análisis modal espectral, haciendo uso de los indicado en la norma E-030-2018, se comprueban para:

$$\Delta < 0.005$$

En la Tabla 73 se muestra la comprobación de las derivas elásticas e inelásticas, para ambos bloques.

**Tabla 73**

*Derivas máximas elásticas e inelásticas*

BLOQUE 2						VERIFICACIÓN SEGÚN NORMA E-030, 2018	
PISO	DERIVAS ELÁSTICAS		DERIVAS INELÁSTICAS		X	Y	
	X	Y	X	Y			
3° Nivel	0.003166	0.002314	0.002374	0.001736	CUMPLE	CUMPLE	
2° Nivel	0.002187	0.001853	0.00164	0.00139	CUMPLE	CUMPLE	
1° Nivel	0.001776	0.001296	0.001332	0.000972	CUMPLE	CUMPLE	
BLOQUE 4						VERIFICACIÓN SEGÚN NORMA E-030, 2018	
PISO	DERIVAS ELÁSTICAS		DERIVAS INELÁSTICAS		X	Y	
	X	Y	X	Y			
3° Nivel	0.002085	0.003034	0.001884	0.002458	CUMPLE	CUMPLE	
2° Nivel	0.002364	0.003079	0.002026	0.002494	CUMPLE	CUMPLE	
1° Nivel	0.002012	0.002453	0.001681	0.001987	CUMPLE	CUMPLE	

### 3.11.3. Cortante dinámico total en la base y factor de escala.

Al observar lo previsto en la norma E-030-2016, nos propone que la fuerza cortante mínima de diseño debe ser el 80% (estructuras regulares) y 90% (estructuras irregulares) de la fuerza cortante estática obtenida por el método estático lineal.

Al notar que el cortante dinámico es menor al valor mínimo, entonces se calcula el factor de escala para dicha fuerza.

**Bloque 2:** En la Tabla 74 se muestra el factor de escalamiento calculado para el Bloque 2 en ambas direcciones.

**Tabla 74**

*Fuerza cortante mínima según norma bloque 2*

DIRECCIÓN X-X	
Edificación irregular	90%
Fuerza cortante estática (tonf)	1482.595
Cortante de diseño (tonf)	1334.336
Fuerza cortante dinámica (tonf)	767.325
<b>FACTOR DE ESCALAMIENTO X-X</b>	<b>1.739</b>
DIRECCION Y-Y	
Edificación irregular	90%
Fuerza cortante estática (tonf)	1647.328
Cortante de diseño (tonf)	1482.595
Fuerza cortante dinámica (tonf)	955.497
<b>FACTOR DE ESCALAMIENTO Y-Y</b>	<b>1.552</b>

**Bloque 4:** En la Tabla 75 se muestra el factor de escalamiento calculado para el Bloque 2 en ambas direcciones.

**Tabla 75**

*Fuerza cortante mínima según norma bloque 4*

DIRECCIÓN X-X	
Edificación irregular	90%
Fuerza cortante estática (tonf)	1669.806
Cortante de diseño (tonf)	1502.825
Fuerza cortante dinámica (tonf)	825.660
<b>FACTOR DE ESCALAMIENTO X-X</b>	<b>1.820</b>
DIRECCION Y-Y	
Edificación irregular	90%
Fuerza cortante estática (tonf)	1669.806
Cortante de diseño (tonf)	1502.825
Fuerza cortante dinámica (tonf)	904.406
<b>FACTOR DE ESCALAMIENTO Y-Y</b>	<b>1.662</b>

### 3.11.4. Verificación del sistema estructural

Para realizar la verificación del sistema estructural, se toma en consideración como sistema de albañilería si es que más del 70% de la cortante es tomado por la base de los muros.

#### **Bloque 2**

En la Tabla 76 se comprueba el porcentaje de fuerza cortante que soporta cada tipo de elemento estructural.

**Tabla 76**

*Comprobación del sistema estructural*

Indicador	Dirección X	Dirección Y
Cortante en Muros (tonf)	1342.9107	699.4542
Cortante en Columnas (tonf)	190.3311	35.375
TOTAL	1533.24	734.8292
Cortante en Muros	87.6%	95.2%
Cortante en Columnas	12.4%	4.8%
Ro	3	3

Presenta sistema estructural de Albañilería Armada en ambas direcciones.

#### **Bloque 4**

En la Tabla 77 se comprueba el porcentaje de fuerza cortante que soporta cada tipo de elemento estructural.

**Tabla 77**

*Comprobación del sistema estructural*

Indicador	Dirección X	Dirección Y
Cortante en Muros (tonf)	670.6066	692.9001
Cortante en Columnas (tonf)	74.59	73.4917
TOTAL	745.20	766.39
Cortante en Muros	90.0%	90.4%
Cortante en Columnas	10.0%	9.6%
Ro	3	3

Presenta sistema estructural de Albañilería Armada en ambas direcciones.

### 3.12. DEMANDA SÍSMICA

#### 3.12.1. Espectro de la norma E. 030

En las secciones previas, se han detallado los parámetros utilizados para calcular los espectros de respuesta de aceleraciones. A pesar de que los espectros de peligro uniforme proporcionan información sísmica más precisa, es esencial comparar estos espectros con los espectros utilizados en el diseño de las edificaciones, ya que estas últimas se construyeron siguiendo las normativas. No obstante, no existe un método definitivo para generar, a partir de un espectro creado, otros espectros con diferentes períodos de retorno. Para la creación del espectro, es indispensable contar con los parámetros sísmicos, siguientes (Tabla 78).

**Tabla 78**

*Resumen de parámetros sísmicos según la norma NTE E. 030*

ITEM	FACTOR	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	VALOR
Factor de zona	Z	Ubicación de Cajamarca	$Z_3$	0.35
Coeficiente de importancia	U	Mercado	B	1.3
Factor de amplificación sísmica	C	Factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo	$T < T_p \quad C = 2.5$ $T_p < T < T_p \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right)$ $T > T_L \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$	
Periodos	$T_p$	Depende del Factor S	Límite	1.0
	$T_L$		Límite	1.6
Factor de Suelo	S	Suelos Blando	$S_3$	1.2
Coeficiente de reducción	R	Edificación de sistema dual	Albañilería	3

En la Tabla 79, se muestran las coordenadas del espectro inelástico y la curva de peligro sísmico.

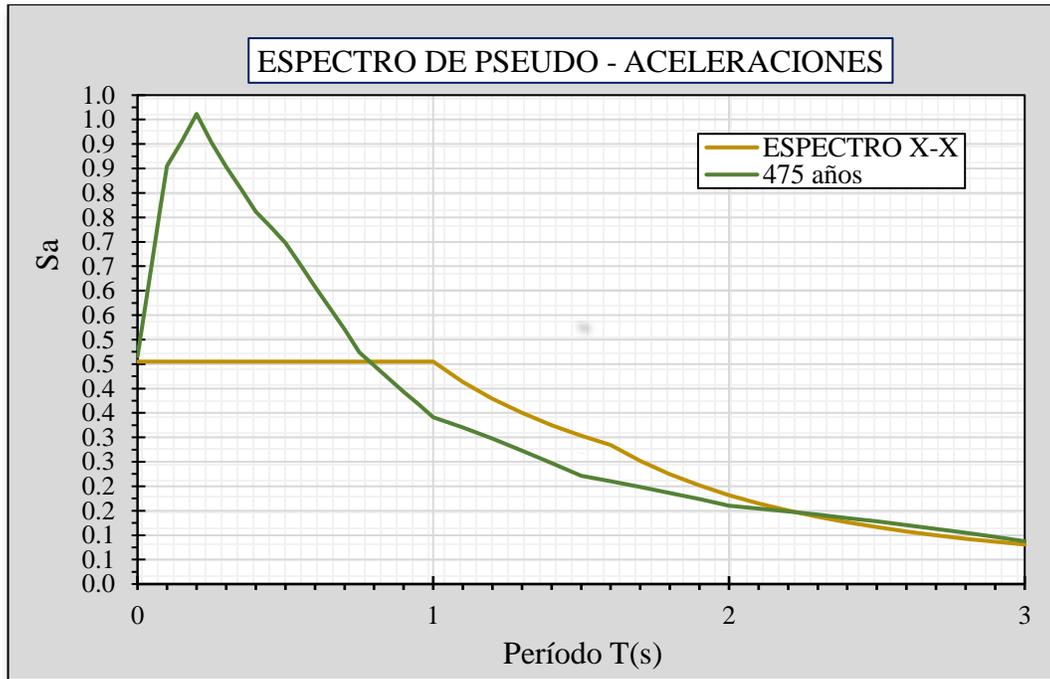
**Tabla 79***Coordenadas espectrales del espectro inelástico y de la curva de peligro sísmico*

T	NTE E. 030-2018		PELIGRO SÍSMICO
	Factor C	Espectro SA	475 años
0.00	2.500	0.455	0.4661
0.05	2.500	0.455	0.6618
0.08	2.500	0.455	0.7606
0.10	2.500	0.455	0.8555
0.15	2.500	0.455	0.9062
0.20	2.500	0.455	0.9616
0.25	2.500	0.455	0.9028
0.30	2.500	0.455	0.8531
0.35	2.500	0.455	0.8078
0.40	2.500	0.455	0.7615
0.45	2.500	0.455	0.7312
0.50	2.500	0.455	0.6975
0.55	2.500	0.455	0.6544
0.60	2.500	0.455	0.6079
0.65	2.500	0.455	0.5649
0.70	2.500	0.455	0.521
0.75	2.500	0.455	0.4739
0.80	2.500	0.455	0.4471
0.85	2.500	0.455	0.4199
0.90	2.500	0.455	0.3934
0.95	2.500	0.455	0.3677
1.00	2.500	0.455	0.3414
1.10	2.273	0.414	0.3201
1.20	2.083	0.379	0.2974
1.30	1.923	0.350	0.2727
1.40	1.786	0.325	0.2476
1.50	1.667	0.303	0.2214
1.60	1.563	0.284	0.2101
1.70	1.384	0.252	0.1985
1.80	1.235	0.225	0.1861
1.90	1.108	0.202	0.1736
2.00	1.000	0.182	0.16
2.10	0.907	0.165	0.1545
2.20	0.826	0.150	0.1483
2.30	0.756	0.138	0.1417
2.40	0.694	0.126	0.1349
2.50	0.640	0.116	0.1281
2.60	0.592	0.108	0.1206
2.70	0.549	0.100	0.1129
2.80	0.510	0.093	0.1051
2.90	0.476	0.087	0.0967
3.00	0.444	0.081	0.0876

Se muestra también la gráfica del espectro de peligro uniforme y espectro inelástico para Cajamarca (Figura 32).

**Figura 32**

*Espectro de peligro uniforme y espectro inelástico para la ciudad de Cajamarca*



Como podemos notar, el espectro de peligro uniforme proporciona un aumento inicial en la aceleración espectral, lo cual es de gran relevancia y constituye una de las áreas que podrían ser mejoradas en nuestra normativa. Dado que estamos actualmente involucrados en un estudio destinada a establecer la concordancia con los espectros de demanda asociados a niveles sísmicos específicos, es más adecuado emplear el espectro de peligro uniforme.

### **3.12.2. Espectro de peligro uniforme para los sismos**

En el marco de esta investigación en curso, hemos optado por emplear los espectros de demanda generados a través de un programa en línea. Para obtener estos espectros, introducimos las coordenadas de ubicación la ciudad de Cajamarca, incluyendo tanto la latitud como la longitud. Luego, ajustamos los períodos de retorno, abarcando escenarios frecuentes (43 años), ocasionales

(72 años), raros (475 años) y muy raros (975 años). A partir de estos procedimientos, se derivan los siguientes resultados, mostrados en la Tabla 80.

**Tabla 80**

*Espectros de peligro uniforme para distintos periodos de retorno- Cajamarca*

Espectro de peligro uniforme				
	Latitud:	-7.15639		
	Longitud:	-78.5156		
Periodo estructural (s)	43	72	475	970
0.00	0.20	0.25	0.47	0.57
0.05	0.29	0.35	0.66	0.81
0.08	0.33	0.41	0.76	0.93
0.10	0.37	0.46	0.86	1.06
0.15	0.39	0.48	0.91	1.12
0.20	0.41	0.50	0.96	1.19
0.25	0.38	0.47	0.90	1.12
0.30	0.35	0.44	0.85	1.05
0.35	0.33	0.41	0.81	0.99
0.40	0.31	0.39	0.76	0.94
0.45	0.30	0.37	0.73	0.90
0.50	0.29	0.35	0.70	0.87
0.55	0.27	0.33	0.65	0.81
0.60	0.25	0.31	0.61	0.76
0.65	0.23	0.28	0.56	0.70
0.70	0.21	0.26	0.52	0.64
0.75	0.19	0.24	0.47	0.59
0.80	0.18	0.23	0.45	0.56
0.85	0.17	0.21	0.42	0.52
0.90	0.16	0.20	0.39	0.49
0.95	0.15	0.18	0.37	0.46
1.00	0.14	0.17	0.34	0.42
1.10	0.13	0.16	0.32	0.40
1.20	0.12	0.15	0.30	0.37
1.30	0.11	0.13	0.27	0.34
1.40	0.10	0.12	0.25	0.31
1.50	0.08	0.11	0.22	0.28
1.60	0.08	0.10	0.21	0.27
1.70	0.07	0.09	0.20	0.25
1.80	0.07	0.09	0.19	0.24
1.90	0.06	0.08	0.17	0.22
2.00	0.06	0.08	0.16	0.20
2.10	0.06	0.07	0.15	0.20
2.20	0.05	0.07	0.15	0.19

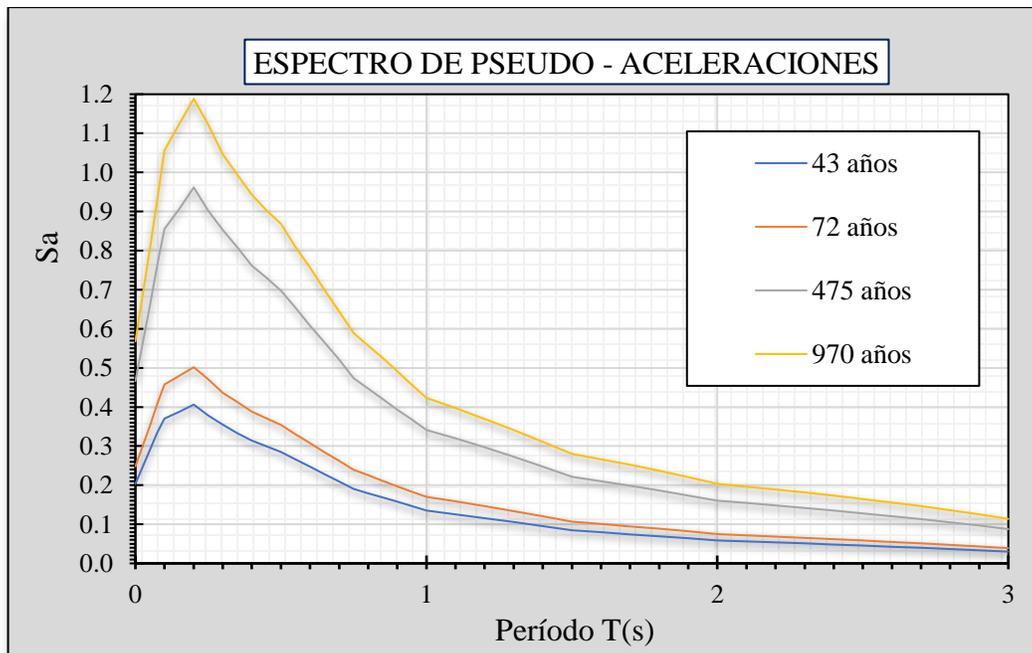
2.30	0.05	0.07	0.14	0.18
2.40	0.05	0.06	0.13	0.17
2.50	0.05	0.06	0.13	0.16
2.60	0.04	0.05	0.12	0.16
2.70	0.04	0.05	0.11	0.15
2.80	0.04	0.05	0.11	0.14
2.90	0.03	0.04	0.10	0.13
3.00	0.03	0.04	0.09	0.11

*Fuente: SENCICO, 2016*

En la Figura 33 se muestran los espectros de peligro uniforme para los distintos periodos de retorno

**Figura 33**

*Espectros de peligro uniforme para los distintos periodos de retorno-Cajamarca*



*Fuente: SENCICO, 2016*

### 3.13. NIVELES DE DESEMPEÑO

Para poder obtener los niveles de desempeño de la estructura realizamos los siguiente.

### **3.13.1. Modelamiento en el software ETABS v.20.03**

Para evaluar el nivel de desempeño de una estructura, se necesitan los siguientes elementos fundamentales: el espectro de demanda, cuyos detalles se han establecido en la sección anterior, y el espectro de capacidad. Este último se genera a partir de un análisis pushover realizado con el software ETABS versión 20.03, siguiendo los procedimientos detallados a continuación.

- 1°. Realizar la simulación computacional de la estructura.
- 2°. Definir el comportamiento y las características de los elementos estructurales.
- 3°. Designar todas las cargas de manera directa según su categoría.
- 4°. Colocar las rótulas en cada componente estructural de acuerdo con su comportamiento principal, asignando rótulas para momento flector (m3) en vigas, axial-momento-momento (p-m2-m3) en columnas, y cortante (v2 o v3) en muros.
- 5°. Determinar la sollicitación lateral utilizando el espectro de peligro sísmico correspondiente para cada piso definido, considerando la masa participante en el modo fundamental de vibración y las cargas de gravedad en el cálculo de fuerzas sísmicas.
- 6°. Determinar las fuerzas en los componentes estructurales considerando la combinación de cargas tanto verticales y como horizontales.
- 7°. Modificar las sollicitaciones laterales de manera que al menos algunos componentes lleguen al 10% de su capacidad resistente. Agrupar elementos con puntos de fluencia similares para acelerar este proceso.
- 8°. Adaptar el modelo reflejando la rigidez indicada en la curva histerética del material en los elementos que han llegado a su punto de fluencia, adecuándose a su nuevo estado.
- 9°. Incrementar nuevamente las cargas laterales hasta que otros elementos alcancen su punto de fluencia.

- 10°. Anotar la suma del cortante basal generado por el aumento de la carga lateral y el consiguiente incremento en el desplazamiento total anterior para obtener datos acumulados en la gráfica.
- 11°. Repetir de manera sucesiva los procedimientos previos hasta que la estructura alcance su punto último, es decir, una deformación que supere los niveles establecidos y que los elementos pierdan por completo su capacidad resistente.

### ***3.13.2. Calibración de dos ensayos en muros de albañilería para columnas anchas con rótula de corte.***

Se toma como base 2 ensayos realizado por estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Perú, investigación titulada “Comparación del comportamiento a carga cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla” y “Efectos del peralte de las columnas en el comportamiento sísmico de los muros de albañilería confinada”. Se toman los datos obtenidos en dichas investigaciones para realizar la calibración, de la información adquirida durante las pruebas de laboratorio y en el software, una vez calibrados los, podemos introducir las propiedades correspondientes al programa para la parte no lineal de los muros de albañilería.

Los muros ensayados se muestran en la Figura 34, con los datos obtenidos.

### Figura 34

Dimensiones de los muros de albañilería (m)

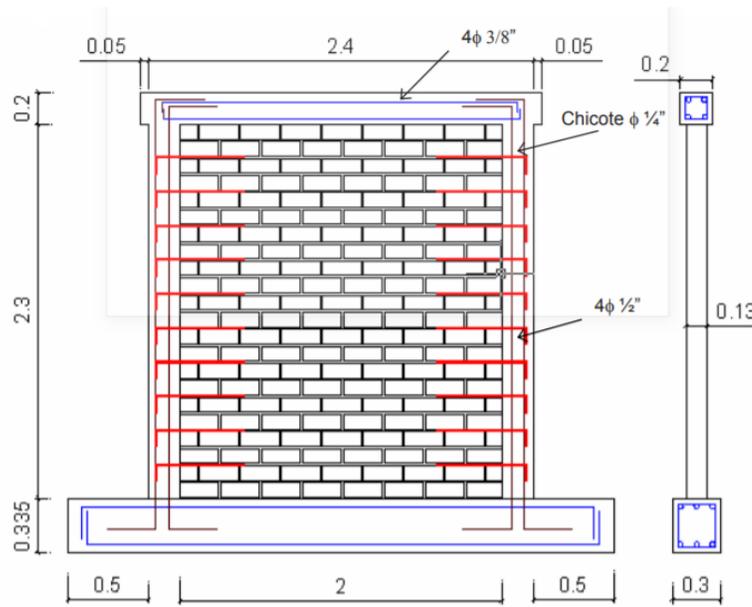


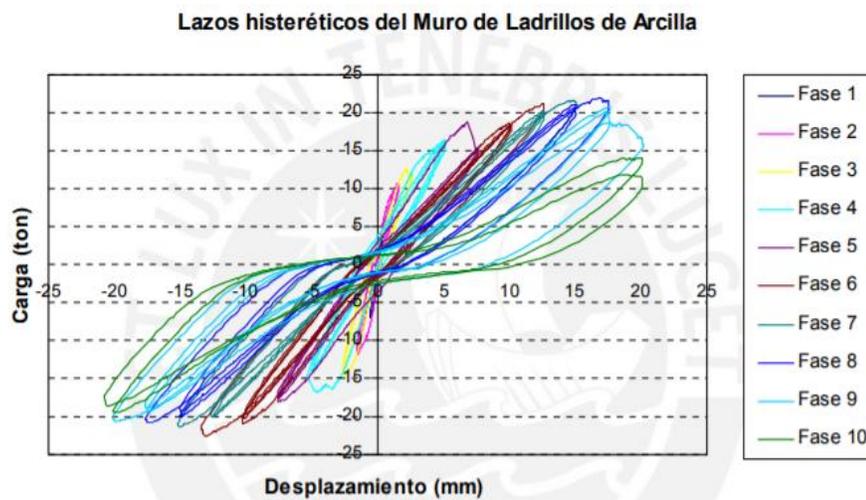
Fig. 4.1.- Dimensiones de los Muros de Albañilería (m)

Fuente: Angeles, P. D., 2008

El resultado de la gráfica de los lazos histeréticos se muestran en la Figura 35.

### Figura 35

Lazos histeréticos del muro de ladrillos de arcilla

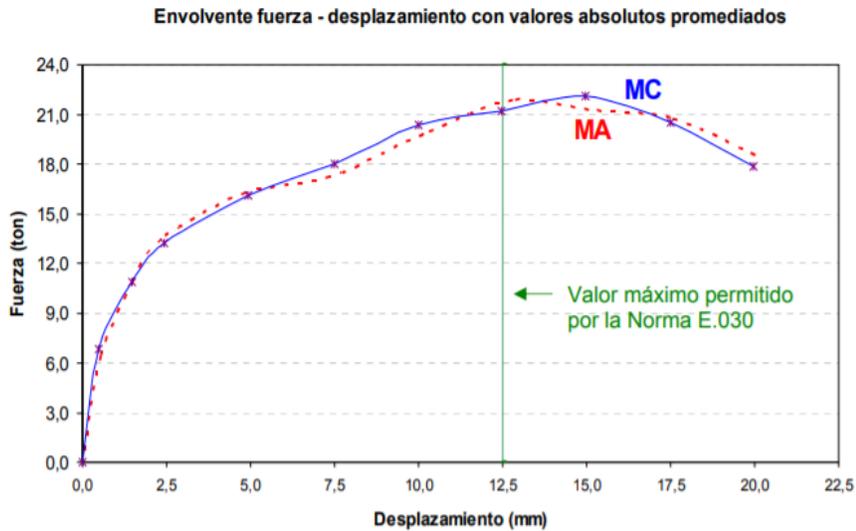


Fuente: Angeles, P. D., 2008

El resultado de la gráfica envolvente fuerza-desplazamiento se muestran en la Figura 36.

**Figura 36**

*Gráfica de envolvente fuerza-desplazamiento con valores absolutos promediado*



*Fuente: Angeles, P. D., 2008*

A continuación en la Tabla 81 se muestra el resumen de datos obtenidos en el ensayo.

**Tabla 81**

*Resumen de datos obtenidos del ensayo*

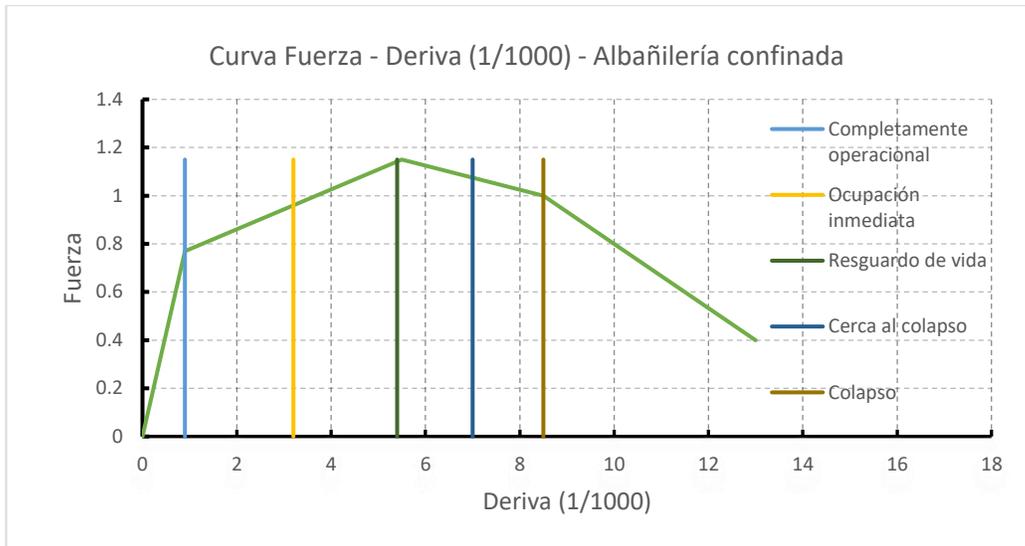
Muro de albañilería confinada- ensayo			
L(cm)	240.00	H(cm)	250.00
D(cm)	346.55	$\alpha$ (°)	46.17
f <sub>m</sub>	141	t(cm)	13
$\alpha$	1	v <sub>m</sub>	11.87
V <sub>m</sub> (tonf)	18.98	P <sub>g</sub> (tonf)	2
Force SF	18.98	Disp SD	0.25

*Fuente: Angeles, P. D., 2008*

Se realiza la calibración de la rótula de corte a usar para el modelado, cumpliendo con los siguientes límites de desempeños, mostrados en la Figura 37.

**Figura 37**

*Límites de desempeño del muro ensayado*



*Fuente: Angeles, P. D., 2008*

Los puntos del gráfico se muestran en la Tabla 82.

**Tabla 82**

*Puntos del gráfico deriva vs fuerza*

Ítem	B	C	D	E
Fuerza	0.77	1.15	1.00	0.40
Desplazamiento	-	5.5	8.5	13.0

*Fuente: Angeles, P. D., 2008*

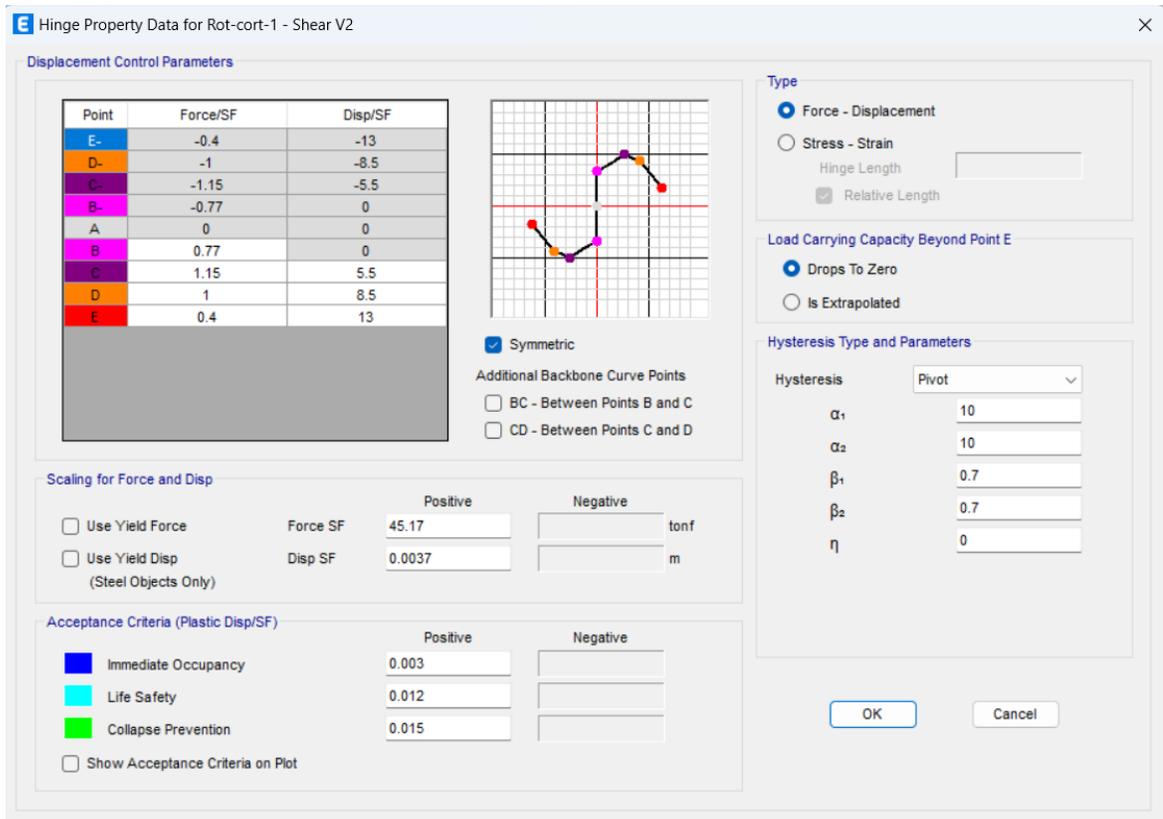
Se colocan los datos anteriores en cada rótula insertada en el programa.

Para los muros en dirección X, se colocan las rótulas en V2, como se muestra en la Figura

38.

**Figura 38**

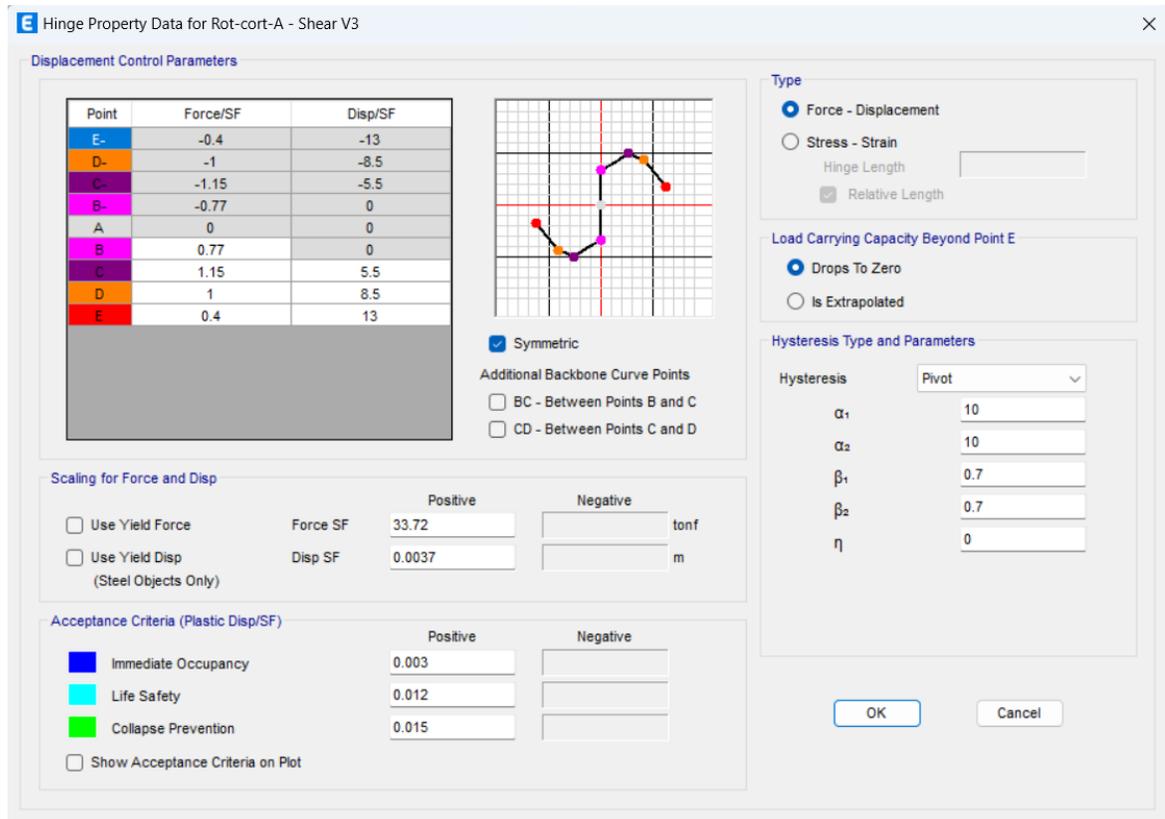
*Rótula de corte v2*



Para los muros en dirección Y, se colocan las rótulas en V3, como se muestra en la Figura 39.

**Figura 39**

*Rótula de corte v3*



### 3.13.3. Idealización de los muros de albañilería mediante el modelo de columna ancha (frame)

Este trabajo de investigación, implica el estudio de un material menos explorado, como es el caso de la albañilería confinada. Debido a esto, se propone utilizar un enfoque de idealización conocido como el "modelo de columna ancha".

Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- 1°. Definir las propiedades de un material de mampostería y establecer sus propiedades.
- 2°. Establecer su comportamiento no lineal en la dirección axial directamente, mediante la calibración de parámetros de distorsión. Así mismo, calibrar la curva histerética de corte basándose en los resultados previamente presentados.

- 3°. Crear elementos de columna con el ancho del muro y asignarles el material definido en el paso anterior.
- 4°. Definir una rótula de corte que indique los puntos límites de distorsión para cada comportamiento deseado.
- 5°. Asignar las rótulas de corte en base a cada columna ancha
- 6°. Enlazar las columnas anchas con las vigas utilizando un coeficiente de zona rígida de 1.

En la Tabla 83 se muestra un ejemplo del cálculo de rótula de corte.

**Tabla 83**

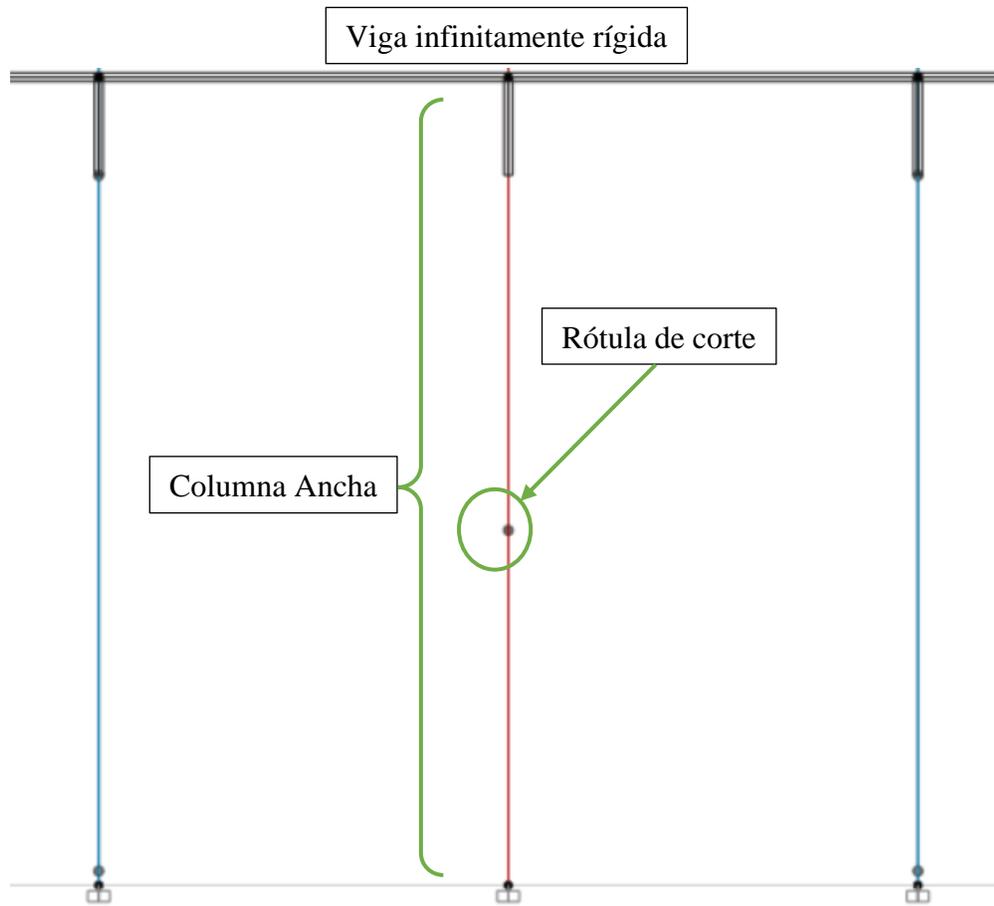
*Ejemplo de cálculo de rótula de corte para cada columna ancha*

Muro de albañilería confinada		Alb-A	Rot A
L(cm)	315.00	H(cm)	370.00
D(cm)	485.93	$\alpha$ (°)	49.59
f'm	65	t(cm)	13
$\alpha$	1	vm	8.06
Vm(tonf)	23.41	Pg(tonf)	30
Force SF	23.41	Disp SD	0.37

En la Figura 40 se muestra la idealización del muro de albañilería en el programa ETABS, como una columna ancha con una rótula plástica ubicada al centro de este elemento estructural.

**Figura 40**

*Ejemplo de modelado de muro de albañilería en ETABS*



#### **3.13.4. Modelado de las estructuras**

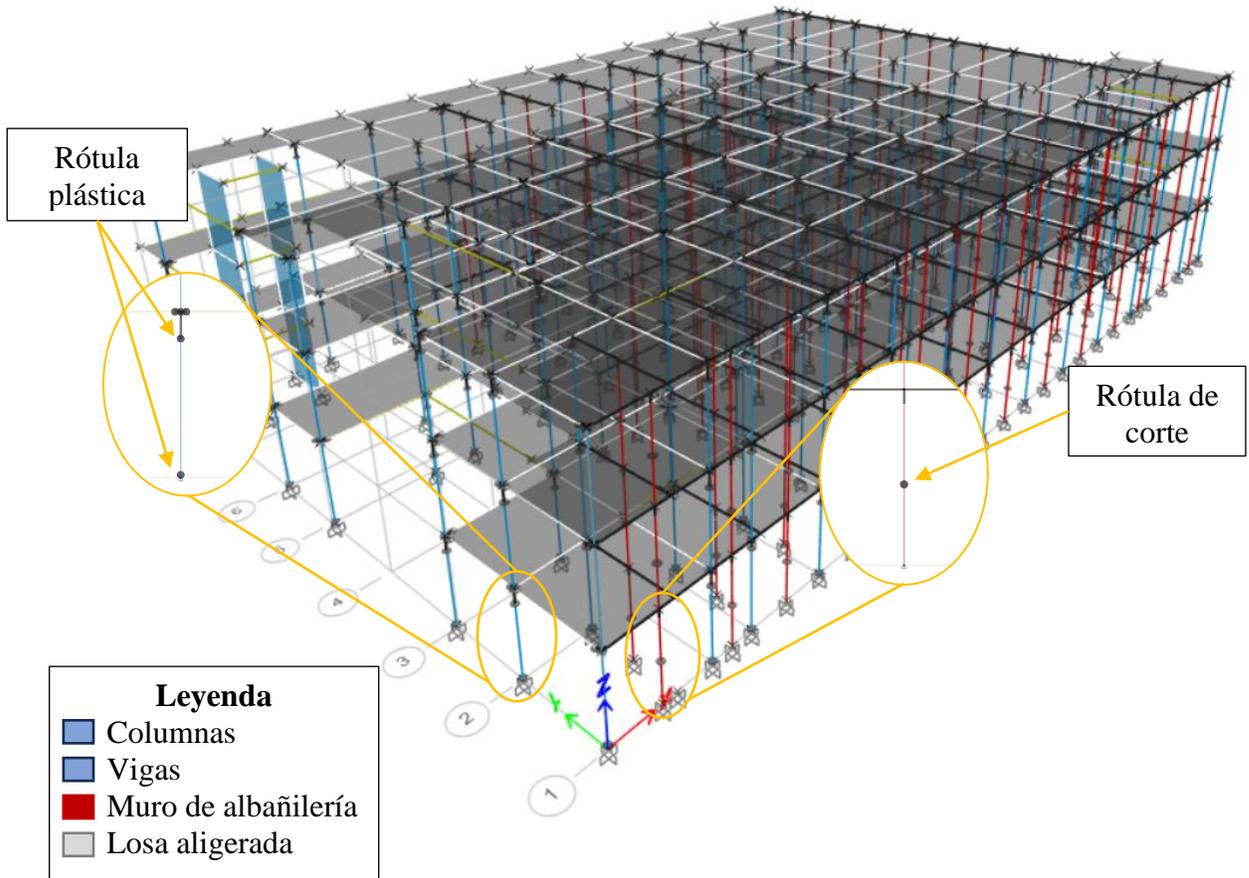
Se realizó el modelamiento numérico no lineal de los bloques 2 y 4.

#### **BLOQUE 2**

En la Figura 41 se muestra el modelamiento para el análisis no lineal, incluyendo en este las rótulas plásticas y las propiedades no lineales para cada tipo de elemento empleado.

**Figura 41**

*Modelado de bloque 2, con rótulas*

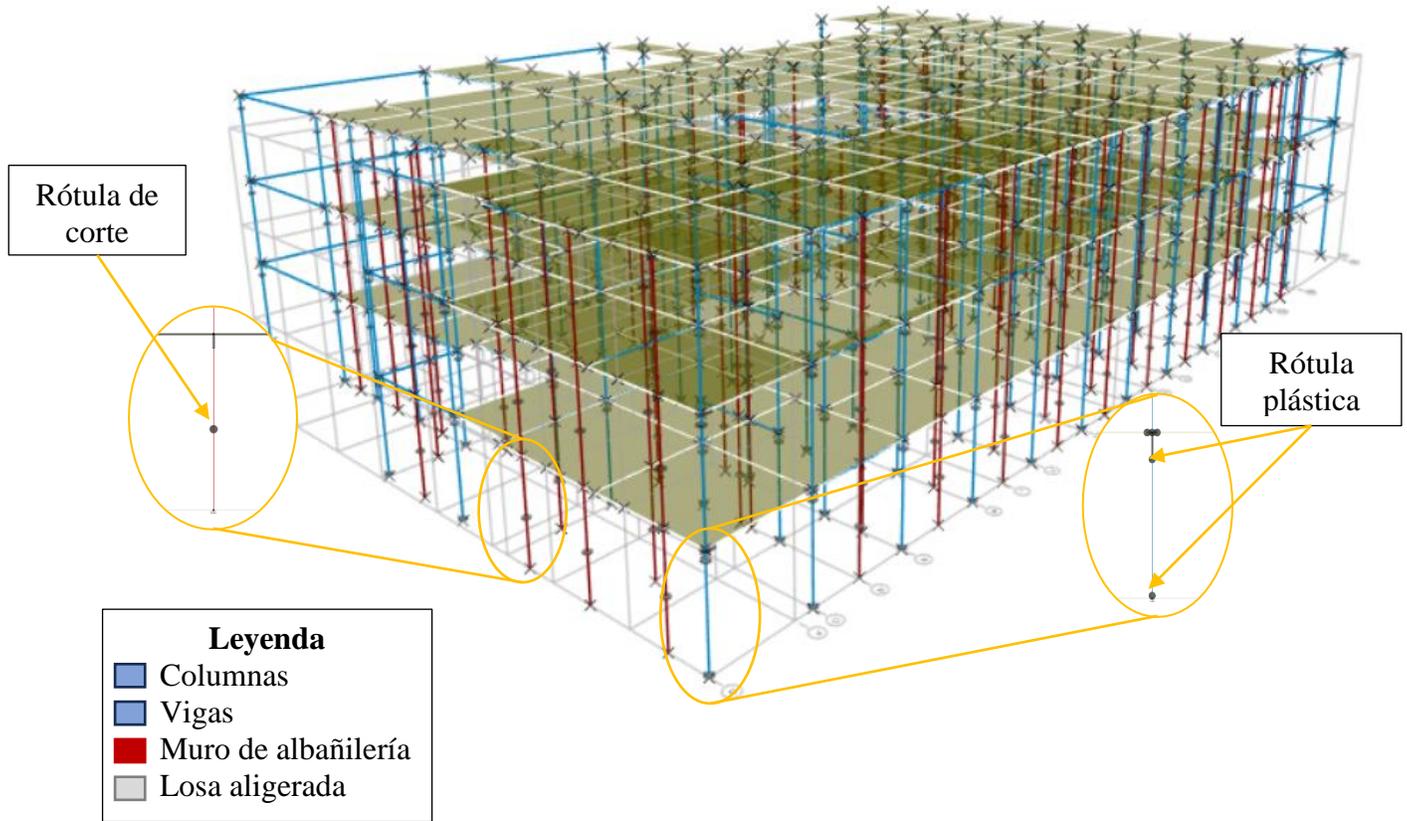


#### **BLOQUE 4**

En la Figura 42 se muestra el modelamiento para el análisis no lineal, incluyendo en este las rótulas plásticas y las propiedades no lineales para cada tipo de elemento empleado.

**Figura 42**

*Modelado de bloque 2, con rótulas*



### **3.13.5. Curvas y espectros de capacidad**

El análisis pushover genera curvas de capacidad en el formato de cortante vs. desplazamiento (V-d). Estas curvas describen cómo la capacidad de resistencia de la estructura varía a medida que se aplica un desplazamiento lateral. Luego, a través de la conversión de estas curvas, se obtienen los espectros de capacidad en el formato de aceleración espectral vs. desplazamiento espectral (Sd-Sa). Estos espectros proporcionan información sobre cómo la aceleración espectral varía en base al desplazamiento espectral.

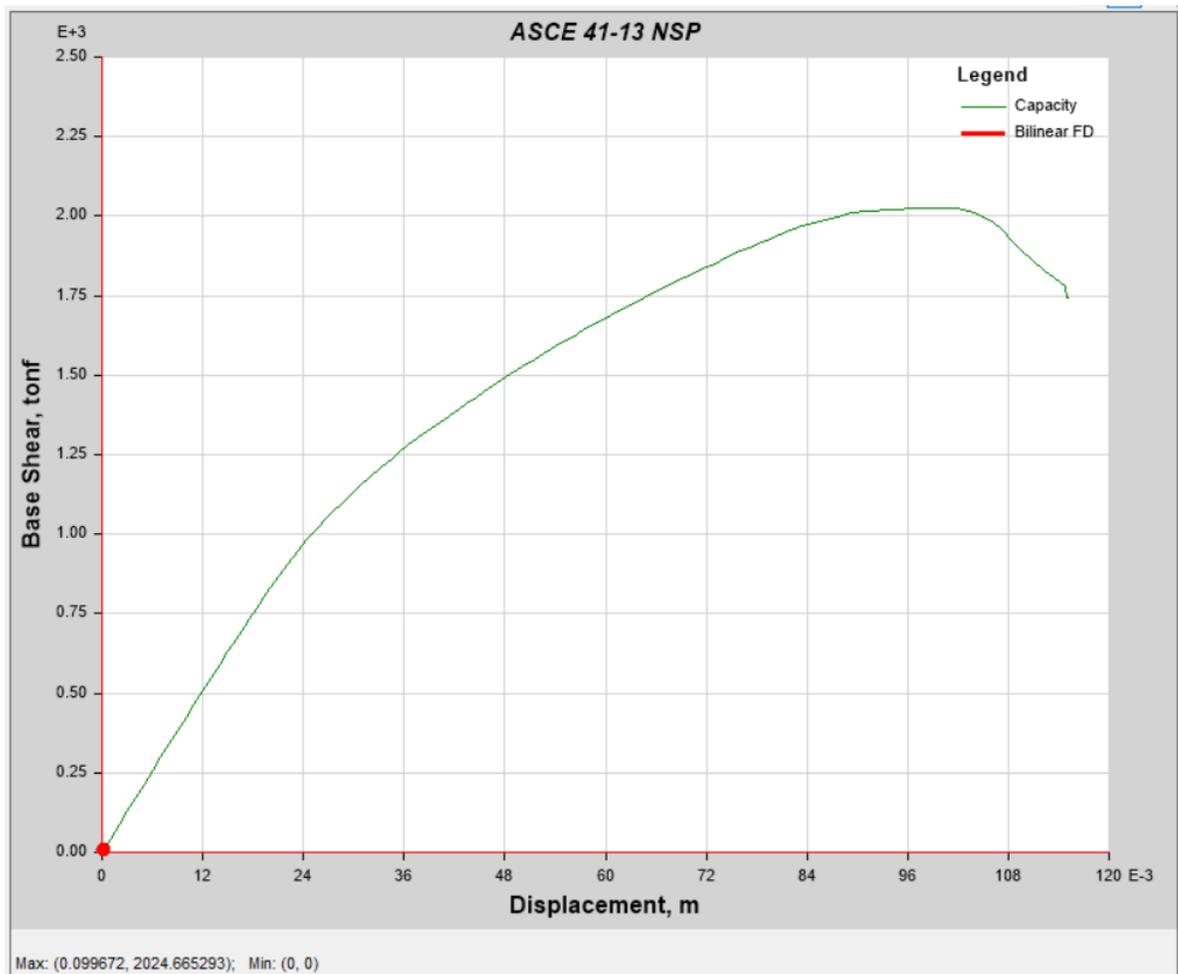
Es importante destacar que la dirección del sismo se ha determinado considerando el sentido de desplazamiento hacia una zona libre, lo que es relevante para evaluar su comportamiento frente a un sismo de la estructura de manera adecuada.

## BLOQUE 2

Dirección x: Se muestra en la Figura 43 la gráfica de la curva de capacidad obtenida.

**Figura 43**

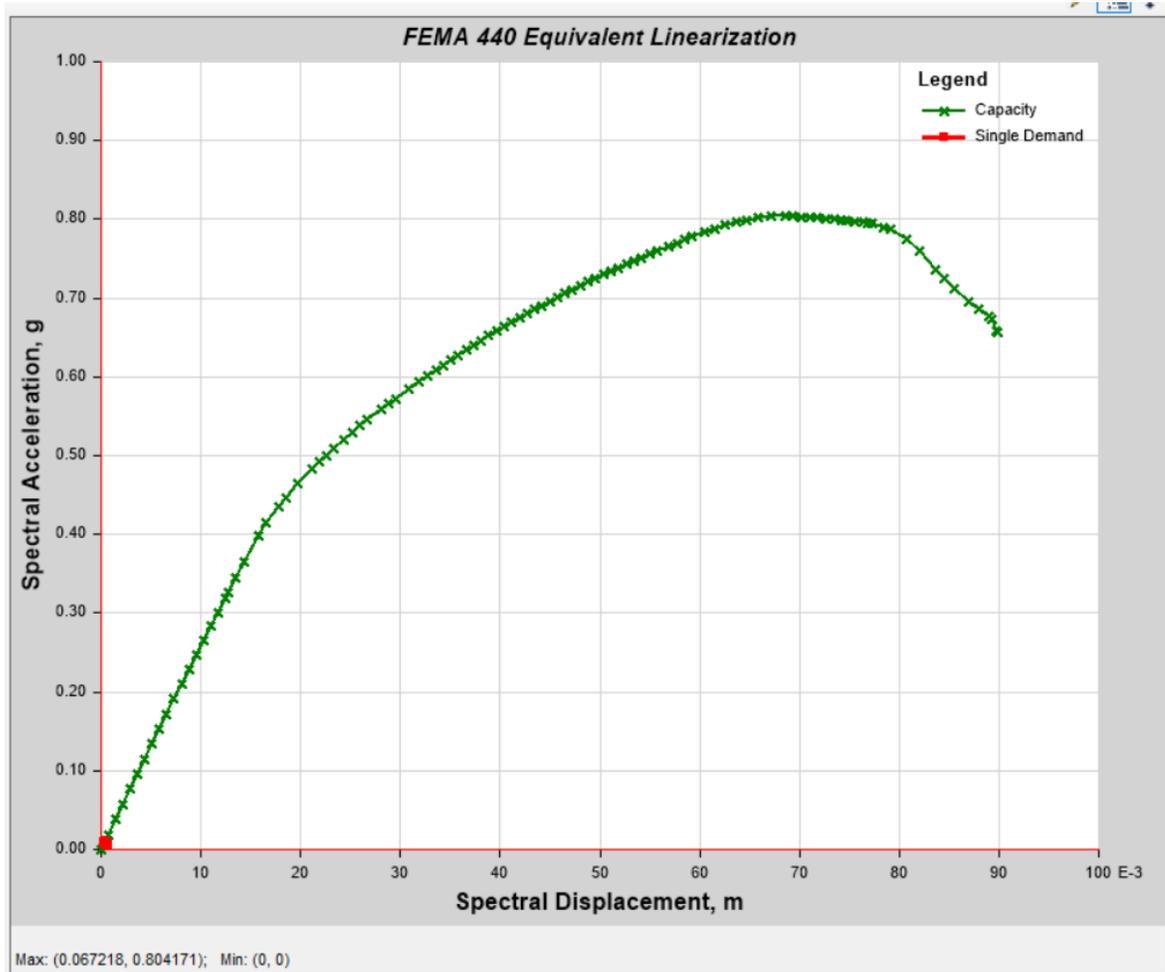
*Curva de capacidad del bloque 2 en dirección x (v-d)*



Se muestra en la Figura 44 la gráfica del espectro de capacidad obtenido.

**Figura 44**

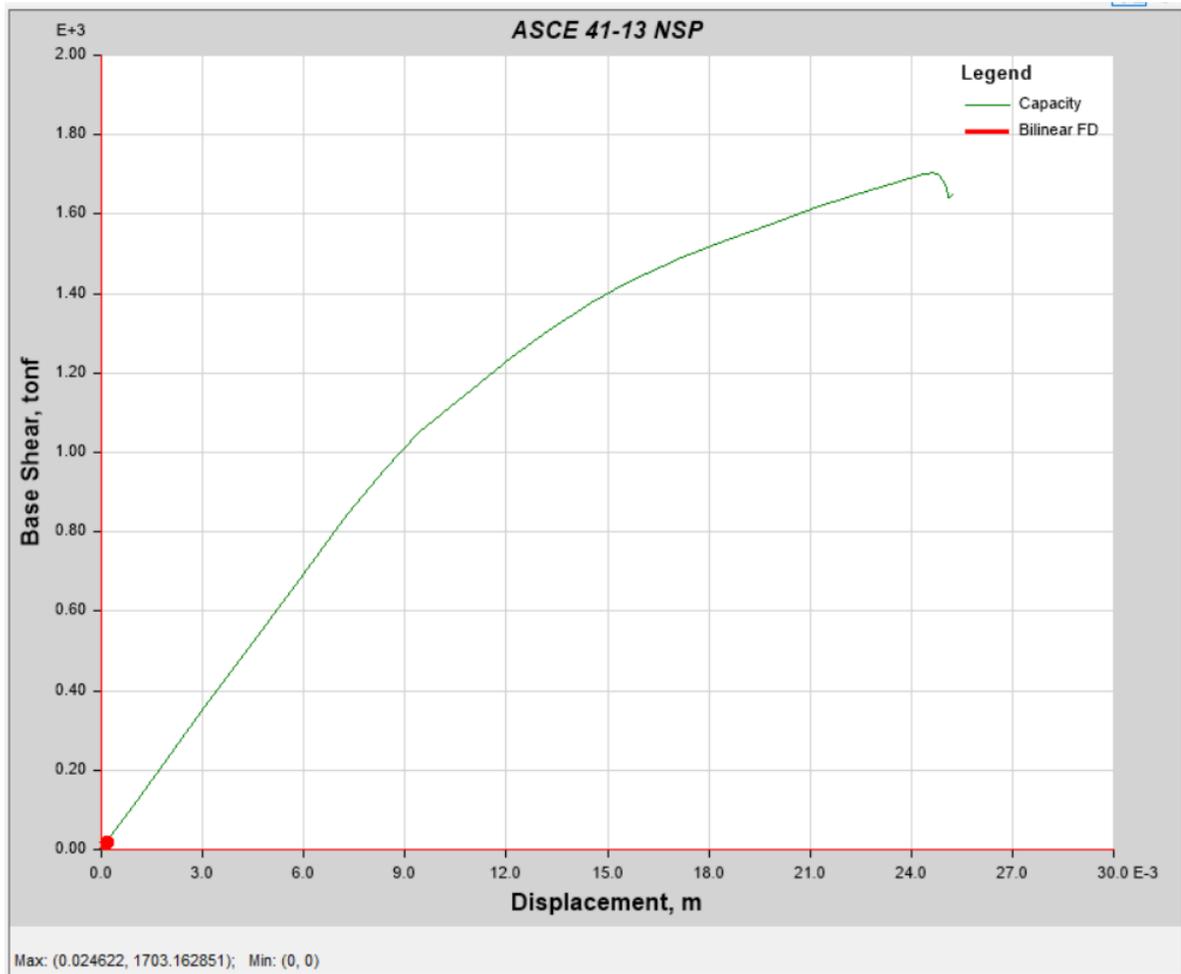
*Espectro de capacidad del bloque 2 en dirección x (sa-sd)*



Dirección y: Se muestra en la Figura 45 la gráfica de la curva de capacidad obtenida

**Figura 45**

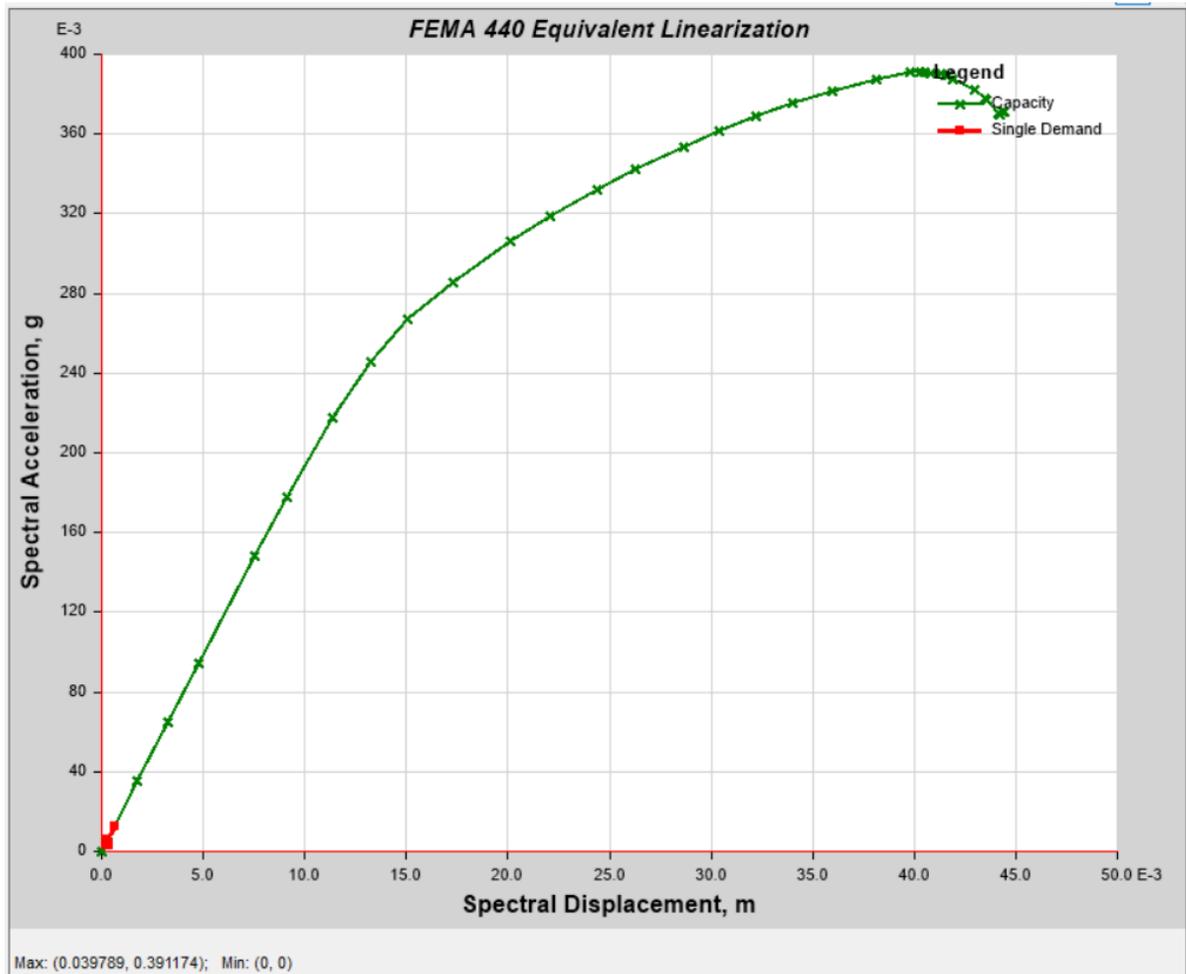
*Curva de capacidad del bloque 2 en dirección y (v-d)*



Se muestra en la Figura 46 la gráfica del espectro de capacidad obtenido.

**Figura 46**

*Espectro de capacidad del bloque 2 en dirección y (sa-sd)*



**BLOQUE 4**

Dirección x: Se muestra en la Figura 47 la gráfica de la curva de capacidad obtenida.

**Figura 47**

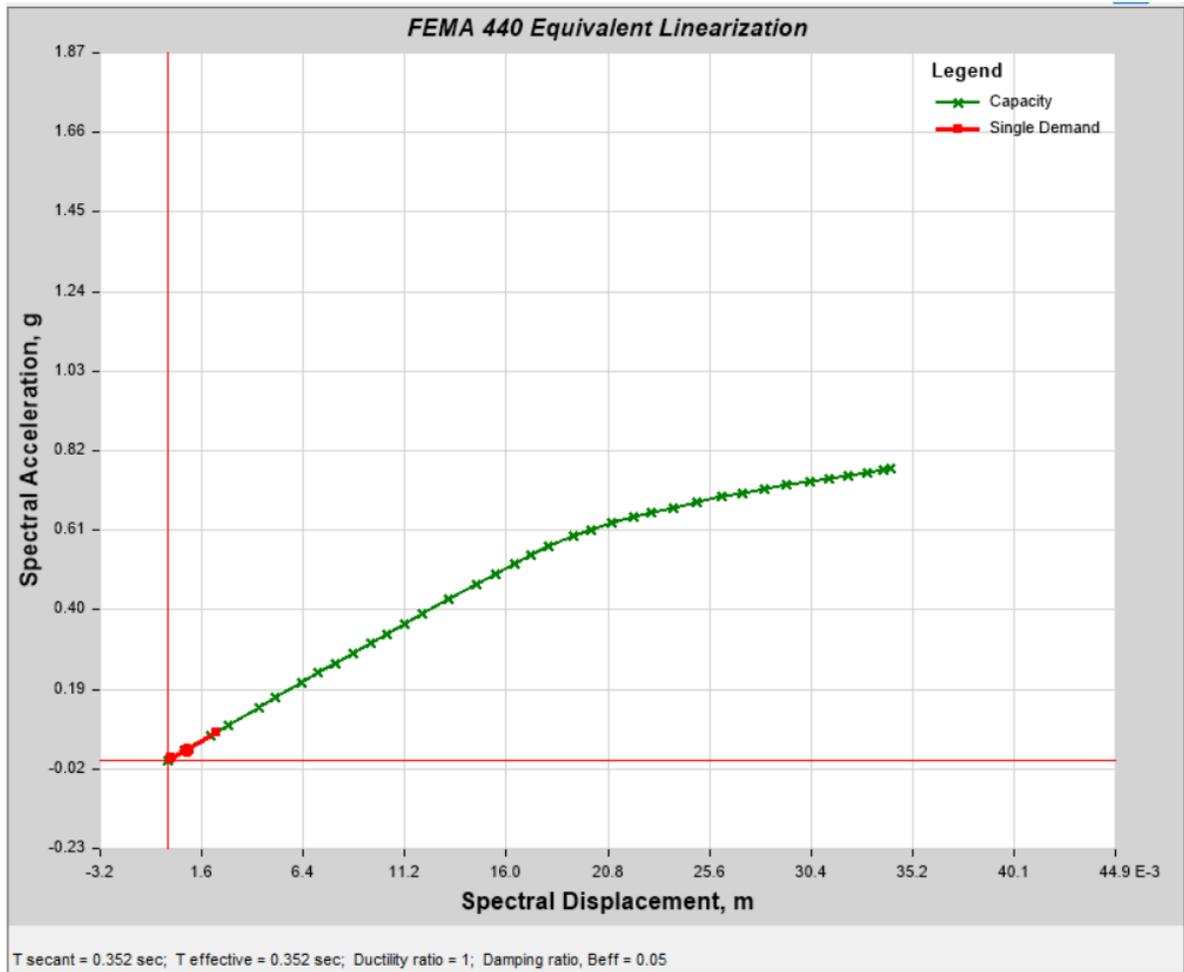
*Curva de capacidad del bloque 4 en dirección x (v-d)*



Se muestra en la Figura 48 la gráfica del espectro de capacidad obtenido.

**Figura 48**

*Espectro de capacidad del bloque 4 en dirección x (sa-sd)*



Dirección y: Se muestra en la Figura 49 la gráfica de la curva de capacidad obtenida.

**Figura 49**

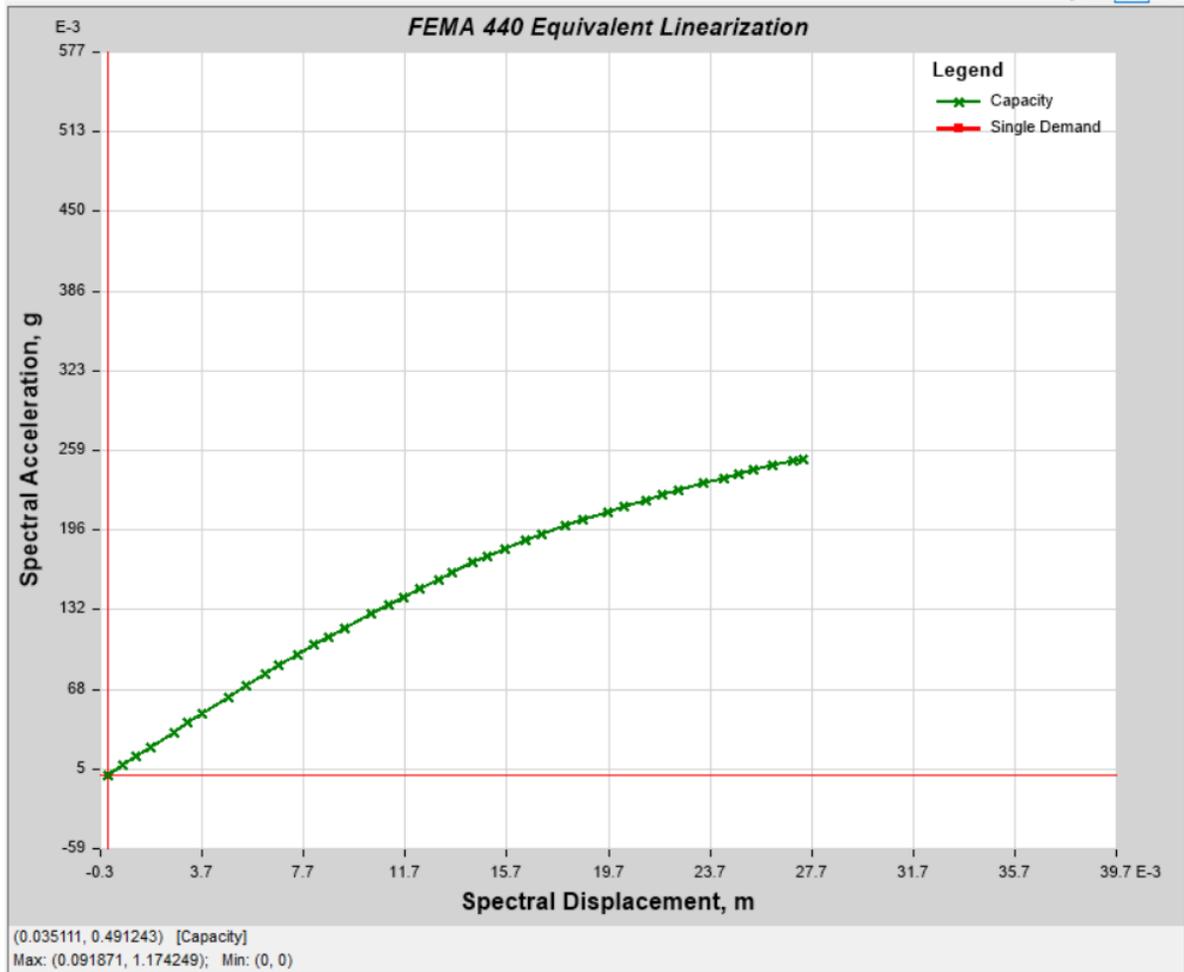
*Curva de capacidad del bloque 4 en dirección y (v-d)*



Se muestra en la Figura 50 la gráfica del espectro de capacidad obtenido.

**Figura 50**

*Espectro de capacidad del bloque 4 en dirección y (sa-sd)*



### **3.13.6. Representación bilineal**

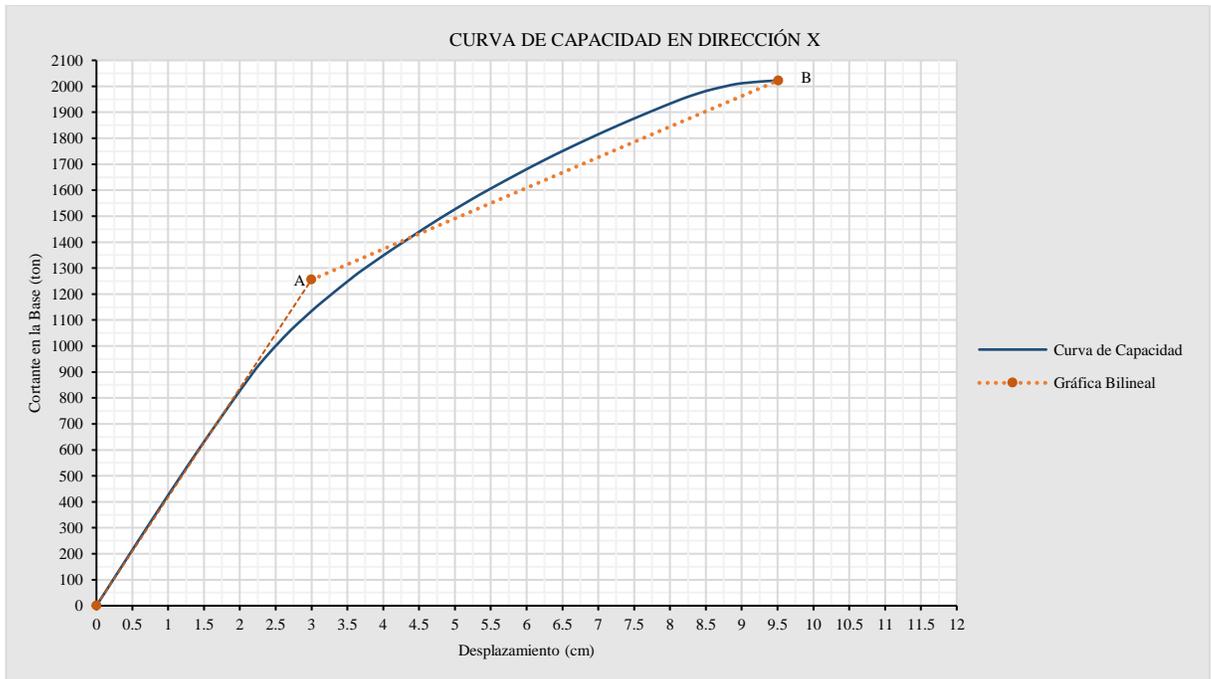
A continuación, se realiza la representación de la curva de capacidad en un modelo bilineal.

## **BLOQUE 2**

Dirección x: En la Figura 51 se muestra la gráfica de la curva bilineal.

**Figura 51**

*Curva bilineal bloque 2 dirección x (v-d)*



Parámetros, empleados se muestran en la Tabla 84.

**Tabla 84**

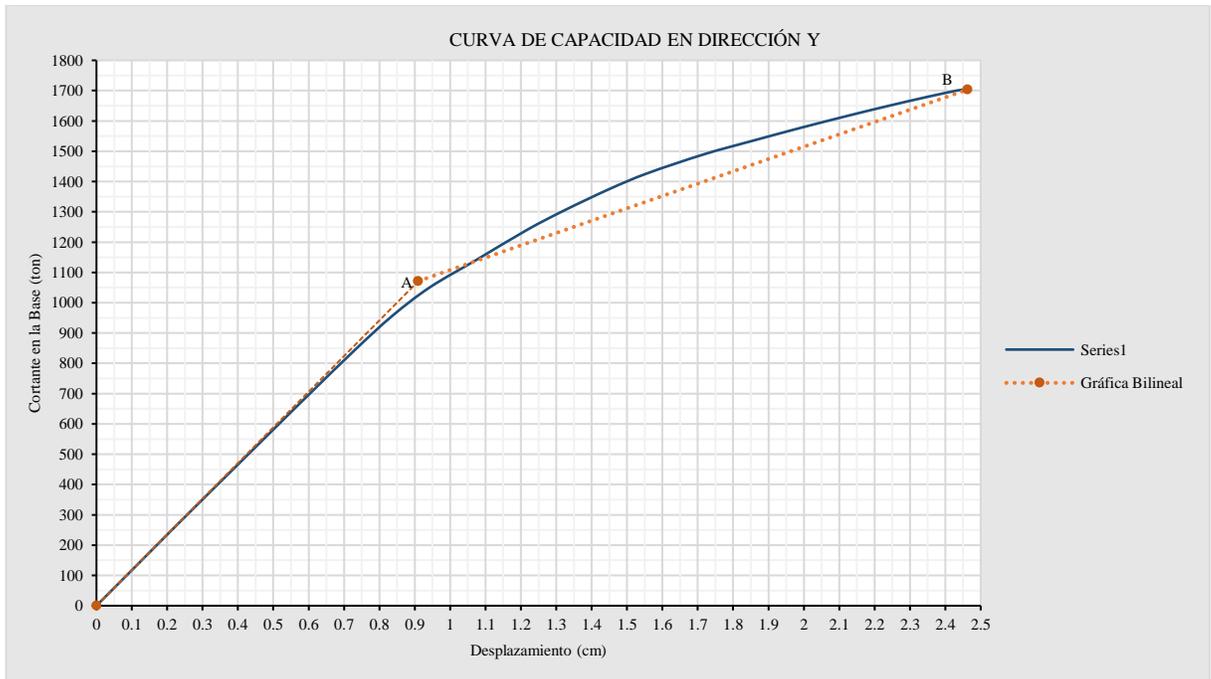
*Parámetros para el cálculo de la curva bilineal bloque 2 dirección x*

Punto B	
Du	9.5068
Vu	2022.2469
Punto A	
Dy	2.9980
Vy	1255.0010
Rigidez Lateral Efectiva	
Ke	418.6127
Área	
Curva de capacidad	12546.7400
Forma Bilineal	12546.7221
$\epsilon$	0.0001

Dirección y: En la Figura 52 se muestra la gráfica de la curva bilineal.

**Figura 52**

*Curva bilineal bloque 2 dirección y (v-d)*



Parámetros, empleados se muestran en la Tabla 85.

**Tabla 85**

*Parámetros para el cálculo de la curva bilineal bloque 2 dirección y*

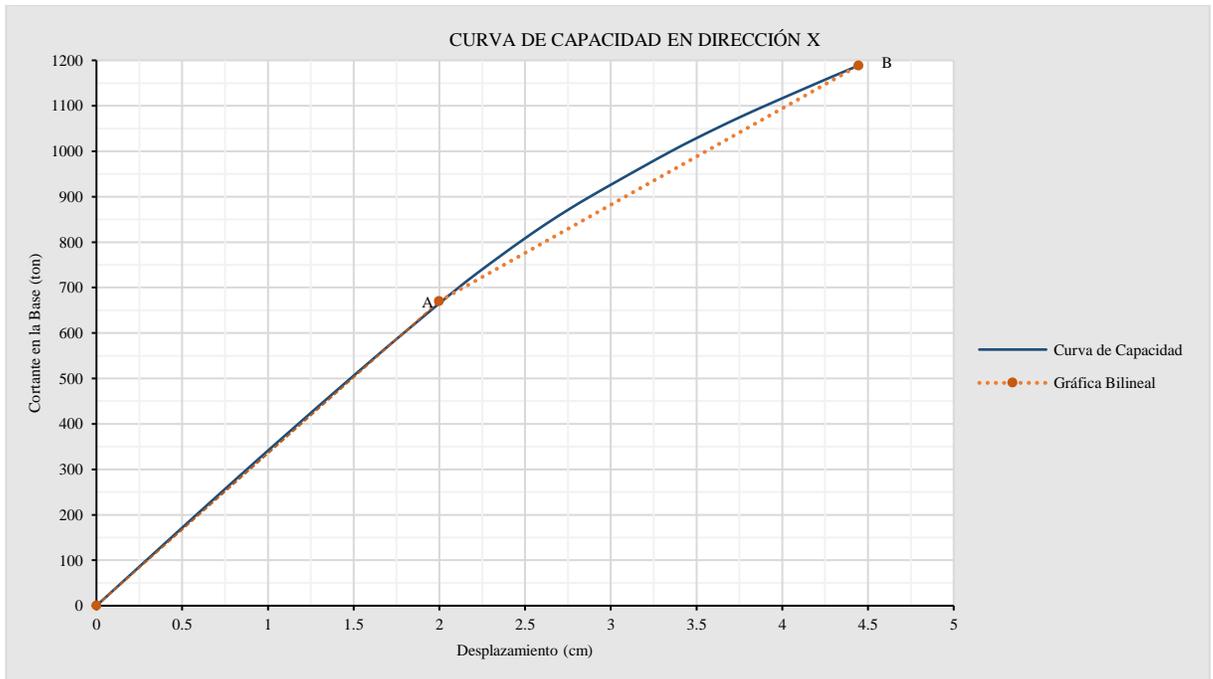
Punto B	
Du	2.4622
Vu	1703.1629
Punto A	
Dy	0.9100
Vy	1071.2216
Rigidez Lateral Efectiva	
Ke	1177.1679
Área	
Curva de capacidad	2640.6100
Forma Bilineal	2640.6065
$\epsilon$	0.0001

## BLOQUE 4

Dirección x: En la Figura 53 se muestra la gráfica de la curva bilineal.

**Figura 53**

*Curva bilineal bloque 4 dirección x (v-d)*



Parámetros, empleados se muestran en la Tabla 86.

**Tabla 86**

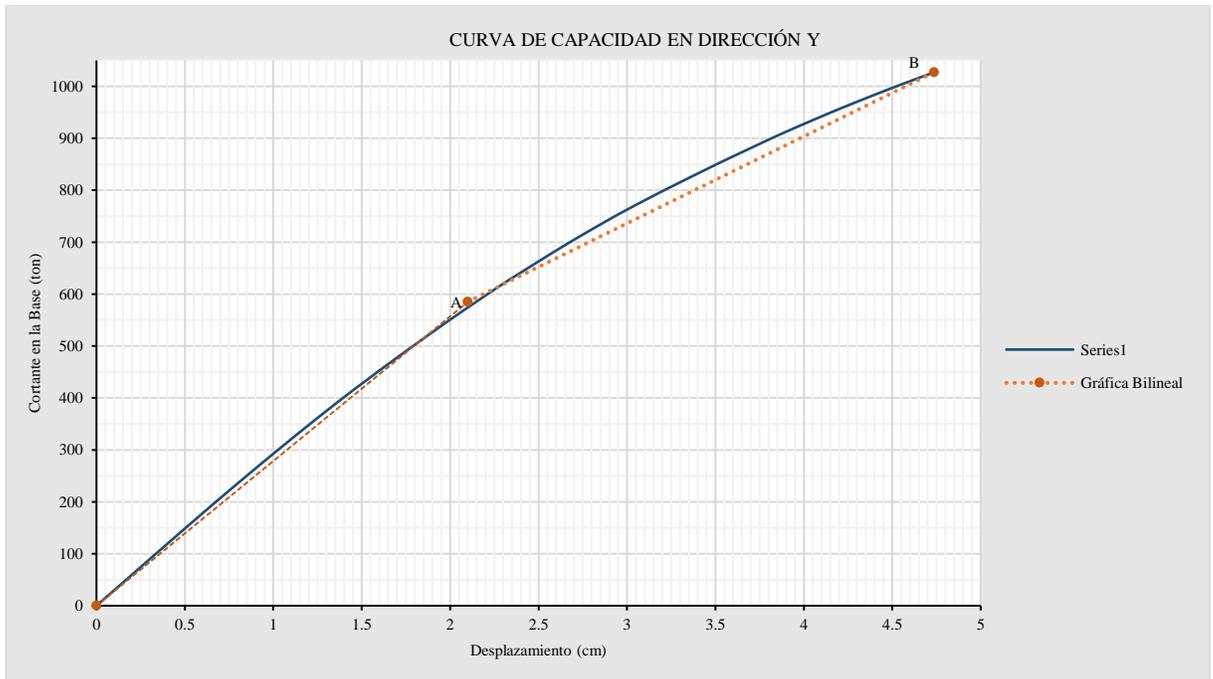
*Parámetros para el cálculo de la curva bilineal bloque 4 dirección x*

Punto B	
Du	4.4439
Vu	1188.3942
Punto A	
Dy	2.0000
Vy	670.0000
Rigidez Lateral Efectiva	
Ke	335.0000
Área	
Curva de capacidad	2940.8700
Forma Bilineal	2940.8648
$\epsilon$	0.0002

Dirección y: En la Figura 54 se muestra la gráfica de la curva bilineal.

**Figura 54**

*Curva bilineal bloque 4 dirección y (v-d)*



Parámetros, empleados se muestran en la Tabla 87.

**Tabla 87**

*Parámetros para el cálculo de la curva bilineal bloque 4 dirección y*

Punto B	
Du	4.7357
Vu	1026.9262
Punto A	
Dy	2.1000
Vy	585.0000
Rigidez Lateral Efectiva	
Ke	278.5714
Área	
Curva de capacidad	2738.5300
Forma Bilineal	2738.5269
$\epsilon$	0.0001

### 3.13.7. Sectorización de la curva y puntos de desempeño

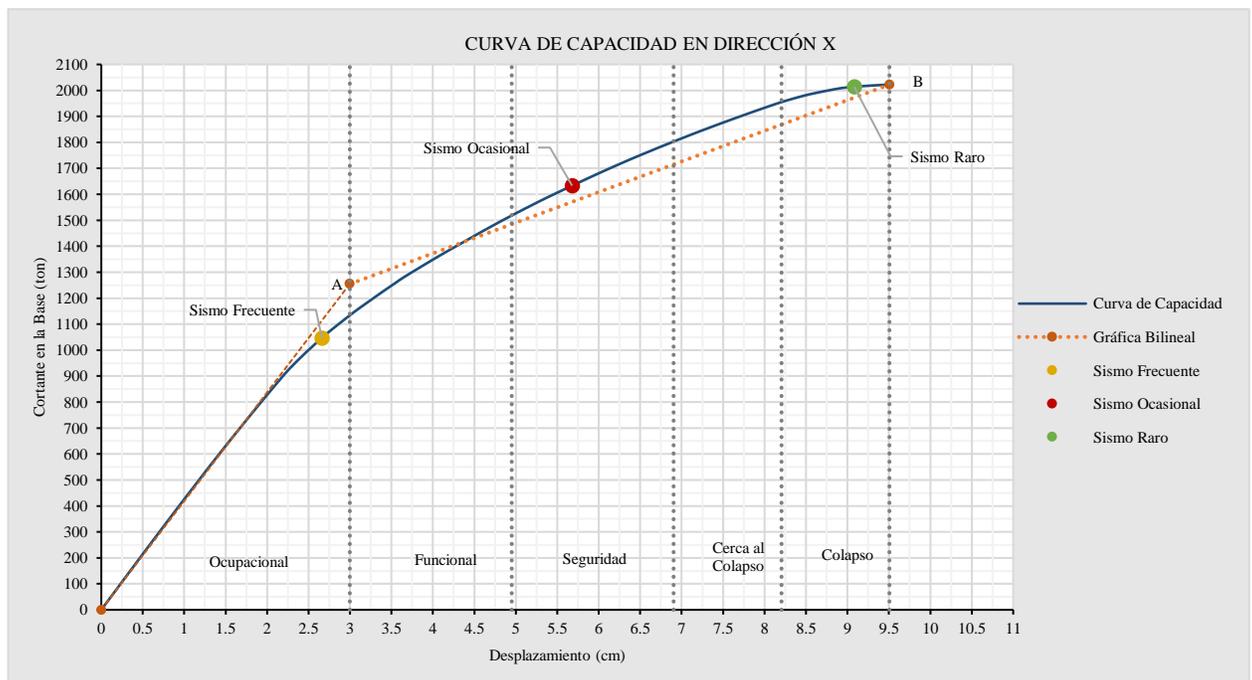
Una vez que se han establecido los límites de las zonas elástica y plástica de los espectros de capacidad, el siguiente paso es establecer los niveles de daño y determinar los puntos de desempeño de la estructura. Esto implica identificar los puntos máximos o criterios que definen los diferentes estados de daño en la estructura y ubicar los puntos en la curva de capacidad que corresponden a cada uno de estos estados. Estos puntos de desempeño son esenciales para evaluar el comportamiento de la estructura bajo cargas sísmicas y para garantizar que cumpla con los criterios de seguridad y desempeño establecidos. Haciendo uso del método de coeficientes según el ASCE 41-17.

## BLOQUE 2

Dirección x: La gráfica mostrada en la Figura 55 nos muestra la sectorización de la curva de capacidad.

### Figura 55

*Sectorización y puntos de desempeño bloque 2 dirección x*



En la Tabla 88 se muestran los límites calculados para realizar la sectorización de la curva.

**Tabla 88**

*Sectorización de la curva de capacidad*

Nivel de desempeño	Desplazamiento	
	Límite inferior	Límite superior
Ocupacional	0	$\Delta_{FE}$
	0	2.998
Funcional	$\Delta_{FE}$	$\Delta_{FE}+0.30\Delta_p$
	2.998	4.95064
Resguardo de vida	$\Delta_{FE}+0.30\Delta_p$	$\Delta_{FE}+0.60\Delta_p$
	4.95064	6.90328
Cerca al colapso	$\Delta_{FE}+0.60\Delta_p$	$\Delta_{FE}+0.80\Delta_p$
	6.90328	8.20504
Colapso	$\Delta_{FE}+0.80\Delta_p$	$\Delta_{FE}+\Delta_p$
	8.20504	9.5068

En la Tabla 89 se presentan los puntos de desempeño hallados para cada sismo.

**Tabla 89**

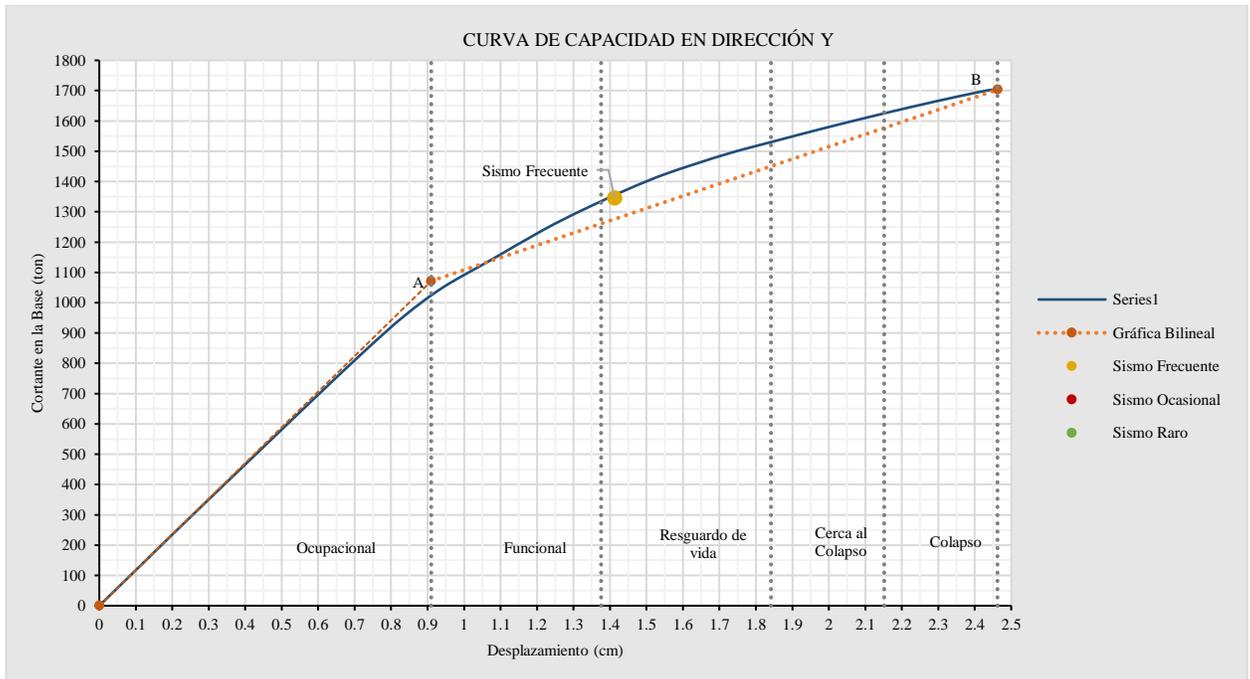
*Puntos de desempeño de bloque 2 dirección x*

Sismos	Puntos		
	D	V	Sa
Sismo Frecuente	2.6608	1046.7644	0.455
Sismo Ocasional	5.6793	1633.307	0.91
Sismo Raro	9.0823	2013.799	1.365
Sismo Muy Raro			

Dirección y: La gráfica mostrada en la Figura 56 nos muestra la sectorización de la curva de capacidad.

**Figura 56**

*Sectorización y puntos de desempeño bloque 2 dirección y*



En la Tabla 90 se muestran los límites calculados para realizar la sectorización de la curva.

**Tabla 90**

*Sectorización de la curva de capacidad*

Nivel de desempeño	Desplazamiento	
	Límite inferior	Límite superior
Ocupacional	0	$\Delta_{FE}$
	0	0.909999
Funcional	$\Delta_{FE}$	$\Delta_{FE}+0.30\Delta_p$
	0.909999	1.3756593
Resguardo de vida	$\Delta_{FE}+0.30\Delta_p$	$\Delta_{FE}+0.60\Delta_p$
	1.3756593	1.8413196
Cerca al colapso	$\Delta_{FE}+0.60\Delta_p$	$\Delta_{FE}+0.80\Delta_p$
	1.8413196	2.1517598
Colapso	$\Delta_{FE}+0.80\Delta_p$	$\Delta_{FE}+\Delta_p$
	2.1517598	2.4622

En la Tabla 91 se presentan los puntos de desempeño hallados para cada sismo.

**Tabla 91**

*Puntos de desempeño de bloque 2 dirección y*

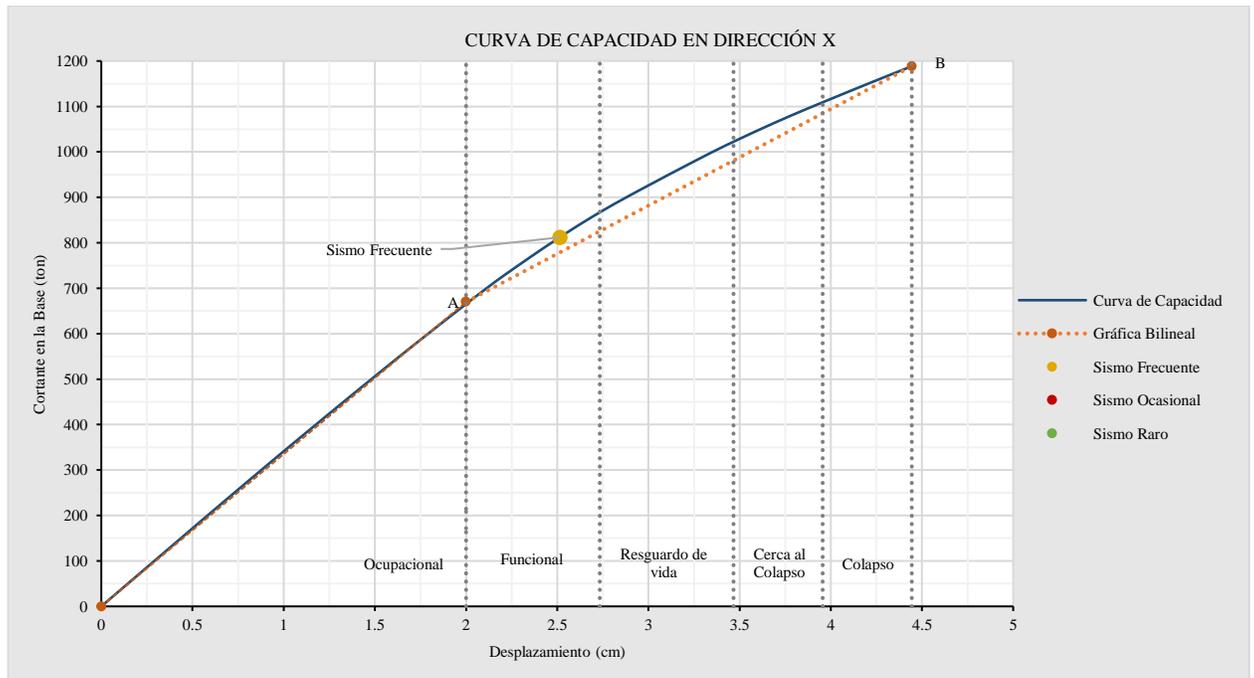
Sismos	Puntos		
	D	V	Sa
Sismo Frecuente	1.4127	1345.5488	0.455
Sismo Ocasional			
Sismo Raro			
Sismo Muy Raro			

**BLOQUE 4**

Dirección x: La gráfica mostrada en la Figura 57 nos muestra la sectorización de la curva de capacidad.

**Figura 57**

*Sectorización y puntos de desempeño bloque 4 dirección x*



En la Tabla 92 se muestran los límites calculados para realizar la sectorización de la curva.

**Tabla 92***Sectorización de la curva de capacidad*

Nivel de desempeño	Desplazamiento	
	Límite inferior	Límite superior
Ocupacional	0	$\Delta_{FE}$
	0	2
Funcional	$\Delta_{FE}$	$\Delta_{FE}+0.30\Delta_p$
	2	2.73317
Resguardo de vida	$\Delta_{FE}+0.30\Delta_p$	$\Delta_{FE}+0.60\Delta_p$
	2.73317	3.46634
Cerca al colapso	$\Delta_{FE}+0.60\Delta_p$	$\Delta_{FE}+0.80\Delta_p$
	3.46634	3.95512
Colapso	$\Delta_{FE}+0.80\Delta_p$	$\Delta_{FE}+\Delta_p$
	3.95512	4.4439

En la Tabla 93 se presentan los puntos de desempeño hallados para cada sismo.

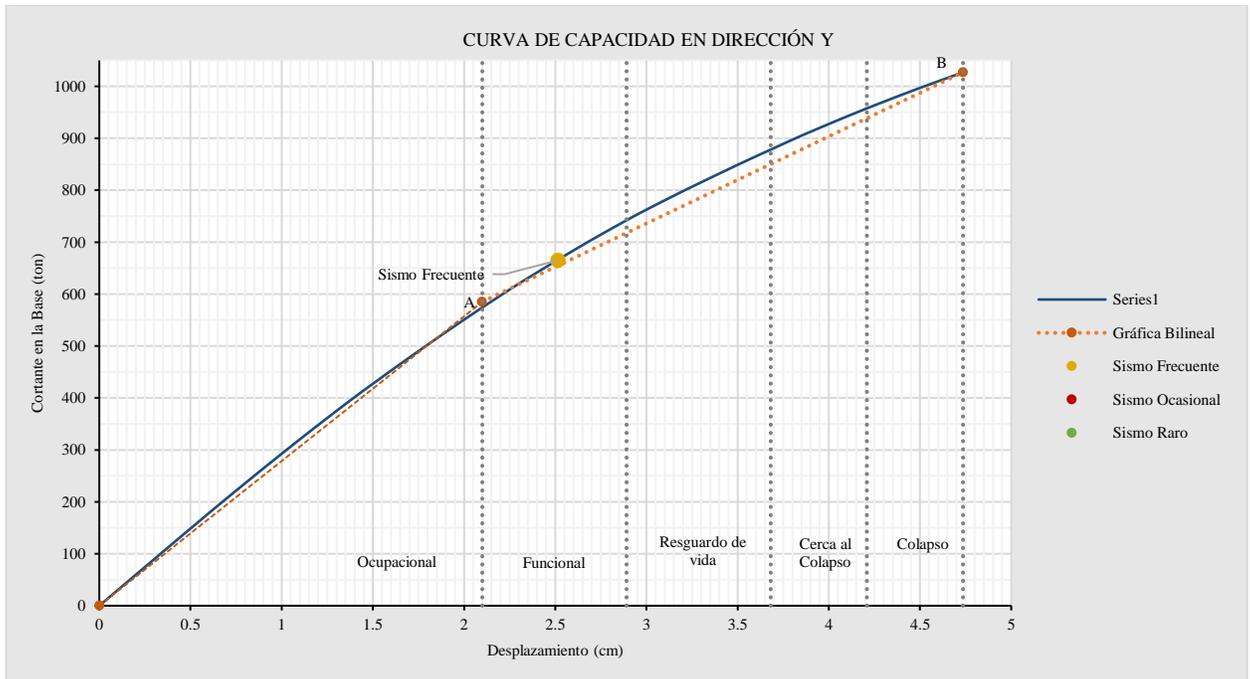
**Tabla 93***Puntos de desempeño de bloque 4 dirección x*

Sismos	Puntos		
	D	V	Sa
Sismo Frecuente	2.5137	811.9282	0.455
Sismo Ocasional			
Sismo Raro			
Sismo Muy Raro			

Dirección y: La gráfica mostrada en la Figura 58 nos muestra la sectorización de la curva de capacidad.

**Figura 58**

*Sectorización y puntos de desempeño bloque 4 dirección y*



En la Tabla 94 se muestran los límites calculados para realizar la sectorización de la curva.

**Tabla 94**

*Sectorización de la curva de capacidad*

Nivel de desempeño	Desplazamiento	
	Límite inferior	Límite superior
Ocupacional	0	$\Delta_{FE}$
	0	2.1
Funcional	$\Delta_{FE}$	$\Delta_{FE}+0.30\Delta_p$
	2.1	2.89071
Resguardo de vida	$\Delta_{FE}+0.30\Delta_p$	$\Delta_{FE}+0.60\Delta_p$
	2.89071	3.68142
Cerca al colapso	$\Delta_{FE}+0.60\Delta_p$	$\Delta_{FE}+0.80\Delta_p$
	3.68142	4.20856
Colapso	$\Delta_{FE}+0.80\Delta_p$	$\Delta_{FE}+\Delta_p$
	4.20856	4.7357

En la Tabla 95 se presentan los puntos de desempeño hallados para cada sismo.

**Tabla 95***Puntos de desempeño de bloque 4 dirección y*

Sismos	Puntos		
	D	V	Sa
Sismo Frecuente	2.5137	665	0.455
Sismo Ocasional			
Sismo Raro			
Sismo Muy Raro			

**3.14. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

El propósito de esta investigación es evidenciar que estas construcciones cumplen con los niveles de desempeño sísmico establecidos como objetivos. Para lograrlo, se lleva a cabo un examen y una comparación entre los niveles de desempeño alcanzados y los niveles propuestos por el comité VISION 2000. Así es como, se puede analizar en los cuadros presentados a continuación si hay variaciones o si se cumple con lo esperado.

Usamos la siguiente nomenclatura:

	Nivel de desempeño esperado
X	Nivel de desempeño obtenido

**BLOQUE 2**

Sismo x: En la Tabla 96, se muestra el nivel de desempeño sísmico obtenido.

**Tabla 96***Nivel de desempeño sísmico de bloque 2 en dirección x*

Peligro Sísmico	Niveles de Desempeño Sísmico				
	Ocupacional	Funcional	Resguardo de vida	Cerca al colapso	Colapso
Frecuente	X				
Ocasional			X		
Raro					X
Muy Raro					X

Sismo y: En la Tabla 97, se muestra el nivel de desempeño sísmico obtenido.

**Tabla 97**

*Nivel de desempeño sísmico de bloque 2 en dirección y*

Peligro Sísmico	Niveles de Desempeño Sísmico				
	Ocupacional	Funcional	Resguardo de vida	Cerca al colapso	Colapso
Frecuente			X		
Ocasional					X
Raro					X
Muy Raro					X

#### **BLOQUE 4**

Sismo x: En la Tabla 98, se muestra el nivel de desempeño sísmico obtenido.

**Tabla 98**

*Nivel de desempeño sísmico de bloque 4 en dirección x*

Peligro Sísmico	Niveles de Desempeño Sísmico				
	Ocupacional	Funcional	Resguardo de vida	Cerca al colapso	Colapso
Frecuente		X			
Ocasional					X
Raro					X
Muy Raro					X

Sismo y: En la Tabla 99, se muestra el nivel de desempeño sísmico obtenido.

**Tabla 99**

*Nivel de desempeño sísmico de bloque 4 en dirección y*

Peligro Sísmico	Niveles de Desempeño Sísmico				
	Ocupacional	Funcional	Resguardo de vida	Cerca al colapso	Colapso
Frecuente		X			
Ocasional					X
Raro					X
Muy Raro					X

## **CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1.VERIFICACIÓN DE LAS IRREGULARIDADES**

Se ha realizado la verificación de las irregularidades en los bloques 2 y 4, de acuerdo a la Norma E. 030 vigente.

#### ***4.1.1. Irregularidad en altura***

En cuanto a la irregularidad en altura de ambos bloques, nos muestra la Tabla 51, el resumen de irregularidades en Altura, observando que tanto en el Bloque 2 como en el Bloque 4 no existe irregularidad en Altura, por lo que se considera un factor de reducción 1.

#### ***4.1.2. Irregularidad en planta***

Como se muestra en la Tabla 59 un resumen de las irregularidades en Planta para ambos bloques, se puede observar que se encuentra una irregularidad de esquinas entrantes en el Bloque 2 en la dirección Y, y en el Bloque 4 la misma irregularidad en ambas direcciones, por lo que se ha considerado un factor de reducción en el Bloque 2 para la dirección Y, de 0.9. Y para el Bloque 4 en la dirección X e Y un factor de 0.9.

### **4.2.ANÁLISIS LINEAL**

Se obtuvo las fuerzas cortantes actuantes en el centro de masa de cada bloque y en cada dirección como se muestra en la Tabla 71.

#### ***4.2.1. Desplazamientos laterales relativos admisibles***

En este análisis se realizó la comprobación de los desplazamientos laterales relativos admisibles según la E.030, 2018. Notando que cada bloque en ambas direcciones cumple con esta consigna, porque no exceden el valor de la deriva de 0.005 para sistemas de albañilería, como se muestra en la Tabla 73.

#### **4.2.2. Cortante dinámico total en la base y factor de escalamiento**

Se realizó la comprobación del cortante dinámico, obteniendo un valor menor al mínimo, por lo que se obtuvo un factor de escala, para ambos bloques en ambas direcciones.

En el Bloque 2 como se muestra en la Tabla 74, en la dirección X se tiene un factor de escala de 1.739 y en la dirección Y un factor de escala de 1.552.

En el Bloque 4 como se muestra en la Tabla 75, en la dirección X se tiene un factor de escala de 1.820 y en la dirección Y un factor de 1.662.

#### **4.2.3. Verificación del sistema estructural**

En los resultados obtenidos después del escalamiento de la cortante dinámica, tenemos lo que nos muestra en la Tabla 76 para el Bloque 2, donde se observa que en dirección X, la cortante en Muros es del 87.6 % y la cortante en Columnas es del 12.4 %, y en dirección Y, la cortante en Muros es del 95.2 % y la cortante en Columnas es del 4.8 %, notando de esta forma que en ambas direcciones la cortante toma más del 70%, entonces presenta un sistema de albañilería.

Para el Bloque 4 se tienen los resultados de la Tabla 77, notando que la cortante llega en dirección X al 90% y 10% en columnas, y en la dirección Y un 90.4% en Muros y un 9.6% a Columnas. Notando de igual forma que la cortante en muros toma más del 70%, tratándose de un sistema de albañilería confinada.

### **4.3. NIVELES DE DESEMPEÑO ALCANZADOS**

#### **4.3.1. Bloque 2**

##### **SISMO X**

Se puede observar que en la Tabla 96, que el Bloque 2 del Mercado Zonal Sur, con el sismo en dirección X, no satisface el desempeño para los peligros sísmicos, ocasional, raro y muy raro. No obstante, tiene un buen comportamiento frente al sismo frecuente. La curva de desempeño

hallada, tiene una destacable ductilidad, y se comporta de manera adecuada a los dos sismos iniciales, pero no con los sismos de mayor intensidad.

#### SISMO Y

En la siguiente Tabla 97, se aprecia los resultados obtenidos del mismo bloque en sentido de sismo Y, en este caso, no cumple con el desempeño sísmico para las sollicitaciones de sismo frecuente, ocasional, raro y muy raro. La curva de desempeño no presenta una considerable ductilidad, por lo que aceptable para un sismo bajo, pero muestra un mal comportamiento frente a sismos con gran intensidad.

#### **4.3.2. Bloque 4**

#### SISMO X

Se puede observar que en la Tabla 98, que el Bloque 4 del Mercado Zonal Sur, con el sismo en dirección X, incumple con el desempeño para los peligros sísmicos, frecuente ocasional, raro y muy raro. La curva de desempeño hallada, tiene una apreciable ductilidad, y se comporta de manera adecuada a los sismos bajos, pero no con los sismos de mayor intensidad.

#### SISMO Y

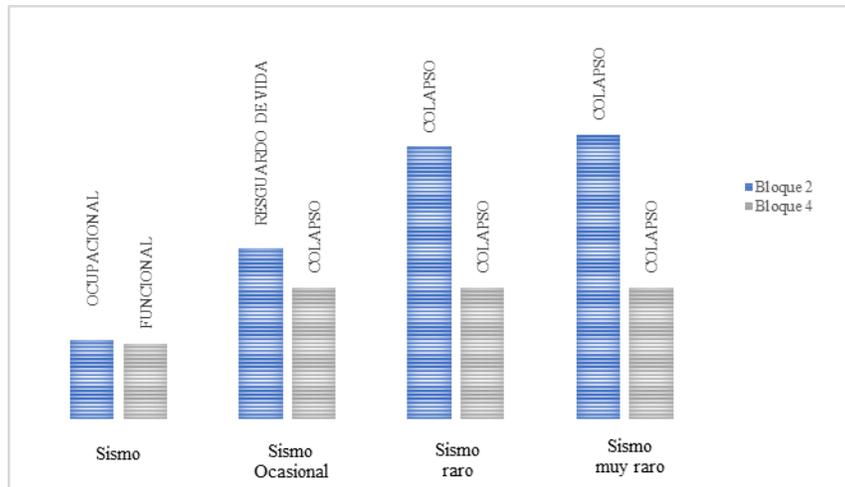
En la siguiente Tabla 99, se aprecia los resultados obtenidos del mismo bloque en sentido de sismo Y, en este caso, no cumple con el desempeño sísmico para las sollicitaciones de sismo frecuente, ocasional, raro y muy raro. La curva de desempeño no presenta una considerable ductilidad, por lo que aceptable para un sismo bajo, pero muestra un mal comportamiento frente a sismos con gran intensidad.

## 4.4.COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ENTRE AMBOS BLOQUES

### 4.4.1. Desempeño sísmico para x

Figura 59

Desempeño sísmico característico para los bloques 2 y 4 en dirección x



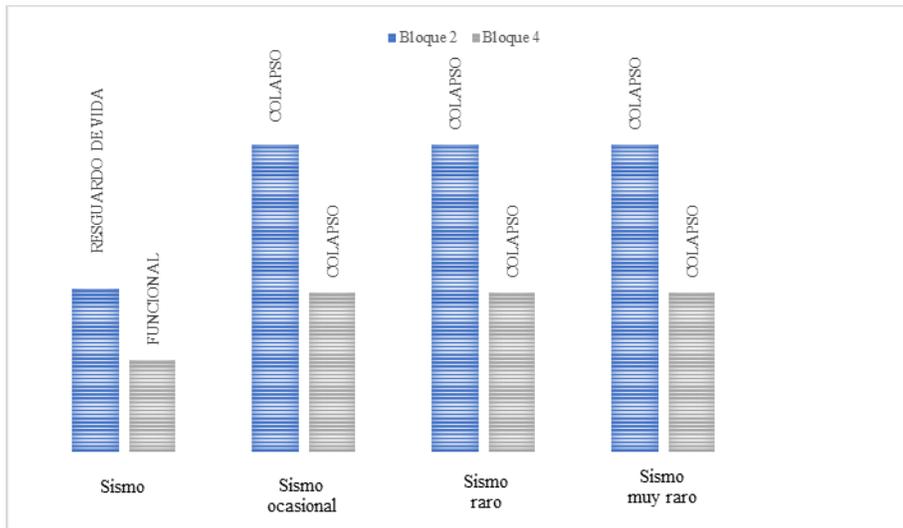
Se llega a concluir que ambos bloques analizados no llegan a satisfacer el desempeño sísmico esperado, para los peligros sísmicos altos (raro y muy raro). Lo que refleja que ante la ocurrencia de dichos eventos la estructura llega al colapso, presenta muy baja ductilidad por tratarse de presentar un sistema de albañilería confinada, pero se rescata el buen comportamiento que presenta ante los sismos de baja intensidad.

Al mismo tiempo se puede observar que el bloque 2 presenta un mejor desempeño sísmico que el bloque 4, esto se debe a que el bloque 2 es una estructura regular y presenta mayor cantidad de muros, lo que no sucede en el bloque 4 debido a la falta de regularidad en esa dirección y la presencia de pocos muros confinados, no llega a cumplir satisfactoriamente el desempeño esperado.

### 4.4.2. Desempeño sísmico para y

**Figura 60**

*Desempeño sísmico característico para los bloques 2 y 4 en dirección x*



Se observa que en esta dirección de sismo en Y, ambos bloques no presentan una buena ductilidad, el bloque dos presenta un buen comportamiento ante los sismos iniciales, pero el bloque 4 solo presenta un buen desempeño ante el sismo frecuente. Lo que nos da una noción de que la ductilidad en ese eje es muy baja y la presencia de elementos estructurales que aporten ductilidad en esa dirección están haciendo falta. Así mismo se rescata que en esta dirección ambas edificaciones no se desenvuelven de manera adecuada.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1.CONCLUSIONES

- Se concluye con el siguiente estudio que los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur de Cajamarca, no alcanza el nivel de resguardo de vida para el movimiento sísmico raro, recomendado por los objetivos de desempeño propuesto por el comité VISION 2000 (SEOAC, 1995).
- Se determinó el nivel de desempeño sísmico para el movimiento sísmico frecuente (43 años de periodo de retorno), obteniendo en la dirección X un nivel de desempeño ocupacional (bloque 2) y funcional (bloque 4), así mismo se determinó el nivel de desempeño en la dirección Y, obteniendo los niveles de resguardo de vida (bloque 2) y funcional (bloque 4). Lo que expresa que el comportamiento de ambos bloques es considerable para dicho sismo.
- Se obtuvo el nivel de desempeño sísmico para el peligro sísmico ocasional (72 años de periodo de retorno) en los bloques 2 y 4, obteniendo un nivel resguardo de vida (bloque 2) y colapso (bloque 4) en dirección X; en el caso de la dirección Y, se halló los niveles de desempeño de colapso (bloque 2) y colapso (bloque 4), lo que refleja que en la dirección x presenta una ductilidad mayor que en el eje y.
- Se halló el nivel de desempeño sísmico para el peligro sísmico raro (475 años de periodo de retorno) obteniendo un nivel de desempeño de colapso tanto para el bloque 2 como para el bloque 4 en dirección X y en dirección Y, lo que refleja una baja ductilidad en ambas direcciones de ambos bloques.

- Se determinó el nivel de desempeño sísmico para el peligro sísmico muy raro (970 años de periodo de retorno) en los bloques 2 y 4, obteniendo un nivel de colapso dirección X y en dirección Y, lo que refleja una baja ductilidad para este evento sísmico.

## **5.2.RECOMENDACIONES**

- Es importante que, para la introducción de propiedades no lineales de los muros de albañilería, se realice una calibración tomando en cuenta ensayos, que usen el mismo material de ladrillo y mortero del proyecto.
- Se recomienda que para futuras investigaciones se realice la evaluación del nivel de desempeño, de los bloques restantes 1 y 3 para obtener una visión general del comportamiento ante un evento sísmico del proyecto Mercado Zonal Sur de Cajamarca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

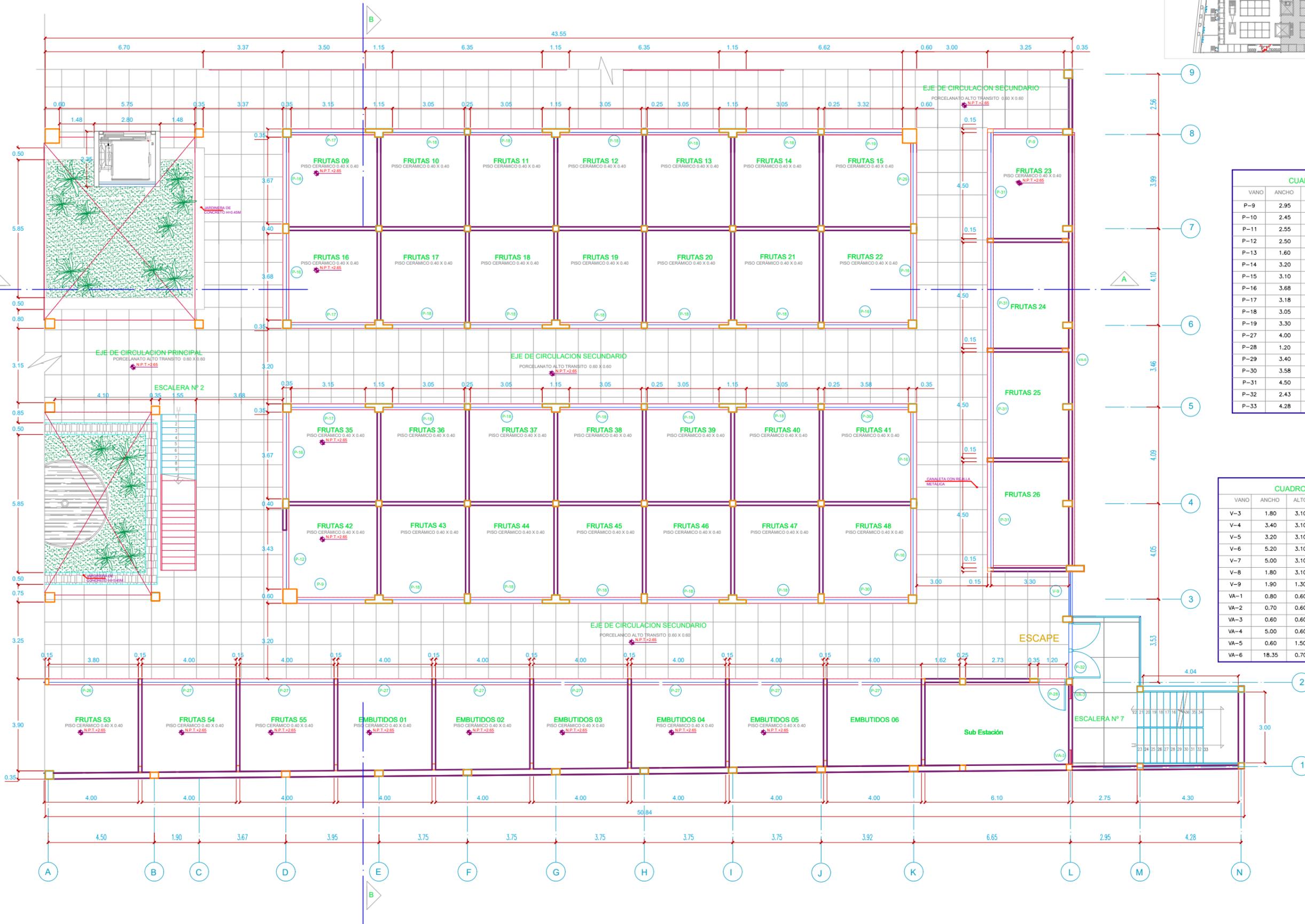
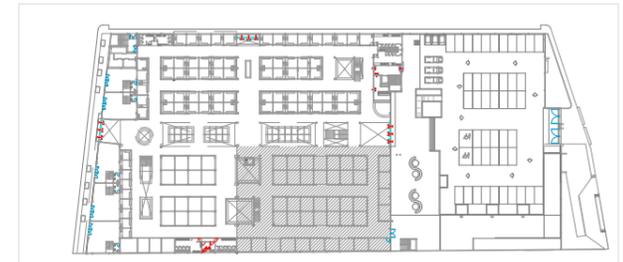
- Aguiar, R. (2004). En *Espectros sísmicos de riesgo uniforme para verificar desempeño estructural en países sudamericanos*. *Boletín Técnico* (Vol. 42(1), págs. 29-49).
- Aguiar, R; Mora, D. y Tipanluisa, E. (2016). En *El método del espectro de capacidad en estructuras con aisladores FPT con CEINCI-LAB* (Vol. 16, págs. 21-45). Valle de los Chillos, Ecuador.
- Angeles, P. D. (2008). En *Comparación del Comportamiento a Carga cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla*. Lima.
- ASCE/SEI 41-17 . (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Virginia: Copyright © 2017 by the American Society of Civil Engineers.
- ATC-40. (1996). Vol 1 . En *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings* (págs. 3-7). California - Estados Unidos.
- BBC News Mundo. (19 de Setiembre de 2022). *BBC*. Obtenido de Un fuerte terremoto de magnitud 7,7 sacude el centro de México en el aniversario de dos grandes sismos.
- Bonett, R.L. (2003). En *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Tesis doctoral, UPC (págs. 49-51). Barcelona.
- Cenepred. (2021). Inundaciones y movimientos en masas. En *Escenario de riesgo por lluvia intensas* (pág. 12).
- Coll, M., Lopez, R. y Saiidi, M. (10 de Junio de 2005). En *Patrones de articulaciones plásticas en pórticos de hormigón reforzado de mediana altura sujetos a terremotos*. (pág. 18).
- El Peruano. (23 de Junio de 2021). Obtenido de Temblor en Cañete: IGP registró 13 réplicas en la zona afectada por sismo de magnitud 6: <https://elperuano.pe/noticia>
- Estrella, J.J. y Ochoa, A.J. (2024). En *Determinación de la vulnerabilidad sísmica del Mercado Municipal del Balneario de Pucusana mediante el análisis estático no lineal “pushover”*. Lima, Perú. Universidad de Ciencias Aplicadas.
- Fajfar, P, Marušić, D. y Peruš I. (2005). En *Torsional Effects In The Pushover-Based Seismic Analysis Of Buildings* (págs. 30-35).
- Fustamante, D. (2021). *Nivel de desempeño sísmico de una edificación de 11 pisos en la provincia de chota usando el método del espectro capacidad-demanda [Tesis profesional, UNC]*. Cajamarca Perú.

- Gonzales, G. y Aguilar, A. (2020). Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development. En LACCEI, *Análisis Dinámico Incremental de un Hospital de 60 Años de Antigüedad con Muros de Albañilería Artesanal*. Lima.
- INDECI. (2021). INFORME DE EMERGENCIA N° 431 – 05/4/2021 / COEN - INDECI / 00:15 HORAS. En *Movimiento sísmico de magnitud 8.0 Lagunas* (pág. 1). Loreto.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, IGEMMET. (2021). En *Fallas geológicas: El origen de los terremotos* (págs. 4-8). Lima.
- Llocle, A. (2021). En *Evaluación de desempeño estructural utilizando análisis estático no lineal (Pushover) del bloque del nivel secundario del colegio Emblemático Ladislao Espinar ubicado en la ciudad de Espinar-Cusco [Tesis profesional]* (págs. 33-44). Juliaca.
- Mosqueira, M. A. (2012). Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería- Universidad Nacional de Cajamarca. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Navarro, C. y Fernandez, J. (2006). En *Desempeño sísmico de un edificio aporticado de seis pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones [Tesis profesional, PUCP]* (págs. 5-6). Lima.
- Norma E.030. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones, Diario el Peruano. En *Norma E 0.30 Diseño Sismorresistente*. Perú.
- Nota de prensa. (2018). *Gob.pe. Plataforma digital única del Estado Peruano*. Obtenido de 398-2018-CG Contraloría detectó riesgos en el proceso de ejecución del mercado zonal sur de Cajamarca.
- Ottazzi, G. (2003). En *Apuntes del curso: CONCRETO ARMADO I* (pág. 40). Lima: PUCP.
- Safina, S. (2002). En *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Tesis doctoral, UPC* (pág. 27). Lima.
- SEAOC. (1995). Vision 2000 Committee. En *A framework for performance based structural engineering*.
- SIGRID. (2022). En MP, *Escenario de riesgo por movimientos en masa del sector producción*.
- Tavera, H. (2020). Informe técnico N° 004-2020/IGP. En *Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú* (págs. 15-23). Lima: Instituto Geofísico del Perú.

- Távarez, J.T. (2016). En *Análisis Estático y Dinámico Incremental de una estructura de Muros de Hormigón Armado en la República Dominicana* (págs. 31-32). República Dominicana.
- Velásquez, C. (2017). En *Evaluación experimental de la longitud de rotación plástica en vigas de hormigón parcialmente pretensadas* (págs. 24-25). Barcelona, España.

ANEXOS

Anexo 1: Planos de arquitectura



CUADRO DE VANOS			
VANO	ANCHO	ALTO	DESCRIPCIÓN
P-9	2.95	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-10	2.45	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-11	2.55	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-12	2.50	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-13	1.60	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-14	3.20	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-15	3.10	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-16	3.68	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-17	3.18	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-18	3.05	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-19	3.30	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-27	4.00	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-28	1.20	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-29	3.40	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-30	3.58	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-31	4.50	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-32	2.43	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-33	4.28	2.80	ENROLLABLE MANUAL

CUADRO DE VANOS				
VANO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	DESCRIPCIÓN
V-3	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-4	3.40	3.10	0.20	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-5	3.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-6	5.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-7	5.00	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-8	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-9	1.90	1.30	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-1	0.80	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-2	0.70	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-3	0.60	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-4	5.00	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-5	0.60	1.50	1.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-6	18.35	0.70	2.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA  
 ALCALDE: Cnl. (R) RAMIRO BARDALES VIGO  
 PERIODO 2011 - 2014

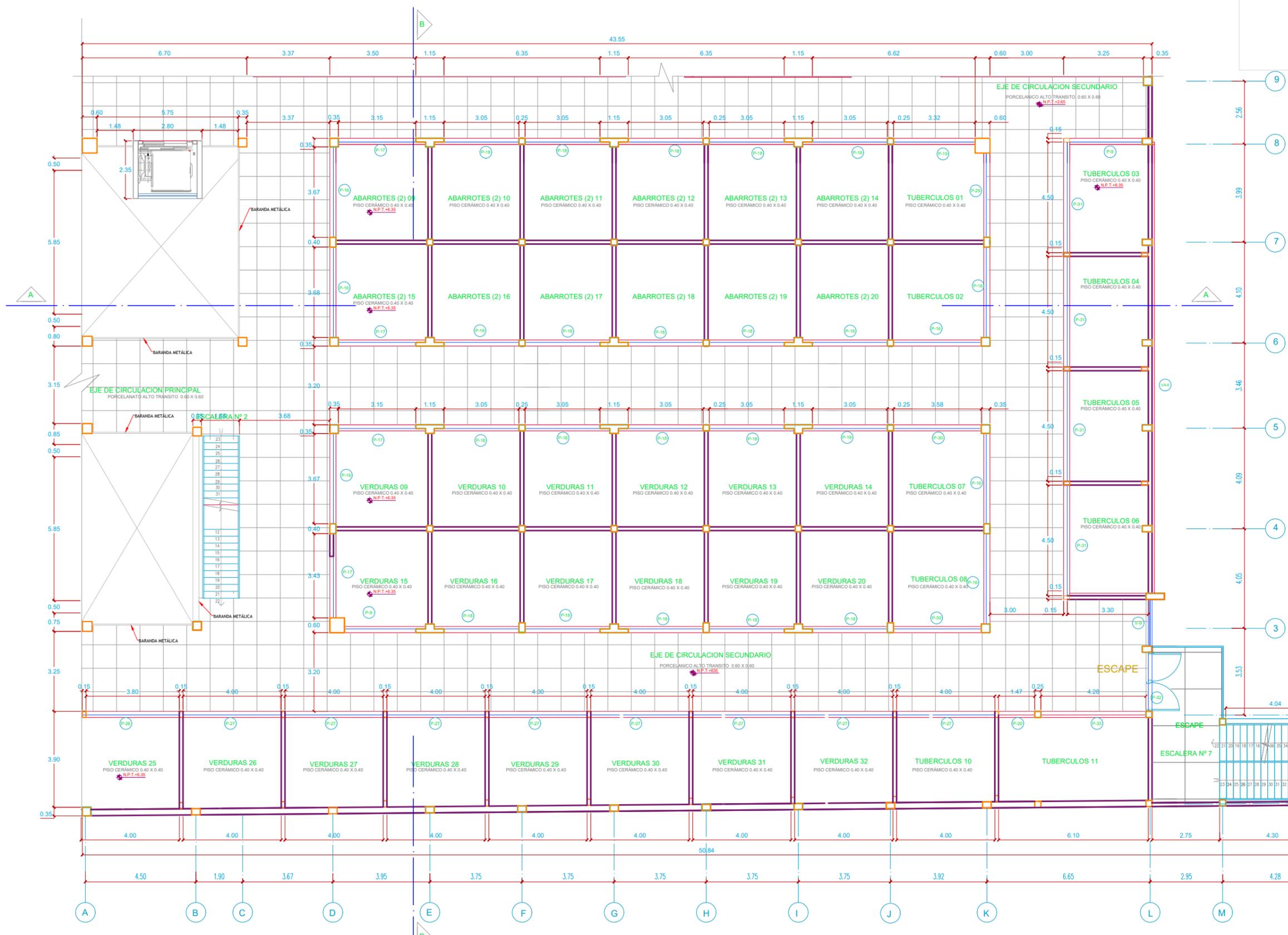
CONSORCIO URBANO CONSULTORES

PROYECTO: "CREACIÓN DEL MERCADO ZONAL SUR DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"

PLANO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN BLOQUE 02 PRIMER NIVEL

DISEÑADO:	S. GUZMAN SANTOS	AREA:	ARQUITECTURA
APROBADO:	M.P.C.	PROYECTO:	DIC. 2012
DIBUJADO:	J. VERAU A.	ESCALA:	1/160
REVISADO:	S. GUZMAN SANTOS	LAMINA N°:	0

CUC-2012-02-11



CUADRO DE VANOS			
VANO	ANCHO	ALTO	DESCRIPCIÓN
P-9	2.95	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-10	2.45	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-16	3.68	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-17	3.18	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-18	3.05	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-19	3.30	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-20	1.50	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-26	3.80	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-27	4.00	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-28	1.20	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-29	3.40	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-30	3.58	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-31	4.50	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-32	2.43	2.80	MÉTALICA CORTAFUEGO
P-33	4.28	2.80	ENROLLABLE MANUAL

CUADRO DE VANOS				
VANO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	DESCRIPCIÓN
V-3	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-4	3.40	3.10	0.20	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-5	3.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-6	5.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-7	5.00	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-8	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-9	1.90	1.30	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-1	0.80	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-2	0.70	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-3	0.60	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-4	5.00	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-5	0.60	1.50	1.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-6	18.35	0.70	2.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm


**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA**  
 ALCALDE: Cnl. (R) RAMIRO BARDALES VIGO  
 PERIODO 2011 - 2014

---

CONSULTORA:  
**CONSORCIO URBANO CONSULTORES**

---

PROYECTO:  
**"CREACIÓN DEL MERCADO ZONAL SUR DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"**

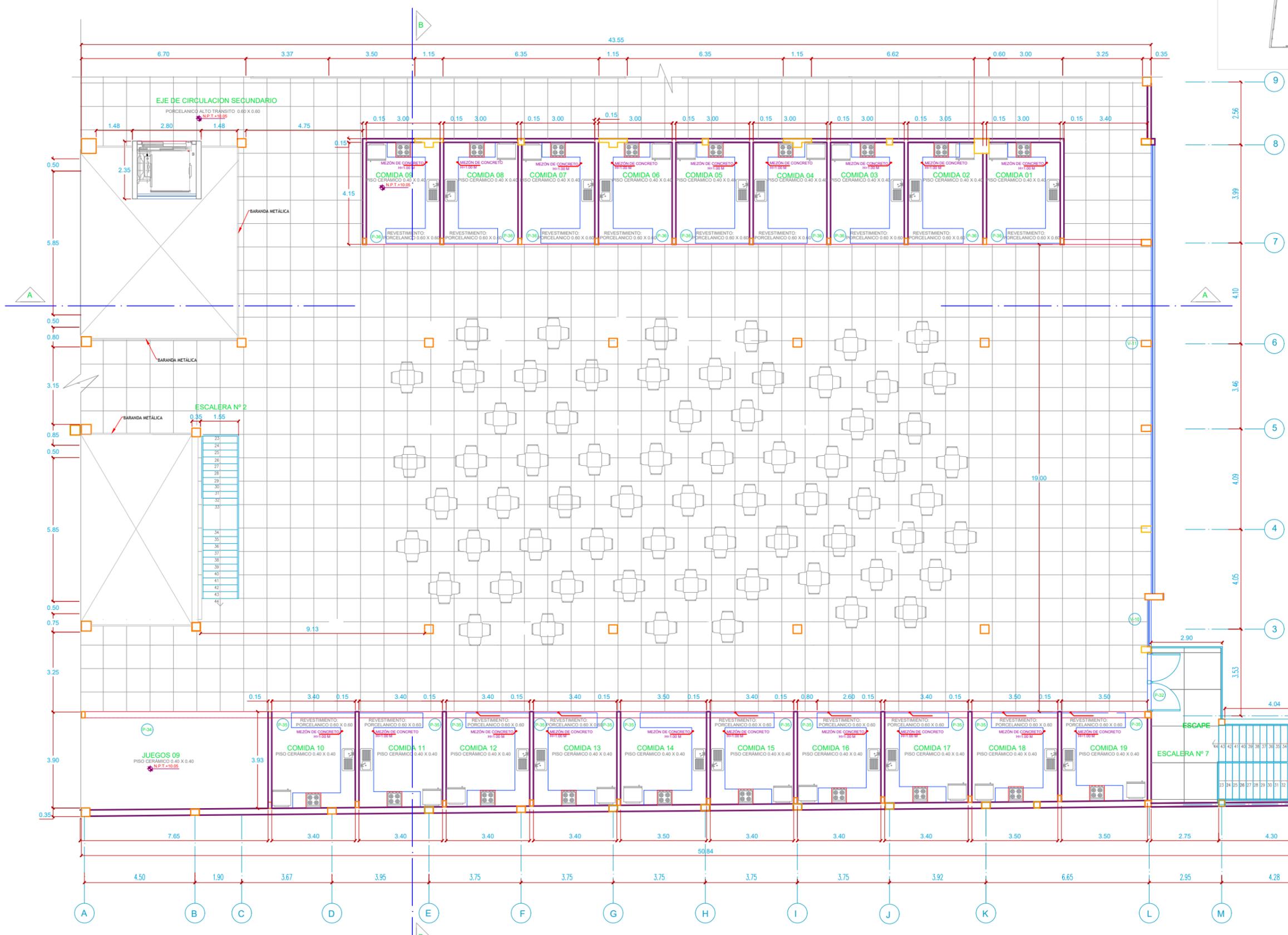
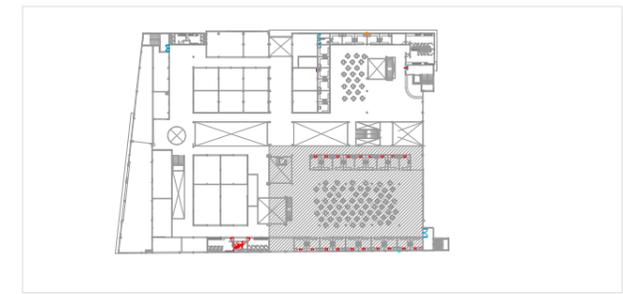
---

PLANO:  
**PLANO DE DISTRIBUCIÓN BLOQUE 02 SEGUNDO NIVEL**

---

DISEÑADO:	S. GUZMAN SANTOS	AREA:	ARQUITECTURA
APROBADO:	M.P.C.	PROYECTO:	DIC. 2012
DIBUJADO:	J. VERAU A.	ESCALA:	1/160
REVISADO:	S. GUZMAN SANTOS	REVISION:	0

**CUC-2012-02-11**



**CUADRO DE VANOS**

VANO	ANCHO	ALTO	DESCRIPCIÓN
P-30	3.58	2.80	ENRROLLABLE MANUAL
P-31	4.50	2.80	ENRROLLABLE MANUAL
P-32	2.43	2.80	METÁLICA CORTAFUEGO
P-33	4.28	2.80	ENRROLLABLE MANUAL
P-34	7.45	2.80	ENRROLLABLE MANUAL
P-35	2.40	2.80	ENRROLLABLE MANUAL
P-36	3.00	2.80	ENRROLLABLE MANUAL

**CUADRO DE VANOS**

VANO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	DESCRIPCIÓN
V-3	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-4	3.40	3.10	0.20	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-5	3.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-6	5.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-7	5.00	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-8	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-9	1.90	1.30	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-1	0.80	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-2	0.70	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-3	0.60	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-4	5.00	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-5	0.60	1.50	1.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-6	18.35	0.70	2.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA  
 ALCALDE: Cnl. (R) RAMIRO BARDALES VIGO  
 PERIODO 2011 - 2014

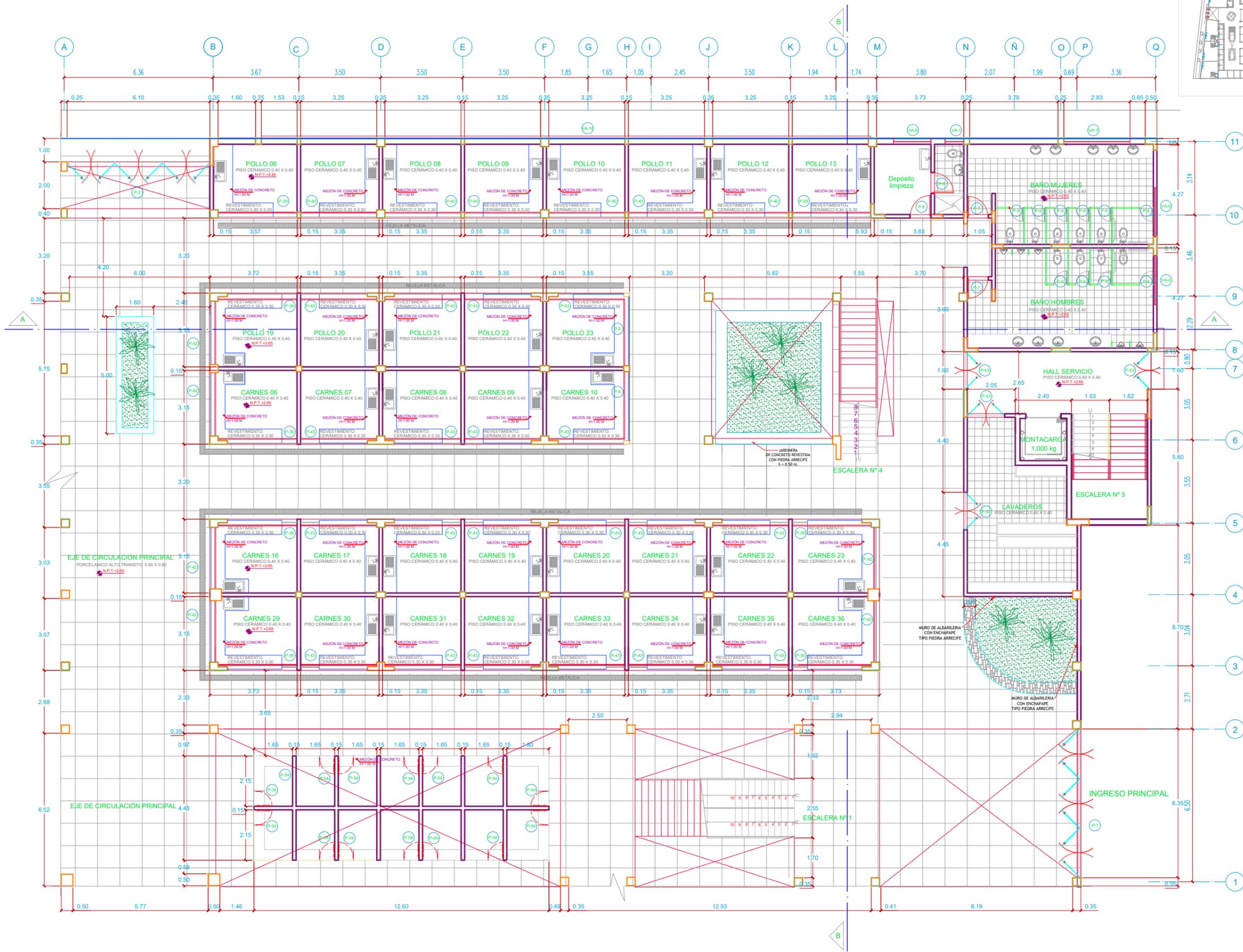
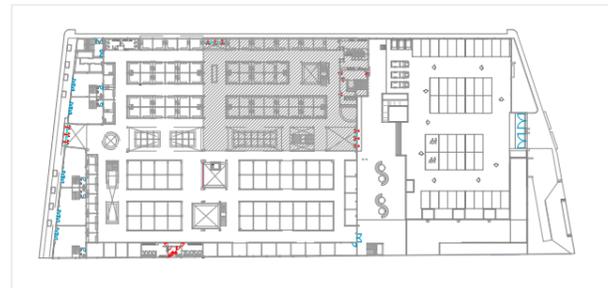
CONSORCIO URBANO CONSULTORES

PROYECTO: "CREACIÓN DEL MERCADO ZONAL SUR DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"

PLANO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN BLOQUE 02 TERCER NIVEL

DISEÑADO:	S. GUZMAN SANTOS	AREA:	ARQUITECTURA
APROBADO:	M.P.C.	PROYECTO:	DIC. 2012
DIBUJADO:	J. VERAU A.	ESCALA:	1/160
REVISADO:	S. GUZMAN SANTOS	REVISION:	0

LAMINA N° CUC-2012-02-11



CUADRO DE VANOS			
VANO	ANCHO	ALTO	DESCRIPCIÓN
P-1	6.35	3.35	VIDRIO LAMINADO 6 mm
P-2	6.10	3.10	VIDRIO LAMINADO 6 mm
P-3	6.30	3.10	VIDRIO LAMINADO 6 mm
P-6	0.90	2.20	CONTRAPLACADA
P-7	1.00	2.20	CONTRAPLACADA
P-8	0.60	1.80	MELAMINE 18 mm
P-9	2.95	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-13	1.60	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-14	3.20	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-17	3.18	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-29	3.40	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-36	3.00	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-39	1.80	2.50	METÁLICA CORTAFUEGO
P-40	3.25	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-41	3.48	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-42	2.68	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-43	2.85	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-45	6.65	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-47	2.00	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-48	2.75	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-49	6.78	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-53	1.60	2.40	METÁLICA
P-54	0.65	1.00	METÁLICA

CUADRO DE VANOS				
VANO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	DESCRIPCIÓN
V-1	3.40	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-5	3.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-6	5.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-7	5.00	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-8	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-1	0.80	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-2	0.70	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-3	0.60	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-4	5.00	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-5	0.60	1.50	1.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-6	18.35	0.70	2.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-7	2.80	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-8	1.60	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-9	2.10	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-10	26.00	0.70	2.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm


**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA**  
 ALCALDE: Cnl. (R) RAMIRO BARDALES VIGO  
 PERIODO 2011 - 2014

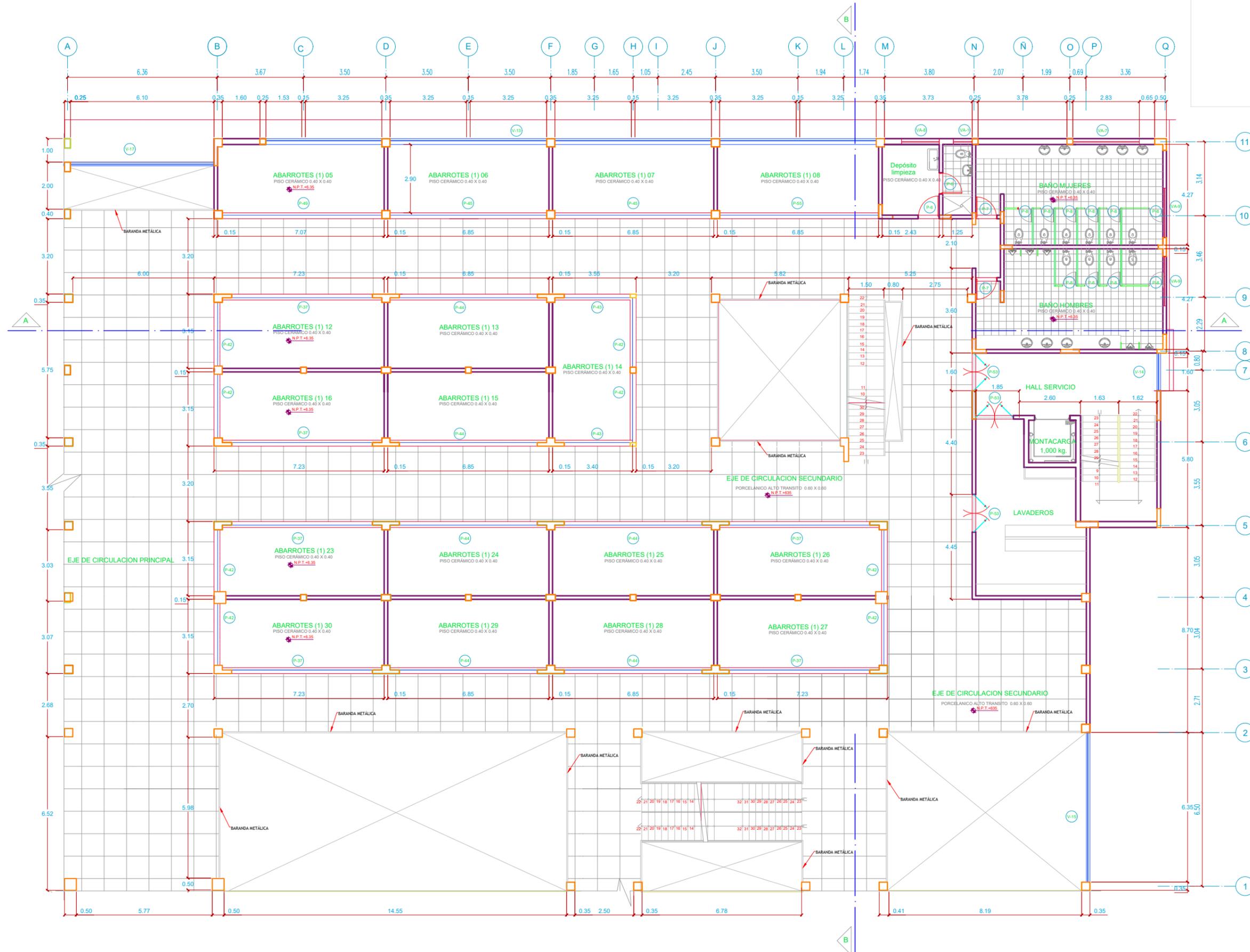
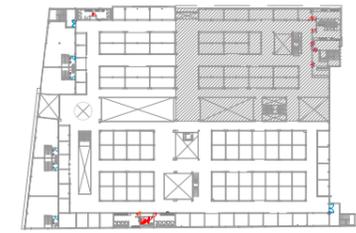
CONSORCIO URBANO CONSULTORES

PROYECTO: "CREACIÓN DEL MERCADO ZONAL SUR DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"

PLANO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN BLOQUE 04 PRIMER NIVEL

DISEÑADO: S. GUZMAN SANTOS	AREA: ARQUITECTURA
APROBADO: M.P.C.	PROYECTO: DIC. 2012
DIBUJADO: J. VERAU A.	ESCALA: 1/160
REVISADO: S. GUZMAN SANTOS	LAMINA N° 0

CUC-2012-02-11



CUADRO DE VANOS			
VANO	ANCHO	ALTO	DESCRIPCIÓN
P-1	6.35	3.35	VIDRIO LAMINADO 6 mm
P-2	6.10	3.10	VIDRIO LAMINADO 6 mm
P-3	6.30	3.10	VIDRIO LAMINADO 6 mm
P-6	0.90	2.20	CONTRAPLACADA
P-7	1.00	2.20	CONTRAPLACADA
P-8	0.60	1.80	MELAMINE 18 mm
P-9	2.95	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-13	1.60	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-14	3.20	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-17	3.18	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-29	3.40	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-36	3.00	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-37	6.00	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-39	1.80	2.50	MÉTALICA CORTAFUEGO
P-40	3.25	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-41	3.48	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-42	2.68	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-43	2.85	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-44	5.85	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-45	6.65	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-47	2.00	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-48	2.75	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-49	6.78	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-53	1.60	2.40	MÉTALICA
P-54	0.65	1.00	MÉTALICA

CUADRO DE VANOS				
VANO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	DESCRIPCIÓN
V-1	3.40	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-2	5.00	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-3	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-4	3.40	3.10	0.20	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-5	3.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-6	5.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-7	5.00	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-8	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-13	26.00	3.35	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-14	1.60	3.35	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-15	6.35	3.35	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-17	6.10	3.35	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-1	0.80	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-2	0.70	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-3	0.60	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-4	5.00	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-5	0.60	1.50	1.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-7	2.80	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-8	1.60	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-9	2.10	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm


**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA**  
 ALCALDE: Cnl. (R) RAMIRO BARDALES VIGO  
 PERIODO 2011 - 2014

---

CONSORCIO URBANO CONSULTORES

---

PROYECTO: "CREACIÓN DEL MERCADO ZONAL SUR DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"

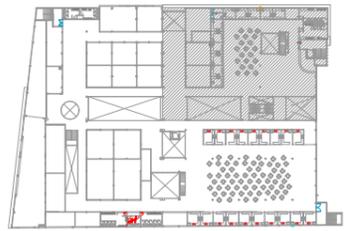
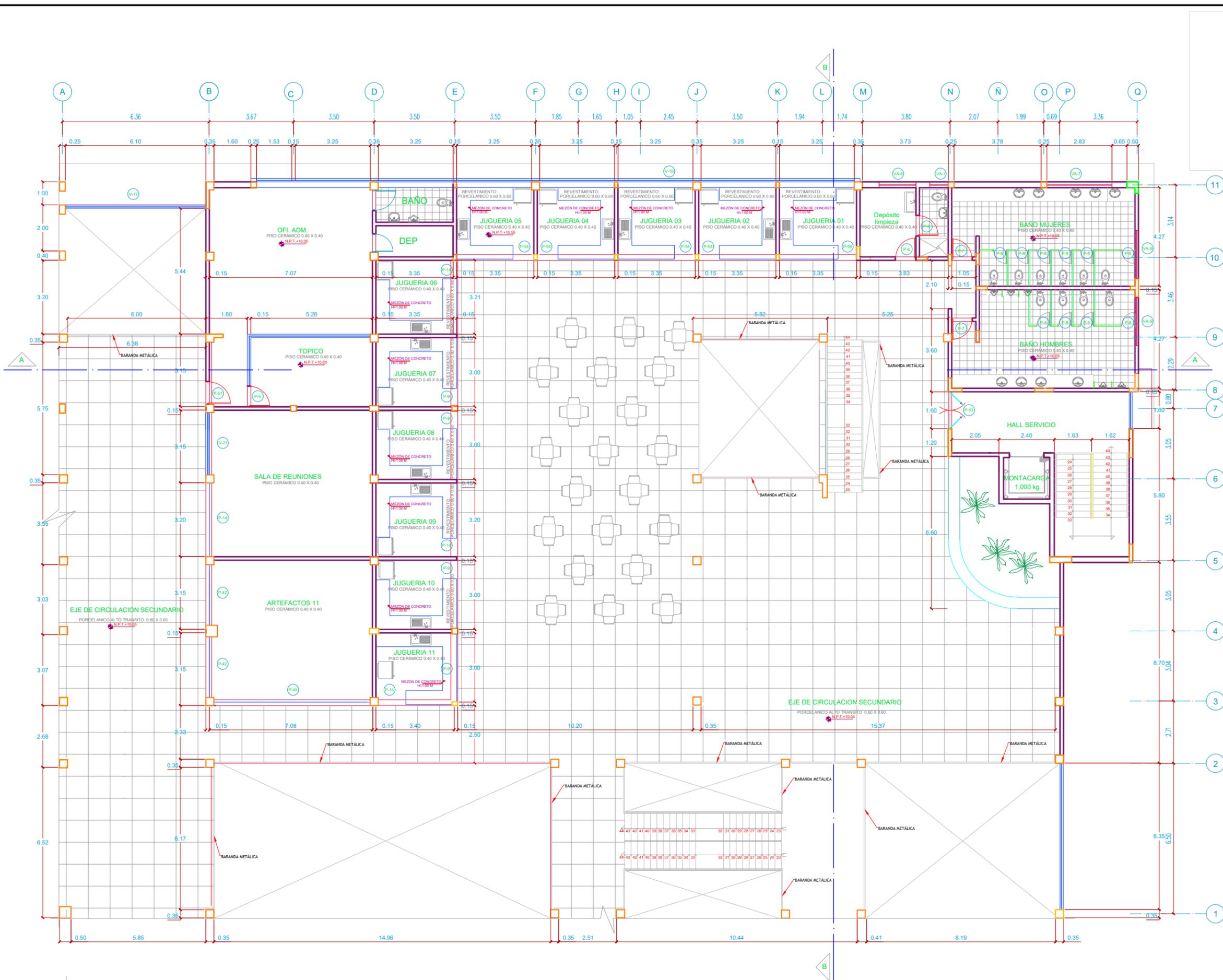
---

PLANO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN BLOQUE 04 SEGUNDO NIVEL

---

DISEÑADO:	S. GUZMAN SANTOS	AREA:	ARQUITECTURA
APROBADO:	M.P.C.	PROYECTO:	DIC. 2012
DIBUJADO:	J. VERAU A.	ESCALA:	1/160
REVISADO:	S. GUZMAN SANTOS	LÁMINA:	0

**CUC-2012-02-11**



CUADRO DE VANOS

VANO	ANCHO	ALTO	DESCRIPCIÓN
P-1	6.35	3.35	VIDRIO LAMINADO 6 mm
P-2	6.10	3.10	VIDRIO LAMINADO 6 mm
P-3	6.30	3.10	VIDRIO LAMINADO 6 mm
P-6	0.90	2.20	CONTRAPLACADA
P-7	1.00	2.20	CONTRAPLACADA
P-8	0.60	1.80	MELAMINE 18 mm
P-9	2.95	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-13	1.60	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-14	3.20	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-17	3.18	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-29	3.40	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-36	3.00	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-39	1.80	2.50	METÁLICA CORTAFUEGO
P-40	3.25	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-41	3.48	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-42	2.68	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-43	2.85	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-45	6.65	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-47	2.00	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-48	2.75	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-49	6.78	2.80	ENROLLABLE MANUAL
P-53	1.60	2.40	METÁLICA
P-54	0.65	1.00	METÁLICA

CUADRO DE VANOS

VANO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	DESCRIPCIÓN
V-1	3.40	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-2	5.00	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-3	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-4	3.40	3.10	0.20	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-5	3.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-6	5.20	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-7	5.00	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-8	1.80	3.10	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-13	26.00	3.35	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-14	1.60	3.35	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-15	6.35	3.35	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
V-17	6.10	3.35	-	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-1	0.80	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-2	0.70	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-3	0.60	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-4	5.00	0.60	0.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-5	0.60	1.50	1.65	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-7	2.80	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-8	1.60	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm
VA-9	2.10	0.60	2.55	VIDRIO LAMINADO 6 mm

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA  
 ALCALDE: Cnl. (R) RAMIRO BARDALES VIGO  
 PERIODO 2011 - 2014

CONSORCIO URBANO CONSULTORES

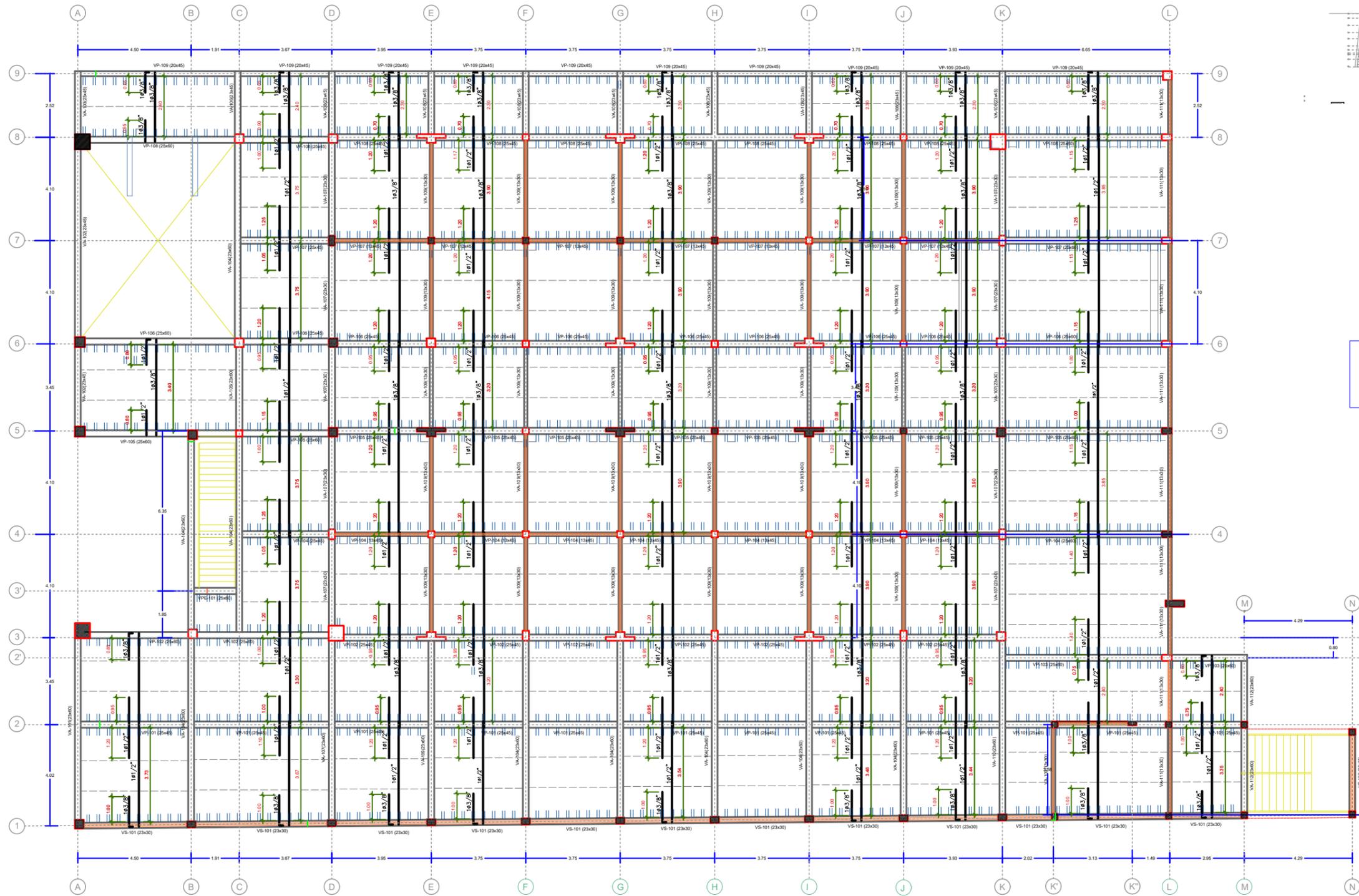
PROYECTO: "CREACIÓN DEL MERCADO ZONAL SUR DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"

PLANO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN BLOQUE 04 PRIMER NIVEL

DISEÑADO: S. GUZMAN SANTOS	AREA: ARQUITECTURA
APROBADO: M.P.C.	PROYECTO: DIC. 2012
DIBUJADO: J. VERAU A.	ESCALA: 1/160
REVISADO: S. GUZMAN SANTOS	REVISION: 0

CUC-2012-02-11

Anexo 2: Planos de losas

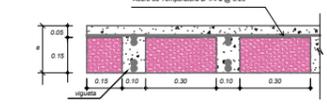


**PLANO CLAVE**  
ESC: S/E

LEYENDA

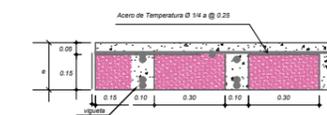
**DETALLE DE ALIGERADO POLIESTIRENO EXPANDIDO**  
ESC: 1/75

Acero de Temperatura  $\sigma_{14} \text{ a } \sigma_{25}$



**DETALLE DE ALIGERADO POLIESTIRENO EXPANDIDO**  
ESC: 1/25

Acero de Temperatura  $\sigma_{14} \text{ a } \sigma_{25}$

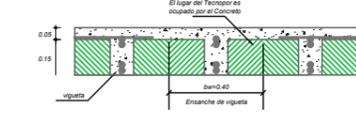


LEYENDA

Muro de albañilería confinada (construir primero los muros luego las columnas, finalmente las vigas y techo)

**DETALLE DE ENSACHE DE VIGUETA (Tipo Corrido)**  
ESC: 1/75

El lugar del Tapanor es equivalente al concreto

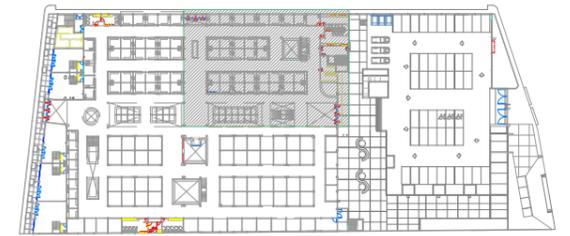
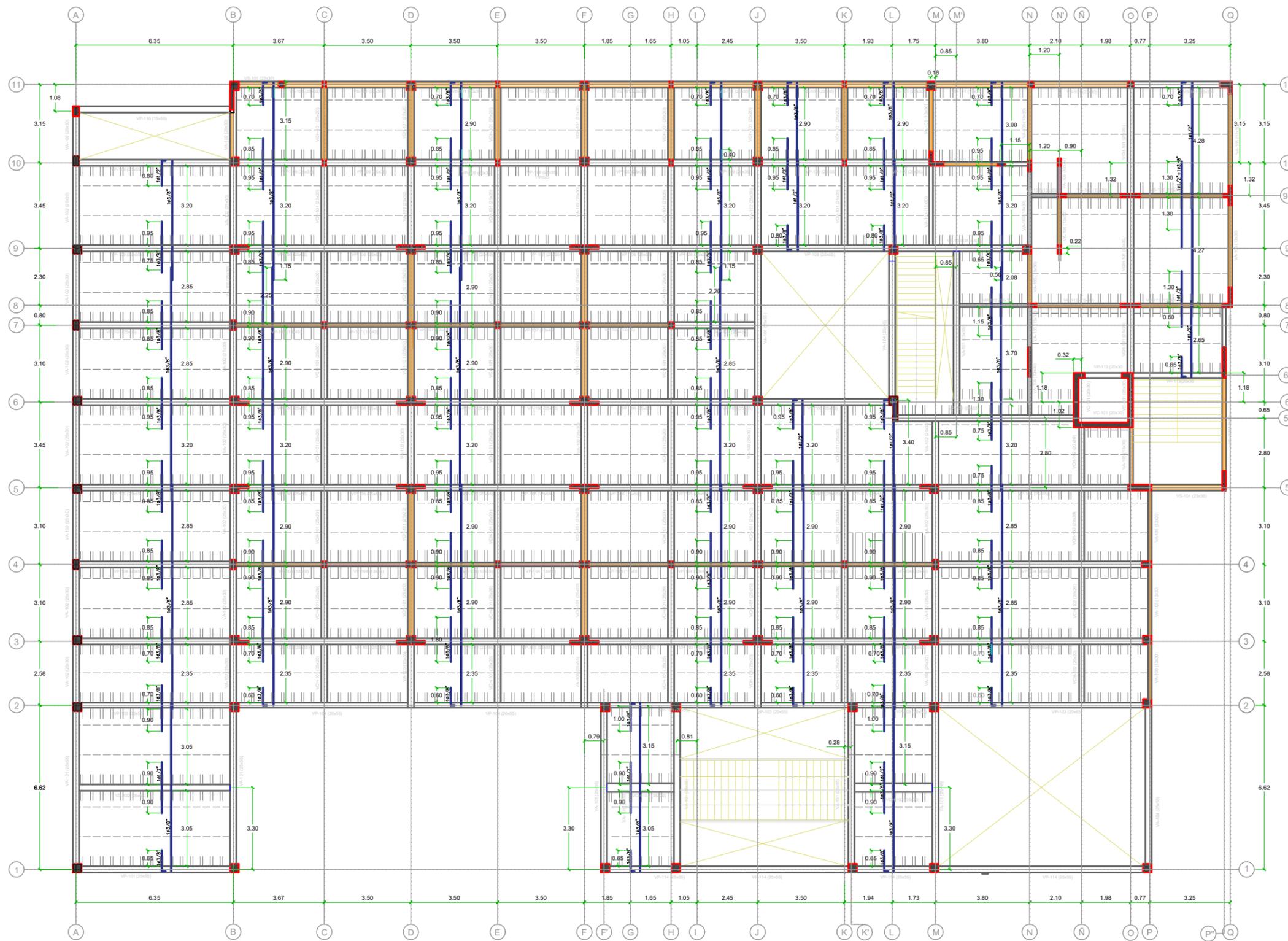


**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

<b>CONCRETO</b>	<b>MEZCLA</b>
VIGAS - $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	LA OBTENCIÓN DEL CONCRETO, SE LO REALIZAR MEZCLANDO LOS
ALIGERADO - $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	ARIDOS CON EL CEMENTO MEDIANTE UNA MEZCLADORA
<b>ACERO</b>	(TAMPO) 1 SE - 11 #16" U OTRO ELEMENTO MECANICO QUE
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	GARANTICE UN CONCRETO DE BUENA CALIDAD. EN SU DEFECTO
<b>RECUBRIMIENTO</b>	UTILIZAR CONCRETO PRERMEZCLADO EL CUAL DEBERA TENER 250
ALIGERADO = 2.5 cm	kg DE CEMENTO POR M3 DE CONCRETO PARA ESTRUCTURAS DE
<b>CARGA PERMANENTE (D)</b>	CONCRETO ARMADO.
P.P Aligerado Teknopor (h= 20 cm) : 212 kg/m <sup>2</sup>	<b>NOTA N° 1:</b>
P.P Piso Terminado (h= 5cm) : 100 kg/m <sup>2</sup>	LOS AGREGADOS SERAN DE RIO QUE CUMPLAN CON
P.P Tabiquería : 100 kg/m <sup>2</sup>	LA RESISTENCIA A LA ABRAZADA. ES DECIR QUE TENGAN UN
P.P Teja-roto : 40 kg/m <sup>2</sup>	DESGASTE NO MAYOR AL 40%.
	<b>NOTA N° 2:</b>
	EL TAMAÑO MÁXIMO DE PIEDRA SERA DE 1/2".
	EL TECHO Y LA VIGAS SERAN VARIADOS
	<b>SOBRECARGA (L)</b>
	S/C= 250 kg/m <sup>2</sup> (oficina)
	S/C= 350 kg/m <sup>2</sup> (Sala/ambiente de venta)
	S/C= 500 kg/m <sup>2</sup> (Corredores y Escaleras)
<b>Resistencia Requerida Norma Técnica E.060 Concreto Armado</b>	
U = 1.4D + 1.7 L	D = CARGA PERMANENTE
	L = SOBRECARGA

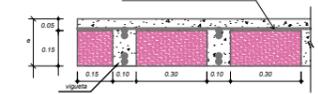
**ALIGERADO PRIMERA PLANTA**  
**BLOQUE N° 2**

<p>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA ALCALDE: CHIL (R) RAMIRO BARDALDES VIGO PERIODO: 2011 - 2014</p>	
CONSORCIO URBANO CONSULTORES	
"CREACIÓN DEL MERCADO ZONAL SUR DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"	
BLOQUE II PLANO LOSA ALIGERADA PRIMER NIVEL - 01	
DISEÑADO: J. TERRONES V.	AREA: ESTRUCTURAS
APROBADO: M.P.C.	PROYECTO: E.060
DIBUJADO: N. TELLO R.	DIC. 2012 IND.
REVISADO: S. GUZMAN SANTOS	LAMINA N°: CUC-2012-03-13

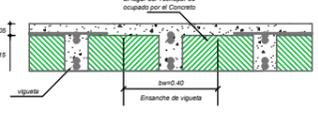


PLANO CLAVE  
ESC : S/E

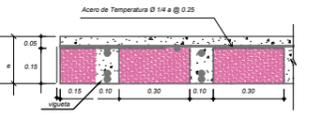
DETALLE DE ALIGERADO POLIESTIRENO EXPANDIDO  
ESC : 1/75



DETALLE DE ENSACHE DE VIGUETA (Tipo Corrido)  
ESC : 1/75



DETALLE DE ALIGERADO POLIESTIRENO EXPANDIDO  
ESC : 1/25



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

CONCRETO	MEZCLA
VIGAS: F <sub>yk</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	LA ORFEBRÍA DEL CONCRETO SE LO REALIZA MEDIANTE LOS
ALIGERADO: F <sub>yk</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	ANOS CON EL ESPESOR REQUERIDO SIN MEDIANAS
ACERO	(F <sub>yk</sub> ) DE 8 Y 10mm. EL DISTRIBUCIÓN MECÁNICO QUE
F <sub>yk</sub> = 480 kg/cm <sup>2</sup>	SARTESE EN CONCRETO DE BARRA CALIENTE EN CONCRETO
RECURRIMIENTO	Y UN CONCRETO PREMEZCLADO EL CUAL DEBERÁ TENER UN
ALIGERADO = 3 mm	QUE SUPERE LOS 100 kg/m <sup>3</sup> DE CONCRETO PARA ESTRUCTURAS DE
CARGA PERMANENTE (D)	CONCRETO.
F <sub>yk</sub> Aligerado (Normal) (A = 30 cm): 210 kg/cm <sup>2</sup>	NOTA #1:
F <sub>yk</sub> Plus Terminado (A = 5 cm): 100 kg/cm <sup>2</sup>	LOS ALIGERADOS DEBEN DE IR QUE CUMPLAN CON
F <sub>yk</sub> Tablero: 100 kg/cm <sup>2</sup>	LA RESISTENCIA A LA APLICACIÓN DE CARGA QUE TIENAN UN
F <sub>yk</sub> Espuma: 40 kg/cm <sup>2</sup>	EL TIPO #1 Y UNO SIN ALIGERADO.
SOBRECARGA (L)	NOTA #2:
S-C= 200 kg/m <sup>2</sup> (Alfombras)	EL TRABAJO VALEJO DE PAVOS DEBEN DE IR
S-C= 300 kg/m <sup>2</sup> (Cama de arena de 10 cm)	AL TIPO #1 Y UNO SIN ALIGERADO.
S-C= 600 kg/m <sup>2</sup> (Comedores y Escuelas)	NOTA #3:
Resistencia Requerida Norma Técnica E.060 Concreto Armado	S-C= 200 kg/m <sup>2</sup> (Alfombras)
D = CARGA PERMANENTE	S-C= 300 kg/m <sup>2</sup> (Cama de arena de 10 cm)
L = SOBRECARGA	S-C= 600 kg/m <sup>2</sup> (Comedores y Escuelas)

ALIGERADO PRIMERA PLANTA  
BLOQUE N° 4  
(ESC. 1/75)

<p>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA ALCALDE: Cnl. (R) RAMIRO BARDALES VIGO PERIODO 2011 - 2014</p>	
CONSULTORA:	CONSORCIO URBANO CONSULTORES
PROYECTO:	"CREACIÓN DEL MERCADO ZONAL SUR DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA"
PLANO:	BLOQUE IV PLANO LOSA ALIGERADA PRIMER NIVEL
DISEÑADO:	J. TERRONES V. ESTRUCTURAS
APROBADO:	M.P.C. PROYECTO ESCALA DIC. 2012 IND.
DIBUJADO:	N. TELLO R. LAMINA N°
REVISADO:	S. GUZMAN SANTOS CUC-2012-03-28