

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“MODELO DE GESTIÓN TECNOLÓGICO EN LA ETAPA DE
EJECUCIÓN PARA REDUCIR TIEMPOS DE ESPERA POR
PROBLEMAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL USANDO APPS”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

PIERO RODRIGO URRUTIA ROSAZZA

ASESOR

MBA JOSE ANTONIO SALGADO CANAL

Lima - Perú

2019

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 3 |
| ABSTRACT | 5 |
| PRÓLOGO | 6 |
| LISTA DE TABLAS | 7 |
| LISTA DE FIGURAS | 9 |
| LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS | 13 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1.1 GENERALIDADES | 15 |
| 1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA | 15 |
| 1.3 OBJETIVOS | 17 |
| 1.3.1 Objetivo general | 17 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 17 |
| 1.4 HIPÓTESIS | 17 |
| 1.4.1 Hipótesis general | 17 |
| 1.4.2 Hipótesis específicas | 17 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN | 18 |
| 1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES | 18 |
| CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO | 19 |
| 2.1 ANTECEDENTES REFERENCIALES | 19 |
| 2.2 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL | 20 |
| 2.2.1 Métodos para el análisis estructural | 20 |
| 2.2.2 Programas de análisis estructural | 21 |
| 2.2.3 Normativa para el diseño de concreto armado NTE E.060 | 23 |
| 2.2.4 Métodos de diseño estructural | 24 |
| 2.3 SMARTPHONES Y SISTEMA OPERATIVO ANDROID | 25 |
| 2.3.1 Smartphone | 25 |
| 2.3.2 Sistemas operativos para dispositivos móviles | 25 |
| 2.3.3 Plataforma Android | 26 |
| 2.3.4 Arquitectura de Android | 27 |
| 2.3.5 Estructura de un proyecto Android | 29 |
| 2.3.6 Fichero Androidmanifest.xml | 29 |
| 2.4 PROBLEMÁTICA EN LA ETAPA DE EJECUCIÓN | 30 |
| 2.4.1 Diseño | 35 |
| 2.4.2 Request for information (RFI) | 36 |

| | | |
|---|---|------------|
| 2.4.3 | Adicional de obra | 36 |
| 2.4.4 | Relación entre adicionales y RFI | 36 |
| 2.5 | ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD PARA ENCUESTA | 37 |
| CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL | | 39 |
| 3.1 | ENCUESTA SOBRE EL USO DE APLICATIVOS MÓVILES EN LA SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS | 39 |
| 3.2 | ANÁLISIS DE LOS DATOS | 43 |
| CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL | | 52 |
| 4.1 | ELECCIÓN DEL MÉTODO | 52 |
| 4.2 | ANÁLISIS ESTRUCTURAL | 52 |
| 4.2.1 | Teoría del cálculo matricial | 52 |
| 4.3 | DISEÑO ESTRUCTURAL | 55 |
| 4.3.1 | Diseño de concreto armado | 55 |
| CAPÍTULO V: PROPUESTA DE PLATAFORMA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL | | 64 |
| 5.1 | ENTORNO DEL APLICATIVO MÓVIL | 64 |
| 5.1.1 | Interfaz del programa | 64 |
| 5.2 | DESCRIPCION DE LAS PANTALLAS PRINCIPALES DEL APLICATIVO | 64 |
| 5.2.1 | Pantalla 'Ingreso de datos' | 65 |
| 5.2.2 | Pantalla 'Menú principal' | 68 |
| 5.2.3 | Pantalla 'Resultados' | 72 |
| CAPÍTULO VI: APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL APLICATIVO | | 75 |
| 6.1 | VALIDACION DEL PROGRAMA | 75 |
| 6.1.1 | Estructura N° 01 – Análisis de vigas con asentamiento | 75 |
| 6.1.2 | Estructura N° 02 – Análisis de vigas con columnas | 89 |
| 6.2 | COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS | 103 |
| 6.3 | PRUEBA EN OBRA | 107 |
| 6.3.1 | RFI-001 | 107 |
| 6.3.2 | RFI-002 | 112 |
| 6.4 | VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 117 |
| CONCLUSIONES | | 118 |
| RECOMENDACIONES | | 120 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 121 |
| ANEXOS | | 124 |

RESUMEN

El análisis y diseño estructural son etapas muy importantes a la hora de realizar un estudio antes de la construcción. Hace unos años, realizar los cálculos estructurales era una tarea desafiante y ardua que podía tardar semanas. Actualmente, con las nuevas metodologías y tecnologías, el análisis estructural ha evolucionado por lo que las computadoras pueden ser programadas para realizar estos cálculos de manera eficiente y rápida y así optimizar los tiempos de trabajo.

Por otra parte, la tecnología móvil también ha evolucionado. En los últimos años ha incursionado drásticamente la tecnología móvil a nivel mundial. Actualmente los dispositivos móviles no solo son útiles para la comunicación vía llamadas telefónicas; si no, que cuentan con aplicaciones útiles para la vida diaria de la población, por lo que se están convirtiendo en equipos esenciales.

Además, con el aumento de capacidad de memoria y procesamiento de datos de estos dispositivos, se tienen nuevas alternativas para la creación de aplicaciones móviles básicas y avanzadas, que pueden ser compartidas a todo el mundo por medio de tiendas de apps como la Google PlayStore o Apple AppStore.

Los dispositivos móviles se pueden utilizar en cualquier momento ya que las personas lo llevan consigo a todas partes. En el ámbito profesional, esto es de gran ayuda, ya que, por ejemplo, en la ingeniería civil, siempre se tienen problemas en campo y se tienen que realizar cambios imprevistos. Si se tuvieran aplicativos móviles para la solución de problemas en campo, esto reduciría los tiempos perdidos en obra y generaría menos pérdidas económicas. Por lo que, en esta investigación, se propone desarrollar un aplicativo móvil que permita realizar cálculos y diseños estructurales para poder realizar verificaciones o modificaciones rápidas en campo, para así reducir los tiempos de espera ocasionados por problemas de diseño estructural. También ayudaría a tener un mejor manejo de RFI's, proporcionándole al consultor una propuesta de solución la cual ellos pueden analizar rápidamente y finalmente tomar la decisión. Incluso, se obtendría mayor calidad en los diseños y un mejor llenado del cuaderno de obra.

Además, esta investigación no solo está enfocada en tratar de mitigar los problemas encontrados en campo, si no, incentivar a los estudiantes de universidades a investigar más sobre el tema de la tecnología móvil y así poder

una variedad de aplicativos móviles que puedan servir en el ámbito profesional y seguir impulsando el uso de los teléfonos inteligentes.

ABSTRACT

The structural analysis and design are very important stages when carrying out a study before construction. A few years ago, performing structural calculations was a challenging and arduous task that could take weeks. Currently, with new methodologies and technologies, the structural analysis has evolved so that computers can be programmed to perform these calculations efficiently and quickly and thus optimize work times.

On the other hand, mobile technology has also evolved. In recent years, mobile technology has drastically increased worldwide. Currently, mobile devices are not only useful for communication via telephone calls; but also, they have useful applications for the daily life of the population, so they are becoming essential tools.

In addition, with the increase of memory capacity and data processing of these devices, there are new alternatives for the creation of basic and advanced mobile applications, which can be shared worldwide through app stores such as Google PlayStore or Apple AppStore.

Mobile devices can be used at any time since people carry them everywhere. In the professional field, this is of great help, since, for example, in civil engineering, there are always problems on site and unforeseen changes have to be made. If there were mobile applications for solving problems on site, this would reduce the time lost on site and generate less economic losses. Therefore, in this research, it is proposed to develop a mobile application that allows calculations and structural designs to perform verifications or rapid changes on site, thus reducing waiting times caused by structural design problems. It would also help to have better RFI management, providing the consultant with a solution proposal which they can analyze quickly and finally make the decision.

In addition, this research is not only focused on trying to mitigate the problems encountered in the field, but also to encourage university students to investigate more about the topic of mobile technology and thus be able to offer a variety of mobile applications that can be used in the professional field and continue to promote the use of smartphones.

PRÓLOGO

En este trabajo, Piero Urrutia Rosazza ha realizado un estudio sobre la problemática en la etapa de ejecución de obras y de cómo mitigar los problemas encontrados de diseño estructural y de normativas mediante el desarrollo de una aplicación móvil la cual permite realizar verificaciones de diseño estructural en campo. Además, se realizó una encuesta a ingenieros para saber la opinión de ellos acerca del problema y de la propuesta de solución, donde se encontró que la mayoría de proyectos de edificaciones no utilizan herramientas tecnológicas para mejorar los procesos de gestión contra los problemas de diseño. El desarrollo de este aplicativo móvil es el comienzo para poder desarrollar más investigaciones acerca de este tema y contar con una variedad de aplicativos móviles relacionados a la ingeniería civil que ayuden a mejorar la productividad en obra y así mitigar los problemas encontrados en obra.

Jose Salgado Canal
Asesor de la tesis

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 2-1 Métodos para el análisis estructural. | 20 |
| Tabla 2-2 Programas comerciales a nivel internacional | 22 |
| Tabla 2-3 Programas comerciales a nivel nacional | 23 |
| Tabla 2-4 Carpetas en el desarrollo de aplicativos móviles | 29 |
| Tabla 3-5 Alfa de cronbach | 43 |
| Tabla 3-6 Pregunta 4: ¿Es usted ingeniero y/o arquitecto? | 43 |
| Tabla 3-7 Pregunta 5: ¿Ha participado en la supervisión y/o ejecución de alguna obra de edificación? | 43 |
| Tabla 3-8 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 7. | 45 |
| Tabla 3-9 Pregunta 8: ¿Cuándo realizó la supervisión y/o ejecución de una obra de edificaciones tuvo que cambiar el diseño de algún elemento estructural ? | 45 |
| Tabla 3-10 Tabla cruzada, Pregunta 7 y Pregunta 9. | 46 |
| Tabla 3-11 Tabla cruzada, Pregunta 7 y Pregunta 10. | 46 |
| Tabla 3-12 Tabla cruzada, Pregunta 7 y Pregunta 11. | 47 |
| Tabla 3-13 Tabla cruzada, Pregunta 7 y Pregunta 12. | 47 |
| Tabla 3-14 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 14. | 48 |
| Tabla 3-15 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 15. | 49 |
| Tabla 3-16 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 16. | 49 |
| Tabla 3-17 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 17. | 49 |
| Tabla 3-18 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 18. | 50 |
| Tabla 3-19 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 19. | 50 |
| Tabla 5-20: Comparación de resultados de momentos flectores en la estructura N° 01 | 104 |
| Tabla 5-21: Comparación de resultados de fuerzas cortantes negativas en la estructura N° 01 | 104 |
| Tabla 5-22: Comparación de resultados de fuerzas cortantes positivas en la estructura N° 01 | 104 |
| Tabla 5-23: Comparación de resultados de diseño en flexión de la estructura N° 01 | 104 |
| Tabla 5-24: Comparación de resultados de diseño por corte de la estructura N° 01 | 105 |
| Tabla 5-25: Comparación de resultados de momentos flectores en la estructura N° 02 | 105 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 5-26: Comparación de resultados de fuerzas cortantes negativas en la estructura N° 02 | 105 |
| Tabla 5-27: Comparación de resultados de fuerzas cortantes positivas en la estructura N° 02 | 106 |
| Tabla 5-28: Comparación de resultados de diseño en flexión de la estructura N° 02 | 106 |
| Tabla 5-29: Comparación de resultados de diseño por corte de la estructura N° 02 | 106 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2-1 Uso de los sistemas operativos móviles. Fuente: NetMarketShare | 26 |
| Figura 2-2: Arquitectura de Android. Fuente: Wikipedia. | 28 |
| Figura 2-3 Clasificación de deficiencias de Diseño. Fuente: Diagrama de Pareto – Errores de diseño. Adaptado (Alarcón 1998) | 32 |
| Figura 2-4 Clasificación de RFIs enviados. Fuente: Paul A. Tilley (Australia-1997) | 33 |
| Figura 2-5 Clasificación de RFIs por tipo. Fuente: Paul A. Tilley (Australia-1997) | 33 |
| Figura 2-6 Clasificación de RFIs por tipo. Fuente: Vladimir Alcántara, Perú 2013. | 34 |
| Figura 2-7 Tiempo de respuesta de proyectistas a los RFIs. Fuente: Almonacid Flores, Kliver, Perú 2015. | 35 |
| Figura 2-8 Análisis de RFI. Fuente: Viñas Villas, Valerie, Perú 2015. | 37 |
| Figura 3-9: Pregunta 6: ¿Cuántos años de experiencia tiene supervisando y/o ejecutando obras de edificaciones? | 44 |
| Figura 3-10: Pregunta 7: Un estimado del monto mayor de obra supervisada y/o ejecutada en la cual participó | 44 |
| Figura 3-11: Pregunta 13: En la obra que participó, ¿cuáles fueron los problemas encontrados en vigas y losas? | 48 |
| Figura 4-12: Esfuerzos y deformaciones en una viga rectangular. Fuente (Morales, 2006) | 55 |
| Figura 4-13: Deformaciones en una viga rectangular. | 57 |
| Figura 4-14: Grietas por corte en vigas Fuente: Concreto Armado – R. Morales | 60 |
| Figura 4-15: Diagrama de Fuerzas cortantes mostrando la sección crítica de diseño. Fuente: Concreto Armado – R. Morales. | 62 |
| Figura 5-16: Aplicación en el Google PlayStore. | 64 |
| Figura 5-17: Pantalla ‘Ingreso de Datos’. | 65 |
| Figura 5-18: Sub pantalla ‘Materiales – Concreto y acero de refuerzo’. | 66 |
| Figura 5-19: Sub pantalla ‘Secciones – Viga/Losa’. | 66 |
| Figura 5-20: Pantalla ‘Carga viva por norma’. | 67 |
| Figura 5-21: Sub pantalla ‘Combinación de cargas’. | 68 |
| Figura 5-22: Pantalla ‘Menú Principal’. | 68 |
| Figura 5-23: Pantalla ‘Menú Principal’ – Ingreso de longitud de tramo. | 69 |

| | |
|--|----|
| Figura 5-24: Pantalla 'Menú Principal' – Ingreso de carga distribuida | 69 |
| Figura 5-25: Pantalla 'Menú Principal' – Ingreso de carga puntual. | 70 |
| Figura 5-26: Sub pantalla 'Restricciones'. | 70 |
| Figura 5-27: Sub pantalla 'Momentos por sismo'. | 71 |
| Figura 5-28: Sub pantalla 'Selección de aceros'. | 72 |
| Figura 5-29: Pantalla 'Resultados' – Diseño de viga/losa. | 72 |
| Figura 5-30: Pantalla 'Resultados' – Grafica de envolvente de momentos flectores. | 73 |
| Figura 5-31: Pantalla 'Resultados' – Grafica de envolvente de fuerzas cortantes. | 73 |
| Figura 5-32: Pantalla 'Resultados' – Pdf. | 74 |
| Figura 5-33: Análisis de vigas con asentamiento de 1mm en los extremos. | 75 |
| Figura 5-34: Ingreso de datos en el aplicativo móvil. | 76 |
| Figura 5-35: Ingreso de longitudes. | 77 |
| Figura 5-36: Ingreso de restricciones y asentamientos. | 77 |
| Figura 5-37: Ingreso de aceros a utilizar. | 78 |
| Figura 5-38: Envolvente de momentos flectores de la estructura. | 78 |
| Figura 5-39: Envolvente de fuerzas cortantes de la estructura. | 79 |
| Figura 5-40: Diseño de la viga de concreto armado. | 79 |
| Figura 5-41: Definición de la malla. Fuente: SAP2000. | 80 |
| Figura 5-42: Definición de materiales (Concreto y acero). Fuente: SAP2000. | 80 |
| Figura 5-43: Definición de secciones. Fuente: SAP2000. | 81 |
| Figura 5-44: Carga muerta en la viga. Fuente: SAP2000. | 81 |
| Figura 5-45: Carga viva en la viga (tramo 1). Fuente: SAP2000. | 81 |
| Figura 5-46: Asentamientos. Fuente: SAP2000. | 82 |
| Figura 5-47: Definición de las combinaciones de carga. Fuente: SAP2000. | 82 |
| Figura 5-48: Momento máximo positivo y momento máximo negativo izquierdo del tramo 1. Fuente: SAP2000. | 82 |
| Figura 5-49: Momento negativo derecho del tramo 1. Fuente: SAP2000. | 83 |
| Figura 5-50: Momento máximo positivo del tramo 2. Fuente: SAP2000. | 83 |
| Figura 5-51: Momento máximo negativo izquierdo del tramo 2. Fuente: SAP2000. | 83 |
| Figura 5-52: Momento máximo negativo derecho del tramo 2. Fuente: SAP2000. | 83 |
| Figura 5-53: Momento máximo positivo del tramo 3. Fuente: SAP2000. | 83 |

| | |
|---|----|
| Figura 5-54: Momento máximo negativo izquierdo del tramo 3. Fuente: SAP2000. | 83 |
| Figura 5-55: Momento máximo negativo derecho del tramo 3. Fuente: SAP2000. | 84 |
| Figura 5-56: Momento máximo positivo y negativo derecho del tramo 4. | 84 |
| Figura 5-57: Momento máximo negativo izquierdo del tramo 4. Fuente: SAP2000. | 84 |
| Figura 5-58: Fuerza cortante máxima izquierda del tramo 1. Fuente: SAP2000. | 84 |
| Figura 5-59: Fuerza cortante máxima derecha del tramo 1. Fuente: SAP2000. | 84 |
| Figura 5-60: Fuerza cortante máxima izquierda del tramo 2. Fuente: SAP2000. | 85 |
| Figura 5-61: Fuerza cortante máxima derecha del tramo 2. Fuente: SAP2000. | 85 |
| Figura 5-62: Fuerza cortante máxima izquierda del tramo 3. Fuente: SAP2000. | 85 |
| Figura 5-63: Fuerza cortante máxima derecha del tramo 3. Fuente: SAP2000. | 85 |
| Figura 5-64: Fuerza cortante máxima izquierda del tramo 4. Fuente: SAP2000. | 85 |
| Figura 5-65: Fuerza cortante máxima derecha del tramo 4. Fuente: SAP2000. | 85 |
| Figura 5-66: Envolvente de fuerzas cortantes. Fuente: SAP2000. | 86 |
| Figura 5-67: Envolvente de momentos flectores. Fuente: SAP2000. | 86 |
| Figura 5-68: Área de acero requerido para cada caso en cm ² . Fuente: SAP2000. | 86 |
| Figura 5-69: Envolvente de área de acero requerido en cm ² . Fuente: SAP2000. | 86 |
| Figura 5-70: Envolvente de fuerzas cortantes en la estructura. Fuente: SAP2000. | 87 |
| Figura 5-71: Análisis de vigas con columnas. | 89 |
| Figura 5-72: Ingreso de datos en el aplicativo móvil. | 90 |
| Figura 5-73: Ingreso de longitudes. | 91 |
| Figura 5-74: Ingreso de restricciones. | 91 |
| Figura 5-75: Ingreso de secciones de columnas. | 92 |
| Figura 5-76: Ingreso de aceros a utilizar. | 92 |
| Figura 5-77: Ingreso de momentos debido al sismo. | 93 |
| Figura 5-78: Envolvente de momentos flectores de la estructura. | 93 |
| Figura 5-79: Envolvente de fuerzas cortantes de la estructura. | 94 |
| Figura 5-80: Diseño de la viga de concreto armado. | 94 |
| Figura 5-81: Definición de la geometría. Fuente: PhD. Scaletti. | 95 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5-82: Definición de las propiedades de los materiales. Fuente: PhD. Scaletti. | 95 |
| Figura 5-83: Definición de las secciones. Fuente: PhD. Scaletti. | 96 |
| Figura 5-84: Definición de cargas. Fuente: PhD. Scaletti. | 96 |
| Figura 5-85: Definición de momentos de sismo. Fuente: PhD. Scaletti. | 96 |
| Figura 5-86: Definición de combinación de carga. Fuente: PhD. Scaletti. | 96 |
| Figura 5-87: Envolventes de momentos flectores del tramo 1 en t-m. Fuente: PhD. Scaletti. | 97 |
| Figura 5-88: Envolventes de momentos flectores del tramo 2 en t-m. Fuente: PhD. Scaletti. | 97 |
| Figura 5-89: Envolventes de fuerzas cortantes del tramo 1 en t. Fuente: PhD. Scaletti. | 97 |
| Figura 5-90: Envolventes de fuerzas cortantes del tramo 2 en t. Fuente: PhD. Scaletti. | 98 |
| Figura 5-91: Área de acero requerido para el tramo 1 en cm ² . Fuente: PhD. Scaletti. | 98 |
| Figura 5-92: Área de acero requerido para el tramo 2 en cm ² . Fuente: PhD. Scaletti. | 98 |
| Figura 5-93: Envolvente de fuerzas cortantes en la estructura. | 100 |
| Figura 5-94: Sección longitudinal de la viga VT-1. | 107 |
| Figura 5-95: Vista en planta de la viga VT-1. | 108 |
| Figura 5-96: Datos ingresados al aplicativo móvil de la viga VT-1. | 109 |
| Figura 5-97: Resultados del aplicativo móvil de la viga VT-1. | 109 |
| Figura 5-98: Sección transversal propuesta de la viga VT-1. | 110 |
| Figura 5-99: RFI-001. | 111 |
| Figura 5-100: Sección longitudinal de la viga V-100. | 112 |
| Figura 5-101: Vista en planta de la viga V-100. | 113 |
| Figura 5-102: Datos ingresados al aplicativo móvil de la viga V-100. | 114 |
| Figura 5-103: Resultados del aplicativo móvil de la viga V-100. | 114 |
| Figura 5-104: Sección transversal propuesta de la viga V-100. | 115 |
| Figura 5-105: RFI-002. | 116 |

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

SÍMBOLOS

| | |
|-------------------------------------|--|
| α | Angulo formado por el estribo y la horizontal. |
| a | Profundidad del bloque de concreto equivalente en compresión. |
| ac | Espaciamiento en la dirección de la grieta del refuerzo transversal. |
| As | Acero de refuerzo en tracción. |
| Asb | Acero de refuerzo en tracción para obtener una falla balanceada. |
| Av | Área de cada estribo. |
| β_1 | Coefficiente de reducción que depende del f'c. |
| b | Ancho de la viga. |
| c | Profundidad en la cual se encuentra el eje neutro. |
| cb | Profundidad en la cual se encuentra el eje neutro donde se tiene una falla balanceada. |
| C | Fuerza de compresión en el concreto. |
| δ_{ri} | Desplazamientos virtuales. |
| $\delta\alpha$ | Rotaciones virtuales |
| Δ | Deformación. |
| d | Peralte efectivo de la viga de concreto. |
| ϵ_y | Deformación del acero. |
| Es | Módulo de elasticidad del acero. |
| f'c | Resistencia a la compresión del concreto. |
| fs | Esfuerzo en tracción del acero de refuerzo. |
| fy | Resistencia a la tracción del acero de refuerzo. |
| f_v | Esfuerzo del refuerzo transversal. |
| {F} | Vector de fuerzas externas de la estructura. |
| {F ^e } | Vector de fuerzas internas del elemento. |
| {Fn} | Vector de fuerzas aplicadas en los nudos. |
| {Fo} | Vector de fuerzas de empotramiento perfecto. |
| {Fo ^e } | Vector de fuerzas de empotramiento del elemento. |
| [K] | Matriz de rigidez de la estructura. |
| [K ^e] | Matriz de rigidez del elemento orientado en ejes locales. |
| [K ^e _{GLOBAL}] | Matriz de rigidez del elemento orientado en ejes globales. |
| | Longitud de la grieta. |
| Mn | Momento resistente nominal. |

| | |
|-------------|---|
| M_u | Momento último. |
| p | Cuantía de acero. |
| p_b | Cuantía de acero balanceada. |
| p_h | Proyección horizontal de la grieta. |
| P | Fuerza actuante. |
| s | Espaciamiento en dirección horizontal del refuerzo transversal. |
| $[T]$ | Matriz de transformación. |
| T | Fuerza de tracción en el acero. |
| $\{u\}$ | Vector de desplazamiento de la estructura. |
| $\{u^e\}$ | Vector de desplazamientos del elemento. |
| U | Trabajo de la fuerza. |
| \emptyset | Factor de resistencia. |
| V_n | Cortante resistente nominal. |
| V_c | Cortante resistente del concreto. |
| V_s | Cortante resistente del acero. |
| w | Cuantía mecánica. |

SIGLAS

RFI : Request for information.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El análisis estructural es una etapa muy importante para el diseño de estructuras en el campo de la ingeniería civil. Las metodologías que se emplean para realizar un análisis estructural van evolucionando y actualmente se utilizan métodos automatizados en los cuales una computadora puede realizar el trabajo y de forma rápida y eficiente. (Poma, 2014).

Los teléfonos celulares también han evolucionado. Su uso no es sólo poder llamar y recibir llamadas, sino que también se puede utilizar para otros fines como: calendario, cámara fotográfica, reproductor de música y video, entre otros. Además, se pueden descargar diversas aplicaciones mediante una tienda de apps, las cuales tienen diferentes funciones como: juegos, redes sociales, calculadoras, entre otros. (Nielsen,2013).

1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la etapa de ejecución de obra pueden reflejarse problemas de diseño que están asociados a una baja calidad en el diseño, donde se encuentran errores, incompatibilidades, interferencias, entre otros, lo que conlleva a no tener la información completa o correcta en la etapa de construcción. Esto conlleva a realizar consultas al consultor mediante RFIs. Los RFIs son respondidos por el consultor, pero no de manera inmediata, sino que hay un tiempo de espera. Esto hace que se tengan tiempos muertos y pérdida económica.

Estos problemas de diseño comúnmente se deben a:

- Mala comunicación entre el cliente y el diseñador
- Deficiente información de entrada
- Falta de coordinación entre disciplinas
- Errática toma de decisiones

Además, se encontró que el problema más frecuente en obra son los cambios y modificaciones continuas de diseño. (Almonacid, 2015).

¿Qué metodologías existen para el manejo de los problemas de diseño estructural en la ejecución de obra? ¿Cómo reducir los tiempos perdidos y mejorar la productividad en la etapa de ejecución al encontrar problemas de diseño de vigas y losas?

Actualmente para realizar el cálculo estructural se utilizan programas de cómputo, que entre los más comerciales se tienen al SAP2000, ETABS, GT STRUDL, entre otros. La empresa de Smartphones está creciendo de forma rápida y sería útil contar con una gamma de aplicativos para el análisis y diseño estructural, ya que, en la etapa de construcción, se podrían dar respuesta a los cambios y RFI (Request For Information) de manera eficiente. Así se podría reducir los tiempos de espera ocasionados por estos problemas y mejorar los procesos en la ejecución de obra. El presente trabajo de tesis pretende aportar un aplicativo para móvil de análisis y diseño estructural para el cálculo, verificación, cambios y modificaciones rápidas que puedan ocurrir en campo. Esta herramienta servirá para que el contratista pueda brindarle una propuesta de solución al consultor mediante los RFIs. El aplicativo móvil será construido para la plataforma Android, la cual es la plataforma de mayor crecimiento a nivel mundial y nacional. Según una encuesta realizada por la firma Gartner a finales del 2013; el 82% de Smartphone vendidos a nivel mundial utilizan el sistema operativo Android. En el 2014, en América Latina este porcentaje de uso llegó a 73.6% y en Colombia a 74.2%, posicionándose, así como líder en el mercado. El software desarrollado podrá ser descargado en cualquier parte del mundo de forma gratuita. El aplicativo móvil tendrá que ser verificado mediante softwares comerciales y con métodos matriciales. Este programa permitirá fomentar la investigación a través del uso de aplicativos de dispositivos móviles. Una pregunta importante a responder es la siguiente: ¿Qué opinión tienen los ingenieros acerca de esta propuesta de solución?. La opinión de los ingenieros acerca de esta propuesta servirá para mejorar y ajustar la propuesta de solución.

Además, esta propuesta de solución no solo es beneficioso para el contratista, cliente ni el diseñador; si no que, es beneficioso para el usuario final del producto, ya que el ahorro de tiempo significa que la obra se terminará antes de plazo, por lo que el usuario final podrá disfrutar del producto antes de tiempo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 *Objetivo general*

Desarrollar una herramienta de gestión para reducir los tiempos de espera en problemas de diseño estructural durante la etapa de ejecución.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Desarrollar un diagnóstico situacional para saber la opinión de los ingenieros acerca de la solución propuesta.
- Desarrollar una aplicación de análisis y diseño estructural de vigas y viguetas en dispositivos móviles para reducir tiempos perdidos en obra que tenga una interfaz amigable con el usuario.
- Verificar los resultados del aplicativo móvil mediante softwares comerciales como SAP2000 y ETABS, con métodos de análisis matricial.
- Realizar la prueba del aplicativo móvil en una obra.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 *Hipótesis general*

Se desarrollará una aplicación para analizar y diseñar losas y vigas de concreto armado, lo que permitirá realizar verificaciones, cambios y modificaciones rápidas en obra.

1.4.2 *Hipótesis específicas*

- El usuario de la aplicación móvil podrá entender fácilmente la interfaz y realizar los diseños de manera rápida.
- La aplicación móvil ayudará a reducir los tiempos de espera debido a los RFIs en problemas de diseño estructural.
- La aplicación móvil ayudará a mejorar la productividad en la etapa de ejecución al encontrar problemas de diseño estructural.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Esta tesis beneficiará tanto a estudiantes como a profesionales en el área de construcción y diseño ya que no solo brindará propuestas de solución en campo, si no, impulsará a los estudiantes a desarrollar aplicativos móviles para solucionar los problemas presentados en campo.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

El aplicativo móvil tiene los siguientes alcances y limitaciones:

- El análisis es bidimensional.
- Diseña tanto por flexion y corte mas no a torsión.
- Utiliza la Norma NTE-060 para el diseño del elemento en cuestión.
- El uso del aplicativo móvil está pensado para elementos estructurales de edificaciones.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES REFERENCIALES

Se realizó un modelamiento virtual de armaduras en concreto armado, en la cual se desarrolla un software en lenguaje Visual Basic .NET para la optimización y automatización de procesos, para así lograr la productividad y calidad adecuadas. En este caso, el autor se centró en optimizar el proceso de construcción, como: minimizar la pérdida por cortes de barras, análisis de opciones de prefabricación, propuesta de solución a las incompatibilidades, herramientas para el metrado, etc., de las armaduras en concreto armado mediante algoritmos personalizados. En conclusión, el método propuesto permite analizar múltiples opciones de diseño y procesos constructivos, por lo que se logra tener una planificación más certera y permite cumplir los objetivos del proyecto. (Quiroz,2015).

También, se desarrolló un programa en Visual Basic mediante la técnica de elementos finitos para realizar el análisis estructural de cascaras axisimétricas de diferentes formas, con un refinamiento h-adaptativo. (Ascencios, 2011).

En una investigación del IMS Engineering College en India, se desarrolló un aplicativo en Android para realizar una lista de compras colaborativa, en la cual dos o más personas (usualmente compañeros de cuarto, o familia) utilizan la misma lista para comprar y ver cuáles son los alimentos que faltan o los alimentos que ya han sido comprados, y así no comprar de más y tener una comunicación continua entre los usuarios. (Pandey, 2017).

José Poma (2014) realizó una automatización mediante macros para el análisis sísmico estático y dinámico de sistemas estructurales en 2D y pseudo tridimensionales con el objetivo de facilitar los cálculos del análisis estructural utilizando métodos de análisis matricial, crear un interfaz agradable para el usuario y verificar el programa con softwares comerciales como el SAP2000 y el ETABS, con lo cual, se concluyó que el programa desarrollado presenta una eficiencia y ahorro de tiempo en el análisis de estructuras.

Se realizó el desarrollo de un software en el lenguaje Python para el análisis estructural utilizando elementos finitos y así utilizar la memoria de la computadora para realizar los cálculos pesados que en cualquier análisis se realizan, por lo que

se concluyó que el software desarrollado es fiable y se recomienda el conocimiento de lenguajes de programación como Python y el método de elementos finitos, ya que son una gran herramienta para poder resolver problemas complejos en ingeniería. (Salcedo,2014).

Por lo tanto, al desarrollar un software se simplifican los procedimientos de cálculo y automatizan la toma de decisiones para una optimización de los procesos implicados. Sin embargo, la mayoría de softwares sólo funciona para computadoras personales o computadoras portátiles y no para celulares, por lo que un aplicativo móvil sería un aporte para la comunidad. Desarrollar aplicativos para el análisis y diseño de ciertas estructuras serán de utilidad para toda la comunidad, especialmente para supervisores e ingenieros de campo al poder realizar verificaciones y diseños en obra de una manera rápida y eficaz.

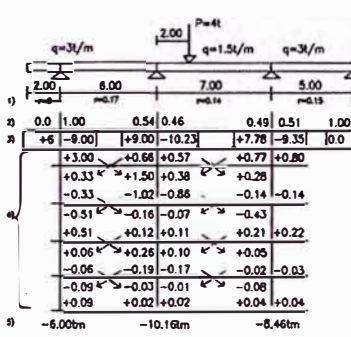
2.2 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

2.2.1 Métodos para el análisis estructural

Desde la antigüedad, se han desarrollado diversos métodos que permiten analizar estructuras. Estos métodos han ido evolucionando, haciendo más fácil los cálculos y reduciendo la cantidad de operaciones a utilizar. A continuación, se presenta, en forma resumida, los métodos más importantes usados para el cálculo estructural:

Tabla 2-1 Métodos para el análisis estructural.

| Método | Teorema | Ecuación |
|-----------------------------------|---|--|
| Teorema de los trabajos virtuales | Un sistema material está en equilibrio en una cierta posición para cualquier desplazamiento compatible con los enlaces cuando la suma de los trabajos virtuales de las fuerzas directamente aplicadas sea nula. | $\delta W = \sum_i \bar{F}_i \cdot \delta \bar{r}_i + \left(\sum_j \bar{M}_j \right) \cdot \delta \bar{\alpha} = 0$ |
| Teorema de Castigliano | La derivada parcial del trabajo de las fuerzas internas en relación a una fuerza actuante provee el desplazamiento correspondiente a la fuerza considerada en la dirección de acción de la fuerza en cuestión. | $\Delta = \frac{\partial U}{\partial P}$ |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|---|----------|--------|---------|-------|------|--|----|-----|------|------|------|------|------|------|----|----|-------|-------|--------|-------|-------|-----|----|--|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|--|--|----|--|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|---------|----------|--|---------|--|--|
| <p>Método de Cross</p> | <p>El método consiste en analizar cada articulación o nodo de la estructura y se comienza con una primera fase donde se tienen los momentos de empotramiento perfecto debido a las cargas actuantes. Luego, estos momentos se distribuyen a los miembros adyacentes hasta que el equilibrio es alcanzado. Este método, en términos matemáticos, puede ser demostrado como resolver una serie de sistemas de ecuaciones por medio de iteración.</p> |  <p>Diagrama de un sistema de vigas con cargas distribuidas $q=3t/m$ y $q=1.5t/m$, y un punto de aplicación de fuerza $P=4t$. Se muestran los momentos de empotramiento y los resultados de la iteración del método de Cross en una tabla de 5x5.</p> <table border="1" data-bbox="1005 492 1356 739"> <tr> <td>1)</td> <td>2.00</td> <td>6.00</td> <td>7.00</td> <td>5.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2)</td> <td>0.0</td> <td>1.00</td> <td>0.54</td> <td>0.46</td> <td>0.49</td> <td>0.51</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>3)</td> <td>+6</td> <td>-8.00</td> <td>+9.00</td> <td>-10.23</td> <td>+7.78</td> <td>-9.35</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>4)</td> <td></td> <td>+3.00</td> <td>+0.68</td> <td>+0.57</td> <td>+0.77</td> <td>+0.80</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>+0.33</td> <td>+1.50</td> <td>+0.38</td> <td>+0.28</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-0.33</td> <td>-1.02</td> <td>-0.86</td> <td>-0.14</td> <td>-0.14</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-0.51</td> <td>-0.16</td> <td>-0.07</td> <td>-0.43</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>+0.51</td> <td>+0.12</td> <td>+0.11</td> <td>+0.21</td> <td>+0.22</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>+0.06</td> <td>+0.26</td> <td>+0.10</td> <td>+0.05</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-0.06</td> <td>-0.19</td> <td>-0.17</td> <td>-0.02</td> <td>-0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-0.09</td> <td>-0.03</td> <td>-0.01</td> <td>-0.08</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5)</td> <td></td> <td>+0.09</td> <td>+0.02</td> <td>+0.02</td> <td>+0.04</td> <td>+0.04</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-6.00tm</td> <td>-10.16tm</td> <td></td> <td>-8.46tm</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | 1) | 2.00 | 6.00 | 7.00 | 5.00 | | 2) | 0.0 | 1.00 | 0.54 | 0.46 | 0.49 | 0.51 | 1.00 | 3) | +6 | -8.00 | +9.00 | -10.23 | +7.78 | -9.35 | 0.0 | 4) | | +3.00 | +0.68 | +0.57 | +0.77 | +0.80 | | | | +0.33 | +1.50 | +0.38 | +0.28 | | | | | -0.33 | -1.02 | -0.86 | -0.14 | -0.14 | | | | -0.51 | -0.16 | -0.07 | -0.43 | | | | | +0.51 | +0.12 | +0.11 | +0.21 | +0.22 | | | | +0.06 | +0.26 | +0.10 | +0.05 | | | | | -0.06 | -0.19 | -0.17 | -0.02 | -0.03 | | | | -0.09 | -0.03 | -0.01 | -0.08 | | | 5) | | +0.09 | +0.02 | +0.02 | +0.04 | +0.04 | | | | -6.00tm | -10.16tm | | -8.46tm | | |
| 1) | 2.00 | 6.00 | 7.00 | 5.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2) | 0.0 | 1.00 | 0.54 | 0.46 | 0.49 | 0.51 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3) | +6 | -8.00 | +9.00 | -10.23 | +7.78 | -9.35 | 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4) | | +3.00 | +0.68 | +0.57 | +0.77 | +0.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | +0.33 | +1.50 | +0.38 | +0.28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | -0.33 | -1.02 | -0.86 | -0.14 | -0.14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | -0.51 | -0.16 | -0.07 | -0.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | +0.51 | +0.12 | +0.11 | +0.21 | +0.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | +0.06 | +0.26 | +0.10 | +0.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | -0.06 | -0.19 | -0.17 | -0.02 | -0.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | -0.09 | -0.03 | -0.01 | -0.08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5) | | +0.09 | +0.02 | +0.02 | +0.04 | +0.04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | -6.00tm | -10.16tm | | -8.46tm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Teoría del cálculo matricial</p> | <p>El análisis matricial o método de las rigideces, está basado en la superposición de desplazamientos, en donde las incógnitas son los desplazamientos de los nudos y las fuerzas en los extremos de cada barra son forzadas a cumplir las ecuaciones de equilibrio de nudo; obteniendo así un sistema de ecuaciones lineales $[F]=[K].[u]$, en donde la compatibilidad está garantizada mediante la correlación entre los desplazamientos nodales y las deformaciones de extremo de barra que concurren al nudo.</p> | $\{F\} = [K]\{u\}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.2.2 Programas de análisis estructural

Se han desarrollado diversos programas o software para computadora que permiten analizar y diseñar estructuras mediante modelos que se asemejen a la

realidad, obteniendo resultados lógicos que puedan interpretarse y utilizarse en la práctica.

Existe una diversidad de programas cuyas características principales dependen del modelo utilizado para el análisis de la estructura. A continuación, se presenta, en forma resumida, los programas comerciales más importantes a nivel internacional:

Tabla 2-2 Programas comerciales a nivel internacional

| Programa | Descripción |
|--------------|---|
| SAP2000 | El SAP2000 ofrece un entorno gráfico de gran versatilidad unido a los últimos avances en técnicas analíticas. Para el análisis de las estructuras se cuenta con diversos tipos de elementos: barras, placas, membranas, cáscaras y sólidos. Como opciones de diseño toma en cuenta la normativa de Acero Americana AISC, ASD Y LFRD, para el diseño con concreto armado el código ACI y actualmente los eurocódigos. |
| ETABS | El programa ETABS está enfocado para el análisis y diseño de estructuras altas, como edificios de oficinas, residenciales y hospitales. Realiza análisis estático y dinámico lineal y no lineal, permite la utilización de elementos no lineales tales como: aislantes antisísmicos, disipadores, amortiguadores, etc. Permite el análisis y diseño de estructuras combinando pórticos y muros pantalla a través de una completa interacción entre ambos. Al igual que en el programa SAP2000 permite diseñar estructuras de acero, concreto armado tomando en cuenta las principales normativas. |
| RAM ELEMENTS | Es un software que te permite analizar y diseñar cualquier tipo de estructura, incluyendo elementos finitos en 3D, con una aplicación asequible. Además de diseñar la estructura, el software tiene compatibilidad con otros programas de cálculo estructural como el RAM Connection o el STAAD Foundation, que permiten el diseño de cimentaciones y conexiones de acero. También tiene compatibilidad con otros softwares de Bentley para la visualización de los modelos 3D y la realización de planos. |

A nivel nacional se cuenta con la investigación del Dr. H. Scaletti Farina y el Ing. Ronald Santana Tapia, realizando archivos en el programa Excel con código en Visual Basic, las que se detallan a continuación:

Tabla 2-3 Programas comerciales a nivel nacional

| Programa | Descripción |
|-----------|---|
| Armaduras | Este archivo permite realizar el análisis de armaduras en 20 con una limitación de 100 puntos, la cual cuenta con tres hojas de cálculo denominadas A, B y C. En la hoja A se edita la entrada de datos, en la hoja B se edita las propiedades de los materiales y en la hoja C se visualizan los resultados obtenidos en forma de tablas |
| Pórticos | Este archivo permite realizar el análisis de pórticos en 20 con una limitación de 100 puntos, la cual cuenta con tres hojas de cálculo denominadas A, B y C. En la hoja A se edita la entrada de datos, en la hoja B se edita las propiedades de los materiales y en la hoja C se visualizan los resultados obtenidos en forma de tablas |
| As3d | Este archivo permite realizar el análisis pseudo tridimensional de una edificación con una limitación de 10 ejes en total tanto en X y en Y, así como de 10 pisos. Este archivo cuenta con 17 hojas de cálculo. La entrada de datos es mediante tablas, así como la visualización de resultados de cada eje. |
| ALCON2004 | Este archivo permite realizar el análisis lineal elástico y diseño sísmico estático de edificaciones con muros de albañilería confinada para un máximo de 5 pisos y de 50 elementos por piso. Este archivo cuenta con 13 hojas de cálculo El ingreso de datos es mediante el uso de tablas, así como la visualización de los resultados. |

2.2.3 Normativa para el diseño de concreto armado NTE E.060

Los capítulos de la norma NTE E.060 a utilizar en esta tesis son los siguientes

- Capítulo 7 – Detalles del refuerzo
- Capítulo 8 – Análisis y diseño – consideraciones generales
- Capítulo 9 – Requisitos de resistencia y servicio

- Capítulo 10 – Flexión y carga axial
- Capítulo 11 – Cortante y torsión
- Capítulo 12 – Longitudes de desarrollo y empalmes de refuerzo

2.2.4 Métodos de diseño estructural

2.2.4.1 Diseño por esfuerzos admisibles

Este método se utiliza cuando los materiales se encuentran en el rango elástico. Para concreto, esto es cuando se tienen esfuerzos inferiores a $f'c/2$. Se tienen dos tipos: cuando la sección no está fisurada y cuando la sección está fisurada.

Se tiene una sección fisurada cuando el esfuerzo de tensión del concreto excede el módulo de rotura y se forman grietas. El método elástico no agrietado es un método extremadamente conservador. Por otro lado, el método elástico agrietado considera que la sección agrietada del concreto se encuentra ausente y sólo trabaja la parte en compresión de concreto y el refuerzo en tracción. Estos métodos han sido desplazados por el método de esfuerzos últimos o de rotura, que son los que utiliza norma NTE E.060. (Nilson, 2001)

2.2.4.2 Diseño por esfuerzos últimos

Actualmente, este método es el más utilizado. En este método, los materiales se encuentran en el rango inelástico. Esto quiere decir que los esfuerzos del concreto y acero pueden llegar a su máximo valor. En este método se verifican los esfuerzos del concreto y acero, en donde la resistencia de diseño tiene que ser mayor a la resistencia requerida. (Nilson, 2001)

Resistencia de Diseño \geq Resistencia Requerida

Factor de Reducción (ϕ) \times Resistencia Nominal \geq Factor de carga \times Solicitación
de Servicio

2.3 SMARTPHONES Y SISTEMA OPERATIVO ANDROID

2.3.1 *Smartphone*

Dentro de los dispositivos móviles, un Smartphone (cuya traducción en español sería "teléfono inteligente") es una evolución del teléfono móvil tradicional que cuenta con ciertas características y prestaciones que lo acercan más a un ordenador personal que a un teléfono tradicional.

Entre dichas características, se puede encontrar una mejora en la capacidad de proceso y almacenamiento de datos, conexión a Internet mediante Wi-Fi, pantalla táctil, acelerómetro, posicionador geográfico, teclado QWERTY y diversas aplicaciones de usuario como navegador web, cliente de correo, aplicaciones ofimáticas, reproductores de video y audio, etc. incluyendo la posibilidad de descargar e instalar otras nuevas. (Aranaz,2009).

2.3.2 *Sistemas operativos para dispositivos móviles*

El sistema operativo destinado a correr en un dispositivo móvil necesita ser fiable y tener una gran estabilidad, ya que incidencias habituales y toleradas en ordenadores personales como reinicios o caídas no tienen cabida en un dispositivo de estas características. Además, ha de adaptarse adecuadamente a las consabidas limitaciones de memoria y procesamiento de datos, proporcionando una ejecución exacta y excepcionalmente rápida al usuario. (Willey, 2003)

Se tienen los siguientes sistemas operativos para dispositivos móviles:

- Android
- iOS
- Windows Phone
- Symbian
- Java ME
- BlackBerry
- Kindle

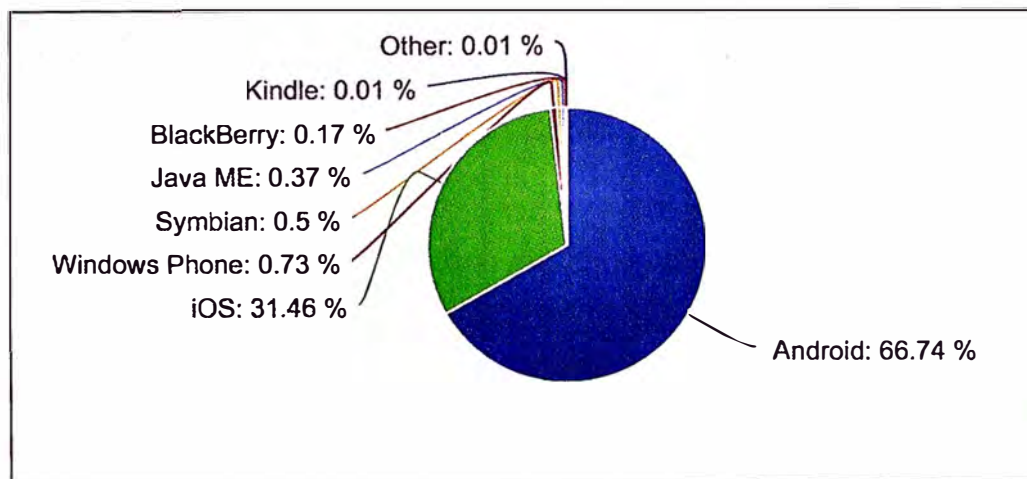


Figura 2-1 Uso de los sistemas operativos móviles. Fuente: NetMarketShare

En la figura se puede observar la gráfica comparativa de los sistemas operativos, en la cual, el sistema operativo Android es el líder con un 66.74%.

2.3.3 Plataforma Android

Android es un sistema operativo desarrollado por Google para dispositivos móviles y está basado en GNU/Linux. Esta plataforma es de código abierto y permite el desarrollo de aplicaciones por terceros (personas ajenas a Google). Para ello, Google proporciona un conjunto completo de APIs (Application Programming Interface) y herramientas de desarrollo, compilación, depuración y emulación. (Perello, 2014)

Con Android se busca reunir en una misma plataforma todos los elementos necesarios que permitan al desarrollador, controlar y aprovechar al máximo cualquier funcionalidad ofrecida por un dispositivo móvil, así como poder crear aplicaciones que sean portables y de rápido desarrollo. Android tiene el objetivo de mejorar y estandarizar el desarrollo de aplicaciones para cualquier dispositivo móvil. Además, permite la interacción entre aplicaciones por medio de un método llamado 'intent' o intención en español, el cual actúa como un comunicador entre las aplicaciones.

Android constituye una pila de software pensada especialmente para dispositivos móviles y que incluye tanto un sistema operativo, como middleware y diversas aplicaciones de usuario. Representa la primera incursión seria de Google en el mercado móvil y nace con la pretensión de extender su filosofía a dicho sector.

Todas las aplicaciones para Android se programan en lenguaje Java y son ejecutadas en una máquina virtual especialmente diseñada para esta plataforma, que ha sido bautizada con el nombre de Dalvik. El núcleo de Android está basado en Linux 2.6.

El proyecto Android está encabezado por Google y un conglomerado de otras empresas tecnológicas agrupadas bajo el nombre de Open Handset Alliance (OHA). El objetivo principal de esta alianza empresarial (que incluye a fabricantes de dispositivos y operadores, con firmas tan relevantes como Samsung, LG, Telefónica, Intel o Texas Instruments, entre otras muchas) es el desarrollo de estándares abiertos para la telefonía móvil como medida para incentivar su desarrollo y para mejorar la experiencia del usuario. La plataforma Android constituye su primera contribución en este sentido. (El Mundo, 2007)

2.3.4 *Arquitectura de Android*

Como ya se ha mencionado, Android es una plataforma para dispositivos móviles que contiene una pila de software donde se incluye un sistema operativo, middleware y aplicaciones básicas para el usuario. Su diseño cuenta, entre otras, con las siguientes características:

- Busca el desarrollo rápido de aplicaciones, que sean reutilizables y verdaderamente portables entre diferentes dispositivos.
- Los componentes básicos de las aplicaciones se pueden sustituir fácilmente por otros.
- Cuenta con su propia máquina virtual, Dalvik, que interpreta y ejecuta código escrito en Java.
- Permite la representación de gráficos 2D y 3D.
- Posibilita el uso de bases de datos.
- Soporta un elevado número de formatos multimedia.
- Servicio de localización GSM.
- Controla los diferentes elementos hardware: Bluetooth, Wi-Fi, cámara fotográfica o de video, GPS, acelerómetro, infrarrojos, etc., siempre y cuando el dispositivo móvil lo contemple.
- Cuenta con un entorno de desarrollo muy cuidado mediante un SDK disponible de forma gratuita.

- Ofrece un plug-in para uno de los entornos de desarrollo más populares, Eclipse, y un emulador integrado para ejecutar las aplicaciones.

A continuación, observamos en la Figura 2.6, como de forma esquematizada aparecen los componentes principales del sistema. (Arquitectura Android, 2014).

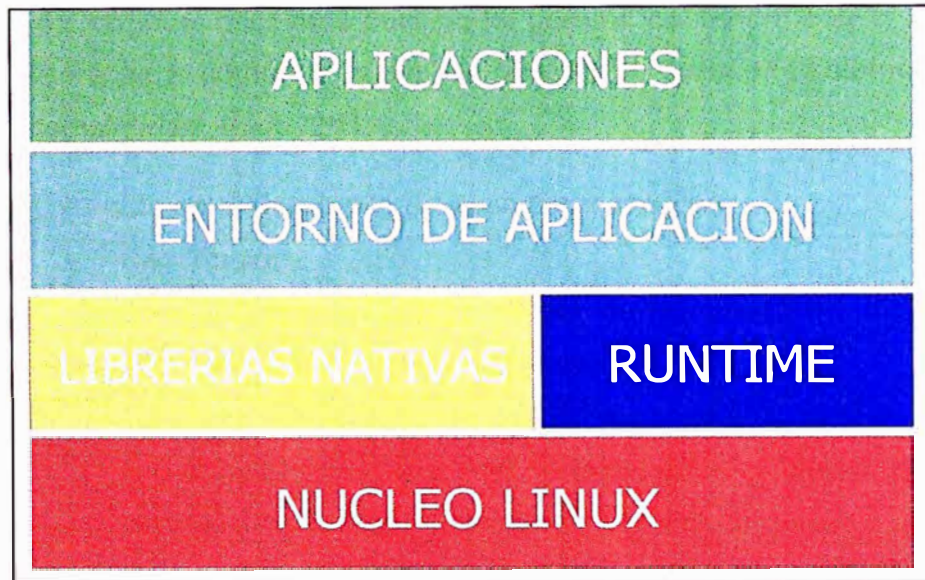


Figura 2-2: Arquitectura de Android. Fuente: Wikipedia.

Los servicios más importantes que incluye son:

- Views: extenso conjunto de vistas, (parte visual de los componentes).
- Resource Manager: proporciona acceso a recursos que no son en código. Cualquier recurso (imagen, audio...) que no se encuentre dentro de la aplicación necesita llamar a este manejador.
- Activity Manager: maneja el ciclo de vida de las aplicaciones y proporciona un sistema de navegación entre ellas.
- Notification Manager: permite a las aplicaciones mostrar alertas personalizadas en la barra de estado.
- Content Providers: mecanismo sencillo para acceder a datos de otras aplicaciones (como los contactos).

2.3.5 Estructura de un proyecto Android

Para poder comprender como se construye una aplicación Android se va a revisar como es la estructura general de un proyecto.

Cuando se crea un nuevo proyecto Android se genera automáticamente la estructura de carpetas necesaria para poder generar posteriormente la aplicación, esta estructura será común a cualquier aplicación, independientemente de su tamaño y complejidad. (Lido, 2011).

Tabla 2-4 Carpetas en el desarrollo de aplicativos móviles

| Carpeta | Descripción |
|---------|--|
| /src/ | Contiene todo el código fuente de la aplicación, código de la interfaz gráfica, clases auxiliares, etc. |
| /res/ | Contiene los ficheros de recursos necesarios para el proyecto: imágenes, videos, cadenas de texto, etc. Los diferentes tipos de recursos se distribuyen en las siguientes carpetas: <ul style="list-style-type: none">• /res/drawable/• /res/layout/• /res/anim/• /res/menú/• /res/values/• /res/xml/• /res/raw/ |

2.3.6 Fichero Androidmanifest.xml

Contiene la definición en XML5 de los aspectos principales de la aplicación, como por ejemplo su identificación (nombre, versión, icono), sus componentes (pantallas, mensajes, etc.), o los permisos necesarios para su ejecución.

Algunas de las opciones que se pueden definir en el manifestó son:

- Package: Situación de los ficheros que se ejecutan.
- Uses-permission: Permisos que se le otorgan a la aplicación que por defecto no tiene.

- Uses-library: Librerías de Google.
- Activity: Permite que se inicie una actividad. Todas las actividades deben estar especificadas en el AndroidManifest.xml.

2.4 PROBLEMÁTICA EN LA ETAPA DE EJECUCIÓN

La influencia de la etapa de diseño en los resultados de los proyectos, tanto económica como técnicamente es extremadamente importante. Es precisamente en esta etapa donde se conceptualizan las ideas y especulaciones del cliente en un modelo físico materializarle; definiendo sus necesidades y requerimientos a través de procedimientos, planos, y especificaciones técnicas. Sin embargo, la administración y la ingeniería del diseño han sido escasamente examinadas y ejemplificada. Freire indica que, en el diseño, la planificación y el control son substituidos por caos e improvisación, causando: mala comunicación, falta de documentación adecuada, ausente o deficiente información de entrada, desequilibrada asignación de recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones. El proceso de diseño es carente en minimizar los efectos de complejidad e incertidumbre, asegurar suficiente información disponible para completar las actividades de diseño y reducir inconsistencias dentro de los documentos de la construcción. Aun si la naturaleza del proceso de diseño justifica algunos de estos problemas, esta realidad no puede ser considerada satisfactoria.

Para poder lograr una mejora sustancial en los proyectos de ingeniería es necesario optimizar cada una de sus etapas. Tan importante como la optimización de la etapa de ejecución es el hacer eficiente los procesos asociados a la etapa de diseño de los proyectos. Es en esta, donde se conceptualizan las ideas y especulaciones del cliente en un modelo físico materializarle. Es precisamente en esta fase donde se definen los requerimientos del cliente, los aspectos constructivos y los estándares de calidad a través de normas, planos y especificaciones técnicas, convirtiendo la etapa de diseño en una de las más importantes.

Uno de los problemas que se destacan a menudo del proceso de diseño es la deficiente información disponible para poder desarrollar en forma adecuada las actividades que se involucran en esta etapa. Esto se produce muchas veces por la falta de claridad de los requerimientos del cliente, quien muchas veces no tiene la capacidad de hacer sus necesidades explicitas. Esto genera que el diseñador

tenga una doble responsabilidad: entender bien el problema expuesto por su cliente y la búsqueda de una solución adecuada.

Por otra parte, durante todo el proceso existe una alta interdependencia y necesidad de intercambio entre diversos participantes, los cuales tienen variados criterios que son necesarios alinear y optimizar, para llegar a una solución adecuada e integra en cada una de las especialidades involucradas. Todo este intercambio e intentos por obtener un diseño óptimo se ven afectados por la información inadecuada y por las restricciones de plazo y presupuesto generalmente existentes (Freire, 2000).

Durante la construcción de proyectos de edificios multifamiliares podemos acreditar que se presentan múltiples incompatibilidades y problemas que se generan en obra. El origen de estos problemas se concibe desde el inicio del proyecto, debido a un escaso y pobre desarrollo durante el proceso de diseño y planificación de estos. Existe un alejamiento entre lo proyectado y lo real, la realidad actual nos demuestra que el desarrollo de un proyecto no se da de manera conciliada, esto repercute en los tiempos de entrega, en el presupuesto, compromisos pactados, contratos, etc., generando un entorpecimiento entre las diversas especialidades y procesos involucrados.

Muchas de estas deficiencias podrían ser resueltas si se maneja de forma correcta la tecnología que hoy tenemos a nuestro alcance, como BIM. Esta herramienta, nos permite visualizar de manera virtual, el desarrollo de los procesos de diseño de todas las especialidades, ver el correcto o incorrecto avance, sus puntos de quiebre o incompatibilidades que se generan mientras se diseña. Del mismo modo, nos permite ver de manera virtual, la proyección de la planificación en 4D nos da la oportunidad de mejorar procesos, modificar planteamientos, visualizar posibles cambios tanto a nivel de diseño como de planificación, etc. (Viñas, 2015)

A continuación, se presentan algunos estudios realizados a diferentes proyectos para identificar los problemas de diseño:

Según un estudio realizado a 4 proyectos por Alarcón y Mardones (Santiago de Chile -1998) en base a recopilación de datos (478 registros obteniéndose 673 observaciones de diseño) adicionalmente se tomaron entrevistas se identificó que el problema más importante fueron los cambios y modificaciones continuas durante el proceso de ejecución de obra.

El grafico a continuación, muestra que el mayor porcentaje de los problemas presentados son debidos a la falta de detalles estructurales y arquitectónicos, inconsistencia en la información presentada entre planos, falta de definición, entre otros. Esto nos da la conclusión que hace falta de una metodología de trabajo ordenada que permita identificar todos los elementos que componen un proyecto y el control que conlleva este con la finalidad de asegurar la calidad del diseño.

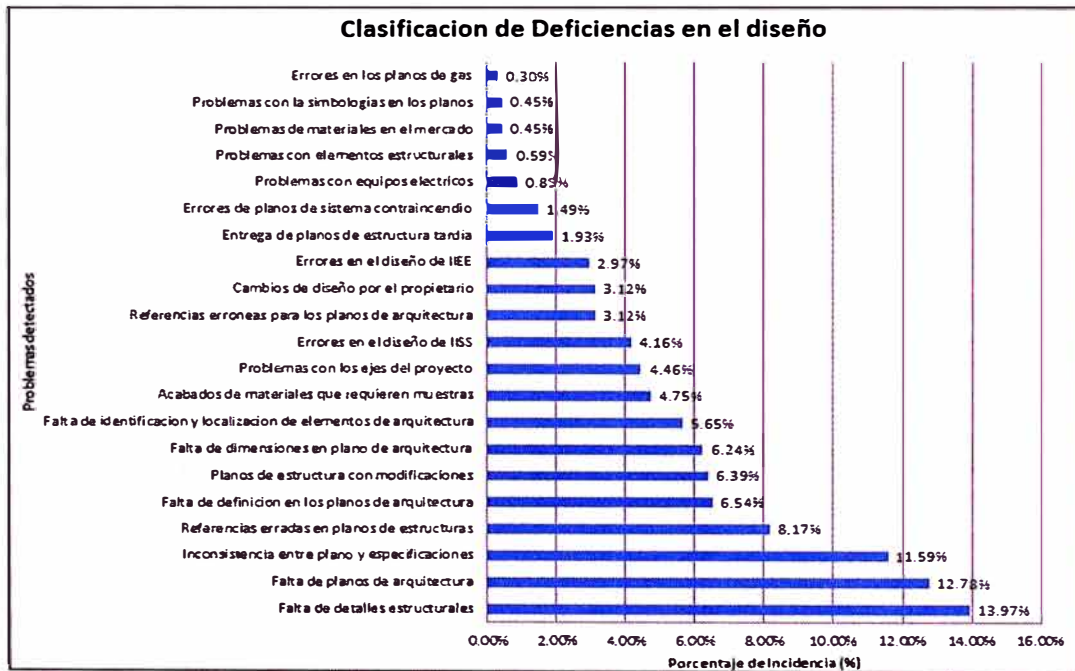


Figura 2-3 Clasificación de deficiencias de Diseño. Fuente: Diagrama de Pareto – Errores de diseño. Adaptado (Alarcón 1998)

Según un estudio realizado por Paul A. Tilley (Australia-1997), realizado a dos proyectos, en base a los RFI recolectados se obtuvo lo siguiente:

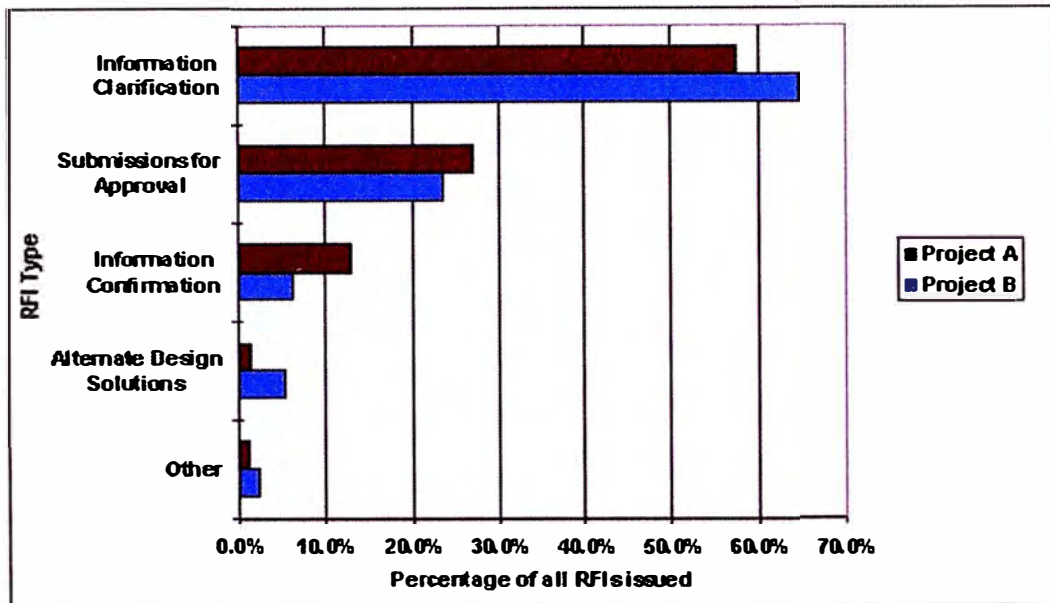


Figura 2-4 Clasificación de RFIs enviados. Fuente: Paul A. Tilley (Australia-1997)

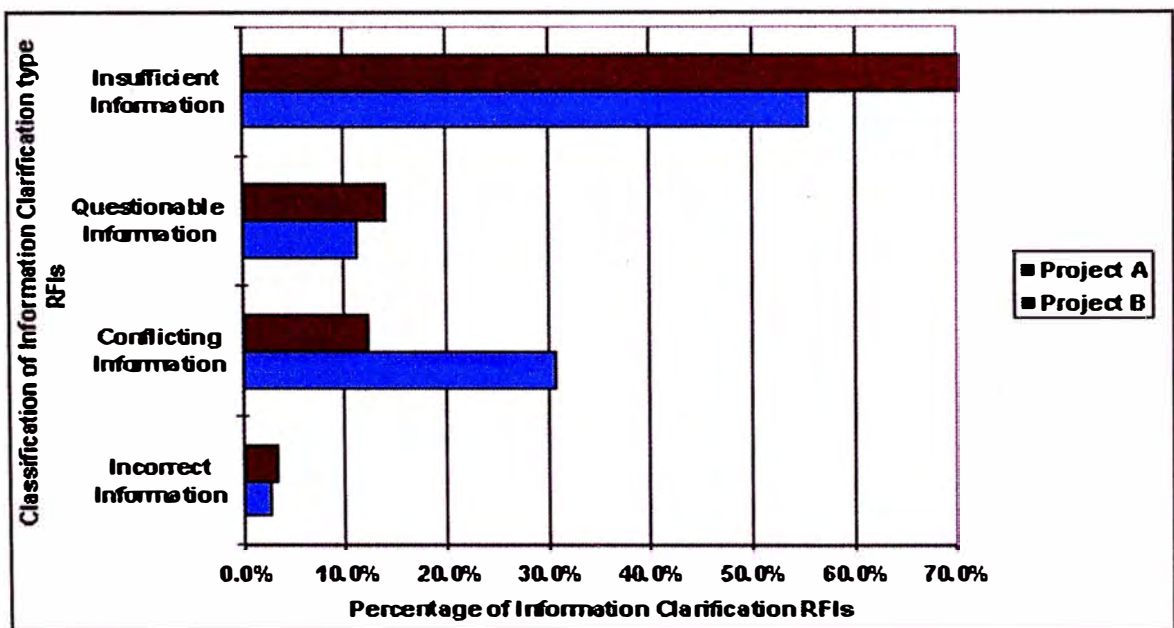


Figura 2-5 Clasificación de RFIs por tipo. Fuente: Paul A. Tilley (Australia-1997)

El análisis en base a los registros de RFI, puede cuantificar el tipo de RFI, magnitud, tiempos de respuesta, calidad de diseño. Permite identificar las causas y comparaciones entre proyectos.

En este caso, las mayores deficiencias se encuentran en aclaraciones de información brindadas en los planos y especificaciones técnicas, haciendo un mayor análisis, estas aclaraciones se deben a la insuficiente información que

llevaban los planos. Es decir, omisiones u errores de diseño que comúnmente son detectadas en la fase de construcción, impactando negativamente el proyecto.

Según un estudio realizado por Vladimir Alcántara (Perú - 2013) a 5 proyectos, en base a RFI recolectados 1406 RFIs, obteniendo 2114 observaciones de diseño, se obtuvo la siguiente estadística:

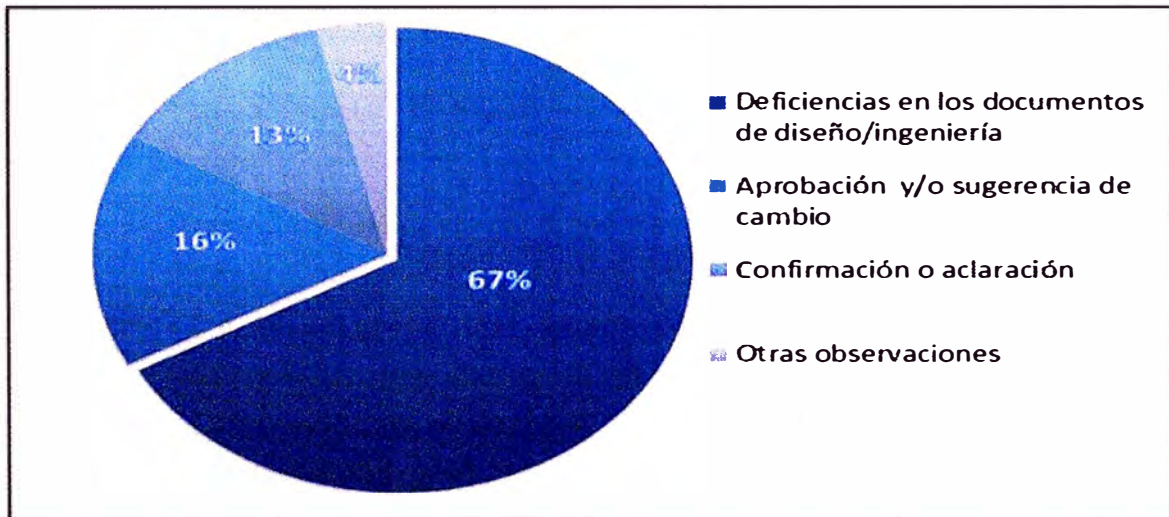


Figura 2-6 Clasificación de RFIs por tipo. Fuente: Vladimir Alcántara, Perú 2013. El análisis muestra que el 67% de los RFI corresponde a deficiencias en los documentos de diseño/ingeniería.

Este alto porcentaje es un indicador importante, ya que se deduce que el tiempo que dedica una empresa a revisar documentos es alto, haciendo disminuir su productividad y el avance del proyecto.

Existen otros tipos de problemas como son los tiempos de respuesta de RFI por parte de los especialistas, en este caso el estudio mostro el siguiente resultado:

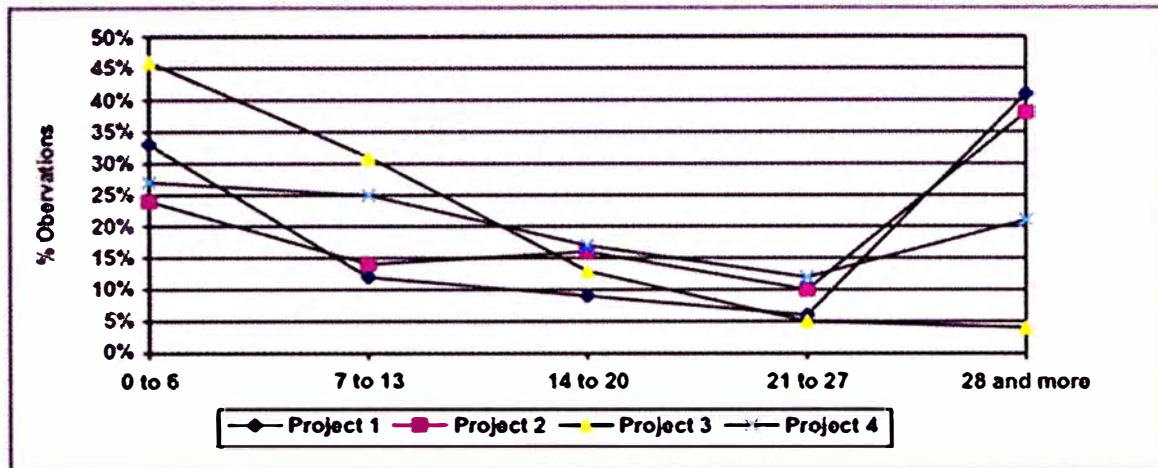


Figura 2-7 Tiempo de respuesta de proyectistas a los RFIs. Fuente: Almonacid Flores, Kliver, Perú 2015.

Se identificó que las empresas que poseen un sistema formal de absolución de consultas, demostraron una reducción de tiempo en respuesta impactando positivamente al proyecto (El proyecto 3).

2.4.1 Diseño

El Diseño es el proceso de creación y perfeccionamiento para producir un nuevo objeto o entorno, para uso humano.

El Diseño demanda, principalmente, consideraciones funcionales, estéticas y simbólicas. El proceso necesita diversas fases como: observación, investigación, análisis, testado, ajustes, modelados (físicos o virtuales mediante programas de diseño informáticos en dos o tres dimensiones), adaptaciones previas a la producción definitiva del objeto, construcción de obras de ingeniería en espacios exteriores o interiores, diseño de interiores, etc.

El Diseño es una tarea compleja, dinámica y controvertida. Es la integración de requisitos técnicos, sociales, económicos, necesidades biológicas, ergonómicas, con efectos psicológicos y materiales, de forma, color, volumen y espacio, todo ello pensado e interrelacionado con el medio ambiente que rodea a la humanidad. De esto último se puede desprender la alta responsabilidad ética del diseño y los diseñadores a nivel mundial. (Viñas, 2015).

2.4.2 Request for information (RFI)

RFI es el proceso o protocolo formal mediante el cual, se solicita información de aclaración a planos, especificaciones u otro para llevar a cabo sin errores parte de un proyecto, generalmente, la solicitud RFI se lleva a cabo según un formato especificado a través de un Transmittal. (Diccionario de Ingeniería, 2012)

2.4.3 Adicional de obra

Una adicional de obra es una prestación de carácter excepcional que no se encuentra considerada en el expediente técnico ni en el contrato; cuya realización resulta indispensable para dar cumplimiento a la meta de la obra principal y que da lugar a un presupuesto adicional. Así lo indica la sección de definiciones del reglamento de la nueva Ley de Contrataciones del Estado. (Viñas, 2015).

2.4.4 Relación entre adicionales y RFI

Los adicionales que se generen, los va a asumir el propietario del inmueble, este importe afecta el perfil económico del proyecto, utilidad de los inversionistas, etc. Es transcendental indicar que mientras más temprano se detecten las incompatibilidades, se podrán tomar medidas correctivas a tiempo para reducir los sobre costos del proyecto.

Según la investigación de Valerie Viñas Villa en el 2015, se analizó la relación entre RFI's, adicionales y tiempos de respuesta de las RFI's: El proyecto tuvo 342 RFI, donde el 75% de ellos correspondía a la especialidad de Arquitectura, el segundo lugar lo ocupa la especialidad de estructuras con un 12%. Es importante indicar que, en todos los proyectos evaluados, la partida de arquitectura y estructuras, son las que generan un mayor número de RFI.

| Especialidad | Cantidad de RFI's |
|--------------------------|-------------------|
| Arquitectura | 257 |
| Instalaciones Eléctricas | 30 |
| Instalaciones Sanitarias | 12 |
| Estructuras | 42 |
| Instalaciones Mecánicas | 1 |
| TOTAL DE RFI's | 342 |

Los RFI, generaron un impacto económico, sobre el proyecto, producto de adicionales y deductivos, que representaron un incremento por un cuarto de millón de nuevos soles.

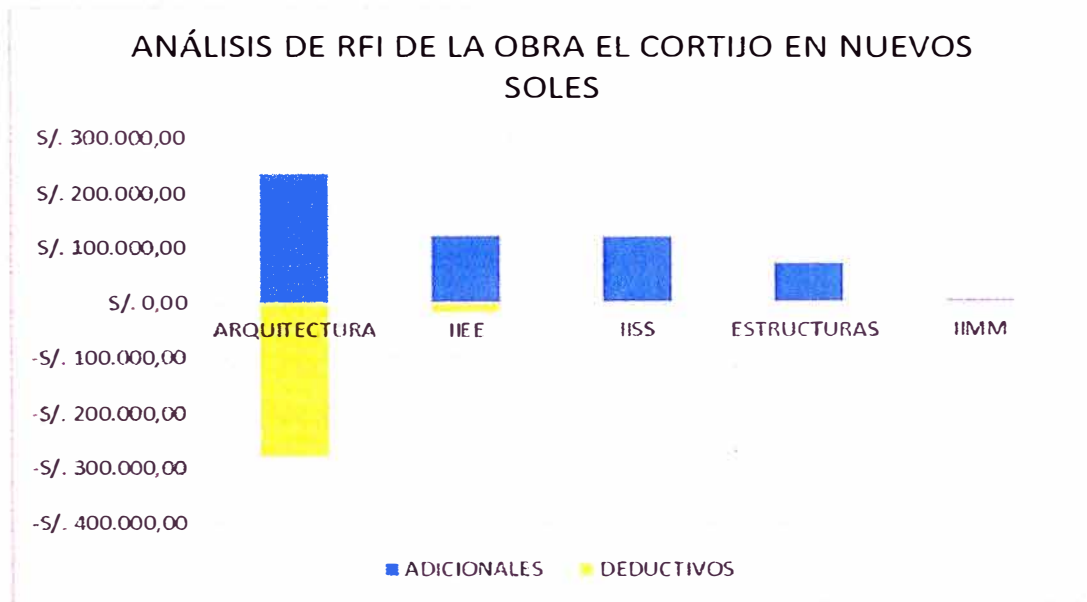


Figura 2-8 Análisis de RFI. Fuente: Viñas Villas, Valerie, Perú 2015.

Tiempo de respuesta de los RFI

El proyecto tuvo 342 RFI, obteniendo el promedio del tiempo de respuesta a los RFI, nos da un tiempo promedio de 35 días, un tiempo de respuesta, considerablemente alto. La respuesta a RFI debe tardar entre 7 a 15 días, es evidente que el logro de estas acciones está estrechamente vinculado con un tema de gestión. Sin embargo, en este caso específico, este número nos puede mostrar, la estrecha relación que existe también entre el retraso de entrega de la obra y la falta de respuesta a los RFI, donde muchas veces, son los enlaces que se requieren para no retrasar las partidas que vienen detrás.

2.5 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD PARA ENCUESTA

Existen varios métodos para la evaluación de confiabilidad de la encuesta. Estos métodos son los siguientes:

- Alpha de Cronbach
- Guttman
- Coeficiente de Kuder-Richardson

Los datos se han validado con el método de Alpha de Cronbach – evaluación de la confiabilidad. Conceptualmente la fiabilidad refleja hasta qué punto las puntuaciones percibidas por los clientes a través de las respuestas están relacionadas con las puntuaciones verdaderas, esto es, el grado en que las mediciones están libres de la desviación producida por los errores casuales (aleatorios). En definitiva, la fiabilidad garantiza que la escala siempre mide lo mismo. Los valores del Alpha de Cronbach oscilan entre 0 y 1. El valor mínimo aceptable para el coeficiente alfa de Cronbach es 0.7; por debajo de ese valor la consistencia interna de la escala utilizada es baja según Gliem, J & Gliem, R en “Calculating, Interpreting, and Reporting Cronbach’s Alpha Reliability Coefficient for Likert-Type Scales. Conference in Adult, Continuing, and Community Education. Midwest Research to Practice”.

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right]$$

Donde:

- S_i^2 es la varianza del ítem i ,
- S_t^2 es la varianza de los valores totales observados
- k es el número de preguntas o ítems.

CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

En este capítulo se analizarán los resultados de una encuesta dirigida para los ingenieros y arquitectos trabajando en Lima.

3.1 ENCUESTA SOBRE EL USO DE APLICATIVOS MÓVILES EN LA SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS

La encuesta es la siguiente:

1. Dirección de correo electrónico
2. Nombres
3. Apellidos
4. ¿Es usted ingeniero y/o arquitecto?
 - Si
 - No
5. ¿Ha participado en la supervisión y/o ejecución de alguna obra de edificación?
 - Sí
 - No
6. ¿Cuántos años de experiencia tiene supervisando y/o ejecutando obras de edificaciones?
 - 1 - 3 años
 - 3 - 5 años
 - 5 - 10 años
 - Más de 10 años
7. Un estimado del monto mayor de obra supervisada y/o ejecutada en la cual participó:
 - 0 - S/. 1'000,000
 - S/. 1'000,000 - S/. 5'000,000
 - S/. 5'000,000 - S/. 20'000,000
 - Mayor a S/. 20'000,000
8. ¿Cuándo realizó la supervisión y/o ejecución de una obra de edificaciones tuvo que cambiar el diseño de algún elemento estructural?
 - Sí
 - No

9. ¿Cuándo supervisó y/o ejecutó obras de edificaciones en qué elementos estructurales encontró mayores problemas de diseño?

- Vigas de concreto armado
- Vigas metálicas
- Viguetas
- Columnas
- Cimentaciones
- Placas
- Escaleras
- Armaduras
- Losas macizas

10. En la obra que participó, ¿cuánto tiempo se demoró el proyectista en absolver todas las consultas?

- 1-3 días
- 4-10 días
- 11 a más días

11. En la obra que participó, ¿se utilizaron herramientas tecnológicas (tablets y/o smartphones) para mejorar los procesos de gestión contra problemas de diseño?

- Si
- No

12. ¿Ha utilizado formatos digitales para el manejo de los problemas de diseño estructural presentados en la ejecución de obras?

- Sí
- No

13. En la obra que participó, ¿cuáles fueron los problemas encontrados en vigas y losas?

- No cumplía la cuantía mínima
- No se cumplía con la longitud de empalmes
- El momento flector era mayor al resistente.
- No cumplía el acero longitudinal.
- No cumplía el acero transversal.
- Se tuvo mayores o menores resistencias de los materiales utilizados.
- Se tuvo otra sección transversal.

14. ¿Conoce el funcionamiento de aplicativos móviles de diseño en ingeniería en tablets y/o Smartphones?

- Sí
- No

15. ¿Cómo considera una aplicación móvil la cual te permita realizar diseños de diversas estructuras (vigas, columnas, viguetas, etc.) para realizar cambios y verificaciones rápidas y mejorar la calidad en los diseños in situ?

- Muy buena
- Buena
- Regular
- Mala
- Muy mala

16. ¿Usted cree que utilizando una aplicación móvil se puede optimizar los tiempos de espera ocasionados por los problemas de diseño estructural en la ejecución de obras? *

- Sí
- No

17. ¿Estaría dispuesto a utilizar la aplicación móvil?

- Siempre
- A veces
- Nunca

18. La aplicación consiste en realizar análisis y diseños estructurales desde tu smartphone para verificaciones, modificaciones y cambios rápidos en obra para optimizar los tiempos de espera debido a los problemas de diseño estructural; así tener un ahorro monetario y beneficiar a todas las partes involucradas en el proceso. ¿Cómo consideraría usted esta propuesta?

- Muy Buena
- Buena
- Regular
- Mala
- Muy mala

19. Según usted, ¿Qué se podría optimizar/mejorar usando la aplicación móvil descrita?

- Tiempo

- Ahorro monetario
- Mayor calidad en los diseños
- Cambios en el diseño estructural
- Llenado en el cuaderno de obra

Se realizó el cálculo de la muestra. Se conoce el tamaño de la población de ingenieros civiles en lima según el Colegio de Ingenieros. Este valor es 19755. Se desconoce la proporción esperada, se tomará una precisión de 8% y un nivel de confianza de 95%.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde:

- N = tamaño de la población
- Z = nivel de confianza
- P = proporción esperada
- Q = 1-P
- D = precisión

Se obtiene una muestra de 106 personas. La encuesta se realizó en Google Forms para poder ser enviada masivamente mediante un comunicado del colegio de ingenieros y poder coleccionar toda la data mediante la nube de Google. Se tuvieron 123 encuestados, de los cuales 22 son encuestas no válidas.

3.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Esta encuesta ha sido validada por el método de Alfa de Cronbach, en la cual a las preguntas de valoración de la solución propuesta se han establecido valores de validación. La escala tomada es de 1 a 5, donde 1 significa que la valoración es mala (opción en la encuesta “Muy Mala”) y 5 significa que la valoración es buena (opción en la encuesta “Muy Buena”).

Tabla 3-5 Alfa de cronbach

| Estadísticas de fiabilidad | |
|-----------------------------------|----------------|
| Alfa de Cronbach | N de elementos |
| 0.842 | 3 |

Se realizará un análisis estadístico para llegar a conclusiones con respecto a lo respondido por los encuestados.

Tabla 3-6 Pregunta 4: ¿Es usted ingeniero y/o arquitecto?

| | | FRECUENCIA | PORCENTAJE | PORCENTAJE VÁLIDO | PORCENTAJE ACUMULADO |
|--------|----|------------|------------|----------------------|-------------------------|
| Válido | Si | 123 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

Según la Tabla 3-6, todos los encuestados son ingenieros o arquitectos.

Tabla 3-7 Pregunta 5: ¿Ha participado en la supervisión y/o ejecución de alguna obra de edificación?

| | | FRECUENCIA | PORCENTAJE | PORCENTAJE VÁLIDO | PORCENTAJE ACUMULADO |
|----------|----|------------|------------|----------------------|-------------------------|
| Válido | Si | 119 | 96.7 | 96.7 | 96.7 |
| Perdidos | No | 4 | 3.3 | | |
| Total | | 123 | 100.0 | | |

Según la Tabla 3-6, son 4 los encuestados que no han participado en alguna ejecución o supervisión de una obra de edificación, por lo que sus respuestas son inválidas y se eliminan de la base de datos.

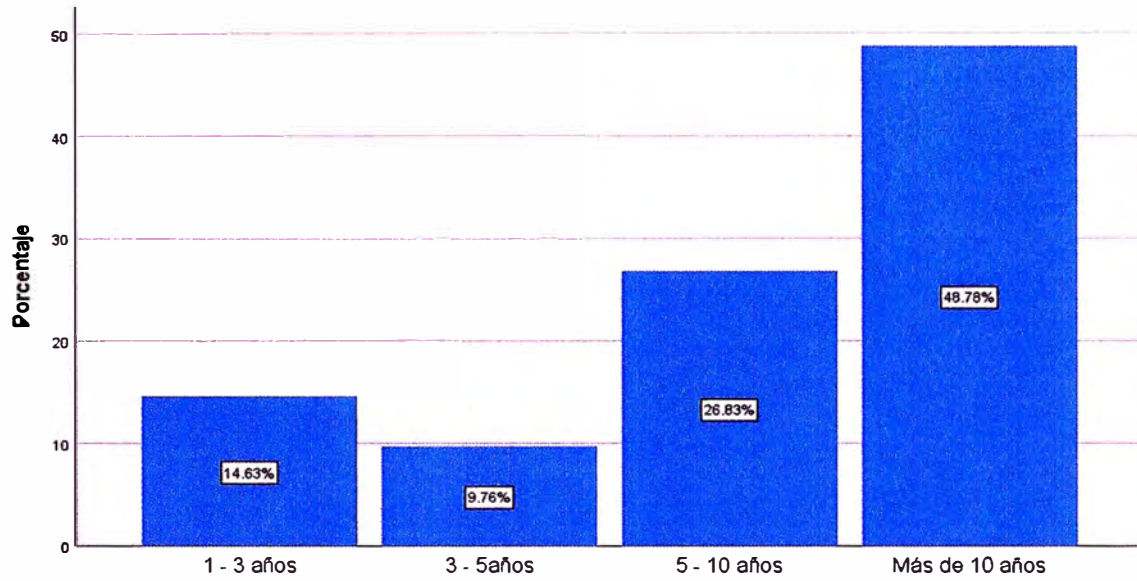


Figura 3-9: Pregunta 6: ¿Cuántos años de experiencia tiene supervisando y/o ejecutando obras de edificaciones?

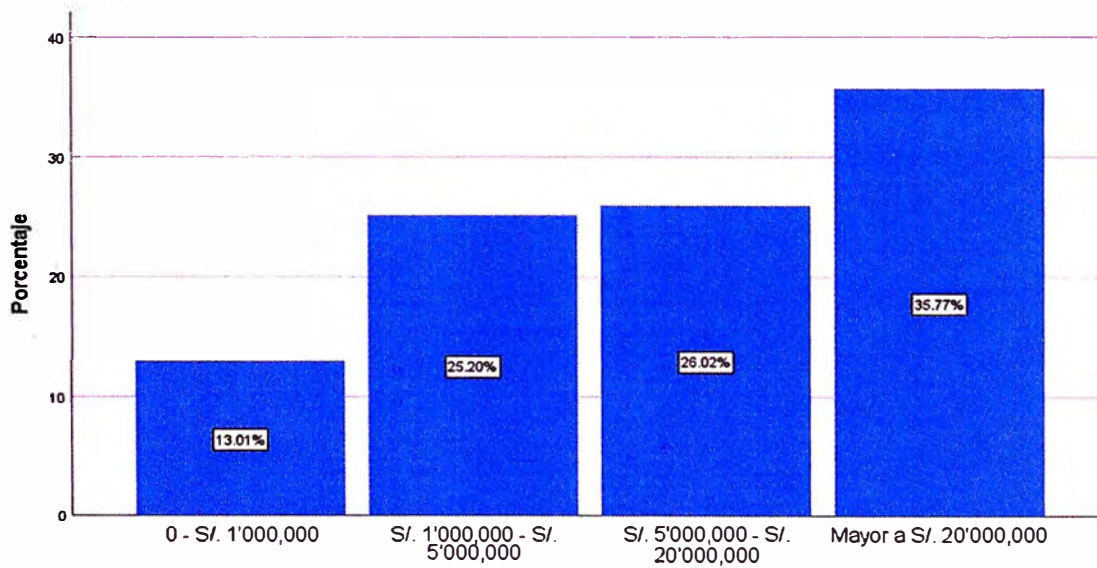


Figura 3-10: Pregunta 7: Un estimado del monto mayor de obra supervisada y/o ejecutada en la cual participó

Tabla 3-8 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 7.

| | | Pregunta 6 | | | | Total |
|------------|--------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------|
| | | 1 - 3 años | 3 - 5 años | 5 - 10 años | Más de 10 años | |
| Pregunta 7 | 0 - S/. 1'000,000 | 4 | 1 | 0 | 2 | 7 |
| | S/. 1'000,000 - S/. 5'000,000 | 4 | 4 | 10 | 9 | 27 |
| | S/. 5'000,000 - S/. 20'000,000 | 0 | 2 | 10 | 12 | 24 |
| | Mayor a S/. 20'000,000 | 2 | 1 | 9 | 31 | 43 |
| Total | | 10 | 8 | 29 | 54 | 101 |

Según la Figura 3-9 y la Figura 3-10, la mayoría de los encuestados tienen más de 5 años de experiencia y han participado en obras mayores de 5 millones de soles.

Tabla 3-9 Pregunta 8: ¿Cuándo realizó la supervisión y/o ejecución de una obra de edificaciones tuvo que cambiar el diseño de algún elemento estructural ?

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|----------|----|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válido | Si | 101 | 82.1 | 82.1 | 82.1 |
| Perdidos | No | 22 | 17.9 | | |
| Total | | 123 | 100.0 | | |

En la Tabla 3-9, se observa que 22 de los encuestados no han tenido que cambiar el diseño de algún elemento estructural en supervisión ni ejecución de obra, por lo que sus respuestas quedan inválidas y se eliminan de la base de datos.

Tabla 3-10 Tabla cruzada, Pregunta 7 y Pregunta 9.

| | | Pregunta 7 | | | | Total |
|-------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------|
| | | | S/. | S/. | | |
| | | 0 - S/ 1'000,000 | 1'000,000 - S/ 5'000,000 | 5'000,000 - S/ 20'000,000 | Mayor a S/ 20'000,000 | |
| Pregunta 8 | Vigas de concreto armado | 5 | 11 | 11 | 23 | 50 |
| | Vigas metálicas | 1 | 3 | 6 | 11 | 21 |
| | Viguetas | 2 | 2 | 0 | 2 | 6 |
| | Columnas | 6 | 6 | 4 | 15 | 31 |
| | Cimentaciones | 5 | 18 | 14 | 23 | 60 |
| | Placas | 2 | 7 | 5 | 14 | 28 |
| | Escaleras | 3 | 4 | 2 | 6 | 15 |
| | Armaduras | 1 | 6 | 3 | 8 | 18 |
| | Losas macizas | 3 | 5 | 4 | 11 | 23 |
| | Total | 7 | 27 | 24 | 43 | 101 |

En la Tabla 3-10, se observa que mayormente se encuentran problemas de diseño estructural en cimentaciones (56.7% de los encuestados) y vigas de concreto armado (48% de los encuestados). Por lo que se debería enfocar en esos dos elementos estructurales.

Tabla 3-11 Tabla cruzada, Pregunta 7 y Pregunta 10.

| | | Pregunta 7 | | | | Total |
|--------------------|---------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------|
| | | | S/. | S/. | | |
| | | 0 - S/ 1'000,000 | 1'000,000 - S/ 5'000,000 | 5'000,000 - S/ 20'000,000 | Mayor a S/ 20'000,000 | |
| Pregunta 10 | 1-3 días | 1 | 2 | 1 | 2 | 6 |
| | 4-10 días | 4 | 13 | 11 | 22 | 50 |
| | 11 a más días | 2 | 12 | 12 | 19 | 45 |
| Total | 7 | 27 | 24 | 43 | 101 | |

Según la Tabla 3-11, se tiene que la mayoría de las respuestas de los RFI ha tomado más de 4 días. Además, se puede observar que los montos de la obra no afectan a la cantidad de días de respuesta del RFI.

Tabla 3-12 Tabla cruzada, Pregunta 7 y Pregunta 11.

| | | Pregunta 7 | | | | Total |
|-------------|----|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------|
| | | 0 - S/. 1'000,000 | S/. 1'000,000 - 5'000,000 | S/. 5'000,000 - 20'000,000 | Mayor a S/. 20'000,000 | |
| Pregunta 11 | Si | 2 | 6 | 5 | 15 | 28 |
| | No | 5 | 21 | 19 | 28 | 73 |
| Total | | 7 | 27 | 24 | 43 | 101 |

La Tabla 3-12 muestra que la mayoría de los encuestados no han utilizado herramientas tecnológicas para mejorar los procesos de gestión contra problemas de diseño. Además, los encuestados con obras de montos mayor a 20 millones tienen un mayor conocimiento de estas herramientas tecnológicas que los demás.

Tabla 3-13 Tabla cruzada, Pregunta 7 y Pregunta 12.

| | | Pregunta 7 | | | | Total |
|-------------|----|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------|
| | | 0 - S/. 1'000,000 | S/. 1'000,000 - 5'000,000 | S/. 5'000,000 - 20'000,000 | Mayor a S/. 20'000,000 | |
| Pregunta 12 | Si | 3 | 8 | 9 | 23 | 43 |
| | No | 4 | 19 | 15 | 20 | 58 |
| Total | | 7 | 27 | 24 | 43 | 101 |

La Tabla 3-13 muestra que un poco menos de la mitad de los encuestados ha utilizado formatos digitales y tiene conocimiento de ellos. Además, los encuestados con obras de montos mayor a 20 millones tienen un mayor conocimiento de estos formatos.

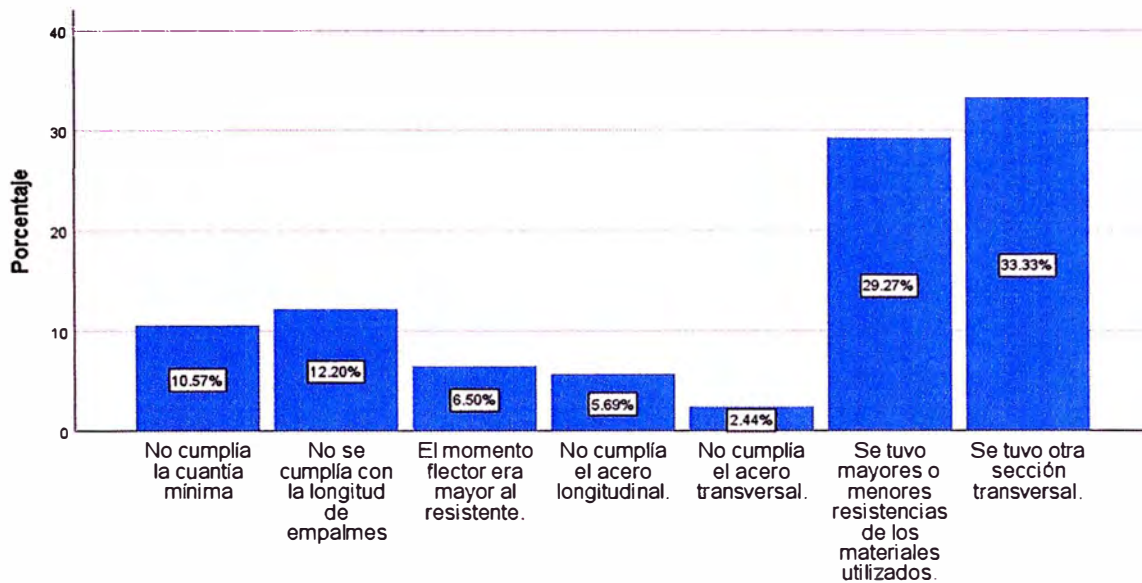


Figura 3-11: Pregunta 13: En la obra que participó, ¿cuáles fueron los problemas encontrados en vigas y losas?

La mayoría de problemas encontrados en vigas y losas son:

- Se tuvo otra sección transversal
- Se tuvo mayores o menores resistencias de los materiales utilizados

Por lo que esto se tiene que tener en cuenta al desarrollar el aplicativo móvil.

Tabla 3-14 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 14.

| | | Pregunta 6 | | | | Total |
|-------------|----|------------|------------|-------------|----------------|-------|
| | | 1 - 3 años | 3 - 5 años | 5 - 10 años | Más de 10 años | |
| Pregunta 14 | Si | 2 | 2 | 8 | 20 | 32 |
| | No | 8 | 6 | 21 | 34 | 69 |
| Total | | 10 | 8 | 29 | 54 | 101 |

El 31.6% de los encuestados conoce el funcionamiento de apps en ingeniería. Además, según los datos, el porcentaje de conocimiento del funcionamiento de estas apps es mayor en ingenieros con más de 10 años de experiencia.

Tabla 3-15 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 15.

| | | Pregunta 6 | | | | Total |
|-------------|-----------|------------|------------|-------------|----------------|-------|
| | | 1 - 3 años | 3 - 5 años | 5 - 10 años | Más de 10 años | |
| Pregunta 15 | Muy buena | 4 | 3 | 15 | 30 | 52 |
| | Buena | 4 | 2 | 12 | 18 | 36 |
| | Regular | 2 | 2 | 2 | 5 | 11 |
| | Mala | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | Muy mala | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Total | | 10 | 8 | 29 | 54 | 101 |

El 87.1% de los encuestados piensa que la idea de un aplicativo móvil que te permita realizar diseños de los diversos elementos estructurales es buena/muy buena.

Tabla 3-16 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 16.

| | | Pregunta 6 | | | | Total |
|-------------|----|------------|------------|-------------|----------------|-------|
| | | 1 - 3 años | 3 - 5 años | 5 - 10 años | Más de 10 años | |
| Pregunta 16 | Si | 10 | 5 | 29 | 48 | 92 |
| | No | 0 | 3 | 0 | 6 | 9 |
| Total | | 10 | 8 | 29 | 54 | 101 |

El 91.1% de los encuestados ha dado una respuesta positiva al uso de los aplicativos móviles para mejorar los tiempos de espera en obra.

Tabla 3-17 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 17.

| | | Pregunta 6 | | | | Total |
|-------------|---------|------------|------------|-------------|----------------|-------|
| | | 1 - 3 años | 3 - 5 años | 5 - 10 años | Más de 10 años | |
| Pregunta 17 | Siempre | 4 | 4 | 15 | 33 | 56 |
| | A veces | 6 | 4 | 14 | 20 | 44 |
| | Nunca | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | | 10 | 8 | 29 | 54 | 101 |

El 55% de los encuestados estaría dispuesto a utilizar el aplicativo móvil siempre, el 43.6% a veces, y el restante nunca.

Tabla 3-18 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 18.

| | | Pregunta 6 | | | | Total |
|--------------------|-----------|------------|------------|-------------|----------------|-------|
| | | 1 - 3 años | 3 - 5 años | 5 - 10 años | Más de 10 años | |
| Pregunta 18 | Muy buena | 4 | 3 | 15 | 32 | 54 |
| | Buena | 5 | 2 | 13 | 18 | 38 |
| | Regular | 1 | 3 | 1 | 3 | 8 |
| | Mala | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | | 10 | 8 | 29 | 54 | 101 |

El 91.1% de los encuestados piensa que la idea de un aplicativo móvil para el diseño de losas y vigas es buena/muy buena.

Tabla 3-19 Tabla cruzada, Pregunta 6 y Pregunta 19.

| | | Pregunta 6 | | | | Total |
|--------------------|----------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------|
| | | 1 - 3 años | 3 - 5 años | 5 - 10 años | Más de 10 años | |
| Pregunta 19 | Tiempo | 9 | 6 | 25 | 48 | 88 |
| | Ahorro monetario | 4 | 4 | 15 | 24 | 47 |
| | Mayor calidad en los diseños | 2 | 5 | 8 | 17 | 32 |
| | Cambios en el diseño estructural | 3 | 2 | 5 | 13 | 23 |
| | Llenado en el cuaderno de obra | 2 | 2 | 4 | 9 | 17 |
| | Total | 10 | 8 | 29 | 54 | 101 |

La mayoría de los encuestados piensa que con el uso del aplicativo móvil se optimizarán los tiempos y se tendrá un ahorro monetario.

Según los resultados de la encuesta, la idea de aplicativos móviles para el uso de ingeniería es buena. Además de ser una innovación, los aplicativos móviles de ingeniería ayudarán a los ingenieros en mejorar los procesos y procedimientos.

Acerca del aplicativo móvil que se desarrollará en esta tesis, los encuestados piensan que la idea es buena y que ayudará a reducir los tiempos de espera y habrá un ahorro monetario ya que permitirá realizar verificaciones y brindará propuestas de solución para los problemas producidos en obra.

La idea de esta tesis es llegar a poder crear una variedad de aplicativos móviles para poder realizar cualquier cálculo relacionado a la ingeniería como: diseños estructurales, hidráulicos, cálculos de metrados/presupuestos, entre otros.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

4.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Para el desarrollo del aplicativo móvil se ha decidido utilizar el método de las rigideces ya que es un método en el cual facilita la automatización de funciones para el cálculo estructural mediante operaciones con matrices. Además, se utilizará el método de esfuerzos últimos como método de diseño debido a que las normativas peruanas y extranjeras la utilizan. El aplicativo móvil se desarrollará en la plataforma de Android que utiliza un lenguaje mixto entre java y Android.xml debido a que según estudios se ha notado que Android es el sistema operativo más usado en Smartphones.

4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.2.1 Teoría del cálculo matricial

El análisis matricial o método de las rigideces, está basado en la superposición de desplazamientos, en donde las incógnitas son los desplazamientos de los nudos y las fuerzas en los extremos de cada barra son forzadas a cumplir las ecuaciones de equilibrio de nudo; obteniendo así un sistema de ecuaciones lineales $[F]=[K] \cdot [u]$, en donde la compatibilidad está garantizada mediante la correlación entre los desplazamientos nodales y las deformaciones de extremo de barra que concurren al nudo.

Este método permite la resolución de cualquier tipo de estructuras y está basado en la construcción y operación de la matriz de rigidez y vector de fuerzas externas de cada elemento en forma local, para luego transformarlos a un sistema de coordenadas globales y así poder ensamblar la matriz de rigidez global y vector de fuerzas global, para poder calcular el vector de desplazamientos global. (Ottazzi, 2008)

$$\{F\} = [K]\{u\} \quad (4-1)$$

A continuación se muestra un diagrama de flujo del método.

☐ Análisis matricial de estructuras

Enumerar los grados de libertad de la estructura teniendo en cuenta las restricciones.



Definir la matriz de rigidez de cada elemento teniendo en cuenta la numeración de los grados de libertad. Se tendrá que usar la matriz de

$$K^{(e)} = \begin{pmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{(1+\phi)L^3} & \frac{6EI}{(1+\phi)L^2} & 0 & -\frac{12EI}{(1+\phi)L^3} & \frac{6EI}{(1+\phi)L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{(1+\phi)L^2} & \frac{(4+\phi)EI}{(1+\phi)L} & 0 & -\frac{6EI}{(1+\phi)L^2} & \frac{(2-\phi)EI}{(1+\phi)L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{(1+\phi)L^3} & -\frac{6EI}{(1+\phi)L^2} & 0 & \frac{12EI}{(1+\phi)L^3} & -\frac{6EI}{(1+\phi)L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{(1+\phi)L^2} & \frac{(2-\phi)EI}{(1+\phi)L} & 0 & -\frac{6EI}{(1+\phi)L^2} & \frac{(4+\phi)EI}{(1+\phi)L} \end{pmatrix}$$

$\phi = \frac{12EI}{GA L^2}$

Convertir todas las matrices de rigidez en ejes locales a ejes globales de la estructura. Esto se realiza mediante la matriz de transformación [T]

$$[T] = \begin{bmatrix} c_x & c_y & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -c_y & c_x & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_x & c_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -c_y & c_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Donde:

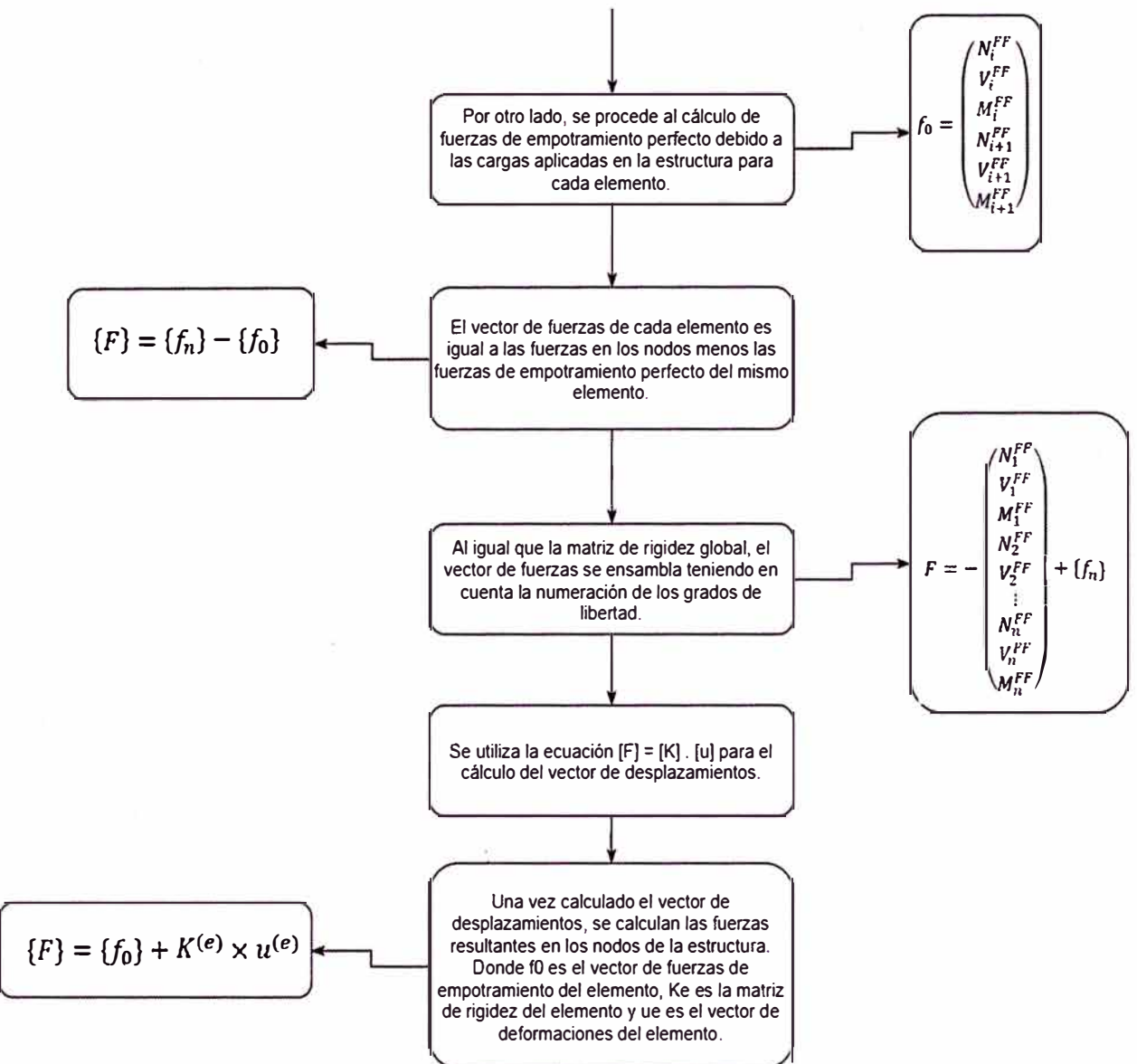
$$c_x = \frac{x_2 - x_1}{L}$$

$$c_y = \frac{y_2 - y_1}{L}$$

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Una vez obtenido las matrices de rigidez en ejes globales de cada elemento, se procede con el ensamble de la matriz de rigidez global. Esta matriz se ensambla utilizando la numeración de los grados de libertad.

$$K = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & & \dots & 0 \\ 0 & K_{32} & K_{33} & K_{34} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & K_{(n-1)(n-1)} & K_{(n-1)(n)} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & K_{(n)(n-1)} & K_{(n)(n)} \end{pmatrix}$$



Fuente: Apuntes de clases de Analisis Estructural II -- PhD. Scaletti

Con las fuerzas resultantes en los nodos, se pueden calcular puntos dentro de la viga para poder dibujar la gráfica de envolvente de momentos flectores y fuerzas cortantes.

4.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

4.3.1 Diseño de concreto armado

Hipótesis para determinar la resistencia nominal a flexión

- El concreto no desarrollará un esfuerzo de compresión mayor a la de su resistencia (f'_c).
- El concreto posee poca resistencia a la tracción. El concreto se agrieta aproximadamente cuando los esfuerzos de tensión alcanzan el 10% de la resistencia f'_c , por lo que la resistencia a la tracción del concreto se omite en los cálculos de análisis y diseño.
- La relación esfuerzo-deformación del concreto se considera lineal solo hasta aproximadamente el 50% de su resistencia.
- Prevalece la hipótesis de Bernoulli en la que las secciones planas antes de la flexión permanecen planas y perpendiculares al eje neutro después de la flexión.
- La deformación unitaria del concreto en la rotura es: $\epsilon = 0.003$.

Según el método de factores de carga y resistencia, para el diseño nos interesa conocer cómo se encuentra la sección en el estado de falla. (Morales,2006).

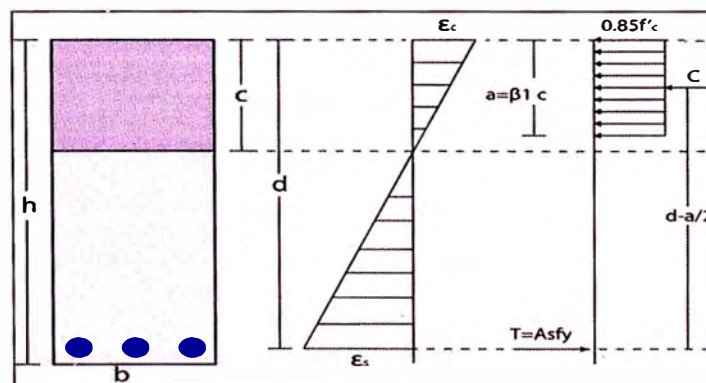


Figura 4-12: Esfuerzos y deformaciones en una viga rectangular. Fuente (Morales, 2006)

La distribución real de los esfuerzos en la sección tiene una forma parabólica, Whitney propuso que esta forma real sea asumida como un bloque rectangular cuyas características se muestran en la figura.

El valor de β_1 , es 0.85 si la resistencia del concreto es menor que 280kg/cm². Si este no es el caso este disminuirá en 0.05 por cada incremento de 70kg/cm² en la resistencia del concreto, no siendo su valor menor a 0.65. (Morales,2006).

La norma de Concreto E-060 ha adoptado como un valor límite de seguridad una deformación unitaria máxima del concreto de 0.003, para el cual el concreto falla.

Viga simplemente reforzada

Si realizamos el equilibrio en la sección tenemos lo siguiente:

$$C = T \quad (4-2)$$

$$0.85 f'c b a = A_s f_s$$

$$a = \frac{A_s f_s}{0.85 f'c b} \quad (4-3)$$

Donde a es la profundidad del bloque equivalente en compresión del concreto, notaremos que el valor, f_s depende de la deformación alcanzada por el acero siendo su mayor valor su esfuerzo de fluencia f_y .

Es de lo anterior que se concibe tres tipos de falla de una sección de viga simplemente reforzada.

- Se conoce como falla dúctil cuando el acero en tracción ha llegado primero a su estado de fluencia antes que el concreto inicie, su aplastamiento en el extremo comprimido; o sea cuando en la falla $\epsilon_s > \epsilon_y$, donde ϵ_y es el valor de la deformación para el cual se inicia la fluencia del acero.
- Se conoce como falla balanceada si simultáneamente se inicia la fluencia del acero y el aplastamiento del concreto, es decir cuando en la falla $\epsilon_s = \epsilon_y$.
- Se conoce como falla frágil si primeramente se inicia el aplastamiento del concreto antes que el inicio de la fluencia del acero en tracción, es decir cuando en la falla $\epsilon_s < \epsilon_y$. (Morales,2006).

Cuantía del acero en tracción

Se define como cuantía del acero en tracción (ρ):

$$p = \frac{A_s}{b d} \quad (4-4)$$

y se define como cuantía mecánica (w) a:

$$w = p \frac{f_y}{f'_c} \quad (4-5)$$

Condición de falla balanceada:

Se determina el valor de la cuantía para la cual la sección se encuentra en la falla balanceada, por lo que existirá un valor de A_s , a , c , para el estado balanceado.

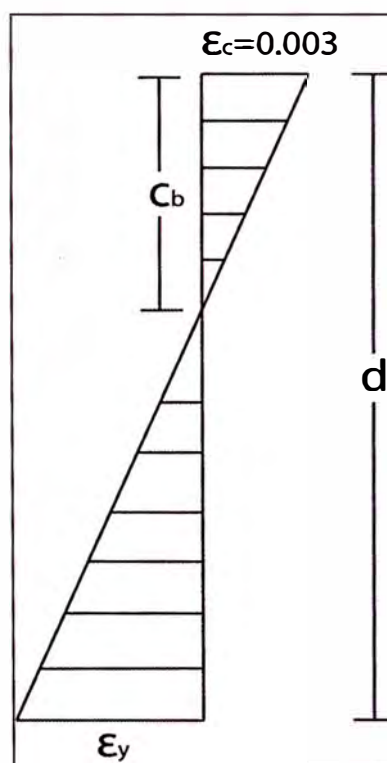


Figura 4-13: Deformaciones en una viga rectangular.

De la figura se tiene:

$$\frac{c_b}{d} = \frac{0.003}{0.003 + \epsilon_y} \rightarrow c_b = \frac{0.003 d}{0.003 + \epsilon_y}$$

Se conoce que el valor del módulo de elasticidad del acero es $E_s = 2 \times 10^6$, entonces:

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{f_y}{2 \times 10^6}$$

Reemplazando:

$$cb = \frac{6000 d}{6000 + f_y} \quad (4-6)$$

Realizando el equilibrio C=T, y despejando A_s se tiene:

$$A_s = 0.85 f'c b \frac{a}{f_y} \quad (4-7)$$

Entonces:

$$A_{sb} = 0.85 \frac{f'c}{f_y} b \beta_1 \frac{6000 d}{6000 + f_y} \quad (4-8)$$

Y finalmente:

$$p_b = \beta_1 0.85 \frac{f'c}{f_y} \frac{6000}{6000 + f_y} \quad (4-9)$$

Esta ultima expresión se define como la cuantía balanceada. (Morales,2006).

Análisis de secciones de viga con falla dúctil

Partiendo de la expresión de equilibrio se tiene:

$$C = T$$

$$0.85 f'c b a = A_s f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'c b}$$

Tomando momentos respecto a un eje que pasa por el centroide del acero se tiene:

$$Mn = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mu = \phi Mn = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (4-10)$$

Donde ϕ es el factor de resistencia que para vigas, su valor es 0.9. (Morales,2006).

Diseño por flexión

Se desea tener una falla dúctil, en la cual el acero falle primero, mucho antes que el concreto.

Según la Norma E-060 de Concreto Armado del Perú se tiene la cuantía máxima y mínima:

$$p_{min} = \frac{0.22\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$p_{max} = 0.75 p_b$$

Para zona sísmica se tomará como cuantía máxima el valor de:

$$p_{max} = 0.50 p_b$$

Donde $f'c$ y f_y están en kg/cm^2 .

Teniendo estas consideraciones, se selecciona un valor para la cuantía con la que se diseñará la sección:

Se sabe:

$$M_u = \phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (4-11)$$

Luego:

$$M_u = \phi M_n = \phi p b d \left(\frac{f_y}{f'c} \right) f'c \left(d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'c b} \right)$$

Incluyendo w en la ecuación:

$$M_u = \phi b d^2 w f'c (1 - 0.59w) \quad (4-12)$$

Esta es la expresión de dimensionamiento, en la cual los valores desconocidos son b y d , los cuales el diseñador escogerá apropiadamente. (Morales,2006).

Calculo del acero

Una vez dimensionada la sección, el cálculo del acero se efectuará mediante esta ecuación:

$$A_s = \frac{\left(0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7Mu}{\phi f'_c b d^2}}\right) f'_c}{f_y} bd \quad (4-13)$$

Que se obtiene mediante estas dos ecuaciones:

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad (4-14)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \quad (4-15)$$

Diseño por corte

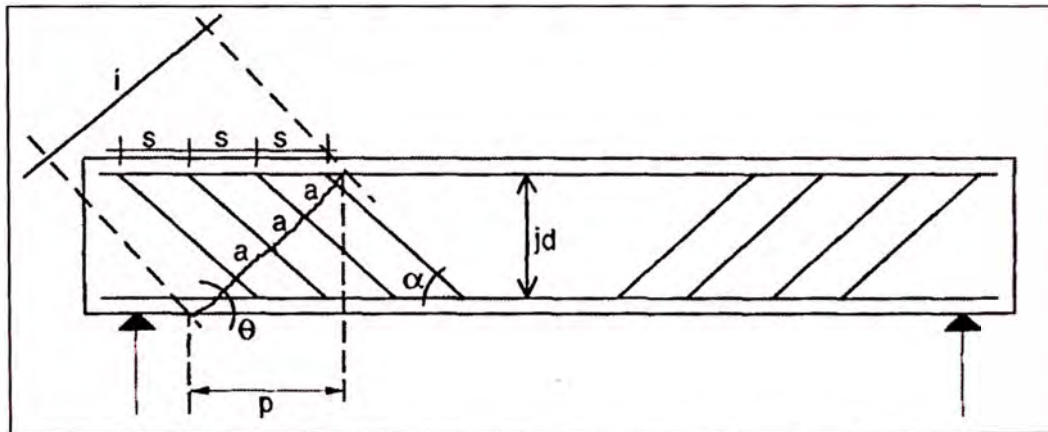


Figura 4-14: Grietas por corte en vigas Fuente: Concreto Armado – R. Morales

La fuerza cortante resistente en una viga, es la que proporciona el concreto y el acero transversal (estribos), es decir:

$$V_n = V_c + V_s \quad (4-16)$$

Las grietas diagonales se producen debido a una tensión diagonal, los cuales son esfuerzos principales de tensión perpendiculares a la grieta.

$$V = V_c + \sum A_v f_v \text{sen}(\alpha) \quad (4-17)$$

Si existen n estribos inclinados dentro de la grieta

$$V = V_c + \sum n A_v f_v \text{sen}(\alpha) \quad (4-18)$$

siendo:

$$n = \frac{i}{a} \quad (4-19)$$

además:

$$i = \frac{p}{\cos(\theta)} \quad (4-20)$$

Por trigonometría se tiene:

$$a = s \frac{\text{sen}(\alpha)}{\text{sen}(\alpha + \theta)} = \frac{s}{\text{sen}(\theta)(\cot(\alpha) + \cot(\theta))} \quad (4-21)$$

Reemplazando los valores de i y a , se tiene:

$$n = \frac{p}{s} \tan(\theta) (\cot(\alpha) + \cot(\theta)) \quad (4-22)$$

Para el instante que se origina la grieta por tracción diagonal, se puede suponer que:

$$\theta = 45^\circ, p = jd \approx d$$

$$n = \frac{d}{s} (\cot(\alpha) + 1)$$

$$V_n = V_c + \frac{d}{s} (\cot(\alpha) + 1) A_v f_v \text{sen}(\alpha)$$

$$V_n = V_c + \frac{A_v f_v d}{s} (\cos(\alpha) + \text{sen}(\alpha)) \quad (4-23)$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} \quad (4-24)$$

ϕ : Factor de resistencia, para fuerza cortante es igual a 0.85. (Morales,2006).

Fuerza cortante que resiste el concreto (V_c)

Según la Norma E-060 de concreto armado se tiene la siguiente expresión:

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'c} bw d \quad (4-25)$$

Donde $f'c$ en kg/cm², bw y d en cm y V_c en kg.

Consideraciones de diseño

Si no existe una carga concentrada entre la cara del apoyo y una sección ubicada a d de ella, entonces el tramo en cuestión se diseñará para un cortante último correspondiente al cortante de la sección ubicada a d de la cara de apoyo. (Morales,2006).

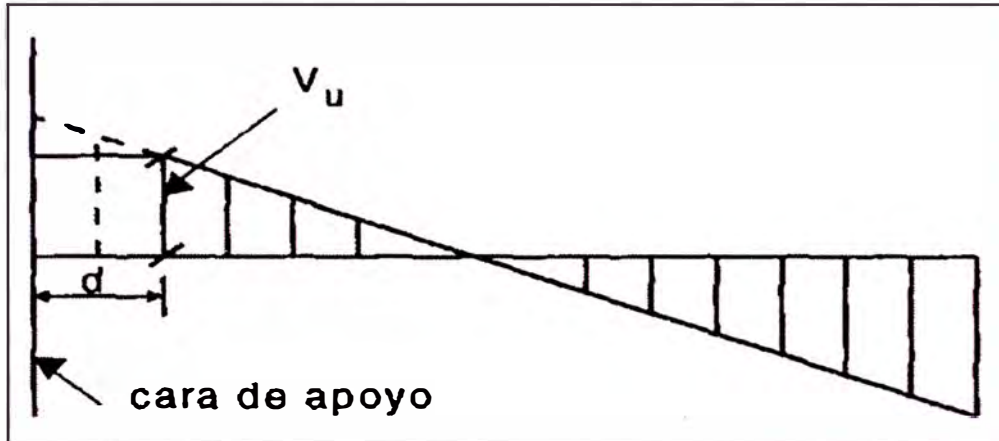


Figura 4-15: Diagrama de Fuerzas cortantes mostrando la sección crítica de diseño. Fuente: Concreto Armado – R. Morales.

Calculo del refuerzo transversal

El refuerzo que se necesitará, tendrá que resistir:

$$V_s = V_n - V_c \quad (4-26)$$

entonces de la expresión:

$$V_s = \frac{A_v f_v d}{s} (\cos(\alpha) + \text{sen}(\alpha)) \quad (4-27)$$

Se despeja s :

$$s = \frac{A_v f_v d}{V_s} (\cos(\alpha) + \text{sen}(\alpha)) \quad (4-28)$$

Que será el espaciamiento a que se encuentre los estribos que tienen un área A_v .

Si se usan estribos verticales, entonces se tiene $\alpha = 90^\circ$. Se tendrá:

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (4-29)$$

Requisitos mínimos para el diseño por corte

- Si $V_n \leq \frac{V_c}{2}$, entonces no se necesita ningún tipo de refuerzo transversal.
- Si $V_n > \frac{V_c}{2}$ y $V_n \leq V_c$, entonces se necesita un refuerzo transversal mínimo.

$$A_{vmin} = 3.5 bw \frac{s}{f_y}$$

donde: $s \leq \frac{d}{2}$ y $s \leq 60cm$

- Si $V_n > V_c$, se tiene:
- Si $V_s \leq 1.06 \sqrt{f'c} bw d$, entonces $s \leq \frac{d}{2}$ y $s \leq 60cm$
- Si $V_s > 1.06 \sqrt{f'c} bw d$ y $V_s \leq 2.12 \sqrt{f'c} bw d$, entonces $s \leq \frac{d}{4}$ y $s \leq 30cm$
- Si $V_s > 2.12 \sqrt{f'c} bw d$, entonces:
 - Cambiar la sección.
 - Mejorar la calidad del concreto.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE PLATAFORMA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

5.1 ENTORNO DEL APLICATIVO MÓVIL

5.1.1 Interfaz del programa

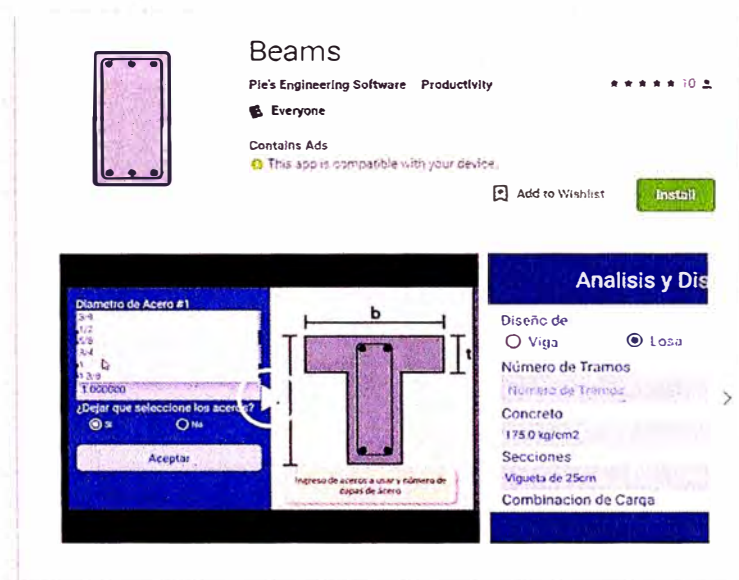


Figura 5-16: Aplicación en el Google PlayStore.

El aplicativo móvil se encuentra disponible en el Google Playstore, de donde el cual se puede descargar de manera gratuita. El aplicativo móvil ha sido diseñado para que sea fácil de entender y usar, por lo que consta de diversos layouts de los cuales se tienen 3 pantallas principales:

- Ingreso de datos
- Menú principal
- Resultados

5.2 DESCRIPCION DE LAS PANTALLAS PRINCIPALES DEL APLICATIVO

Se describe a continuación en forma breve las pantallas con las que cuenta el aplicativo móvil 'Vigas'.

5.2.1 Pantalla 'Ingreso de datos'

La pantalla 'Ingreso de datos' permite ingresar los datos esenciales de la viga o losa como: número de tramos, materiales a usar, la sección a usar, carga viva por norma, combinación de cargas, etc. Desde esta pantalla, se pueden ingresar a diversas sub pantallas, en las cuales se pueden ingresar datos de materiales, secciones, combinaciones de carga, carga viva por norma, que no se encuentren en la base de datos original del aplicativo móvil.

Figura 5-17: Pantalla 'Ingreso de Datos'.

Sub pantalla 'Materiales – Concreto y acero de refuerzo'

En esta sub pantalla, se pueden editar los tipos de materiales (concreto y acero de refuerzo) que se desee utilizar para el análisis y diseño de la viga o losa; donde se puede añadir, modificar y eliminar los materiales asignados. Por defecto el aplicativo móvil consta con una base de datos de las resistencias de concreto y acero más utilizadas.

| | | |
|----------|--------------------------|---|
| Concreto | 175.0 kg/cm ² | Modulo de Elasticidad 2170000.0 T/m ² |
| | 210.0 kg/cm ² | |
| Acero | 280.0 kg/cm ² | Resistencia 2100.0 T/m ² |
| | 350.0 kg/cm ² | |
| | 380.0 kg/cm ² | |
| | 400.0 kg/cm ² | |
| | 450.0 kg/cm ² | |

+
-

Figura 5-18: Sub pantalla ‘Materiales – Concreto y acero de refuerzo’.

Sub pantalla ‘Secciones – Viga/Losa’

En esta sub pantalla, se pueden editar las secciones de viga o losa que se desee utilizar para el análisis y diseño de estas; donde se puede añadir, modificar y eliminar las secciones asignadas. Por defecto el aplicativo móvil contiene las viguetas de 17, 20, 25 y 30 cm y las vigas de 30x60cm y 30x70cm.

| | | |
|-----------------|-----------|-------|
| Vigueta de 25cm | V.30x.60m | |
| Vigueta de 20cm | 0.3 m | 0.6 m |
| Vigueta de 30cm | 0.0 m | 0.0 m |
| Vigueta de 17cm | | |
| V.30x.60m | | |
| V.30x.70m | | |

+
-

Figura 5-19: Sub pantalla ‘Secciones – Viga/Losa’.

Sub pantalla 'Carga viva por norma'

En esta sub pantalla, se puede editar la carga viva que se desee utilizar para el análisis y diseño de vigas y losas; donde se puede añadir, modificar y eliminar dicha carga viva. Por defecto el aplicativo móvil viene con la base de datos de la norma E-020 de cargas.

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Ninguna | Etiqueta |
| Almacenaje | <u>Biblioteca (Sala Lectura)</u> |
| Banos | Carga Norma (Viva) |
| Biblioteca (Sala Lectura) | 0.3 T/m2 |
| Biblioteca (Corredores) | |
| Biblioteca (Almacenaje) | |
| Aulas | |

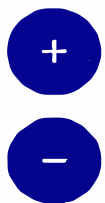


Figura 5-20: Pantalla 'Carga viva por norma'.

Sub pantalla 'Combinación de cargas'

En esta sub pantalla se pueden editar las combinaciones de carga que se le asigna al análisis y diseño de viga o losa. Se pueden añadir, modificar o eliminar las combinaciones de carga. Solo se tendrán combinaciones de carga muerta, viva y por sismo. El aplicativo cuenta en su base de datos con las combinaciones de carga de la norma ACI 318-14, NTE E-060, ACI 318-98 y ACI318-02.

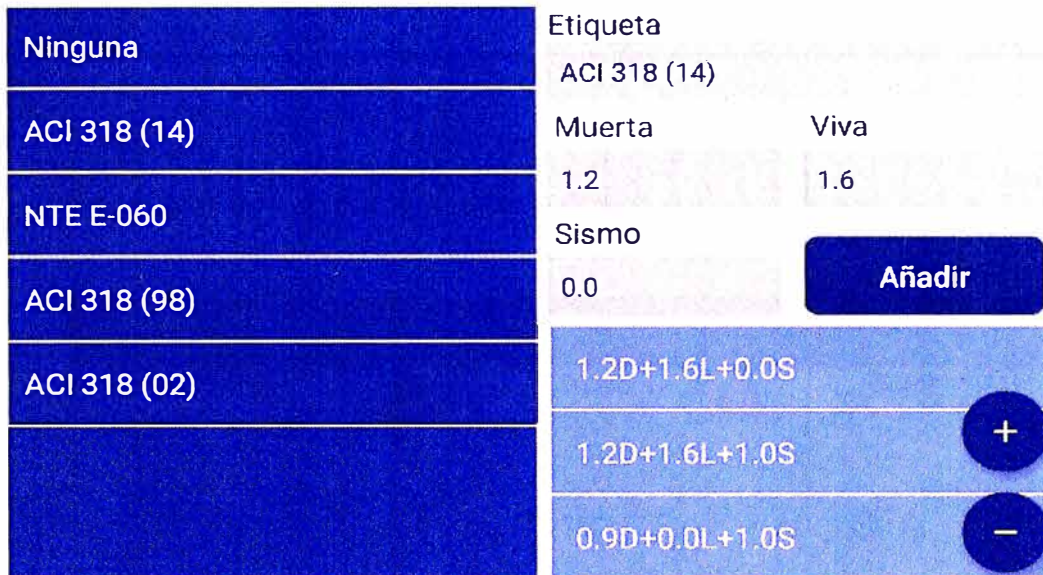


Figura 5-21: Sub pantalla 'Combinación de cargas'.

5.2.2 Pantalla 'Menú principal'

La pantalla 'Menú principal' permite visualizar la viga/losa y asignarle restricciones en los nudos, cargas distribuidas (muertas o vivas), cargas puntuales (muertas), longitudes a los tramos, momentos producidos por sismo y asignarle que diámetro de barras de acero se utilizaran en el diseño. Para la asignación de restricciones, momentos producidos por sismo y selección de diámetro de barras de acero, se cuentan con sub pantallas las cuales se explicarán en las siguientes líneas.

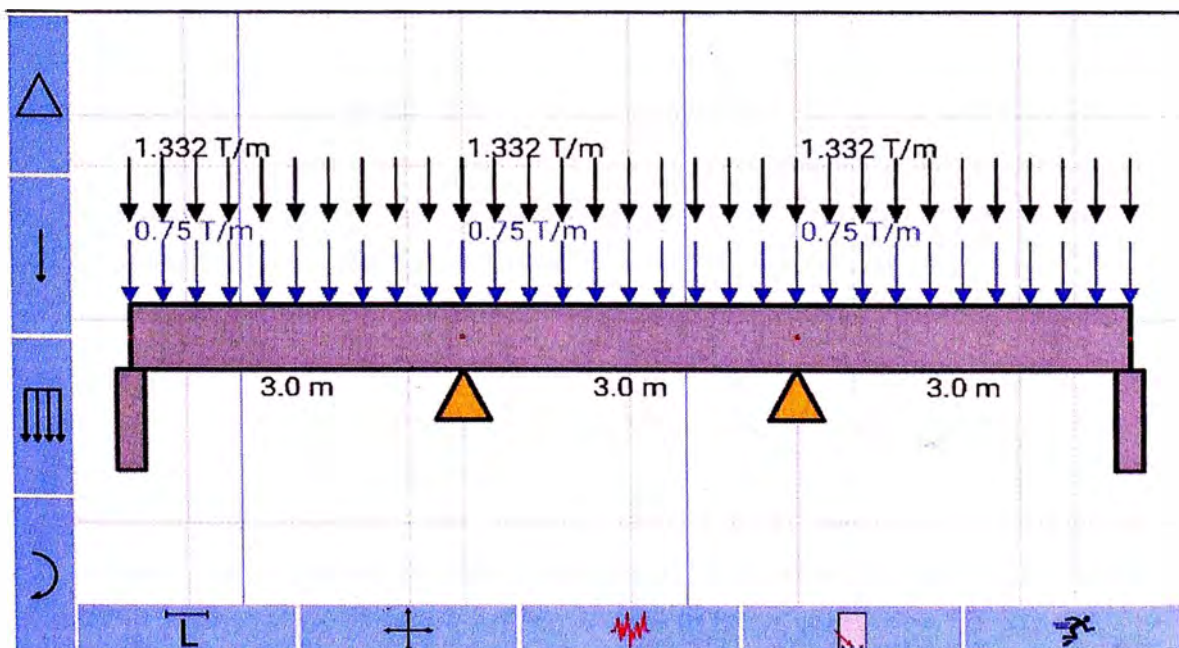


Figura 5-22: Pantalla 'Menú Principal'.

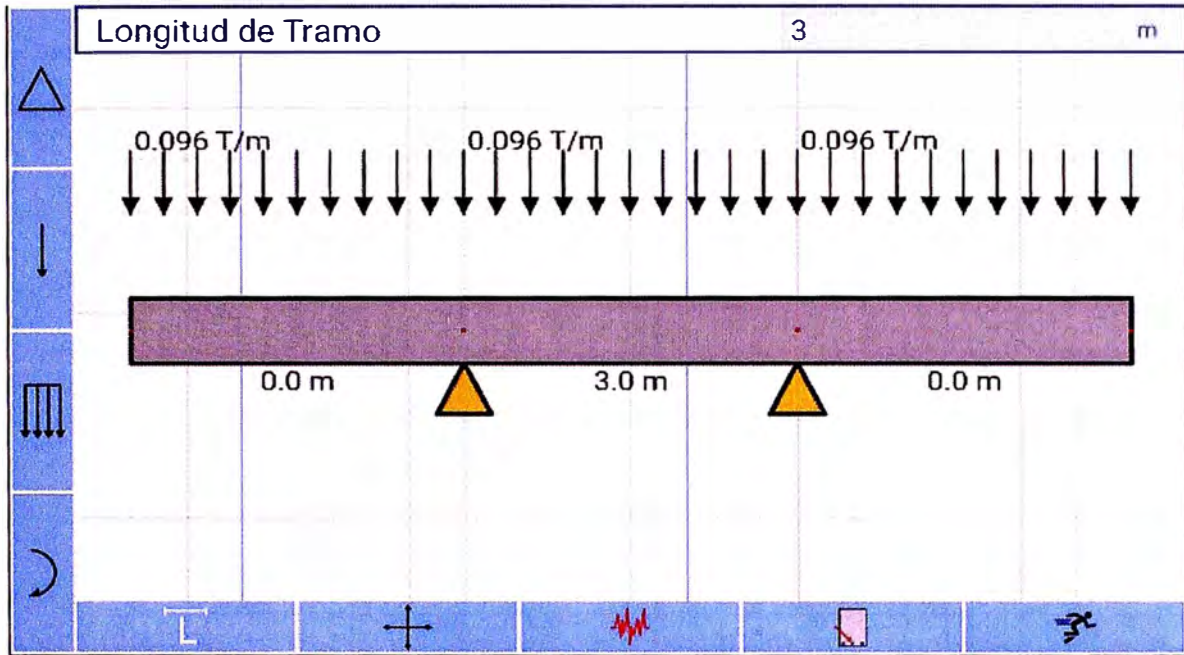


Figura 5-23: Pantalla 'Menú Principal' – Ingreso de longitud de tramo.

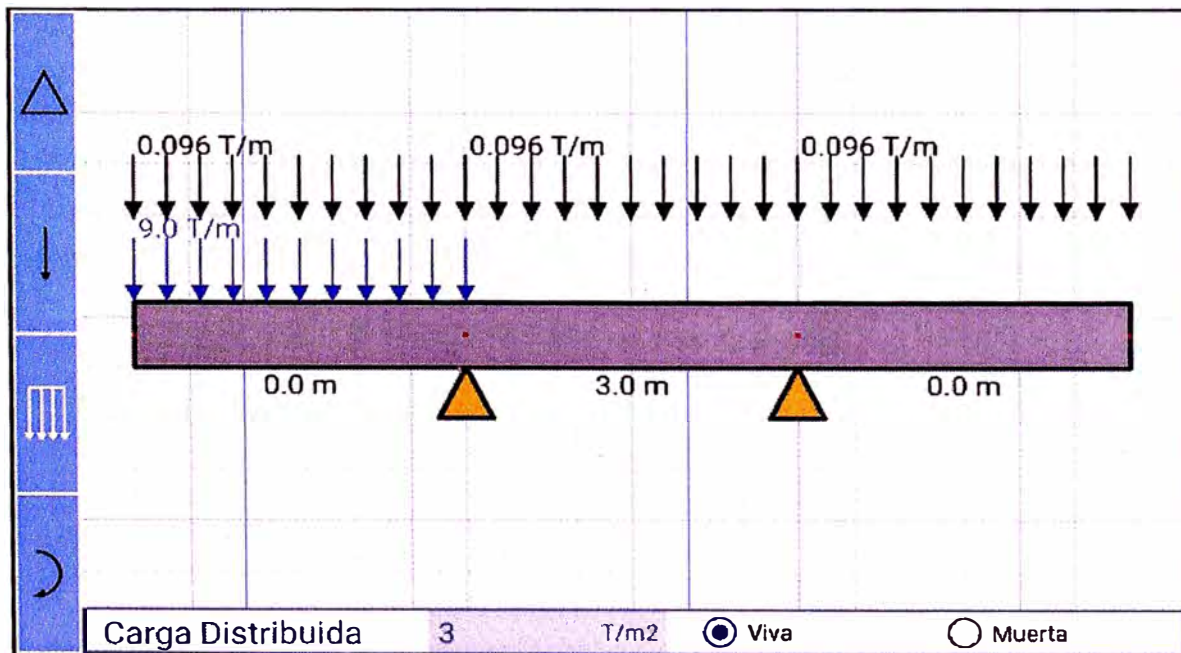


Figura 5-24: Pantalla 'Menú Principal' – Ingreso de carga distribuida

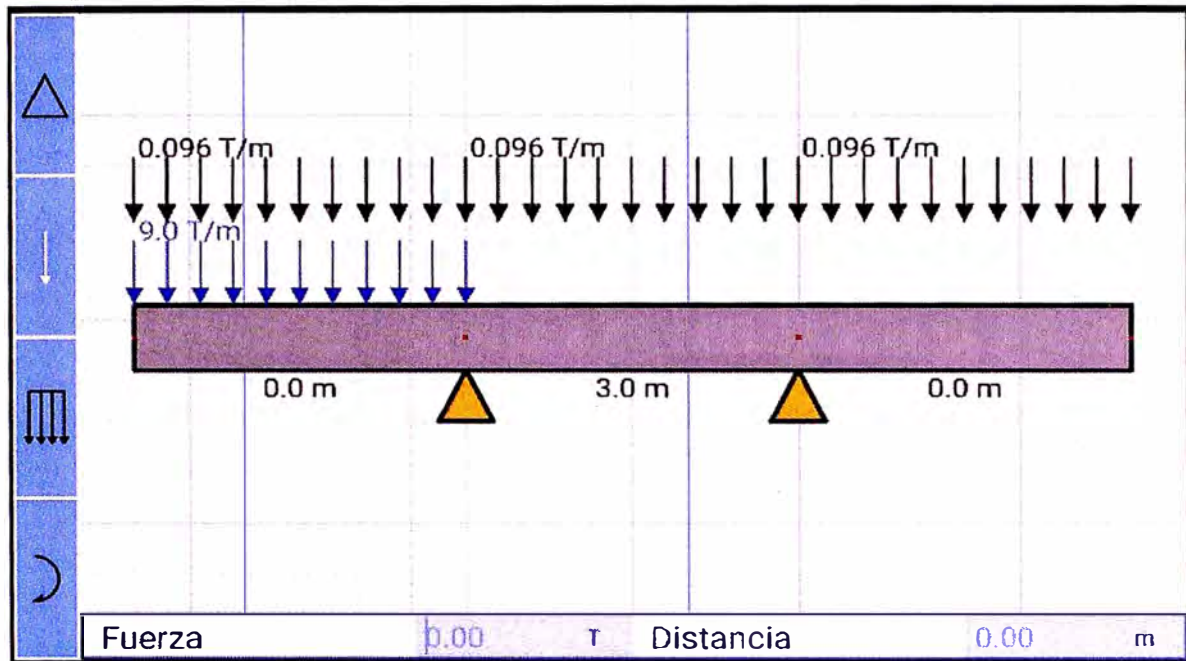


Figura 5-25: Pantalla 'Menú Principal' – Ingreso de carga puntual.

Sub pantalla 'Restricciones'

En esta sub pantalla se puede elegir el tipo de restricción (fijo, empotrado, rotula o columna) que se querrá asignar a la viga o losa. Se puede asignar un ancho de apoyo y asentamiento si es que lo hubiese. Para el caso de restricción tipo columna, se puede asignar la sección de la columna piso arriba y piso abajo.

| | | | |
|------------------------|----------------|----------------|---|
| Apoyo Fijo | Ancho de Apoyo | 0.00 | m |
| Empotrado | Asentamiento | 0.00 | m |
| Rotula | Piso abajo | Altura columna | m |
| Columna o placa | Seccion | C20x20 | |
| Sin Apoyo | Piso arriba | Altura columna | m |
| | Seccion | C20x20 | |

Figura 5-26: Sub pantalla 'Restricciones'.

Sub pantalla 'Momentos por sismo'

En esta sub pantalla se le podrán asignar a cada elemento de la viga/losa momentos producidos por sismo.

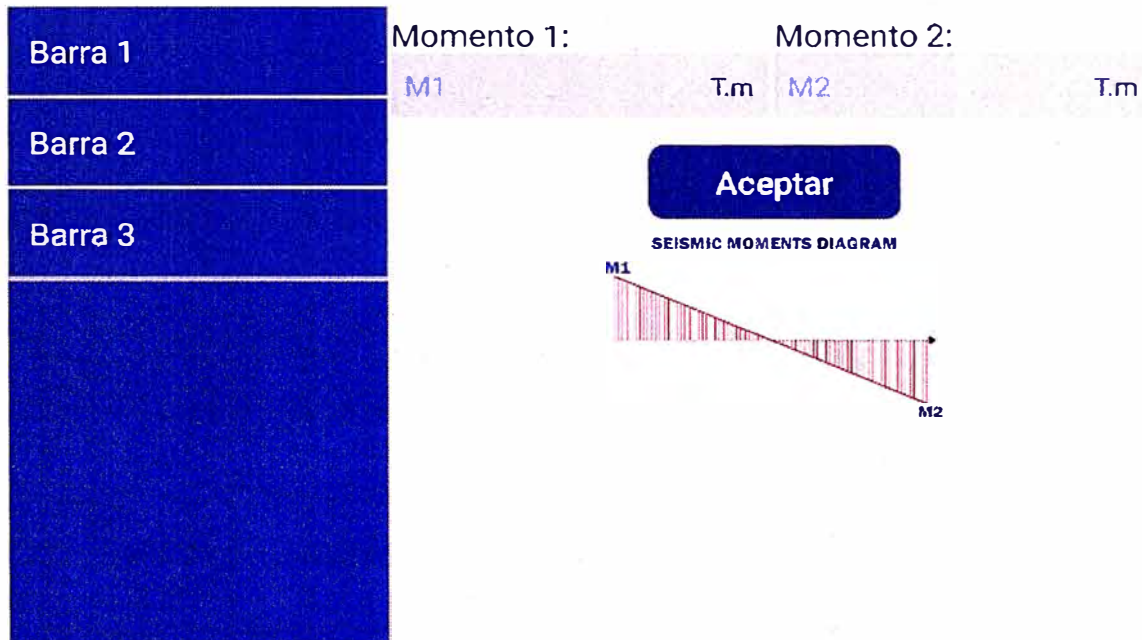


Figura 5-27: Sub pantalla 'Momentos por sismo'.

Sub pantalla 'Selección de aceros'

En esta sub pantalla se puede elegir el número de capas de acero y el diámetro de las barras de acero a utilizar. También hay una opción para que el aplicativo móvil seleccione los diámetros automáticamente mediante un proceso de optimización.

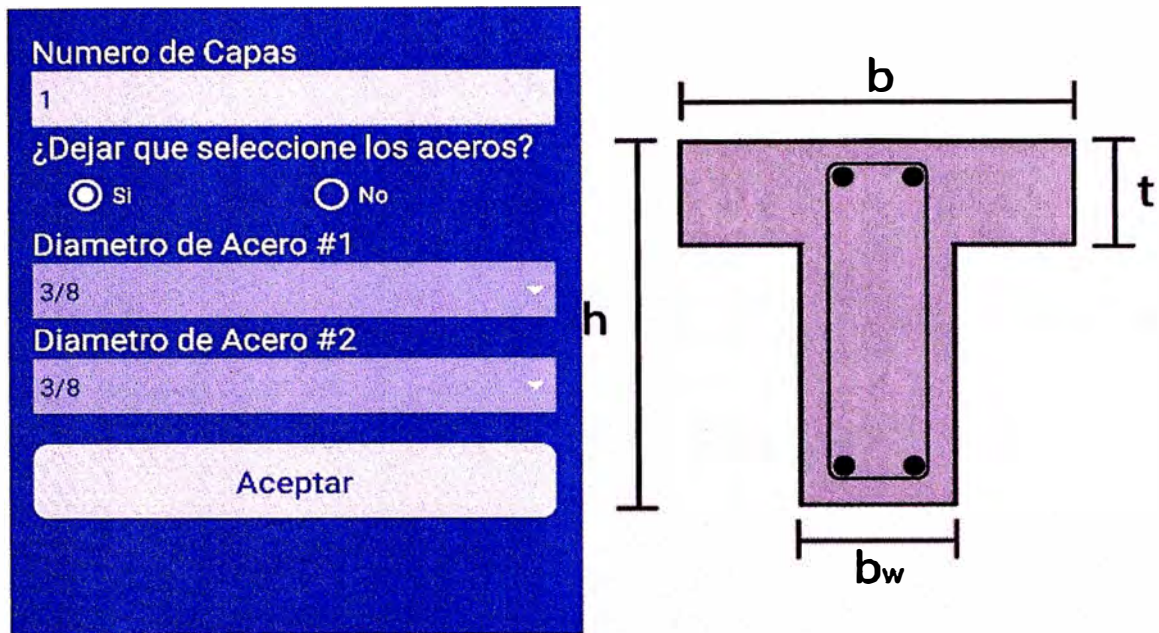


Figura 5-28: Sub pantalla 'Selección de aceros'.

5.2.3 Pantalla 'Resultados'

La pantalla 'Resultados' permite visualizar el diseño de la viga/losa con los aceros de refuerzo dibujados, una gráfica de envolvente de momentos flectores y envolvente de fuerzas cortantes. También permite realizar un reporte en pdf de los datos ingresados y los resultados del aplicativo móvil.

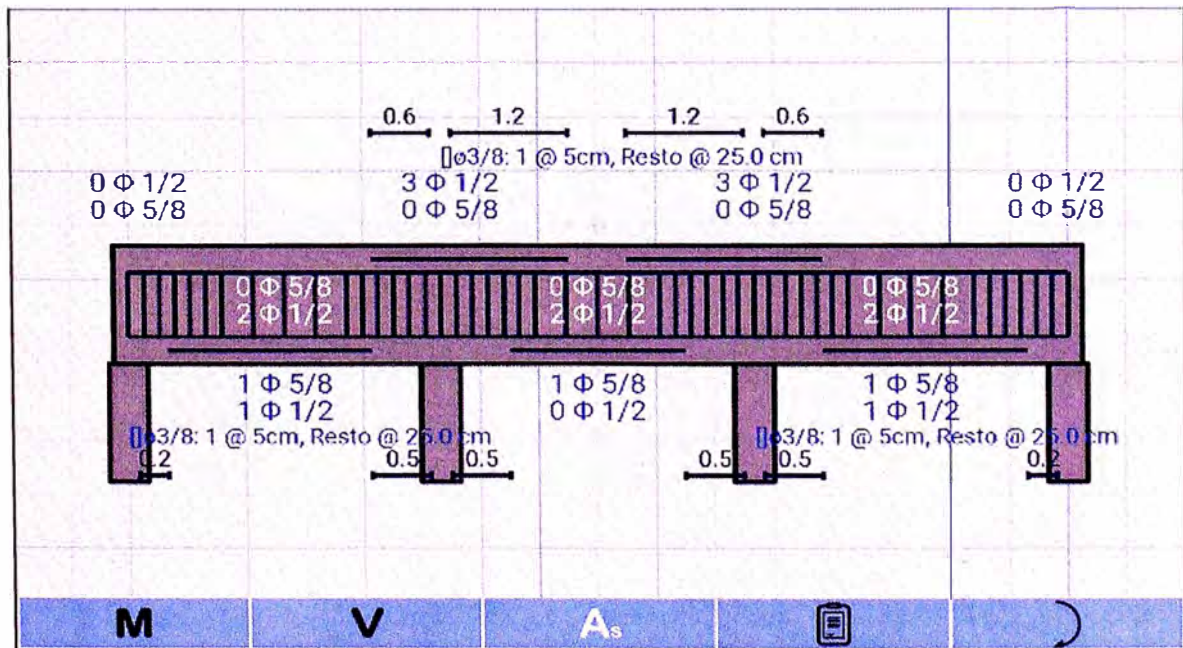


Figura 5-29: Pantalla 'Resultados' – Diseño de viga/losa.

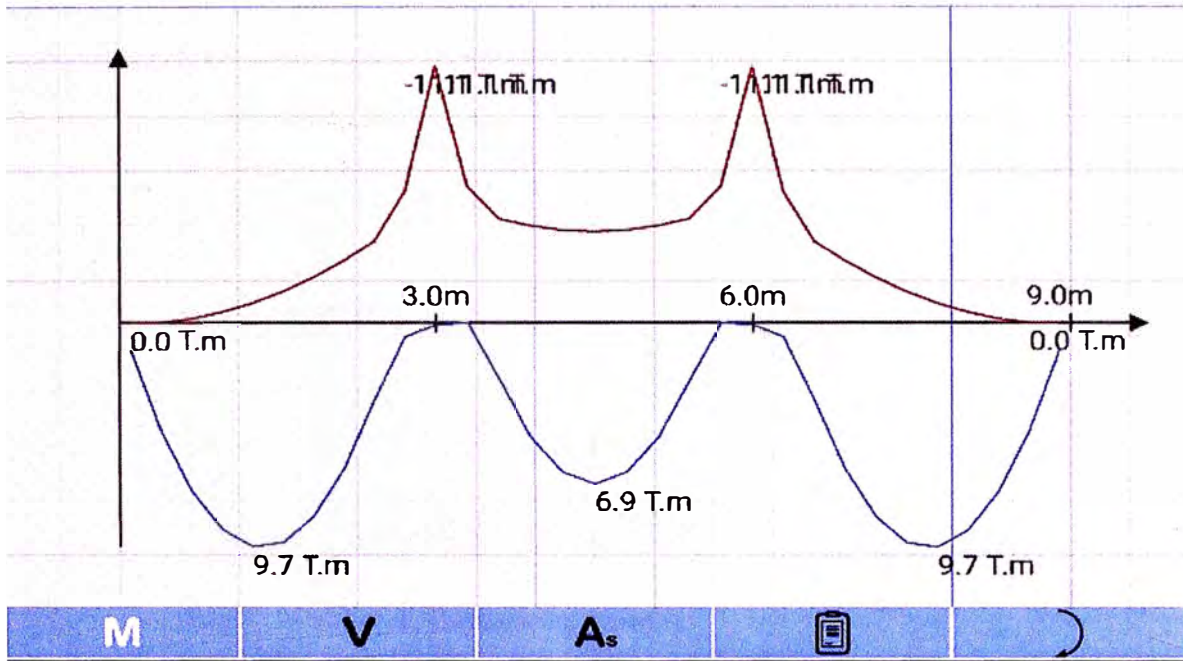


Figura 5-30: Pantalla 'Resultados' – Grafica de envolvente de momentos flectores.

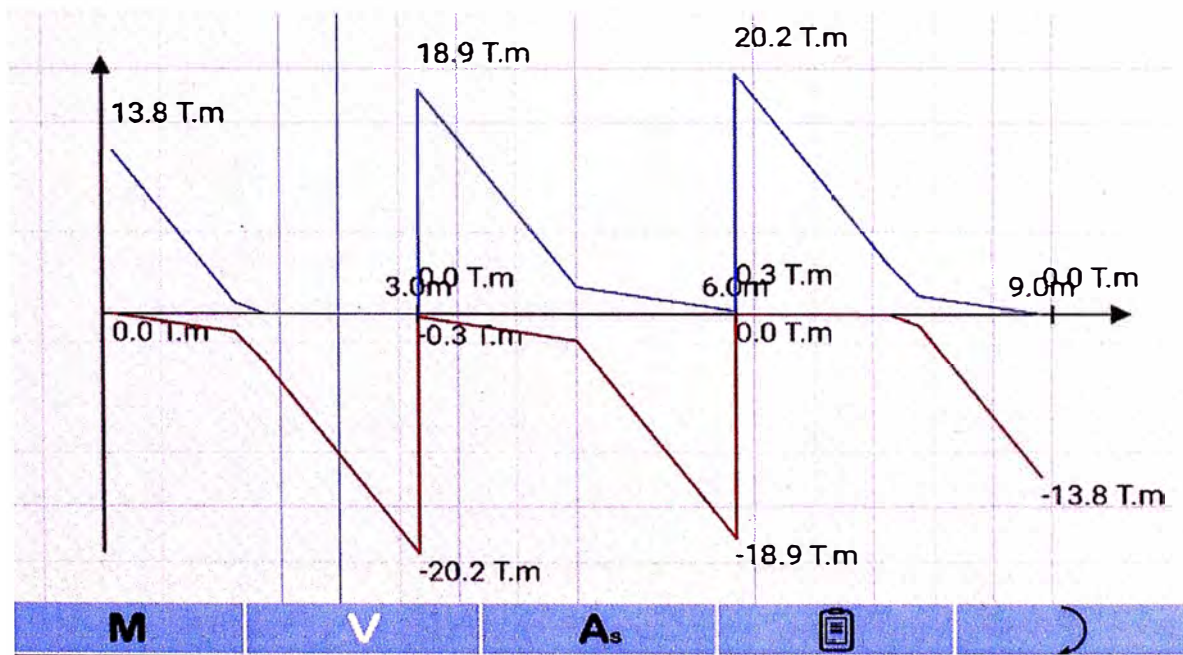
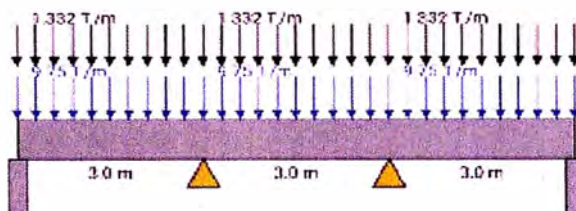


Figura 5-31: Pantalla 'Resultados' – Grafica de envolvente de fuerzas cortantes.

REPORTE DE RESULTADOS

| | |
|------------------------------------|---|
| Datos Ingresados: | |
| Diseño de Viga: | Peso de losa: 0.3 T/m ² |
| Número de Tramos: 3 | Ancho Colocante: 3.0 m |
| Concreto: 210.0 kg/cm ² | Axero: 4200.0 kg/cm ² |
| Secciones: V.30x.60m | Carga por Norma: Oficina (0.25 T/m ²) |
| Combinación de Carga: Ninguna | |



Momentos Sísmicos Ingresados:

| | | |
|-------------------|--|-------------------|
| Barra 1: | | |
| Momento 1: 0.01 m | | Momento 2: 0.01 m |
| Barra 2: | | |
| Momento 1: 0.01 m | | Momento 2: 0.01 m |
| Barra 3: | | |
| Momento 1: 0.01 m | | Momento 2: 0.01 m |

Resultados

Momentos Flectores:



Figura 5-32: Pantalla 'Resultados' – Pdf.

La aplicación móvil 'Vigas' está diseñada para que el usuario intuitivamente pueda definir y obtener resultados de cualquier estructura tipo viga que plantee. Además, consta con diferentes gráficos para poder visualizar los resultados de las fuerzas internas actuantes en la estructura como fuerzas cortantes y momentos flectores. Finalmente, el aplicativo móvil realiza un sketch del diseño del elemento y una memoria de cálculo que puede ser enviada fácilmente por correo.

CAPÍTULO VI: APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL APLICATIVO

6.1 VALIDACION DEL PROGRAMA

Para validar el programa se analizarán dos tipos de estructuras distintas. Se calcularán los momentos flectores y fuerzas cortantes y además se diseñará el elemento, mediante el uso de los programas:

- SAP 20000 V20.
- Vigas.xlsm (Hoja de cálculo para analizar y diseñar vigas del Phd. H. Scaletti)
- La app móvil Vigas o Beams.

Obtenidos los resultados, se realizará una comparación y verificación de que los valores obtenidos mediante los distintos procedimientos son similares, y así quedara validado el buen funcionamiento del programa.

6.1.1 Estructura N° 01 – Análisis de vigas con asentamiento

Se desarrollará el análisis de una viga continua de 4 tramos (Figura 5-33) de 3.0m, 4.0m, 5.0m y 4.0m, con asentamiento de 1mm en los extremos, expuesta a cargas muertas debido al peso propio de la estructura (CM) y carga viva debido a la carga viva por norma en oficinas (LV). La viga tendrá una sección rectangular de 30cm x 60cm, un ancho colaborante de 3.0m y el peso de la losa será de 300kg/m².

- $CM = W_{viga} + W_{losa} = 2400 \times 0.30 \times 0.60 + 300 \times 3.0 = 1332 \frac{kg}{m} = 1.332 t/m$
- $LV = W_{norma} = 250 \times 3.0 = 750 \frac{kg}{m} = 0.75 t/m$
- Se usará concreto de 280 kg/cm² y acero de 4200 kg/cm².

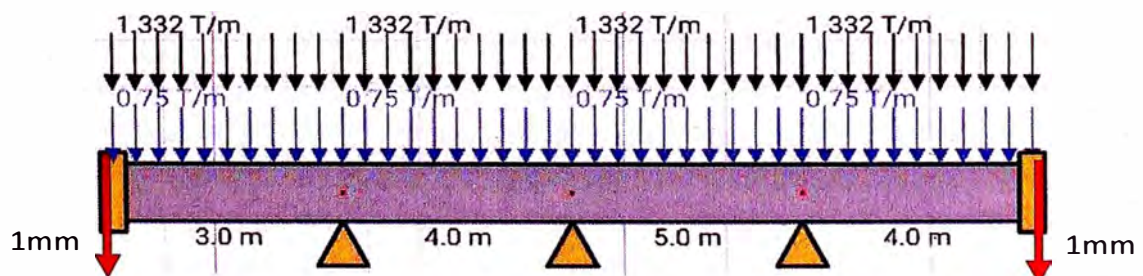


Figura 5-33: Análisis de vigas con asentamiento de 1mm en los extremos.

Usando aplicativo móvil Vigas

Ingreso de datos al aplicativo móvil Vigas

En la pantalla ingreso de datos, se ingresarán todos los datos del problema a analizar:

- Diseño de: vigas
- Peso de losa: 0.30 t/m^2
- Número de tramos: 4
- Ancho colaborante: 3.00 m
- Concreto: 280 kg/cm^2
- Acero: 4200 kg/cm^2
- Sección: Viga 30cm x 60cm
- Carga viva por norma: Oficinas (250 kg/m^2)
- Combinación de cargas: NTE-060 (1.4CM+1.7LV)

| Análisis y Diseño de Vigas y Losas | |
|--|----------------------|
| Diseño de: | Peso de losa: |
| <input checked="" type="radio"/> Viga <input type="radio"/> Losa Aligerada | .3 T/m2 |
| Ancho Colaborante | Número de Tramos |
| 3 m | 4 |
| Concreto | Acero |
| 280.0 kg/cm2 | 4200.0 kg/cm2 |
| Secciones | Carga Norma (Viva) |
| V.30x.60m | Viviendas |
| Acero Estribo | Combinación de Carga |
| 2800.0 kg/cm2 | NTE E-060 |
| Nuevo | |
| Aceptar | |

Figura 5-34: Ingreso de datos en el aplicativo móvil.

Luego de ello, se presionará el botón aceptar y se procederá con la siguiente pantalla: Menú principal, en donde se ingresarán las longitudes, restricciones, asentamientos y aceros a utilizar.

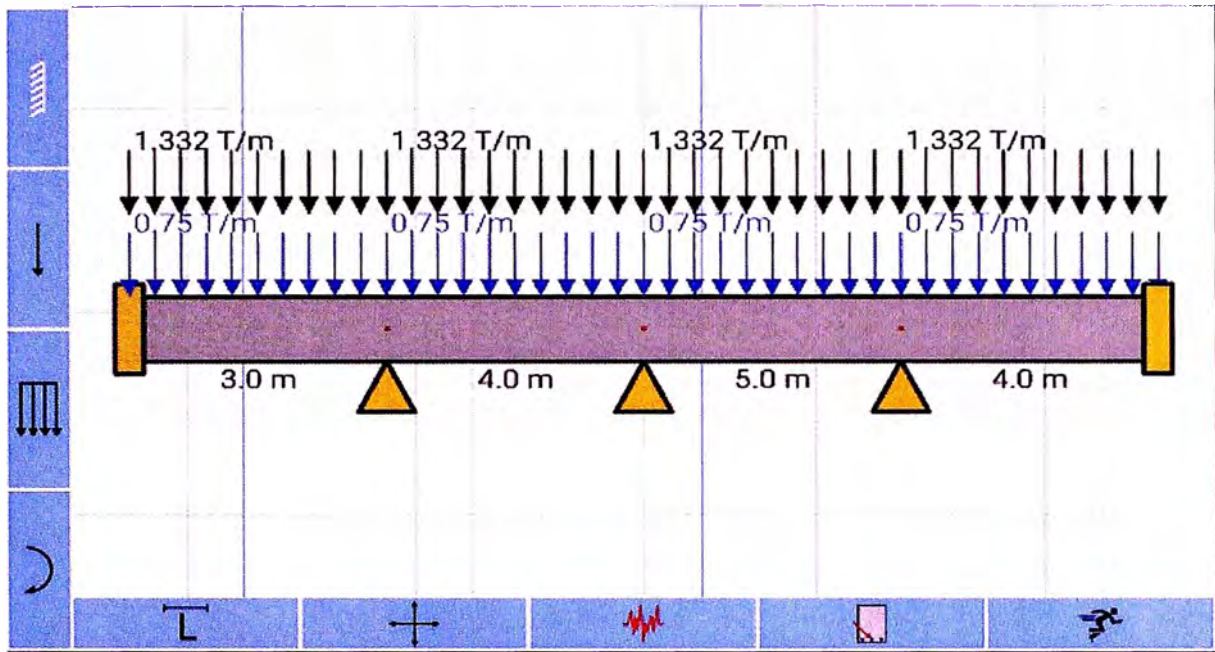


Figura 5-35: Ingreso de longitudes.

| | | | |
|-----------------|----------------|-----------------|---|
| Apoyo Fijo | Ancho de Apoyo | 3.00 | m |
| Empotrado | Asentamiento | 0.001 | m |
| Rótula | Piso abajo | Altura columna | m |
| Columna o placa | Sección | C20x20 | |
| Sin Apoyo | Piso arriba | Altura columnas | m |
| | Sección | C20x20 | |

Figura 5-36: Ingreso de restricciones y asentamientos.

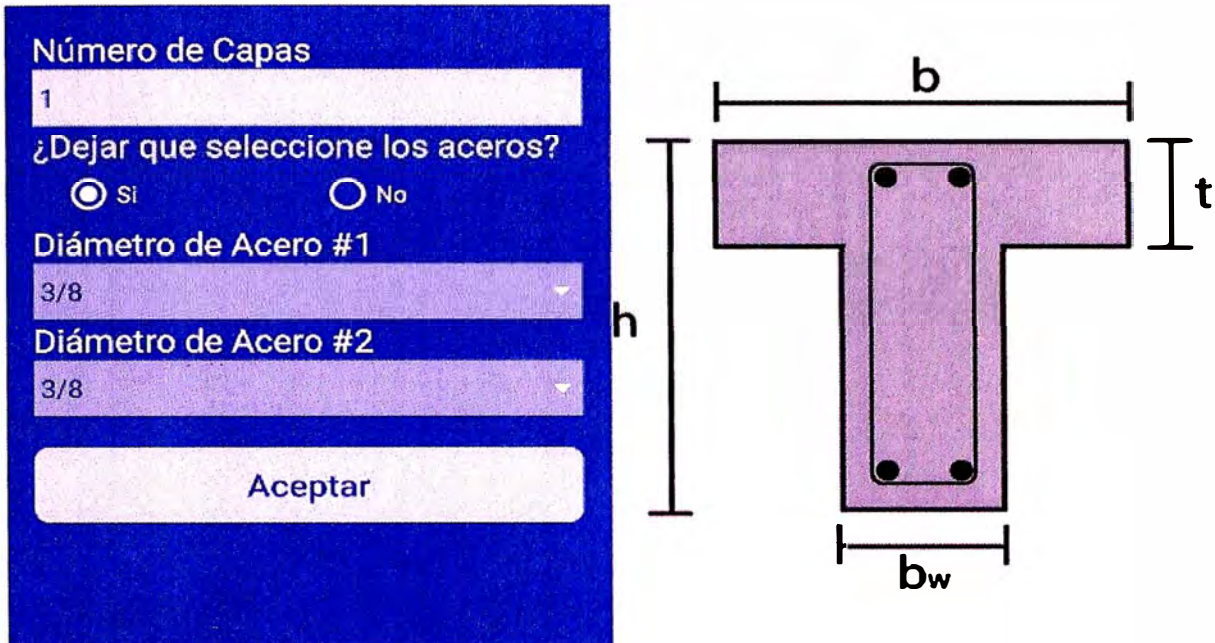


Figura 5-37: Ingreso de aceros a utilizar.

Resultados del aplicativo móvil Vigas

Terminado el ingreso de todos los datos necesarios, se corre el programa y se ven los resultados:

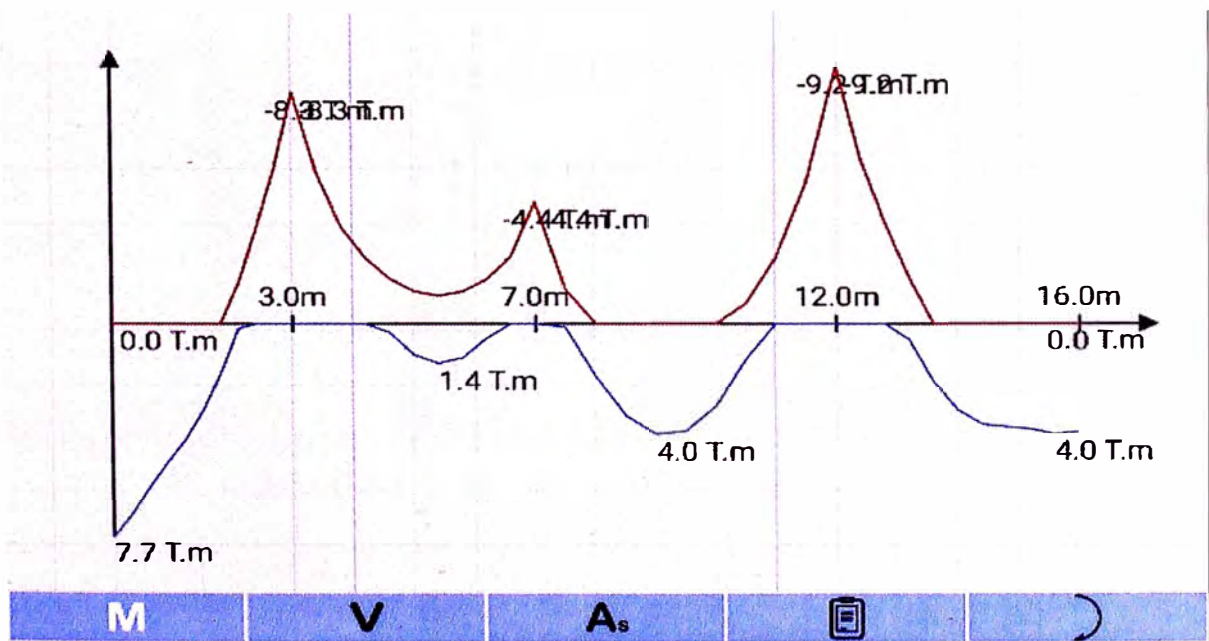


Figura 5-38: Envolvente de momentos flectores de la estructura.

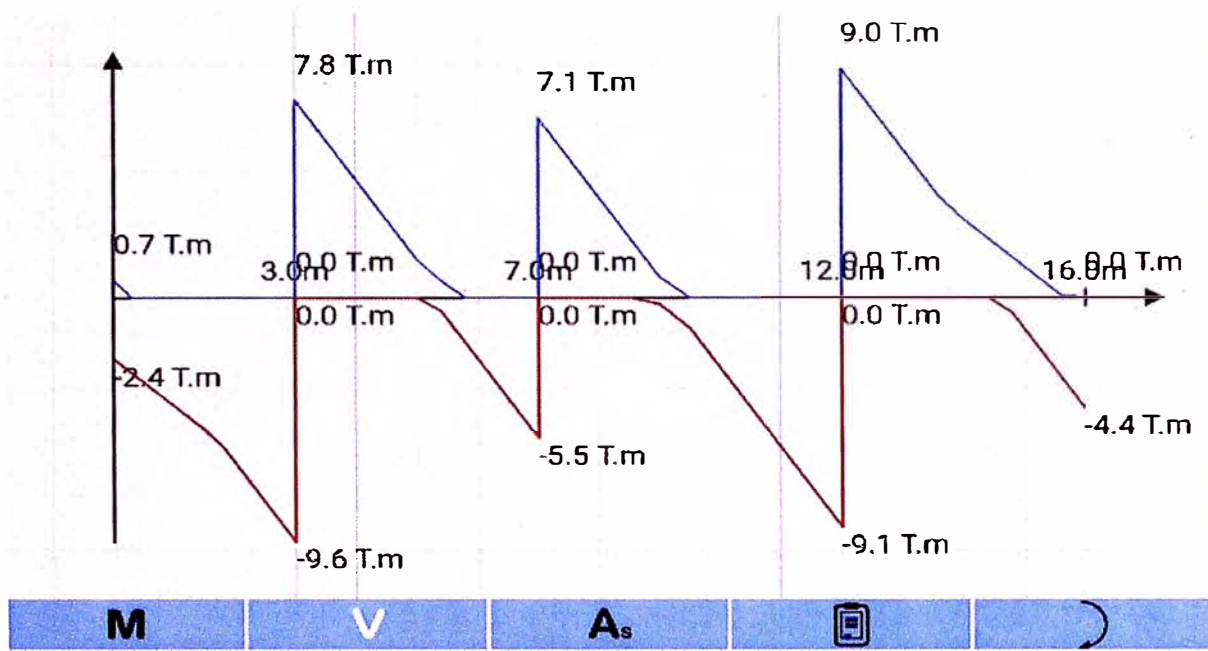


Figura 5-39: Envolvente de fuerzas cortantes de la estructura.

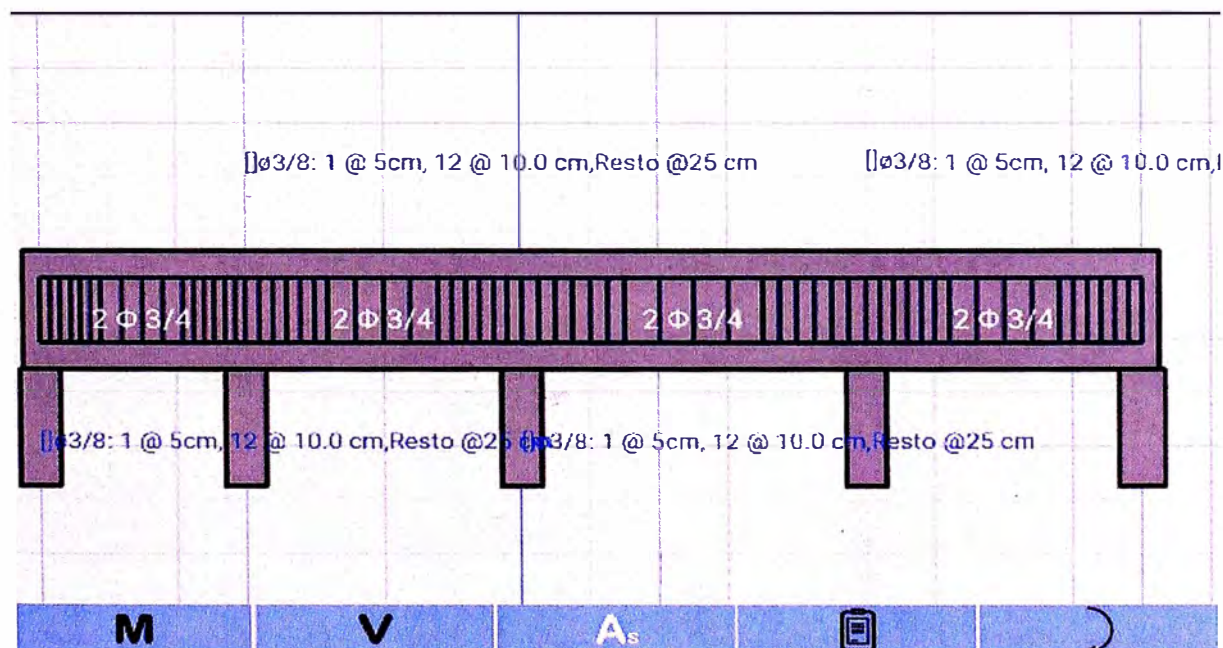


Figura 5-40: Diseño de la viga de concreto armado.

Usando el programa SAP2000 v20

Ingresando los datos al programa SAP2000 v20

Al usar el programa SAP2000, se necesita una malla para poder dibujar la estructura (Figura 5-41). Luego se tendrá que añadir los materiales y secciones a utilizar (Figura 5-42 - Figura 5-43).

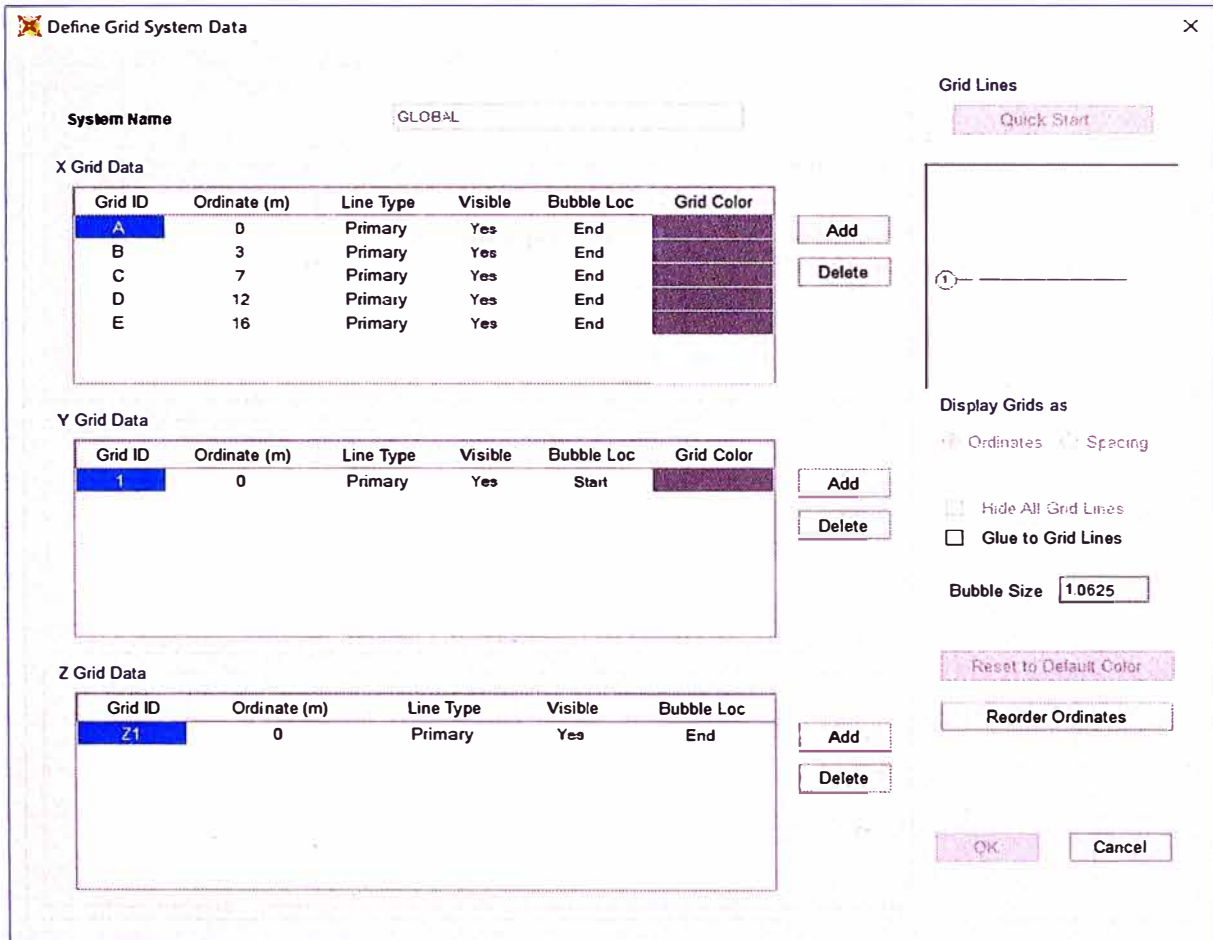


Figura 5-41: Definición de la malla. Fuente: SAP2000.

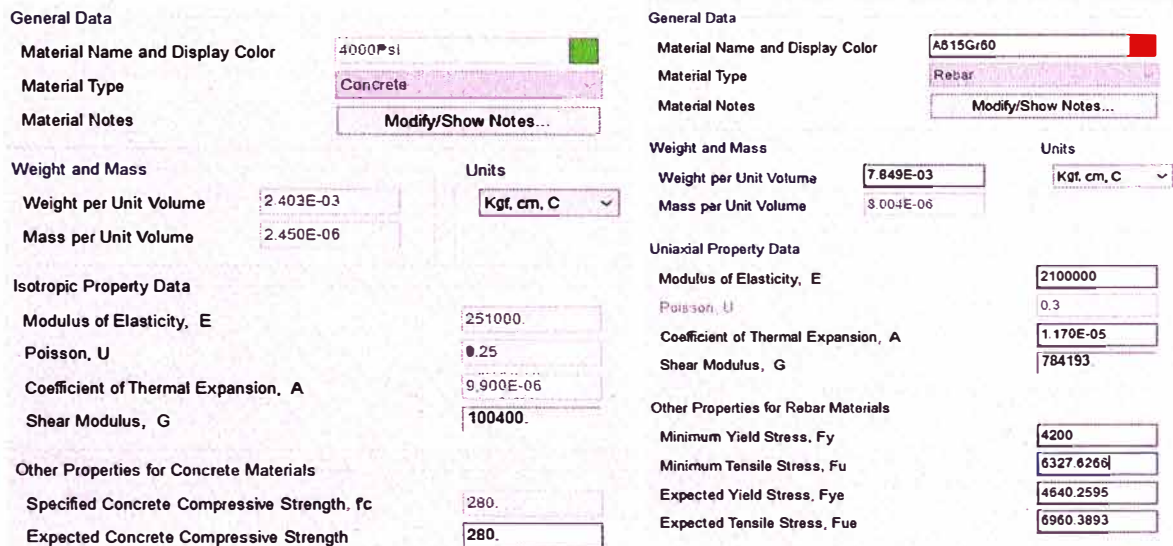


Figura 5-42: Definición de materiales (Concreto y acero). Fuente: SAP2000.

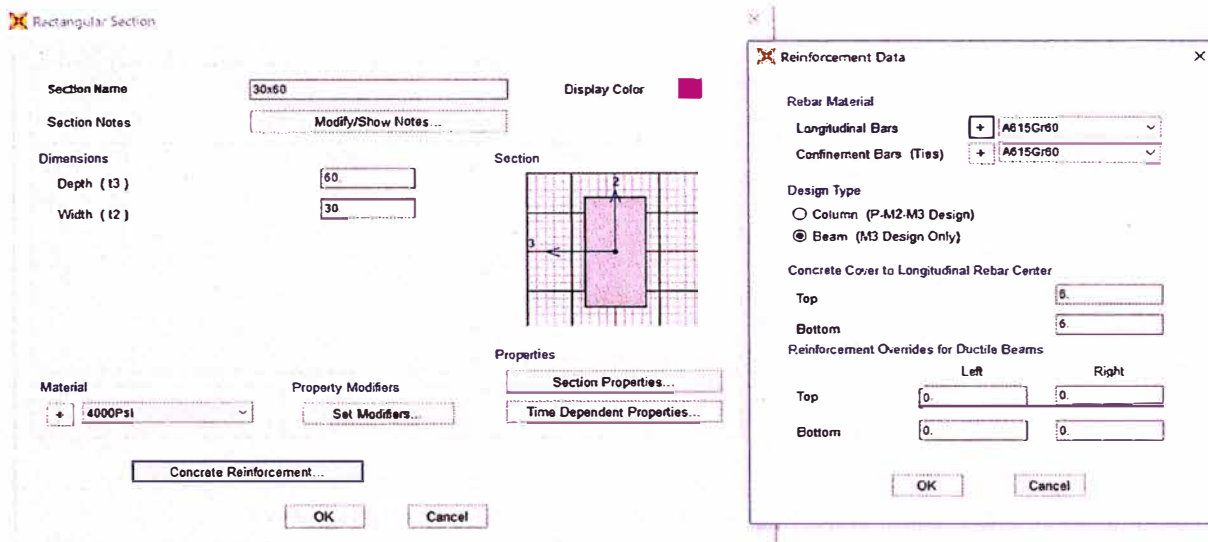


Figura 5-43: Definición de secciones. Fuente: SAP2000.

Una vez ingresados los materiales y secciones, se dibujará la viga, se añadirán los estados de carga (Dead y Live) y se le añadirán las cargas muertas (Figura 5-44), vivas (Figura 5-45) y los asentamientos (Figura 5-46). La carga viva se analizará por tramos y se realizara una combinación para calcular el momento positivo y negativo máximo.

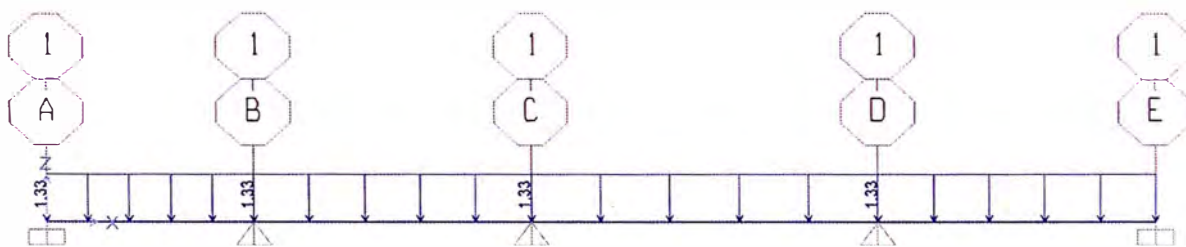


Figura 5-44: Carga muerta en la viga. Fuente: SAP2000.

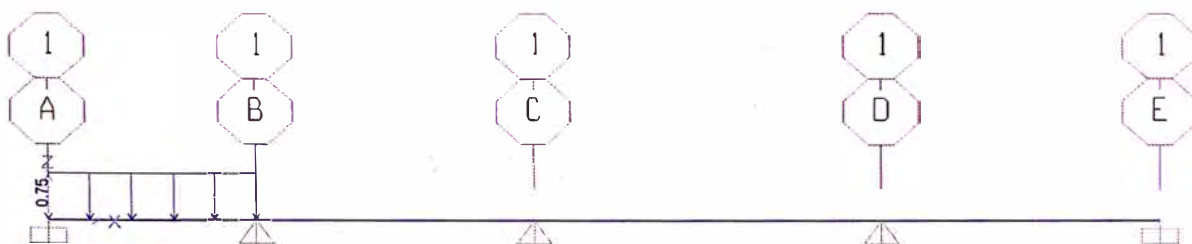


Figura 5-45: Carga viva en la viga (tramo 1). Fuente: SAP2000.

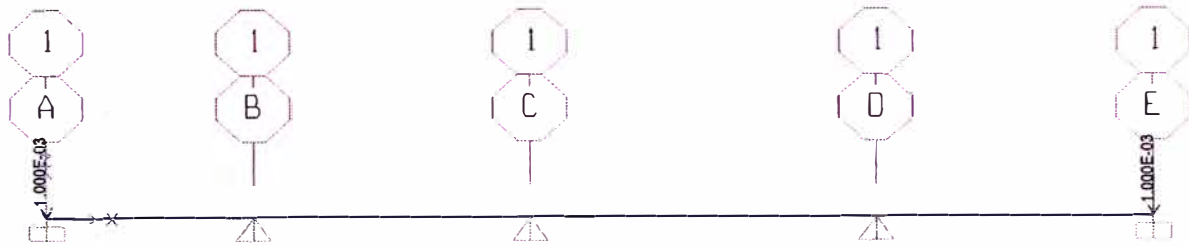


Figura 5-46: Asentamientos. Fuente: SAP2000.

Luego, se ingresarán las combinaciones de carga (Figura 5-47) para luego correr el programa y ver los resultados.

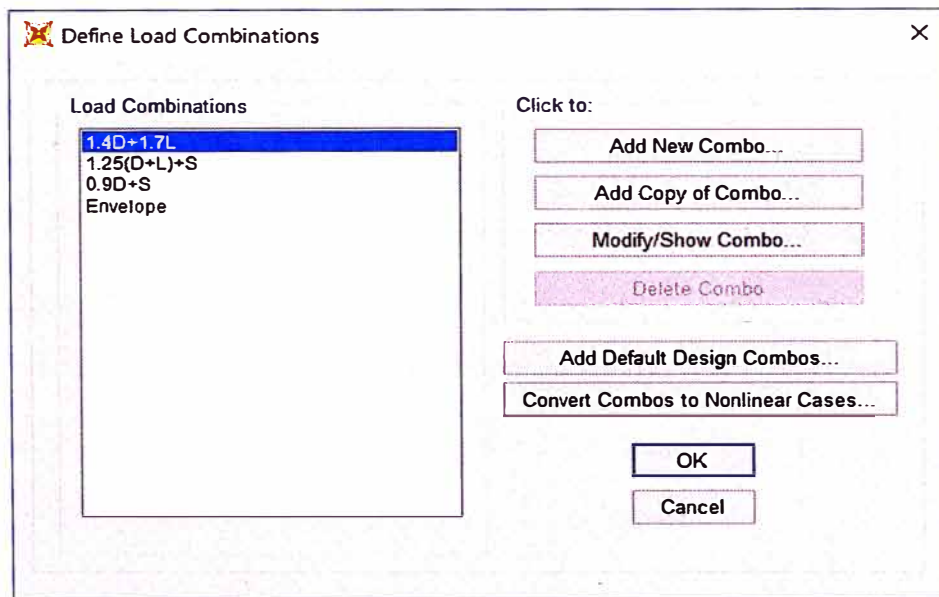


Figura 5-47: Definición de las combinaciones de carga. Fuente: SAP2000.

Resultados del programa

Momentos flectores

En esta sección se mostrarán imágenes tomadas del programa mostrando los momentos flectores máximos positivos y negativos.

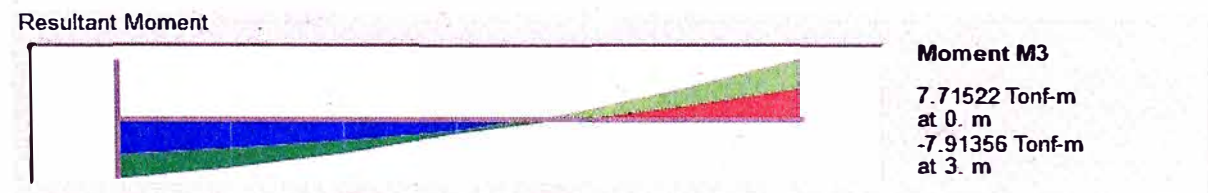


Figura 5-48: Momento máximo positivo y momento máximo negativo izquierdo del tramo 1. Fuente: SAP2000.

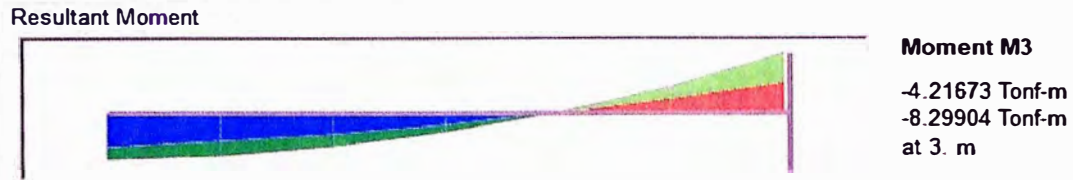


Figura 5-49: Momento negativo derecho del tramo 1. Fuente: SAP2000.

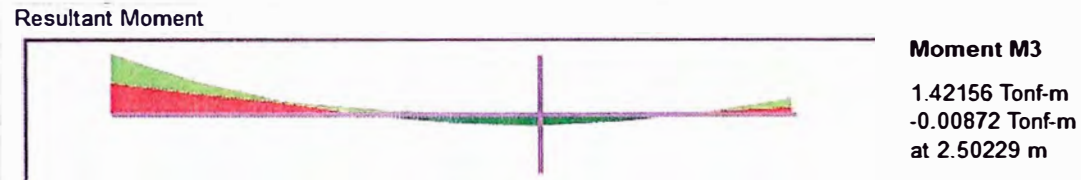


Figura 5-50: Momento máximo positivo del tramo 2. Fuente: SAP2000.

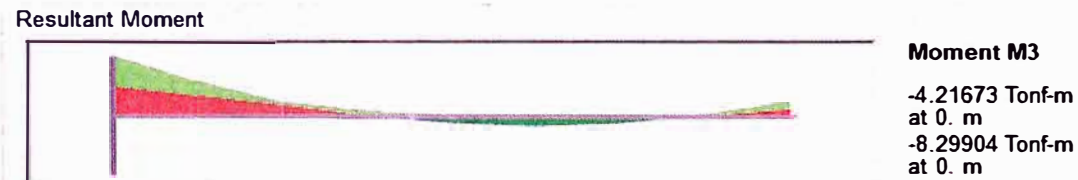


Figura 5-51: Momento máximo negativo izquierdo del tramo 2. Fuente: SAP2000.



Figura 5-52: Momento máximo negativo derecho del tramo 2. Fuente: SAP2000.

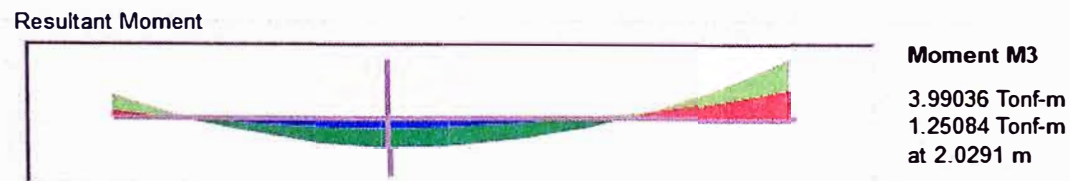


Figura 5-53: Momento máximo positivo del tramo 3. Fuente: SAP2000.

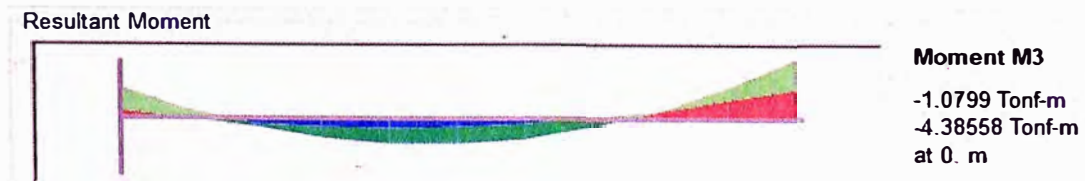


Figura 5-54: Momento máximo negativo izquierdo del tramo 3. Fuente: SAP2000.

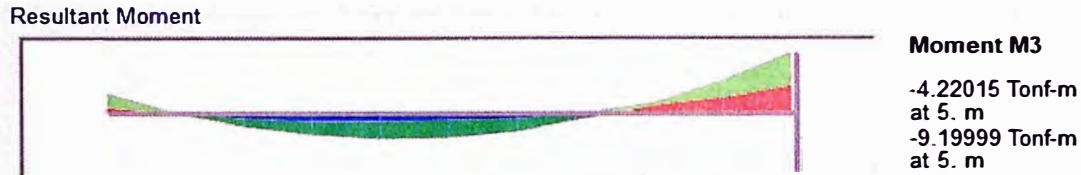


Figura 5-55: Momento máximo negativo derecho del tramo 3. Fuente: SAP2000.

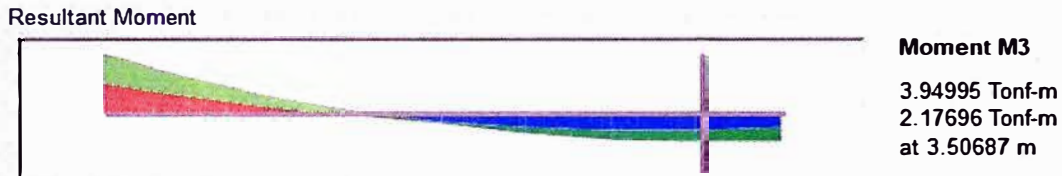


Figura 5-56: Momento máximo positivo y negativo derecho del tramo 4.

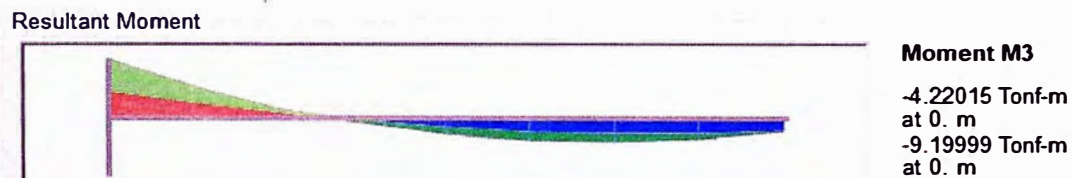


Figura 5-57: Momento máximo negativo izquierdo del tramo 4. Fuente: SAP2000.

Fuerzas cortantes

En esta sección se mostrarán imágenes tomadas del programa mostrando las fuerzas cortantes máximas positivas y negativas.



Figura 5-58: Fuerza cortante máxima izquierda del tramo 1. Fuente: SAP2000.



Figura 5-59: Fuerza cortante máxima derecha del tramo 1. Fuente: SAP2000.



Figura 5-60: Fuerza cortante máxima izquierda del tramo 2. Fuente: SAP2000.



Figura 5-61: Fuerza cortante máxima derecha del tramo 2. Fuente: SAP2000.

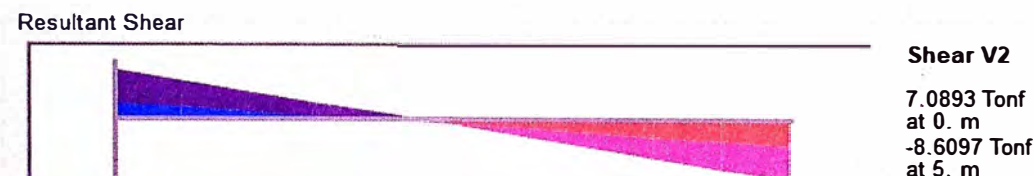


Figura 5-62: Fuerza cortante máxima izquierda del tramo 3. Fuente: SAP2000.



Figura 5-63: Fuerza cortante máxima derecha del tramo 3. Fuente: SAP2000.

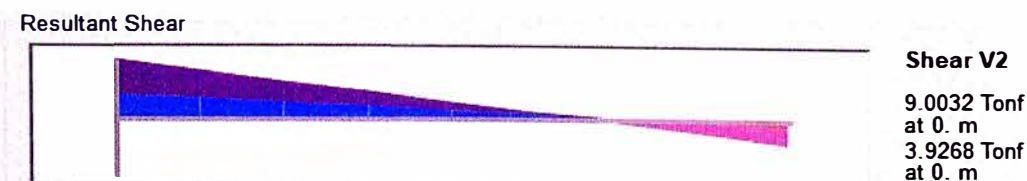


Figura 5-64: Fuerza cortante máxima izquierda del tramo 4. Fuente: SAP2000.

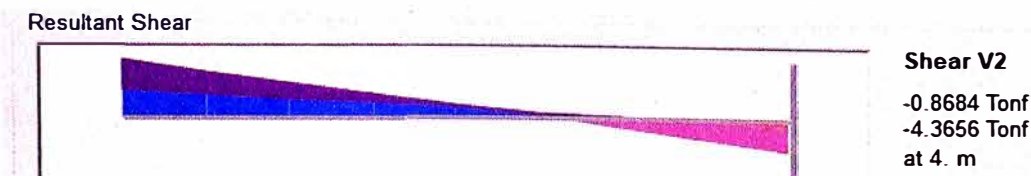


Figura 5-65: Fuerza cortante máxima derecha del tramo 4. Fuente: SAP2000.

Resumen de fuerzas

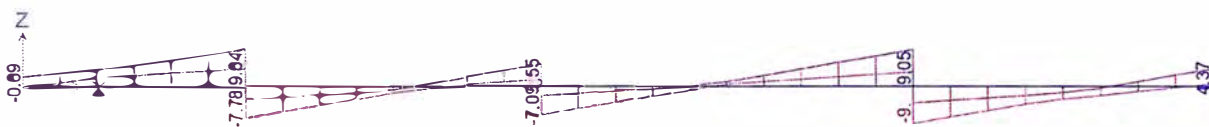


Figura 5-66: Envolvente de fuerzas cortantes. Fuente: SAP2000.



Figura 5-67: Envolvente de momentos flectores. Fuente: SAP2000.

Acero requerido por flexión

En esta sección se mostrarán imágenes tomadas del programa mostrando las áreas de acero requeridos por flexión.

| | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.165 | 1.165 | 4.362 | 4.362 | 1.672 | 1.102 | 1.102 | 1.077 | 4.366 | 4.366 | 1.077 | 1.077 |
| 4.727 | 2.915 | 2.161 | 2.161 | 1.076 | 1.076 | 1.077 | 1.287 | 2.163 | 2.163 | 2.221 | 2.236 |
| 1.165 | 1.165 | 4.362 | 4.362 | 1.672 | 1.102 | 1.102 | 1.077 | 4.366 | 4.366 | 1.077 | 1.077 |
| 4.727 | 2.915 | 2.161 | 2.161 | 1.076 | 1.076 | 1.077 | 1.287 | 2.163 | 2.163 | 2.221 | 2.236 |
| 1.165 | 1.165 | 4.362 | 4.362 | 1.672 | 1.102 | 1.102 | 1.077 | 4.366 | 4.366 | 1.077 | 1.077 |
| 4.727 | 2.915 | 2.161 | 2.161 | 1.076 | 1.076 | 1.077 | 1.287 | 2.163 | 2.163 | 2.221 | 2.236 |
| 1.062 | 1.062 | 4.305 | 4.305 | 1.878 | 2.092 | 2.092 | 1.512 | 5.424 | 5.424 | 1.512 | 1.512 |
| 3.759 | 3.149 | 2.133 | 2.133 | 1.062 | 1.062 | 1.512 | 2.531 | 3.043 | 3.043 | 2.428 | 2.029 |
| 1.222 | 1.222 | 4.88 | 4.88 | 1.233 | 2.899 | 2.899 | 1.344 | 5.424 | 5.424 | 1.586 | 1.344 |
| 4.964 | 2.9 | 2.415 | 2.415 | 1.202 | 1.441 | 1.441 | 2.325 | 2.704 | 2.704 | 2.335 | 2.551 |
| 1.363 | 1.363 | 5.424 | 5.424 | 1.373 | 1.516 | 1.516 | 1.154 | 4.682 | 4.682 | 1.154 | 1.154 |
| 4.321 | 3.113 | 2.741 | 2.741 | 1.363 | 1.363 | 1.154 | 1.154 | 2.318 | 2.318 | 2.418 | 1.611 |
| 1.299 | 1.299 | 5.283 | 5.283 | 1.289 | 1.673 | 1.573 | 1.149 | 4.654 | 4.654 | 1.149 | 1.149 |
| 5.148 | 2.889 | 2.612 | 2.812 | 1.299 | 1.299 | 1.149 | 1.149 | 2.31 | 2.31 | 2.42 | 1.606 |
| 1.052 | 1.052 | 4.264 | 4.264 | 1.882 | 2.228 | 2.228 | 1.394 | 5.424 | 5.424 | 1.712 | 1.394 |
| 3.74 | 3.15 | 2.113 | 2.113 | 1.052 | 1.109 | 1.394 | 2.64 | 2.804 | 2.804 | 2.357 | 2.609 |

Figura 5-68: Área de acero requerido para cada caso en cm². Fuente: SAP2000.

| | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.363 | 1.363 | 5.424 | 5.424 | 1.882 | 2.899 | 2.899 | 1.512 | 5.424 | 5.424 | 1.712 | 1.512 |
| 5.148 | 3.15 | 2.741 | 2.741 | 1.363 | 1.441 | 1.512 | 2.64 | 3.043 | 3.043 | 2.428 | 2.609 |

Figura 5-69: Envolvente de área de acero requerido en cm². Fuente: SAP2000.

Área de canastilla:

$$A_{smin} = \text{Max} \left(0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}, \frac{14}{f_y} \right) \times b \times d = 5.40 \text{ cm}^2$$

Se usará 2 varillas de diámetro $\frac{3}{4}$ ".

Acero requerido por cortante

En esta sección se mostrarán imágenes tomadas del programa mostrando las áreas de acero requeridos por cortante.

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = 14.3 \text{ t}$$

$$\phi V_c = 0.85 \times V_c = 12.2 \text{ t}$$



Figura 5-70: Envolvente de fuerzas cortantes en la estructura. Fuente: SAP2000.

Se calcula V_u a una distancia d del apoyo.

Tramo más desfavorable:

$$V_u = 7.95 \text{ t} < \phi V_c = 12.2 \text{ t}$$

Utilizando los momentos resistentes para el cálculo del cortante último:

$$V_u = \frac{(M_{r1} + M_{r2})}{L}$$

M_{r1} y M_{r2} son momentos resistentes

$$M_{r1} = 11.3 \text{ t} - m$$

$$M_{r2} = 11.3 \text{ t} - m$$

$$V_u = 7.5 \text{ t}$$

Gobierna el cortante debido a fuerzas actuantes.

Según ACI-318 el área de acero mínima para corte:

Si $V_u > 0.5\phi V_c$:

$$A_{vmin} = \text{Max} \left(\frac{0.2\sqrt{f'_c}}{f_y}, \frac{0.35}{f_y} \right) \times b \times s = 0.0007968 \times b \times s$$

$$A_v = 2\emptyset 3/8" = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{1.42}{0.0007968 \times b} = 59.4 \text{ cm}$$

El espaciamiento máximo entre varillas es $d/2$ por lo que:

$$s = \frac{d}{2} = 27 \text{ cm} \rightarrow s = 25 \text{ cm}$$

Pero en la zona de confinamiento, el espaciamiento máximo entre estribos es $d/4$:

$$s = \frac{d}{4} = 13.5 \text{ cm} \rightarrow s = 10 \text{ cm}$$

El diseño será: $\square \emptyset 3/8" : 1 @ 5\text{cm}, 12 @ 10\text{cm}, \text{ Resto } @ 25\text{cm}$

6.1.2 Estructura N° 02 – Análisis de vigas con columnas

Se desarrollará el análisis de una viga continua de 2 tramos (Figura 5-33) de 6.0m y 7.0m, expuesta a cargas muertas debido al peso propio de la estructura (CM), carga viva debido a la carga viva por norma en viviendas (LV), con una carga adicional de 1.00 t/m² y carga debido al sismo en la estructura (S). La viga tendrá una sección rectangular de 40cm x 70cm, un ancho colaborante de 4.0m y el peso de la losa será de 300kg/m². La viga se modelará con dos columnas extremas y un apoyo fijo en medio. Las columnas serán de 30cm x 60cm con una altura de 2.50m.

- $CM = W_{viga} + W_{losa} = 2400 \times 0.40 \times 0.70 + 300 \times 4.0 = 1872 \frac{kg}{m} = 1.842 t/m$
- $LV = W_{norma} + W_{adicional} = (200 + 1000) \times 4.0 = 4800 \frac{kg}{m} = 4.8 t/m$
- Cargas de sismo (S):

| Momentos de Sismo en las Caras de Apoyo | | | | | | | | | | | |
|---|------|--------|--------|---|---|---|---|---|---|---|----|
| tramo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Mi | (tm) | 10.000 | 5.000 | | | | | | | | |
| Mj | (tm) | 5.000 | 14.000 | | | | | | | | |

Indicar estos valores en la convención de resistencia de materiales. Habitualmente los momentos en ambos extremos de cada tramo serán de signo contrario

- Se usará concreto de 280 kg/cm² y acero de 4200 kg/cm².

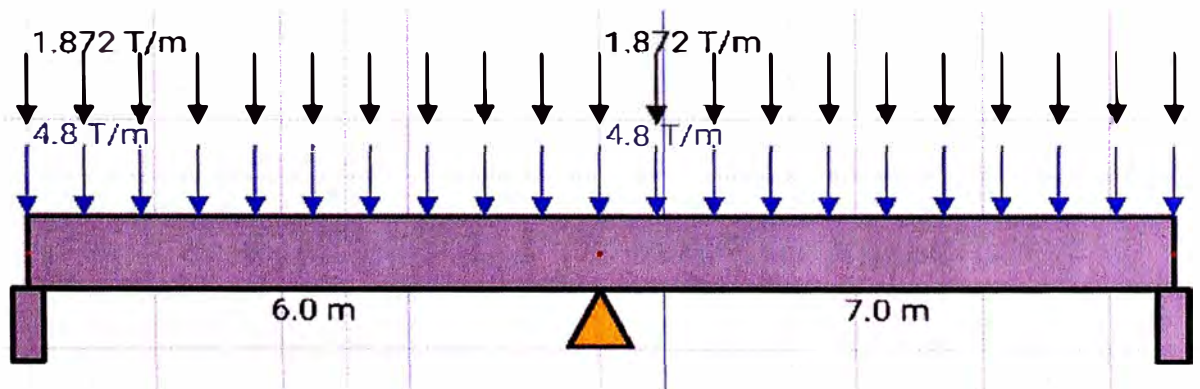


Figura 5-71: Análisis de vigas con columnas.

Usando aplicativo móvil Vigas

Ingreso de datos al aplicativo móvil Vigas

En la pantalla ingreso de datos, se ingresarán todos los datos del problema a analizar:

- Diseño de: vigas
- Peso de losa: 0.30 t/m²
- Número de tramos: 2
- Ancho colaborante: 4.00 m
- Concreto: 280 kg/cm²
- Acero: 4200 kg/cm²
- Sección: Viga 40cm x 70cm
- Carga viva por norma: Viviendas (200 kg/m²)
- Combinación de cargas: NTE-060 (1.4CM+1.7LV, 1.25(CM+LV) +S, 0.9CM+S)

Análisis y Diseño de Vigas y Losas

Diseño de:

Viga

Losa Aligerada

Peso de losa:

.3 T/m²

Ancho Colaborante

4 m

Número de Tramos

2

Concreto

280.0 kg/cm²

Acero

4200.0 kg/cm²

Secciones

V.40x.70m

Carga Norma (Viva)

Viviendas

Acero Estribo

2800.0 kg/cm²

Combinación de Carga

NTE E-060

Nuevo

Aceptar

Figura 5-72: Ingreso de datos en el aplicativo móvil.

Luego de ello, se presionará el botón aceptar y se procederá con la siguiente pantalla: Menú principal, en donde se ingresarán las longitudes, restricciones, asentamientos y aceros a utilizar.

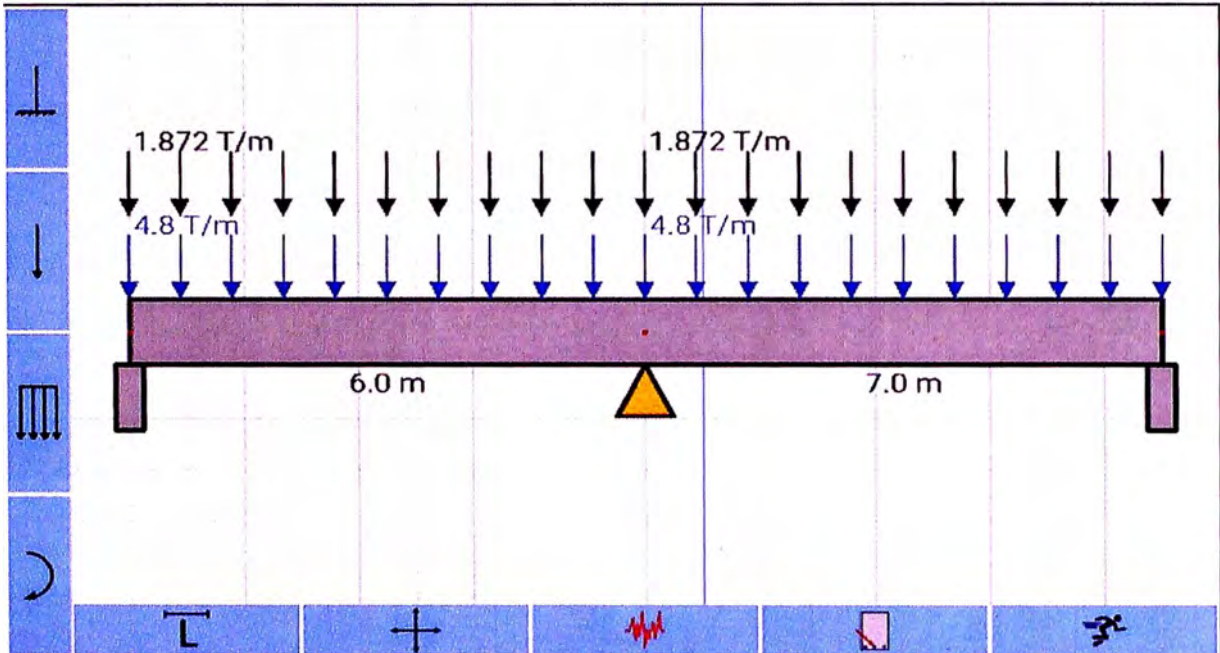


Figura 5-73: Ingreso de longitudes.

| | | | |
|-----------------|----------------|----------------|---|
| Apoyo Fijo | Ancho de Apoyo | 0.00 | m |
| Empotrado | Asentamiento | 0.00 | m |
| Rótula | Piso abajo | 2.50 | m |
| Columna o placa | Sección | C30x60 | |
| Sin Apoyo | Piso arriba | Altura columna | m |
| | Sección | C20x20 | |

Figura 5-74: Ingreso de restricciones.

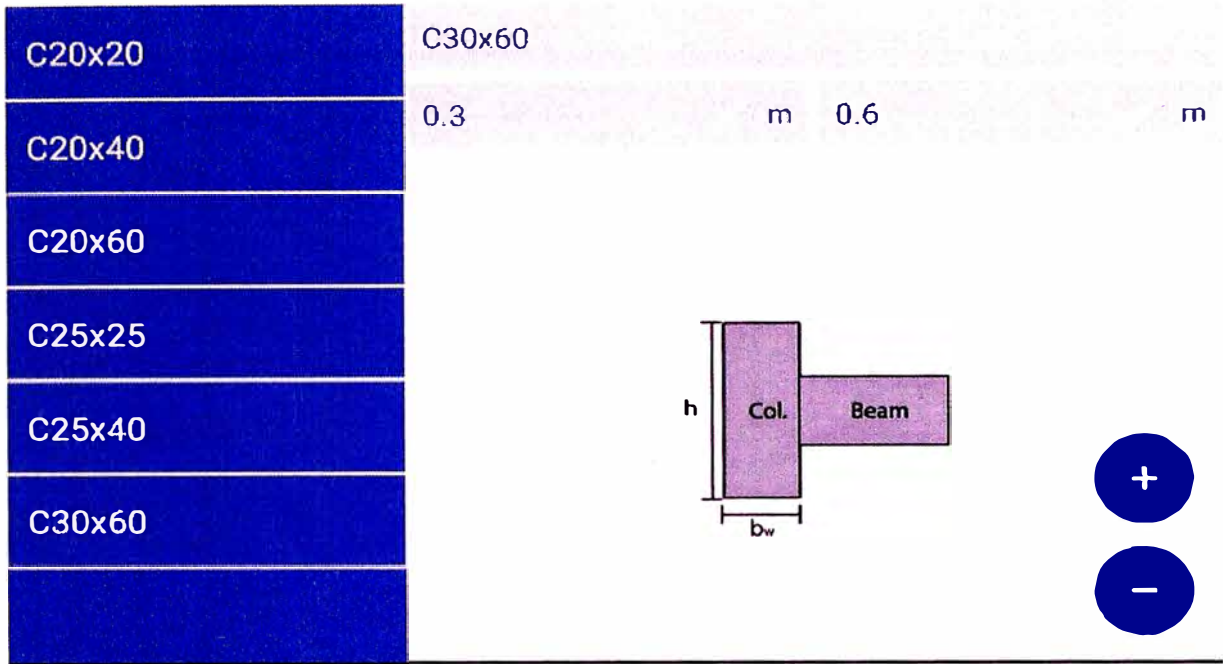


Figura 5-75: Ingreso de secciones de columnas.

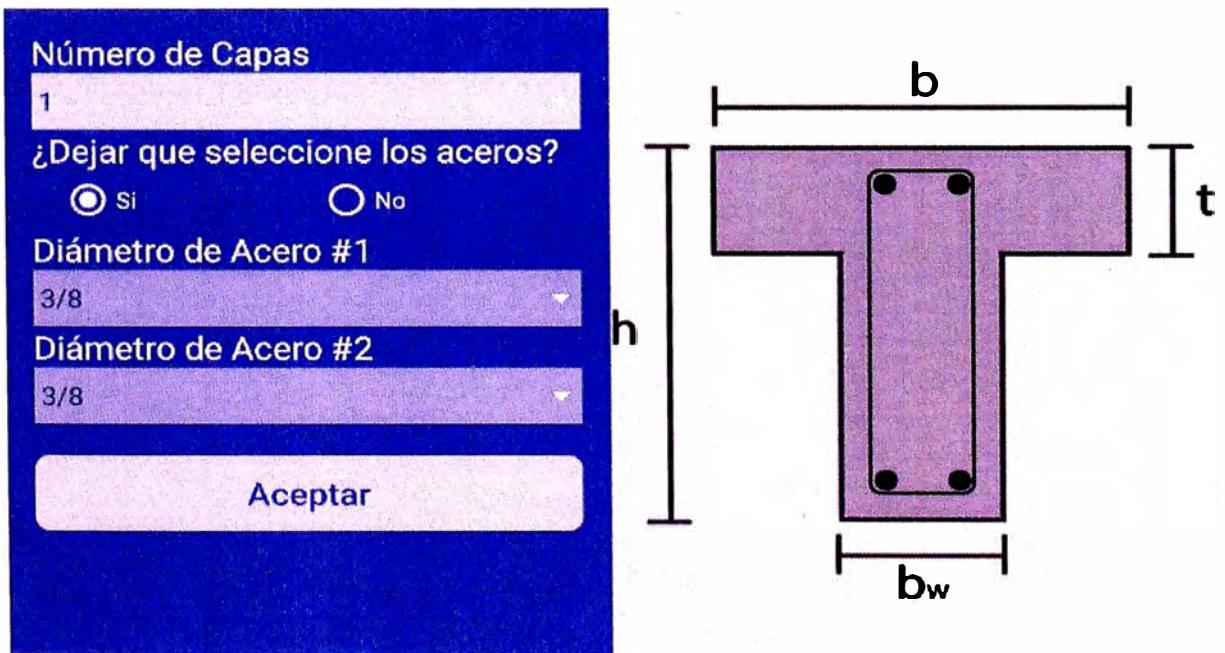


Figura 5-76: Ingreso de aceros a utilizar.



Figura 5-77: Ingreso de momentos debido al sismo.

Resultados del aplicativo móvil Vigas

Terminado el ingreso de todos los datos necesarios, se corre el programa y se ven los resultados:

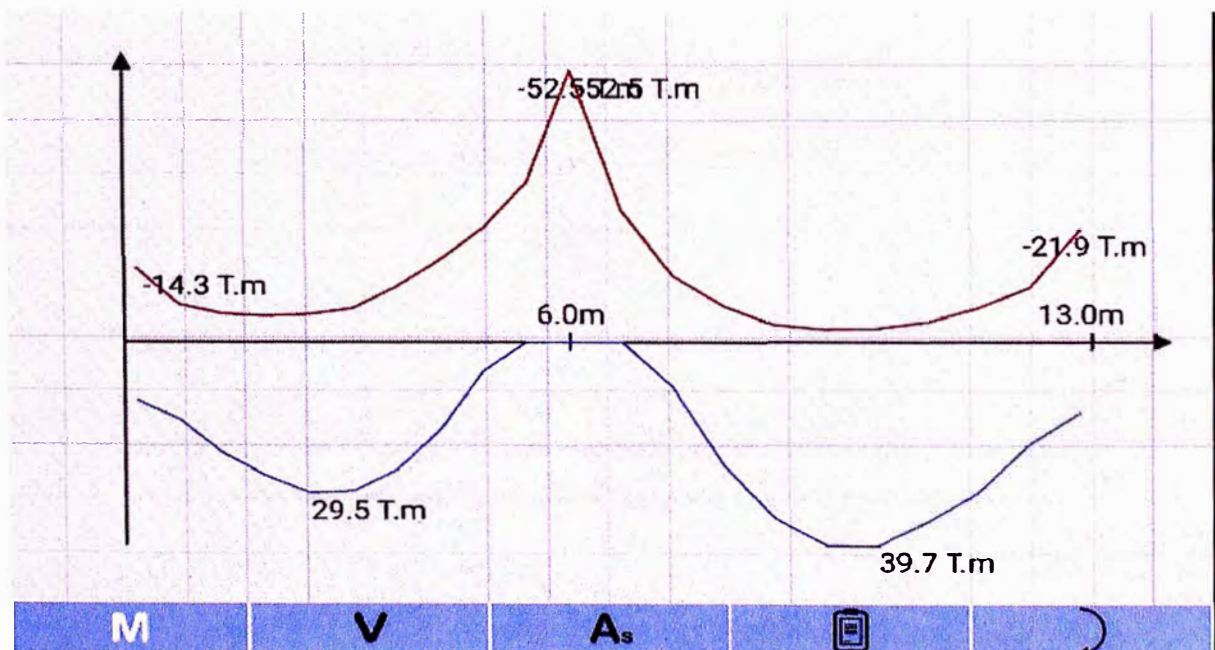


Figura 5-78: Envoltura de momentos flectores de la estructura.

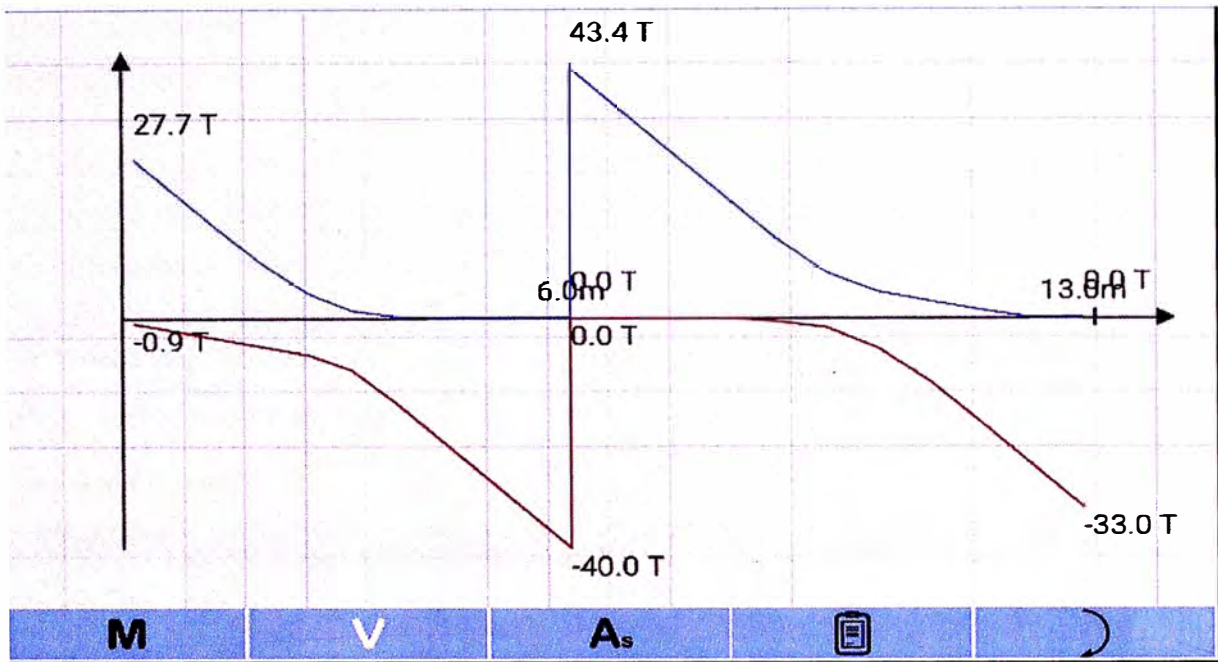


Figura 5-79: Envolvente de fuerzas cortantes de la estructura.

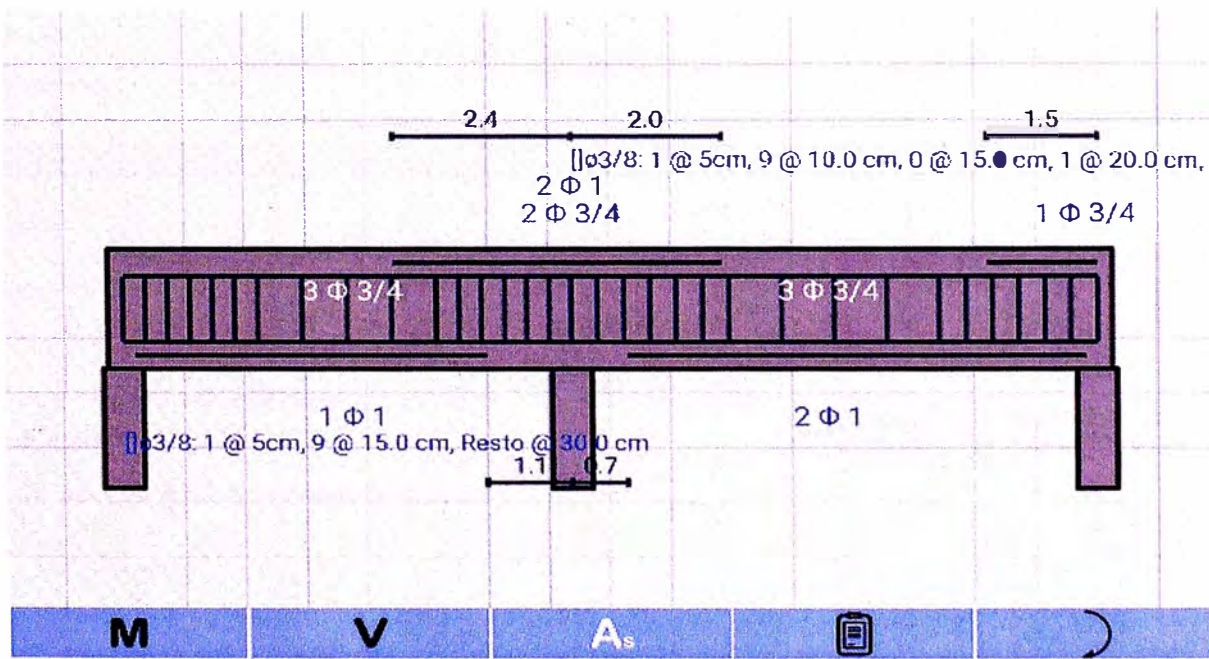


Figura 5-80: Diseño de la viga de concreto armado.

Usando el programa Vigas.xlsm – PhD. Hugo Scaletti
Ingresando los datos al programa

Al usar la hoja de cálculo del PhD. Scaletti, es necesario ingresar la geometría (Figura 5-81), propiedades (Figura 5-83), cargas (Figura 5-84), sismo (Figura 5-85) y combinación de carga (Figura 5-86).

Análisis de Vigas y Pórticos Simples

Diseño de Viga con columna

Hugo Scaletti Farina - 1999

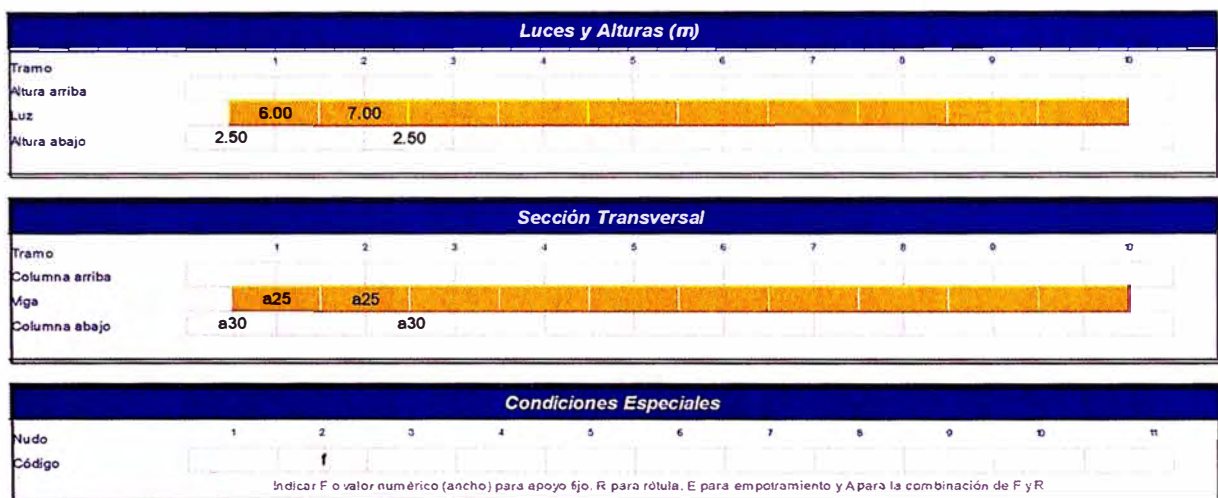


Figura 5-81: Definición de la geometría. Fuente: PhD. Scaletti.

Análisis de Vigas y Pórticos Simples

Diseño de Viga con columna

Hugo Scaletti Farina - 1999

| Materiales | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Concreto | $f_c = 280$ | (kg/cm ²) |
| | $E_c = 268000$ | (kg/cm ²) |
| Acero | $f_y = 4200$ | (kg/cm ²) |
| | $E_s = 2.1 \times 10^6$ | (kg/cm ²) |
| Ver opciones para f_y de estribos | | |

Figura 5-82: Definición de las propiedades de los materiales. Fuente: PhD. Scaletti.

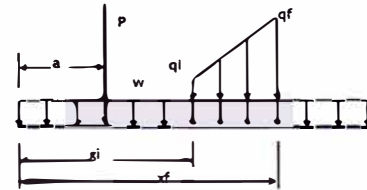
| Secciones Rectangulares y T | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|--------------------|-------|
| Etiqueta | b (m) | h (m) | b _w (m) | t (m) |
| a20 | 0.400 | 0.200 | 0.100 | 0.050 |
| a25 | 0.400 | 0.700 | | |
| a30 | 0.600 | 0.300 | | |

Figura 5-83: Definición de las secciones. Fuente: PhD. Scaletti.

Análisis de Vigas y Pórticos Simples

Diseño de Viga con columna

Fracción de la sobrecarga para daderos 1.00



| Cargas Uniformemente Distribuidas | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|----|
| tramo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| W _D (tm) | 1.872 | 1.872 | | | | | | | | |
| W _L (tm) | 4.800 | 4.800 | | | | | | | | |

Los subíndices D y L denotan cargas permanentes y cargas eventuales, respectivamente

Figura 5-84: Definición de cargas. Fuente: PhD. Scaletti.

| Momentos de Sismo en las Caras de Apoyo | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|---|---|---|---|---|---|---|----|
| tramo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| M _i (tm) | 10.000 | 5.000 | | | | | | | | |
| M _j (tm) | 5.000 | 14.000 | | | | | | | | |

Indicar estos valores en la convención de resistencia de materiales. Habitualmente los momentos en ambos extremos de cada tramo serán de signo contrario

Figura 5-85: Definición de momentos de sismo. Fuente: PhD. Scaletti.

Análisis de Vigas y Pórticos Simples

Diseño de Viga con columna

Hugo Scaletti Farina - 1999

| Combinaciones de Carga | |
|------------------------|--|
| NTE E-060 | 1.4 D + 1.7 L 1.25 (D + L) + S 0.9 D + S |

Figura 5-86: Definición de combinación de carga. Fuente: PhD. Scaletti.

Una vez ingresados los datos, se procede a visualizar los resultados del programa.

Resultados del programa

Momentos flectores

En esta sección se mostrarán imágenes tomadas del programa mostrando los momentos flectores máximos positivos y negativos.

| Diagramas y Envolventes de Momentos Flectores | | | | | | | | | | | |
|--|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| x | 0.150 | 0.735 | 1.320 | 1.905 | 2.490 | 3.075 | 3.660 | 4.245 | 4.830 | 5.415 | 6.000 |
| D | -0.521 | 1.502 | 2.884 | 3.625 | 3.726 | 3.186 | 2.006 | 0.184 | -2.277 | -5.380 | -9.123 |
| S | 10.000 | 8.500 | 7.000 | 5.500 | 4.000 | 2.500 | 1.000 | 0.500 | 2.000 | 3.500 | 5.000 |
| L mín | -2.951 | | -1.557 | -3.143 | -4.729 | -6.315 | -7.900 | -9.486 | -11.072 | -13.794 | -23.392 |
| L máx | 1.615 | 3.850 | 8.951 | 12.438 | 14.282 | 14.484 | 13.043 | 9.959 | 5.233 | | |
| M_u mín | -14.340 | -7.149 | -5.342 | -4.897 | -5.254 | -6.411 | -10.623 | -15.869 | -22.011 | -30.982 | -52.538 |
| M_u máx | 11.367 | 15.190 | 21.793 | 26.220 | 29.496 | 29.083 | 24.981 | 17.189 | 5.708 | | |

Figura 5-87: Envolventes de momentos flectores del tramo 1 en t-m. Fuente: PhD. Scaletti.

| Diagramas y Envolventes de Momentos Flectores | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| x | 0.685 | 1.370 | 2.055 | 2.740 | 3.425 | 4.110 | 4.795 | 5.480 | 6.165 | 6.850 | |
| D | -9.123 | -4.401 | -0.558 | 2.408 | 4.494 | 5.702 | 6.032 | 5.484 | 4.057 | 1.752 | -1.432 |
| S | 5.000 | 3.100 | 1.200 | 0.700 | 2.600 | 4.500 | 6.400 | 8.300 | 10.200 | 12.100 | 14.000 |
| L mín | -23.392 | -11.285 | -7.073 | -6.035 | -4.998 | -3.961 | -2.923 | -1.886 | -0.848 | | -4.898 |
| L máx | | | 5.643 | 12.209 | 16.522 | 18.582 | 18.391 | 15.947 | 11.251 | 4.491 | 1.227 |
| M_u mín | -52.538 | -25.345 | -12.804 | -6.890 | -3.230 | -2.323 | -2.514 | -3.802 | -6.549 | -10.523 | -21.913 |
| M_u máx | | | 8.813 | 24.125 | 34.379 | 39.573 | 39.710 | 35.088 | 29.335 | 19.904 | 13.743 |

Figura 5-88: Envolventes de momentos flectores del tramo 2 en t-m. Fuente: PhD. Scaletti.

Fuerzas cortantes

En esta sección se mostrarán imágenes tomadas del programa mostrando las fuerzas cortantes máximas positivas y negativas.

| Diagramas y Envolventes de Fuerzas Cortantes | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| x | 0.150 | 0.735 | 1.320 | 1.905 | 2.490 | 3.075 | 3.660 | 4.245 | 4.830 | 5.415 | 6.000 |
| D | 4.005 | 2.910 | 1.815 | 0.720 | -0.375 | -1.470 | -2.565 | -3.661 | -4.756 | -5.851 | -6.946 |
| S | 2.564 | 2.564 | 2.564 | 2.564 | 2.564 | 2.564 | 2.564 | 2.564 | 2.564 | 2.564 | 2.564 |
| L mín | -2.711 | -2.711 | -2.711 | -2.711 | -2.711 | -3.770 | -6.578 | -9.386 | -12.194 | -15.002 | -17.810 |
| L máx | 12.981 | 10.173 | 7.365 | 4.557 | 1.749 | | | | | | |
| V_u mín | -0.946 | -2.315 | -3.684 | -5.053 | -6.422 | -9.115 | -14.775 | -21.081 | -27.388 | -33.695 | -40.002 |
| V_u máx | 27.675 | 21.368 | 15.061 | 9.160 | 4.281 | 1.241 | 0.255 | | | | |

Figura 5-89: Envolventes de fuerzas cortantes del tramo 1 en t. Fuente: PhD. Scaletti.

| Diagramas y Envolventes de Fuerzas Cortantes | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| x | 0.685 | 1.370 | 2.055 | 2.740 | 3.425 | 4.110 | 4.795 | 5.480 | 6.165 | 6.850 |
| D | 7.534 | 6.252 | 4.970 | 3.687 | 2.405 | 1.123 | -0.160 | -1.442 | -2.724 | -4.007 |
| S | 2.774 | 2.774 | 2.774 | 2.774 | 2.774 | 2.774 | 2.774 | 2.774 | 2.774 | 2.774 |
| L mín | | | | | | | -1.924 | -5.212 | -8.500 | -11.788 |
| L máx | 19.319 | 16.031 | 12.743 | 9.455 | 6.167 | 2.879 | 1.515 | 1.515 | 1.515 | 1.515 |
| Vu mín | | | | | -0.609 | -1.763 | -5.378 | -11.091 | -18.263 | -25.648 |
| Vu máx | 43.390 | 36.005 | 28.620 | 21.236 | 13.851 | 7.776 | 4.467 | 2.864 | 1.262 | |

Figura 5-90: Envolventes de fuerzas cortantes del tramo 2 en t. Fuente: PhD. Scaletti.

Acero requerido por flexión

En esta sección se mostrarán imágenes tomadas del programa mostrando las áreas de acero requeridos por flexión.

| Refuerzo de Flexión | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| x | 0.150 | 0.735 | 1.320 | 1.905 | 2.490 | 3.075 | 3.660 | 4.245 | 4.830 | 5.415 | 6.000 |
| Mu mín | -14.340 | -7.149 | -5.342 | -4.897 | -5.254 | -6.411 | -10.623 | -15.869 | -22.011 | -30.982 | -52.538 |
| Mu máx | 11.367 | 15.190 | 21.793 | 26.220 | 29.496 | 29.083 | 24.981 | 17.189 | 5.708 | | |
| As sup | 8.20 | 4.04 | 3.01 | 2.76 | 2.96 | 3.62 | 6.04 | 8.40 | 9.56 | 13.66 | 24.09 |
| As inf | 6.47 | 8.40 | 9.47 | 11.47 | 12.98 | 12.79 | 10.91 | 8.40 | 3.22 | | |
| p | | | | | | | | | | | |

Figura 5-91: Área de acero requerido para el tramo 1 en cm². Fuente: PhD. Scaletti.

| Refuerzo de Flexión | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--|
| x | 0.685 | 1.370 | 2.055 | 2.740 | 3.425 | 4.110 | 4.795 | 5.480 | 6.165 | 6.850 | |
| Mu mín | -52.538 | -25.345 | -12.804 | -6.890 | -3.230 | -2.323 | -2.514 | -3.802 | -6.549 | -10.523 | |
| Mu máx | | | 8.813 | 24.125 | 34.379 | 39.573 | 39.710 | 35.088 | 29.335 | 19.904 | |
| As sup | 24.09 | 11.07 | 7.31 | 3.90 | 1.82 | 1.30 | 1.41 | 2.14 | 3.70 | 5.98 | |
| As inf | | | 5.00 | 10.52 | 15.25 | 17.72 | 17.78 | 15.58 | 12.90 | 8.62 | |
| p | | | | | | | | | | | |

Figura 5-92: Área de acero requerido para el tramo 2 en cm². Fuente: PhD. Scaletti.

Área de canastilla:

$$A_{smin} = \text{Max} \left(0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}, \frac{14}{f_y} \right) \times b \times d = 8.53 \text{ cm}^2$$

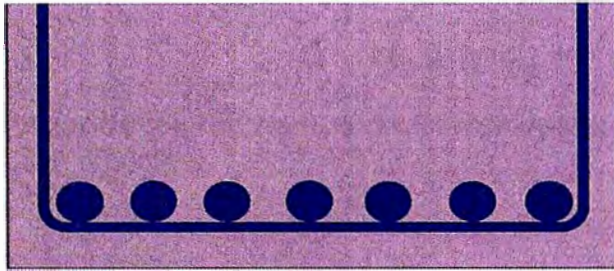
Se usará 3 varillas de diámetro 3/4" As=8.55cm².

Tramo 1:

Acero superior izquierdo: el acero de canastilla es mayor al acero requerido, por lo que no necesita acero adicional.

Acero superior derecho: el acero de canastilla es menor al acero requerido, por lo que necesita acero adicional.

$$A_{s\text{adicional}} = 24.09 - 8.55 = 15.54 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\emptyset 1" + 2\emptyset 3/4"$$



Verificando que entre en la sección:

$$\begin{aligned} b &> 6 \times 2.54 + 5 \left(2.54 \times \frac{3}{4} \right) \\ &+ 2 \times 2.54 \\ &+ 2 \left(2.54 \times \frac{3}{8} \right) + 8 \text{ cm} \\ &= 39.75 \text{ cm} \end{aligned}$$

Acero inferior central: el acero de canastilla es menor al acero requerido, por lo que necesita acero adicional.

Tramo 1:

$$A_{s\text{adicional}} = 12.98 - 8.55 = 4.43 \text{ cm}^2 \rightarrow 1\emptyset 1"$$

Tramo 2:

$$A_{s\text{adicional}} = 17.78 - 8.55 = 9.23 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\emptyset 1"$$

Acero requerido por cortante

En esta sección se mostrarán imágenes tomadas del programa mostrando las áreas de acero requeridos por cortante.

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = 22.3 \text{ t}$$

$$\emptyset V_c = 0.85 \times V_c = 18.99 \text{ t}$$

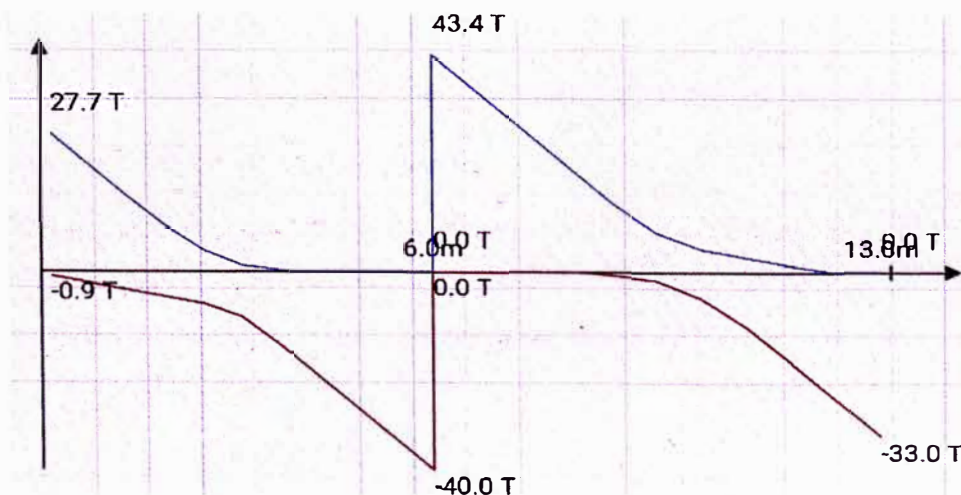


Figura 5-93: Envoltente de fuerzas cortantes en la estructura.

Se calcula V_u a una distancia d de la cara de apoyo.

Tramo 1:

$$V_u = 33.21 \text{ t} > \phi V_c = 18.99 \text{ t}$$

Utilizando los momentos resistentes para el cálculo del cortante último:

$$V_u = \frac{(M_{r1} + M_{r2})}{L}$$

$$M_{r1} = 31.5 \text{ t} - m$$

$$M_{r2} = 53.7 \text{ t} - m$$

$$V_u = 14.2 \text{ t}$$

Gobierna el cortante debido a fuerzas actuantes.

Calculando el espaciamiento de aceros:

Debido a las cargas:

$$V_s = 33.21 - 18.99 = 17.6 \text{ t}$$

$$s = 0.85 A_s \times f_y \times \frac{d}{V_s} = 22.55 \text{ cm}$$

Debido a espaciamiento máximo:

$$s = \text{Min} \left(\frac{d}{2}, 60 \right) = 32 \text{ cm}$$

Debido a espaciamiento debido a área de acero mínimo:

$$s = \text{Min} \left(A_s \times \frac{f_y}{3.5 \times b}, A_s \times \frac{f_y}{0.2 \sqrt{f'_c} \times b} \right) = 42 \text{ cm}$$

Se comienza a diseñar con un espaciamiento $s = 20 \text{ cm}$.

Para un espaciamiento $s = 25 \text{ cm}$ se tiene un $V_s = 12.83 \text{ t}$ entonces se tiene un $V_u = 31.82 \text{ t}$.

Se busca la distancia para la cual se tiene un $V_u = 31.82 \text{ t}$: $x = 0.758 \text{ m}$.

Para llegar a 0.758 m se necesitaran:

$$n = \text{Ceil} \left(\frac{75.8 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} \right) = 4 \text{ varillas @ } 20 \text{ cm}$$

Eso da un nuevo x:

$$x = 80 \text{ cm}$$

Para un espaciamiento $s = 30 \text{ cm}$ se tiene un $V_s = 10.69 \text{ t}$ entonces se tiene un $V_u = 29.68 \text{ t}$.

Se busca la distancia para la cual se tiene un $V_u = 29.68 \text{ t}$: $x = 0.956 \text{ m}$.

Para llegar a 0.956 se necesitaran:

$$n = \text{Ceil} \left(\frac{95.6 \text{ cm} - 80 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} \right) = 1 \text{ varillas @ } 25 \text{ cm}$$

Luego, el resto será a $d/2 = 30 \text{ cm}$.

El diseño será: $\square \text{ } \emptyset 3/8'' : 1 @ 5 \text{ cm}, 4 @ 20 \text{ cm}, 1 @ 25 \text{ cm}, \text{ Resto @ } 30 \text{ cm}$. Pero por requerimientos de la norma, en la zona de confinamiento se tiene un espaciamiento mínimo de $d/4$.

$$s = \frac{d}{4} = 16 \text{ cm} \rightarrow s = 15 \text{ cm}$$

El diseño final será: $\square \text{ } \emptyset 3/8'' : 1 @ 5 \text{ cm}, 9 @ 15 \text{ cm}, \text{ Resto @ } 30 \text{ cm}$

Tramo 2:

$$V_u = 36.60 \text{ t} > \emptyset V_c = 18.99 \text{ t}$$

Utilizando los momentos resistentes para el cálculo del cortante último:

$$V_u = \frac{(M_{r1} + M_{r2})}{L}$$

$$M_{r1} = 13.6 \text{ t} - m$$

$$M_{r2} = 53.7 \text{ t} - m$$

$$V_u = 13.6 \text{ t}$$

Gobierna el cortante debido a fuerzas actuantes.

Calculando el espaciamiento de aceros:

Debido a las cargas:

$$V_s = 36.60 - 18.99 = 17.6 \text{ t}$$

$$s = 0.85 A_s \times f_y \times \frac{d}{V_s} = 18.3 \text{ cm}$$

Debido a espaciamiento máximo:

$$s = \text{Min} \left(\frac{d}{2}, 60 \right) = 32 \text{ cm}$$

Debido a espaciamiento debido a área de acero mínimo:

$$s = \text{Min} \left(A_s \times \frac{f_y}{3.5 \times b}, A_s \times \frac{f_y}{0.2 \sqrt{f'_c} \times b} \right) = 42 \text{ cm}$$

Se comienza a diseñar con un espaciamiento $s = 15 \text{ cm}$.

Para un espaciamiento $s = 20 \text{ cm}$ se tiene un $V_s = 16.06 \text{ t}$ entonces se tiene un $V_u = 35.036 \text{ t}$.

Se busca la distancia para la cual se tiene un $V_u = 35.036 \text{ t}$: $x = 0.77 \text{ m}$.

Para llegar a 0.77 m se necesitaran:

$$n = \text{Ceil} \left(\frac{77 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} \right) = 6 \text{ varillas @ } 15 \text{ cm}$$

Eso da un nuevo x :

$$x = 90 \text{ cm}$$

Para un espaciamiento $s = 25 \text{ cm}$ se tiene un $V_s = 12.83 \text{ t}$ entonces se tiene un $V_u = 31.82 \text{ t}$.

Se busca la distancia para la cual se tiene un $V_u = 31.82 \text{ t}$: $x = 1.07 \text{ m}$.

Para llegar a 1.07 se necesitaran:

$$n = \text{Ceil} \left(\frac{107 \text{ cm} - 90 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} \right) = 1 \text{ varillas @ } 20 \text{ cm}$$

Eso da un nuevo x :

$$x = 110 \text{ cm}$$

Para un espaciamiento $s = 30 \text{ cm}$ se tiene un $V_s = 10.69 \text{ t}$ entonces se tiene un $V_u = 29.68 \text{ t}$.

Se busca la distancia para la cual se tiene un $V_u = 29.68 \text{ t}$: $x = 1.27 \text{ m}$.

Para llegar a 1.27 se necesitaran:

$$n = \text{Ceil} \left(\frac{127 \text{ cm} - 110 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} \right) = 1 \text{ varillas @ } 25 \text{ cm}$$

Luego, el resto será a $d/2 = 30 \text{ cm}$.

El diseño será: $\square \emptyset 3/8''$: 1 @ 5cm, 6 @ 15cm, 1 @ 20cm, 1 @ 25cm, Resto @30cm. Pero por requerimientos de la norma, en la zona de confinamiento se tiene un espaciamiento mínimo de $d/4$.

$$s = \frac{d}{4} = 16 \text{ cm} \rightarrow s = 15 \text{ cm}$$

El diseño final será: $\square \emptyset 3/8''$: 1 @ 5cm, 9 @ 15cm, Resto @30cm

6.2 COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS

Obtenidos los resultados y las respectivas graficas tanto con el aplicativo móvil 'Vigas', así como el programa SAP2000 y Vigas.xlsm en las dos estructuras propuestas. Se han elaborado tablas para comparar los resultados obtenidos en cada una de ellas, tal como se muestra en la Tabla 5-20, Tabla 5-21, Tabla 5-22, Tabla 5-23, Tabla 5-24, Tabla 5-25, Tabla 5-26,

Tabla 5-27, Tabla 5-28, Tabla 5-29.

Tabla 5-20: Comparación de resultados de momentos flectores en la estructura N° 01

| Tramo | M (-) izquierdo (t-m) | | M (-) derecho (t-m) | | M (+) (t-m) | |
|-------|-----------------------|---------|---------------------|---------|-------------|---------|
| | Vigas | SAP2000 | Vigas | SAP2000 | Vigas | SAP2000 |
| 1 | 0 | 0 | -8.3 | -8.299 | 7.7 | 7.71 |
| 2 | -8.3 | -8.299 | -4.44 | -4.38 | 1.4 | 1.42 |
| 3 | -4.4 | -4.38 | -9.2 | -9.199 | 4 | 3.99 |
| 4 | -9.2 | -9.199 | 0 | 0 | 4 | 3.95 |

Tabla 5-21: Comparación de resultados de fuerzas cortantes negativas en la estructura N° 01

| Tramo | V (-) izquierdo (t) | | V (-) derecho (t) | |
|-------|---------------------|---------|-------------------|---------|
| | Vigas | SAP2000 | Vigas | SAP2000 |
| 1 | -2.4 | -2.41 | -9.6 | -9.64 |
| 2 | 0 | 0 | -5.5 | -5.54 |
| 3 | 0 | 0 | -9.1 | -9.05 |
| 4 | 0 | 0 | -4.4 | -4.36 |

Tabla 5-22: Comparación de resultados de fuerzas cortantes positivas en la estructura N° 01

| Tramo | V (+) izquierdo (t) | | V (+) derecho (t) | |
|-------|---------------------|---------|-------------------|---------|
| | Vigas | SAP2000 | Vigas | SAP2000 |
| 1 | 0.7 | 0.69 | 0 | 0 |
| 2 | 7.8 | 7.77 | 0 | 0 |
| 3 | 7.1 | 7.08 | 0 | 0 |
| 4 | 9 | 9 | 0 | 0 |

Tabla 5-23: Comparación de resultados de diseño en flexión de la estructura N° 01

| Tramo | Diseño en flexión (Vigas) | | | Diseño en flexión (SAP2000) | | |
|-------|---------------------------|----------|----------|-----------------------------|----------|----------|
| | Izq. (-) | Med. (+) | Der. (-) | Izq. (-) | Med. (+) | Der. (-) |
| 1 | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" |
| 2 | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" |
| 3 | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" |
| 4 | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" | 2 Ø 3/4" |

Tabla 5-24: Comparación de resultados de diseño por corte de la estructura N° 01

| Tramo | Diseño Corte (Vigas) | Diseño Corte (SAP2000) |
|-------|---|---|
| 1 | □ Ø3/8" : 1 @ 5cm, 12 @ 10cm, Resto @25cm | □ Ø3/8" : 1 @ 5cm, 12 @ 10cm, Resto @25cm |
| 2 | □ Ø3/8" : 1 @ 5cm, 12 @ 10cm, Resto @25cm | □ Ø3/8" : 1 @ 5cm, 12 @ 10cm, Resto @25cm |
| 3 | □ Ø3/8" : 1 @ 5cm, 12 @ 10cm, Resto @25cm | □ Ø3/8" : 1 @ 5cm, 12 @ 10cm, Resto @25cm |
| 4 | □ Ø3/8" : 1 @ 5cm, 12 @ 10cm, Resto @25cm | □ Ø3/8" : 1 @ 5cm, 12 @ 10cm, Resto @25cm |

Tabla 5-25: Comparación de resultados de momentos flectores en la estructura N° 02

| Tramo | M (-) izquierdo (t-m) | | M (-) derecho (t-m) | | M (+) (t-m) | |
|-------|-----------------------|-----------|---------------------|-----------|-------------|-----------|
| | Vigas | Vigas.xls | Vigas | Vigas.xls | Vigas | Vigas.xls |
| 1 | -14.3 | -14.3 | -52.5 | -52.5 | 29.5 | 29.5 |
| 2 | -52.5 | -52.5 | -21.9 | -21.9 | 39.7 | 39.7 |

Tabla 5-26: Comparación de resultados de fuerzas cortantes negativas en la estructura N° 02

| Tramo | V (-) izquierdo (t) | | V (-) derecho (t) | |
|-------|---------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | Vigas | Vigas.xls | Vigas | Vigas.xls |
| 1 | -0.9 | -0.9 | -40 | -40 |
| 2 | 0 | 0 | -33 | -33 |

Tabla 5-27: Comparación de resultados de fuerzas cortantes positivas en la estructura N° 02

| Tramo | V (+) izquierdo (t) | | V (+) derecho (t) | |
|-------|---------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | Vigas | Vigas.xls | Vigas | Vigas.xls |
| 1 | 27.7 | 27.7 | 0 | 0 |
| 2 | 43.4 | 43.4 | 0 | 0 |

Tabla 5-28: Comparación de resultados de diseño en flexión de la estructura N° 02

| Tramo | Diseño en flexión (Vigas) | | |
|-------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Izq. (-) | Med. (+) | Der. (-) |
| 1 | 3 Φ 3/4" | 3 Φ 3/4" + 1 Φ 1" | 5 Φ 3/4" + 2 Φ 1" |
| 2 | 5 Φ 3/4" + 2 Φ 1" | 3 Φ 3/4" + 2 Φ 1" | 4 Φ 3/4" |
| Tramo | Diseño en flexión (Vigas.xls) | | |
| | Izq. (-) | Med. (+) | Der. (-) |
| 1 | 3 Φ 3/4" | 3 Φ 3/4" + 1 Φ 1" | 5 Φ 3/4" + 2 Φ 1" |
| 2 | 5 Φ 3/4" + 2 Φ 1" | 3 Φ 3/4" + 2 Φ 1" | 4 Φ 3/4" |

Tabla 5-29: Comparación de resultados de diseño por corte de la estructura N° 02

| Tramo | Diseño Corte (Vigas) | Diseño Corte (Vigas.xls) |
|-------|---|---|
| 1 | \square Φ 3/8" : 1 @ 5cm, 9 @ 15cm, Resto @30cm | \square Φ 3/8" : 1 @ 5cm, 9 @ 15cm, Resto @30cm |
| 2 | \square Φ 3/8" : 1 @ 5cm, 9 @ 15cm, Resto @30cm | \square Φ 3/8" : 1 @ 5cm, 9 @ 15cm, Resto @30cm |

Tal como se muestra en las tablas, el análisis y diseño de las estructuras calculadas mediante los programas SAP2000, la hoja de cálculo Vigas.xlsx del PhD. Scaletti, y la app Vigas, muestran resultados muy similares, por lo que se concluye que los resultados obtenidos por la app Vigas son confiables y válidos.

6.3 PRUEBA EN OBRA

Se realizó la prueba del aplicativo móvil en obra donde se utilizó para la modificación de dos vigas por medio de RFIs.

6.3.1 RFI-001

En la construcción de una vivienda en el sur de Lima, se encontró un problema en obra con una viga en la cual los espaciamientos entre varillas de acero eran menores a los recomendados, por lo que se producirían problemas de confinamiento. Se analizó la viga con el aplicativo móvil y poder brindar soluciones a este problema.

La viga consta de tres tramos de los cuales uno se encuentra en voladizo.

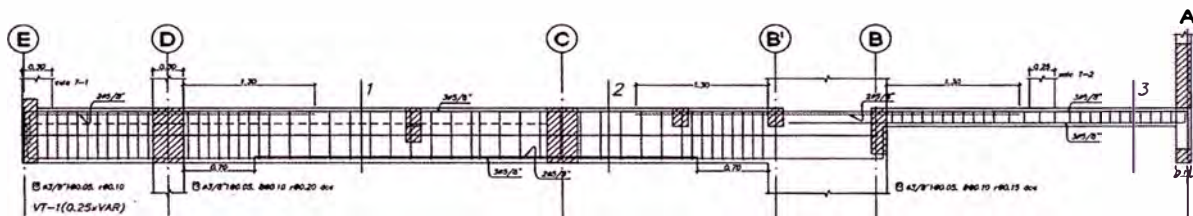


Figura 5-94: Sección longitudinal de la viga VT-1.

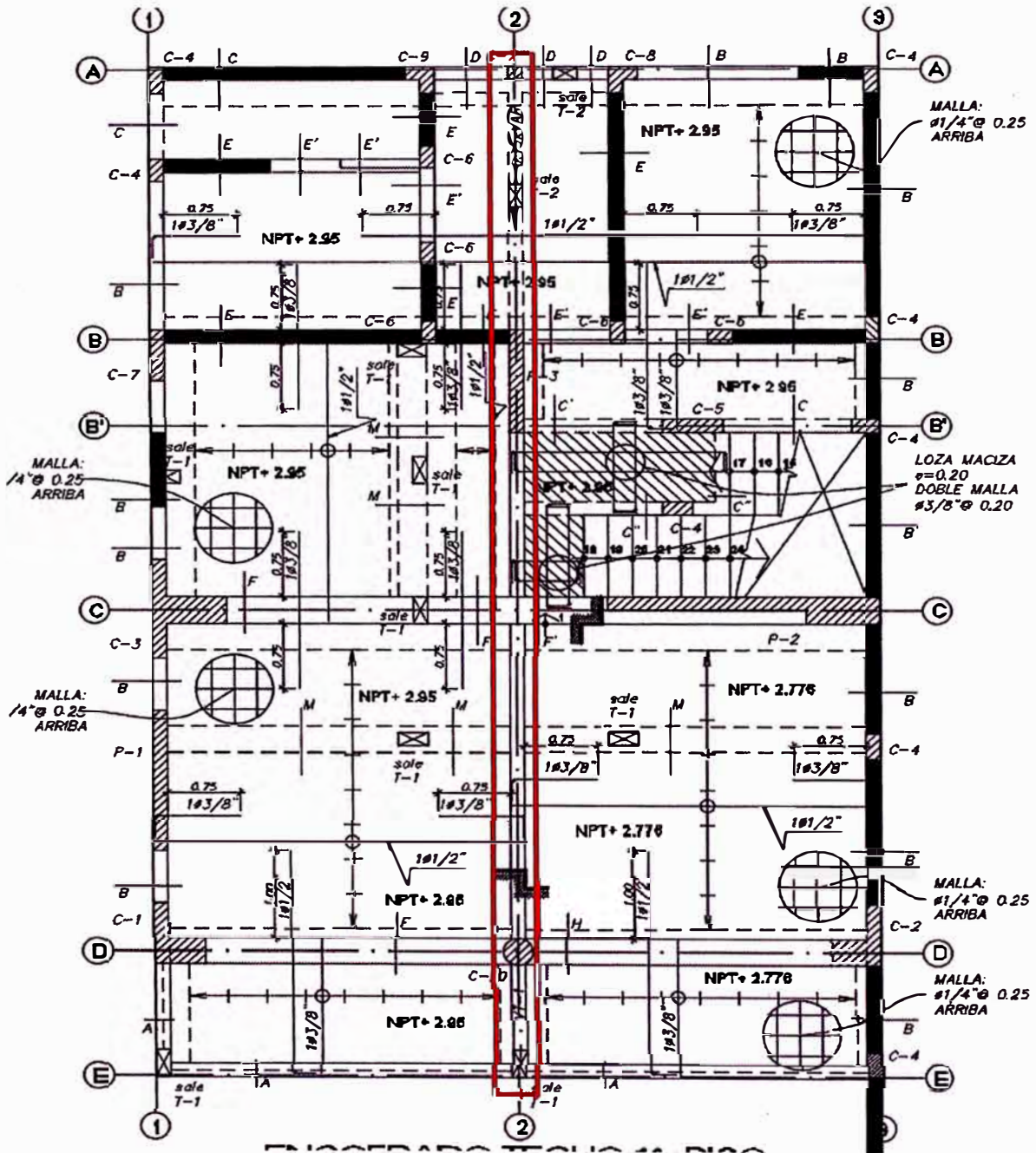


Figura 5-95: Vista en planta de la viga VT-1.

Esta viga se modeló en el aplicativo móvil para poder plantear soluciones en campo y mandárselas al consultor por medio de un RFI.

Datos Ingresados:

Diseño de: Viga

Peso de losa: 0.3 T/m²

Número de Tramos: 3

Ancho Colaborante: 3.7 m

Concreto: 210.0 kg/cm²

Acero: 4200.0 kg/cm²

Sección: V.15x.60m

Carga por Norma: Viviendas(0.2T/m²)

Combinación de Carga: NTE E-060

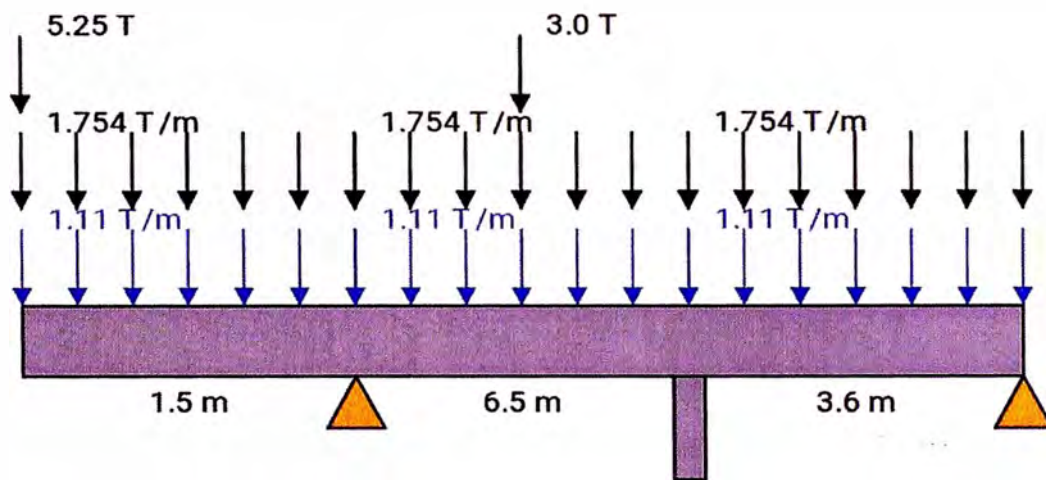


Figura 5-96: Datos ingresados al aplicativo móvil de la viga VT-1.

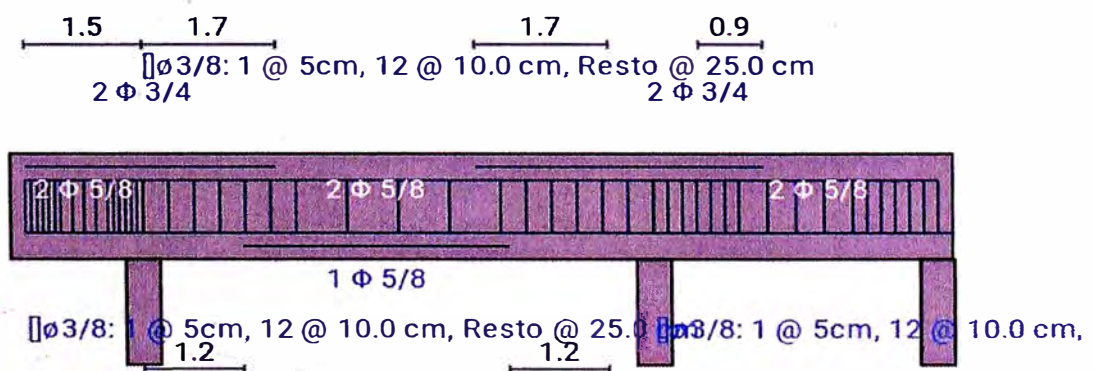


Figura 5-97: Resultados del aplicativo móvil de la viga VT-1.

Con los resultados obtenidos del aplicativo móvil, se realizó el RFI, anexando el reporte de resultados de la verificación del diseño de la viga propuesta.

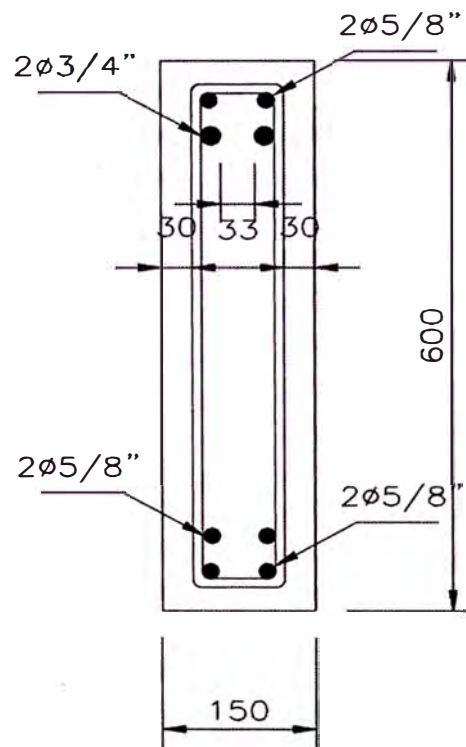


Figura 5-98: Sección transversal propuesta de la viga VT-1.

El RFI-001 fue respondido en tres días y se aprobó el diseño realizado por el aplicativo móvil. A continuación, se muestra una imagen del RFI-001.


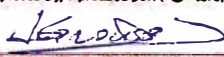

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA PIENIK S.A.C | | |  | |
| REQUEST FOR INFORMATION/ SOLICITUD DE INFORMACION (RFI) | | | | |
| Originator/ Autor: | | Deyvis Graus | | |
| Company/ Compañía: | | Construcción y minería PIENIK S.A.C. | | |
| Priority/Prioridad: | | High (2 Days/Días) <input type="checkbox"/> | Medium (5 Days/Días) <input checked="" type="checkbox"/> | Low (7 Days/Días) <input type="checkbox"/> |
| | | | | Date/Fecha: 12/06/18 |
| Major Area/Area | | Encofrado techo 1 piso | | |
| Sub Area: | | Encofrado techo 1 piso | | |
| Discipline/Disciplina: | | Estructural | | |
| RFI Descrip: Poco confinamiento de Viga VT-1 | | | | |
| Reference Document No./ No. Referencia de Documento | | Rev No. | Title/ Título | |
| E-02 | | 0 | TECHO 1, 2 | |
| | | | | |
| | | | | |
| Request Description / Question: (Attach Supporting Documents as Required)/ Descripción de Solicitud / Pregunta: (Adjuntar Documentos de soporte según se solicita) | | | | |
| Al armar la viga VT - 1 se encontró que el espacio entre aceros es muy reducido, por lo que produciría problemas de confinamiento (el espaciamiento entre varillas es menor a 1 pulgada). Se debería reducir la cantidad de varillas de acero por capa a un máximo de dos por capa. Para esto se ha realizado un nuevo diseño con el app Vigas se encontró que en vez de usar 5 fierros de 5/8, se podrían usar 2 de 5/8 y 2 de 3/4. Se adjunta el diseño realizado por el aplicativo para su verificación. | | | | |
| Prepared By/ Preparado por: | | Date: | Approved By/ Aprobado por: (Print name) | Date/ Fecha: |
| Javier Cotos | | 12/06/18 | Deyvis Graus | 12/06/18 |
| | | | Approved By/ Aprobado por: (Signature) | |
| | | |  | |
| Response: (Attach Supporting Documents as Required)/ Respuesta: (Adjuntar documentos de soporte según se solicita) | | | | |
| Es cierto que se producirían problemas de confinamiento, por lo que lo propuesto es aceptado. Se han realizado nuevos análisis y se verificó lo propuesto por el contratista. | | | | |
| Reference Document No./ No. De Referencia de Documento | | Rev No. | Title/ Título | Comment/ Comentario |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Prepared By/ Preparado por: | | Date/ Fecha: | Approved By/ Aprobado por: (Print name) | Date/ Fecha: |
| Julio Delgado | | 14/06/18 | Carlos Salcedo | 14/06/18 |
| | | | Approved By/ Aprobado por: (Signature) | |
| | | |  | |

Figura 5-99: RFI-001.

6.3.2 RFI-002

En la construcción de una edificación para una sala eléctrica, se encontró un problema en obra con una viga en la cual el peralte con respecto a la luz, no era el recomendado, por lo que se producirían problemas de deflexión. Según la normativa, el peralte mínimo para una viga se toma de un décimo o un doceavo de la luz. La viga V-100, tiene una luz de 8.1 m y un peralte de 60 cm, lo cual no cumple con la normativa. Se analizó la viga con el aplicativo móvil y poder brindar soluciones a este problema.

La viga consta de sólo un tramo, el cual estará cargado sólo por carga muerta y carga viva por techo.

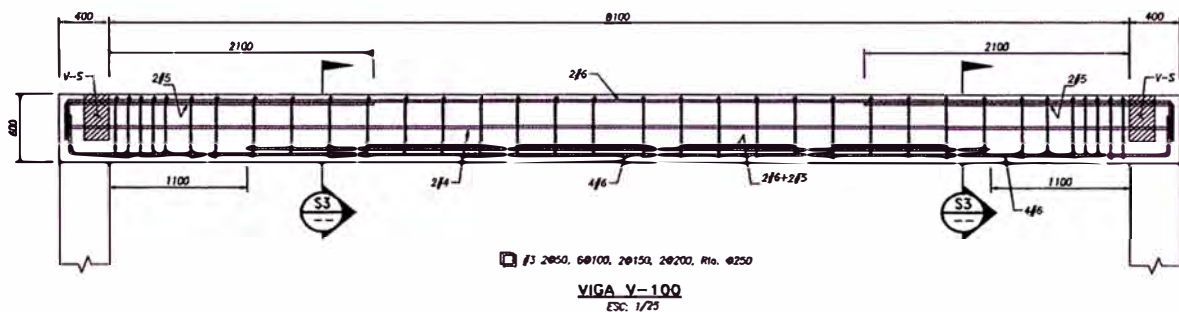


Figura 5-100: Sección longitudinal de la viga V-100.

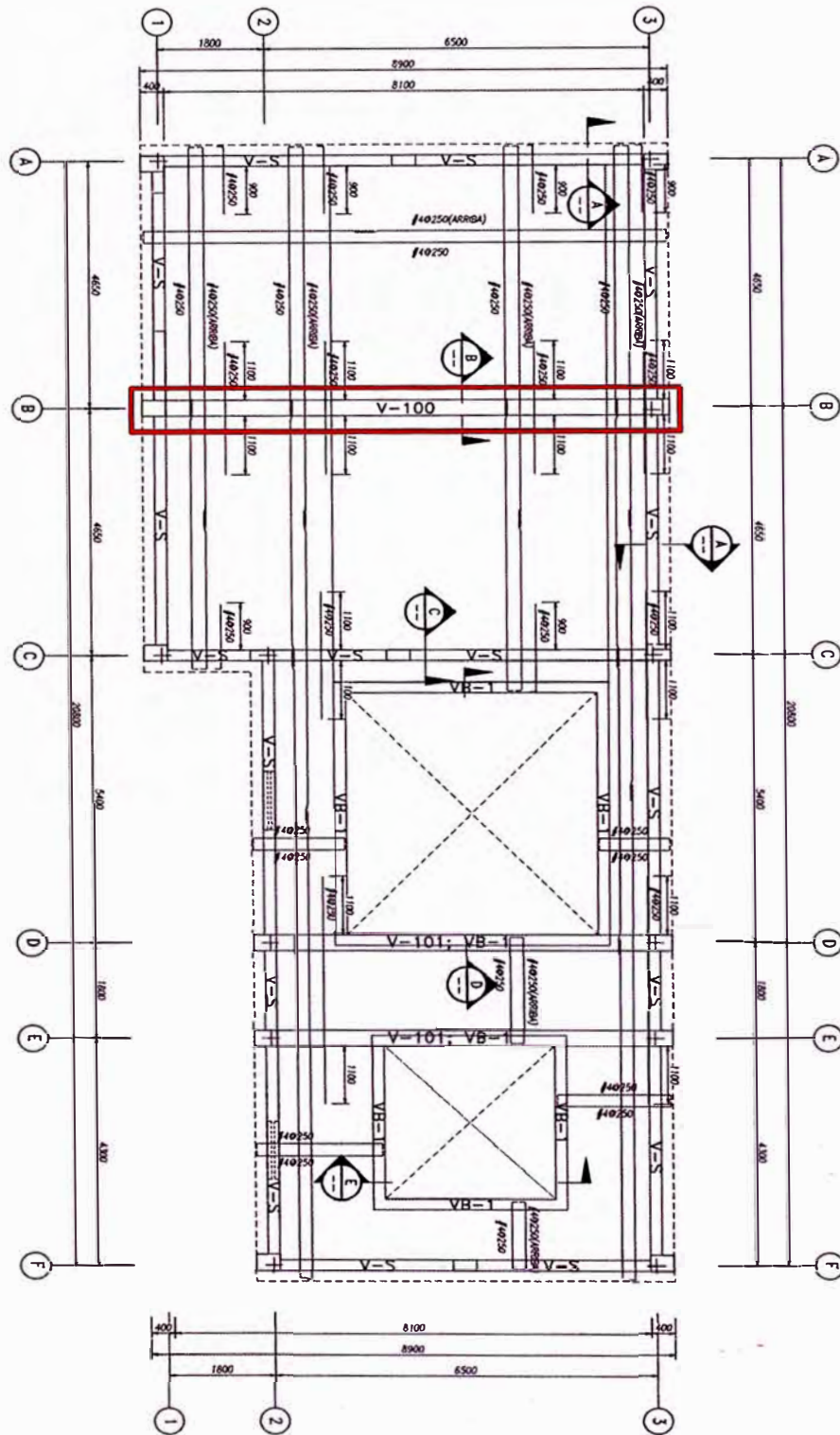


Figura 5-101: Vista en planta de la viga V-100.

Esta viga se modeló en el aplicativo móvil para poder plantear soluciones en campo y mandárselas al consultor por medio de un RFI.

Datos Ingresados:

Diseño de: Viga

Número de Tramos: 1

Concreto: 210.0 kg/cm²

Sección: V.30x.70m

Combinación de Carga: NTE E-060

Peso de losa: 0.3 T/m²

Ancho Colaborante: 4.7 m

Acero: 4200.0 kg/cm²

Carga por Norma: Techos(0.2T/m²)

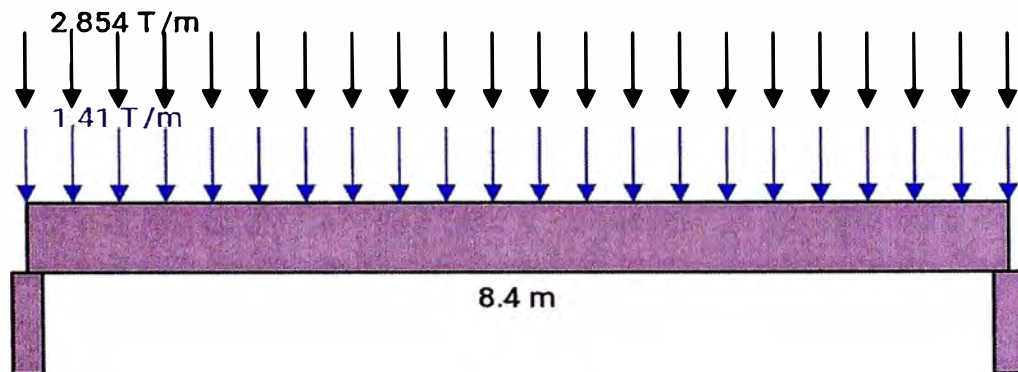


Figura 5-102: Datos ingresados al aplicativo móvil de la viga V-100.

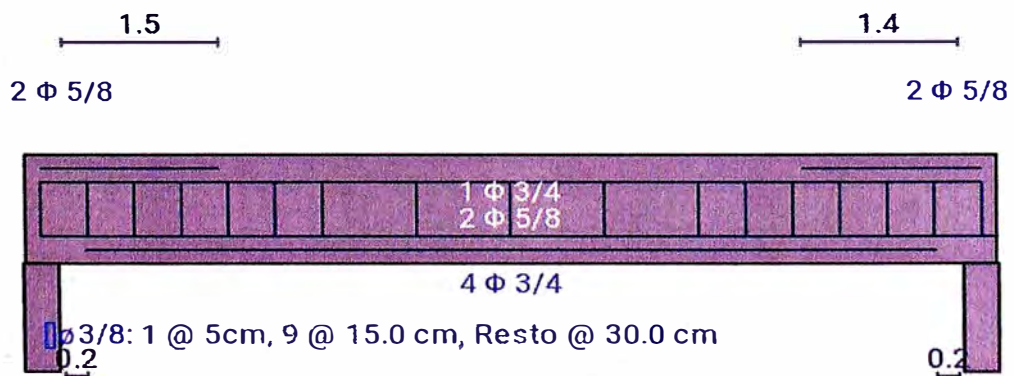


Figura 5-103: Resultados del aplicativo móvil de la viga V-100.

Con los resultados obtenidos del aplicativo móvil, se realizó el RFI, anexando el reporte de resultados de la verificación del diseño de la viga propuesta.

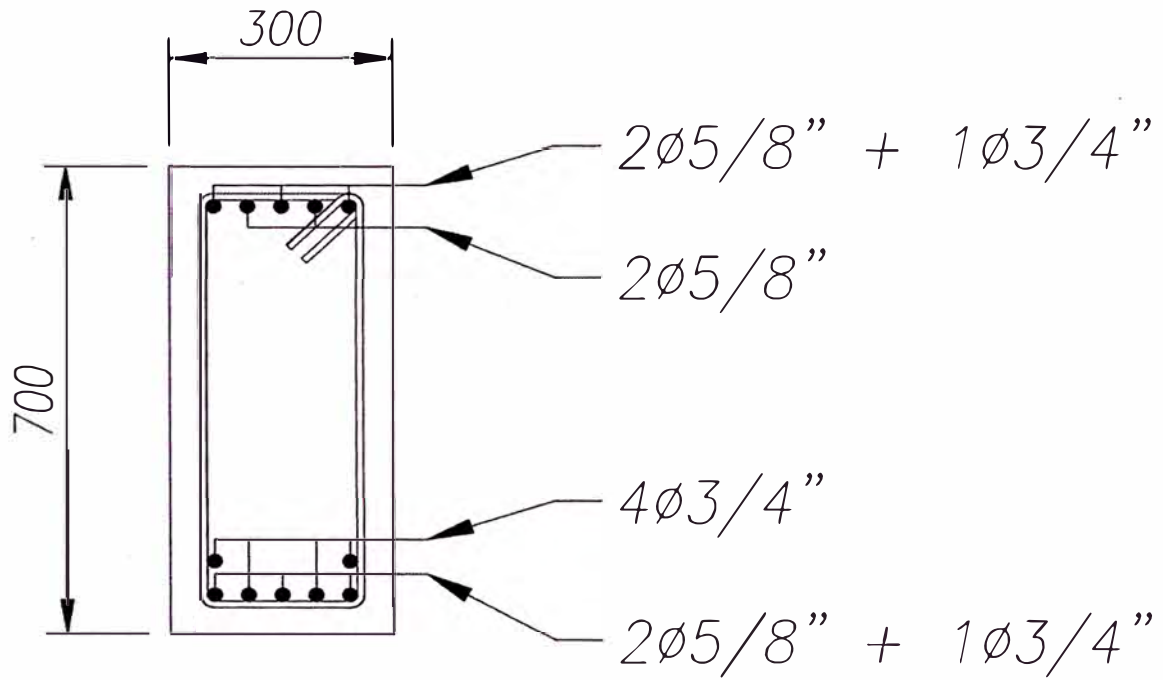


Figura 5-104: Sección transversal propuesta de la viga V-100.

El RFI-002 fue respondido en tres días y se aprobó el diseño realizado por el aplicativo móvil. A continuación, se muestra una imagen del RFI-002.




| | | | |
|---|--------------|---|----------------------|
| CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA PIENIK S.A.C | |  | |
| REQUEST FOR INFORMATION/ SOLICITUD DE INFORMACION (RFI) | | | |
| Originator/ Autor: | | Deyvis Graus | |
| Company/ Compañía: | | Construcción y minería PIENIK S.A.C. | |
| Priority/Prioridad: | | High (2 Days/Dias) <input type="checkbox"/> Medium (5 Days/Dias) <input checked="" type="checkbox"/> Low (7 Days/Dias) <input type="checkbox"/> | Date/Fecha: 09/05/18 |
| Major Area/Área | | | |
| Sub Area: | | Salas eléctricas Puerta 1 | |
| Discipline/ Dirección: | | Estructural | |
| RFI Descrip: Rajaduras en viga y losa de techo | | | |
| Reference Document No./ No. Referencia de Documento | Rev No. | Title/ Título | |
| 993509-100-D-C-DWG-0006 | 0 | ALIGERADO Y VIGAS - PLANTA Y SECCIONES | |
| 993509-100-D-C-DWG-0007 | 0 | ALIGERADO Y VIGAS - SECCIONES Y DETALLES | |
| Request Description / Question: (Attach Supporting Documents as Required)/ | | | |
| Descripción de Solicitud / Pregunta: (Adjuntar Documentos de soporte según se solicita) | | | |
| El peralte de la viga no es el recomendado para la luz, por lo que podrían producirse problemas por deflexiones. Según normativa el peralte mínimo se toma de la luz entre 10 o 12. Se tiene una luz de 8.1 m, por lo que el peralte debería ser como mínimo 70 cm. Se ha realizado un análisis y diseño preliminar de la viga V-100 con el aplicativo móvil Vigas. Se adjunta el reporte del aplicativo móvil para su verificación y aprobación. | | | |
| Prepared By/ Preparado por: | Date: | Approved By/ Aprobado por: (Print name) | Date/ Fecha: |
| Javier Cotos | 09/05/18 | Deyvis Graus | 09/05/18 |
| | | Approved By/ Aprobado por: (Signature) | |
| | |  | |
| Response: (Attach Supporting Documents as Required)/ Respuesta: (Adjuntar documentos de soporte según se solicita) | | | |
| Es cierto que el peralte es menor a lo recomendado. Se analizó la deformación admisible de la viga y se requiere un peralte mayor o un mismo peralte pero un mayor ancho. Se ha realizado la verificación del diseño propuesto por el contratista y se aprueba. | | | |
| Reference Document No./ No. De Referencia de Documento | Rev No. | Title/ Título | Comment/ Comentario |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Prepared By/ Preparado por: | Date/ Fecha: | Approved By/ Aprobado por: (Print name) | Date/ Fecha: |
| Adolfo Recalde | 11/05/18 | Cesar Nuñez | 11/05/18 |
| | | Approved By/ Aprobado por: (Signature) | |
| | |  | |

Figura 5-105: RFI-002.

Se concluye que mediante la utilización de esta herramienta de gestión tecnológico (utilizando apps para la solución de consultas en obra) se ha llegado a reducir los tiempos de respuesta de los RFIs.

6.4 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se ha realizado la validación del aplicativo móvil en resultados de análisis y diseño estructural, así como también se realizaron pruebas del aplicativo móvil en campo para solucionar los problemas presentados.

El aplicativo móvil ha demostrado una mejora en el proceso de solución de problemas en el ámbito estructural, reduciendo los tiempos de respuesta de RFIs y brindando propuestas de solución a los problemas presentados en campo. Según la encuesta realizada, el tiempo de respuesta de RFIs en promedio se demoraban cuatro a más días, esto se pudo reducir a tres días con el uso del aplicativo móvil.

CONCLUSIONES

1. El modelo de gestión tecnológico propuesto, aplicado en obra mejoro los tiempos de respuesta de las consultas técnicas (RFIs) durante la etapa de ejecución respecto a las consultas del diseño estructural, asimismo cabe mencionar que según la encuesta realizada se evidenció respecto a los RFI, estos en promedio demoraban de cuatro a más días, pero este tiempo se redujo considerablemente con el uso de este modelo que se basa en un aplicativo móvil que permitió al personal de obra facilitar a los consultor (proyectistas) brindarles alternativas de solución para que las respuestas sean en el menor plazo, lográndose demoras iguales y menores a tres días.
2. La respecto al diagnóstico, este se realizó a más de cien ingenieros, mostrando resultados favorables para el modelo propuesto, ya que incorpora un aplicativo móvil, fácil de usar; asimismo, en la encuesta se evidencio que muchos de los problemas identificados en obra, se deben a consultas a los proyectistas en los elementos estructurales, tales como las cimentaciones y las vigas de concreto armado. Además, los encuestados indicaron que con un aplicativo móvil que proponga alternativas de solución a las consultas técnicas, estas podrían solucionarse con mayor rapidez.
3. La automatización de los procesos de cálculo del análisis y diseño estructural de vigas, mediante la propuesta de gestión que incorpora el aplicativo móvil 'Vigas', ha permitido la verificación del diseño de vigas y losas de concreto armado de una manera eficiente y rápida contando con una interfaz interactiva que permite a los ingenieros en obra realizar una verificación y definir propuestas de alternativas de mejora de los diferentes diseños relacionados a las vigas y losas del proyecto.
4. Respecto a la interfaz del aplicativo móvil ha sido desarrollada mediante el programa Android Studio con un lenguaje de programación que envuelve Java y Android.xml, de manera que el usuario, de forma muy intuitiva y sin conocer cómo trabaja el aplicativo móvil, pueda definir y obtener resultados de las estructuras que se plantee. Además, la visualización de resultados es sencilla, comprensible y didáctica mediante gráficas en las cuales se indican los valores máximos y mínimos y un sketch del diseño del elemento.

5. La comprobación del modelo propuesto con el aplicativo móvil, se ha realizado mediante ejemplos de aplicación en obra y de un análisis comparativo de los resultados con los de otros programas de cálculo estructural tales como SAP2000 y Vigas.xlsx (PhD. Scaletti), obteniendo de este análisis resultados similares entre los diferentes programas, por lo que queda demostrado que este aplicativo genera resultados similares a los programas antes mencionados, haciendo confiable los resultados obtenidos.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda desarrollar aplicativos móviles para los diferentes elementos estructurales de las obras de edificaciones, que faciliten los cálculos estructurales en obra para así, tener una variedad de aplicativos y solucionar problemas de manera eficiente.
2. Para el desarrollo del diagnóstico situacional, se recomienda realizar un estudio para la selección de la muestra y utilizar un método estadístico para la verificación de los resultados de esta, para así poder obtener resultados confiables.
3. En el desarrollo del aplicativo móvil, siempre llevar un orden utilizando comentarios específicos para cada subrutina del programa para así, con solo leer el comentario, saber de qué se trata esa subrutina.
4. Antes de utilizar el aplicativo móvil se recomienda tener claro, que tipo de diseño se realizará, en ese sentido se deberá realizar un modelo matemático adecuado que se adapte a las condiciones reales del problema a resolver.
5. Es importante analizar los resultados obtenidos con el programa, revisando la compatibilidad y condiciones de nudos y elementos.

BIBLIOGRAFÍA

- Almonacid, K. (2015): Propuesta De Metodología Para La Implementación De La Tecnología Bim En La Empresa Constructora E Inmobiliaria “Ij Proyecta”, Lima, Perú.
- Aranaz, J. (2009): Desarrollo De Aplicaciones Para Dispositivos Móviles Sobre La Plataforma Android De Google, Madrid, España.
- Arquitectura Android (2014). Recuperado de: <http://www.androidcurso.com/index.php/tutoriales-android-fundamentos/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo/99-arquitectura-de-android>.
- Ascencios, M. (2011): Modelo de elementos finitos h-adaptativos en el análisis de cascaras axisimetricos, Lima, Perú.
- Blanco, J (2012): Análisis estático de estructuras por el método matricial, Málaga, España.
- Diccionario de ingeniería (2012). Request for Information. Recuperado de: <http://diccionarioingenieria.blogspot.pe/2012/05/8-request-for-information-rfi.html>
- El Mundo (2007), edición digital. Noticia de la sección El Navegante. <http://www.elmundo.es/navegante/2007/11/05/tecnologia/1194284462.html>
- Equio editorial. (2014, Junio) Portada: Mercadotécnica y medios. Recuperado de: <http://mercadotecnia.portada-online.com/2014/11/06/investigacion-de-mercados-android-es-el-rey-de-los-smartphones-en-mexico-y-latam/>
- Freire, j. (2001). Mejoramiento del proceso de diseño en proyectos. Revista de ingeniería de construcción.
- Gartner consulting. (2013, Noviembre) Techcrunch. Recuperado de: <http://techcrunch.com/2013/11/14/gartner-456m-phones-sold-in-q3-55-smartphone-android-at-82-share-samsung-a-flat-leader/>
- Gonzales, A. (1996): Desarrollo de Software para el Análisis de Estructuras, Lima, Perú.
- Gonzales, R. (2016). Fragmentación de Android. Recuperado de: <https://androidspain.es/que-es-la-fragmentacion-de-android/>

- Google Play. (2017). ¿Cuántas aplicaciones hay en Google play? Recuperado de: https://play.google.com/intl/es_es/about/apps/index.html.
- Internet Media Services. (2015). Mobile Study. Recuperado de: <https://www.imsincorporate.com/news/Estudios-comScore/IMS-Mobile-Study-Enero2015.pdf>
- Lido, I. (2011). Aplicación Android de movilidad de invidentes, tesis de titulación en ingeniería técnica de telecomunicaciones, Barcelona, España.
- McGuire, W., Gallagher, R. y Ziemian, R. (2000). Matrix Structural Analysis, 2nd Edition. EE.UU.: Faculty Books.
- MinTIC. (2012). Impulso al desarrollo de aplicaciones móviles (APPS.CO). Recuperado de: <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-propertyvalue-575.html>
- Morales, R. (2006). Diseño en concreto armado. Lima – Perú. Editorial ICG.
- Nilson, A. (2001): Diseño de estructuras de concreto. Nueva York – Estados Unidos. Editorial Mc Graw Hill.
- Ottazzi, G. (2008) Apuntes del Curso Análisis Estructural. (2da. Ed). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Pandey, A. (2017): Carts (A Collaborative Shopping List Android App), Computer Science & Engineering, IMS Engineering College, Ghaziabad, India.
- Perello, M. (2014): Desarrollo De Una Aplicación Móvil Android Para Mejorar La Integración De Los Estudiantes De Intercambio En La Upv Mediante Uso De Herramientas Útiles, Valencia, España.
- Poma, J. (2014): Automatización Mediante Macros Para El Análisis Sísmico Estático Y Dinámico De Sistemas Estructurales En 2d Y Pseudo Tridimensionales, Huancayo, Perú.
- Quiroz, L. (2015): Modelamiento Virtual de Armaduras para Mejorar la Constructabilidad en Estructuras de Concreto Armado, Lima, Perú.
- Quisi, D. (2012): Diseño e Implementación de una Aplicación para Dispositivos Android en el Marco del Proyecto Pequeñas y Pequeños Científicos de la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Salcedo, C. (2014): Análisis Estructural por el Método de Elementos Finitos Asistido por Computadora (Vigas-Pórticos, Placas, Sólidos de Revolución.)

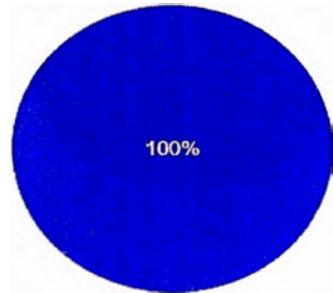
- Velásquez, A. (1977): Optimización Estructural de Armaduras por el Método de los Índices Estructurales, Lima, Perú.
- Vargas, M. (2013): Objetos De Aprendizaje Móviles Para Las Asignaturas De Matemáticas Álgebra Y Cálculo Diferencial, D.F, Mexico.
- Viñas, V. (2015). BIM para asegurar el costo contractual de obra y su implementación en un proyecto multifamiliar, tesis de maestría en ingeniería civil, Lima, Perú.
- Willey (2003). Programming for the Series 60 platform and Symbian, Digia Inc.

ANEXOS

RESULTADOS DE LA ENCUESTA - RESUMEN

¿Es usted ingeniero y/o arquitecto?

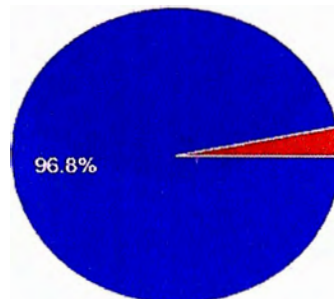
124 responses



● Si
● No

¿Ha participado en la supervisión y/o ejecución de alguna obra de edificación?

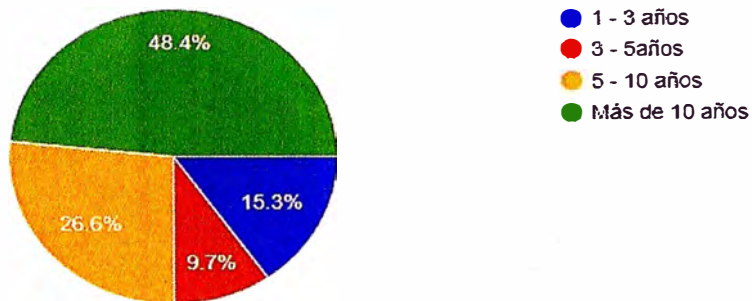
124 responses



● Si
● No

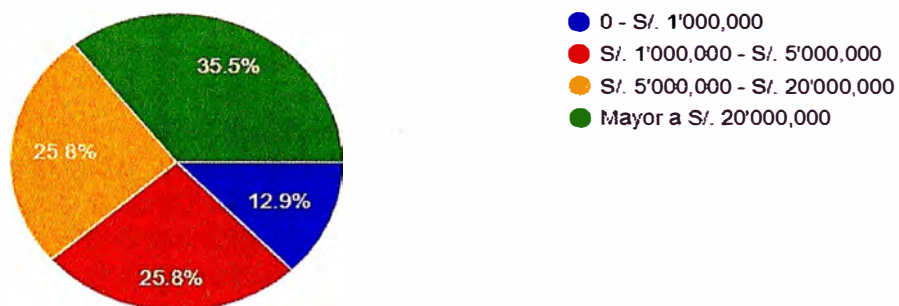
¿Cuántos años de experiencia tiene supervisando y/o ejecutando obras de edificaciones?

124 responses



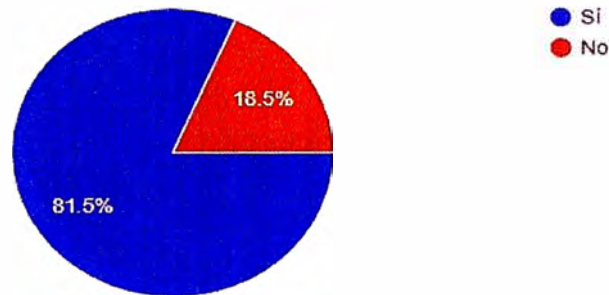
Un estimado del monto mayor de obra supervisada y/o ejecutada en la cual participó:

124 responses



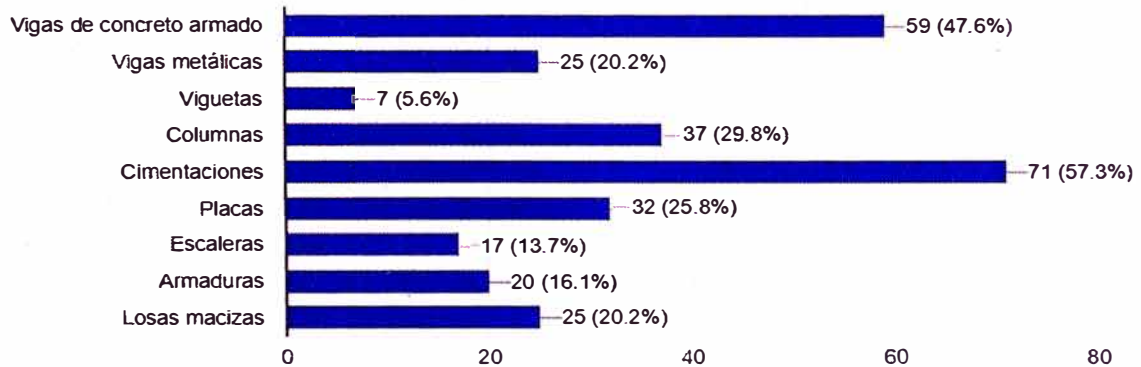
¿Cuándo realizó la supervisión y/o ejecución de una obra de edificaciones tuvo que cambiar el diseño de algún elemento estructural ?

124 responses



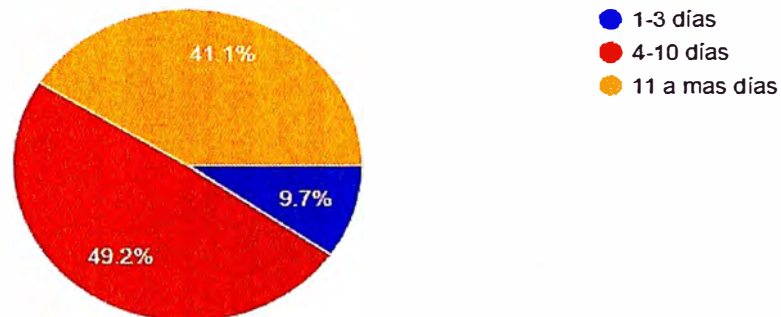
¿Cuándo supervisó y/o ejecutó obras de edificaciones en qué elementos estructurales encontró mayores problemas de diseño?

124 responses



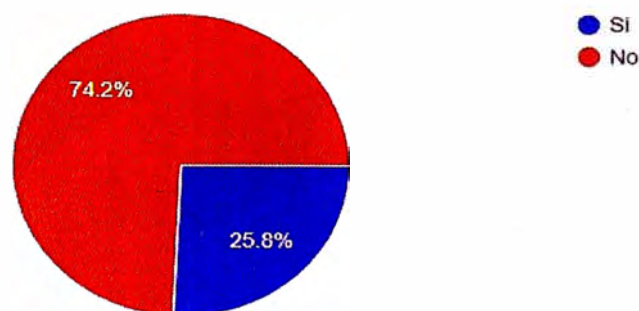
En la obra que participó, ¿cuánto tiempo se demoró el proyectista en absolver todas las consultas?

124 responses



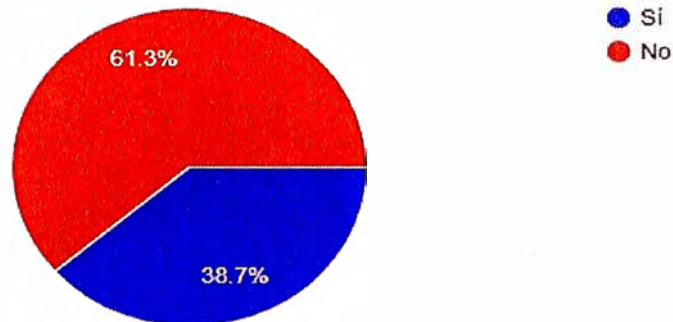
En la obra que participó, ¿se utilizaron herramientas tecnológicas (tablets y/o smartphones) para mejorar los procesos de gestión contra problemas de diseño?

124 responses



¿Ha utilizado formatos digitales para el manejo de los problemas de diseño estructural presentados en la ejecución de obras ?

124 respuestas



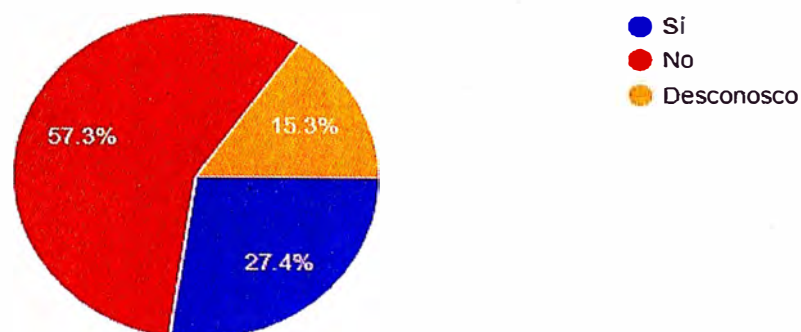
En la obra que participó, ¿cuáles fueron los problemas encontrados en vigas y losas?

124 respuestas



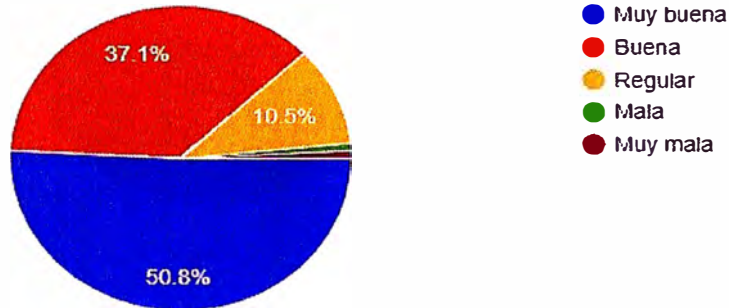
¿Conoce el funcionamiento de aplicativos móviles de diseño en ingeniería en tablets y/o Smartphones?

124 respuestas



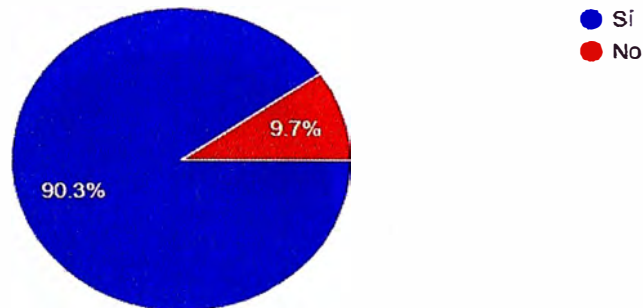
¿Cómo considera una aplicación móvil la cual te permita realizar diseños de diversas estructuras (vigas, columnas, viguetas, etc.) para realizar cambios y verificaciones rápidas y mejorar la calidad en los diseños in situ?

124 responses



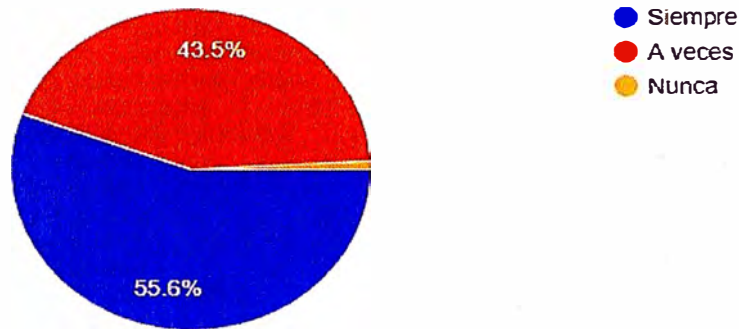
¿Usted cree que utilizando una aplicación móvil se puede optimizar los tiempos de espera ocasionados por los problemas de diseño estructural en la ejecución de obras?

124 responses



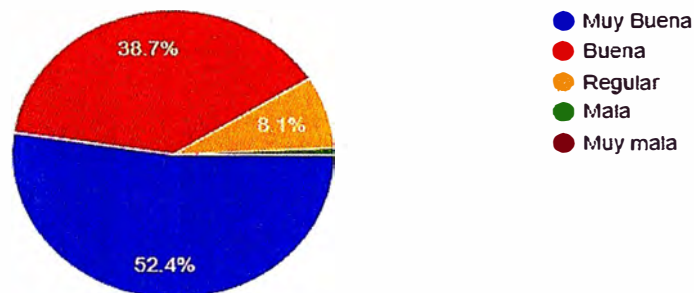
¿Estaría dispuesto a utilizar la aplicación móvil?

124 responses



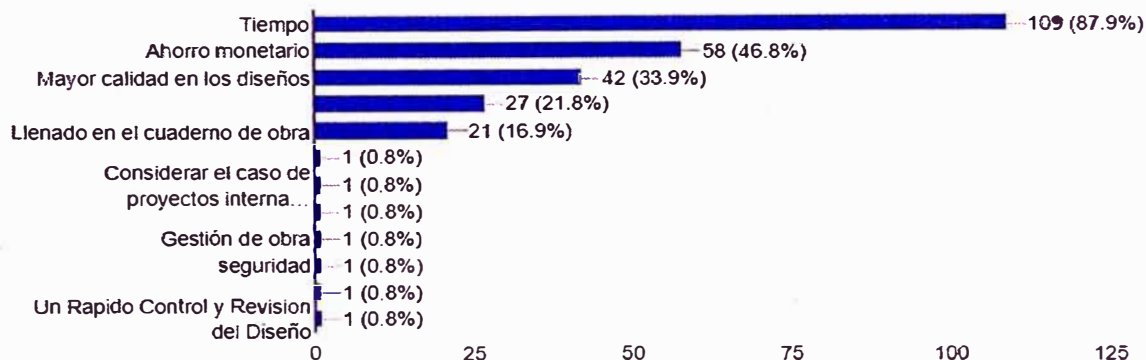
La aplicación consiste en realizar análisis y diseños estructurales desde tu smartphone para verificaciones, modificaciones y cambios rápidos en obra para optimizar los tiempos de espera debido a los problemas de diseño estructural; así tener un ahorro monetario y beneficiar a todas las partes involucradas en el proceso. ¿Cómo consideraría usted esta propuesta?

124 responses



Según usted, ¿Qué se podría optimizar/mejorar usando la aplicación móvil descrita? Puede marcar más de una.

124 respuestas




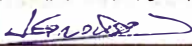

Sugerencias:

2 respuestas

Validaciones rápidas al diseño

Deberá ser interactivo con soporte para agilizar

RFI-001

| | | | |
|--|--|---|--|
| CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA PIENIK S.A.C | |  | |
| REQUEST FOR INFORMATION/ SOLICITUD DE INFORMACIÓN (RFI) | | | |
| Originator/ Autor: | | Deyvis Graus | |
| Company/ Campaña: | | Construcción y minería PIENIK S.A.C. | |
| Priority/Prioridad: | | High (2 Days/Dias) <input type="checkbox"/> Medium (5 Days/Dias) <input checked="" type="checkbox"/> Low (7 Days/Dias) <input type="checkbox"/> Date/Fecha: 12/06/18 | |
| Major Area/Área | | Encofrado techo 1 piso | |
| Principal: | | | |
| Sub Area: | | Encofrado techo 1 piso Discipline/ Especialidad: Estructural | |
| RFI Description: Poco confinamiento de Viga VT-1 | | | |
| Referencia Document No./ No. Referencia de Documento | | Rev No. | Title/ Título |
| E-02 | | 0 | TECHO 1. 2 |
| | | | |
| | | | |
| Request Description / Question: (Attach Supporting Documents as Required)/ Descripción de Solicitud / Pregunta: (Adjuntar Documentos de soporte según se solicita) | | | |
| <p>Al armar la viga VT - 1 se encontró que el espacio entre aceros es muy reducido, por lo que produciría problemas de confinamiento (el espaciamiento entre varillas es menor a 1 pulgada). Se debería reducir la cantidad de varillas de acero por capa a un máximo de dos por capa. Para esto se ha realizado un nuevo diseño con el app Vigas se encontró que en vez de usar 5 fierros de 5/8, se podrían usar 2 de 5/8 y 2 de 3/4. Se adjunta el diseño realizado por el aplicativo para su verificación.</p> | | | |
| Prepared By/ Preparado por: | | Date: | Approved By/ Aprobado por: (Print name) |
| Javier Cotos | | 12/05/18 | Deyvis Graus |
| | | | Approved By/ Aprobado por: (Signature) |
| | | |  |
| Response: (Attach Supporting Documents as Required)/ Respuesta: (Adjuntar documentos de soporte según se solicita) | | | |
| Es cierto que se producirían problemas de confinamiento, por lo que lo propuesto es aceptado. Se han realizado nuevos análisis y se verificó lo propuesto por el contratista. | | | |
| Referencia Document No./ No. De Referencia de Documento | | Rev No. | Title/ Título |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Prepared By/ Preparado por: | | Date/ Fecha: | Approved By/ Aprobado por: (Print name) |
| Julio Delgado | | 14/06/18 | Carlos Salcedo |
| | | | Approved By/ Aprobado por: (Signature) |
| | | |  |

ANALYSIS AND DESIGN OF BEAMS

Detailed Report

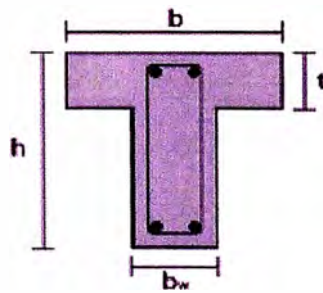
Section : V.15x.60m

GENERAL INFORMATION

General Data

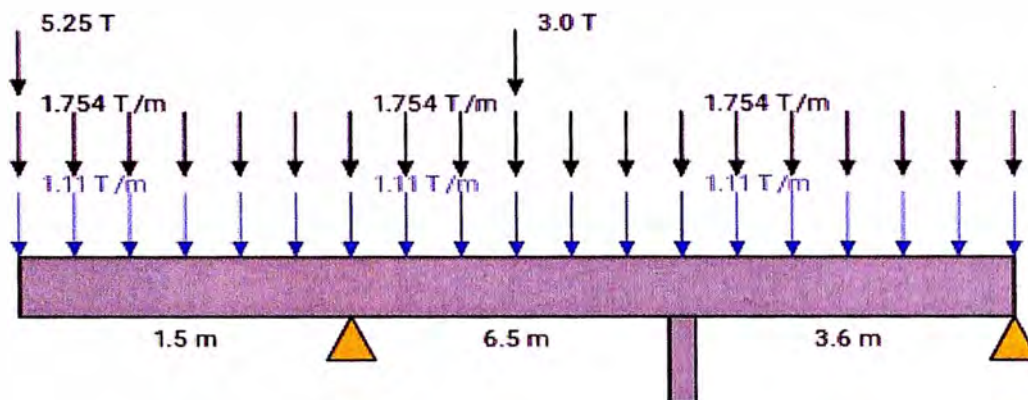
| | | |
|-------------------------|---|---------------------------------|
| Number of beam sections | : | 3 |
| Slab weight: | : | 0.3 T/m ² |
| Effective width | : | 3.7 m |
| Concrete | : | 210.0 kg/cm ² |
| Steel | : | 4200.0 kg/cm ² |
| Live Load (Code) | : | Viviendas(0.2T/m ²) |
| Load Combination | : | NTE E-060 |

Transversal Section of Beam



| | | |
|----|---|--------|
| bw | : | 0.15 m |
| h | : | 0.6 m |
| b | : | 0.15 m |
| t | : | 0.0 m |

Beam



SUPPORTS

Node_1

| | | |
|------------------------------|---|-------|
| Restriction type | : | |
| Settlement | : | 0.0 m |
| Support width | : | 0.0 m |
| Column Section (floor below) | : | none |
| Column Height (floor below) | : | 0.0 m |
| Column Section (floor above) | : | none |
| Column Height (floor above) | : | 0.0 m |

Node_2

| | | |
|------------------------------|---|--------------|
| Restriction type | : | Pinned joint |
| Settlement | : | 0.0 m |
| Support width | : | 0.0 m |
| Column Section (floor below) | : | none |
| Column Height (floor below) | : | 0.0 m |
| Column Section (floor above) | : | none |
| Column Height (floor above) | : | 0.0 m |

Node_3

| | | |
|------------------------------|---|----------------|
| Restriction type | : | Column or wall |
| Settlement | : | 0.0 m |
| Support width | : | 0.575 m |
| Column Section (floor below) | : | p15 |
| Column Height (floor below) | : | 2.5 m |
| Column Section (floor above) | : | none |
| Column Height (floor above) | : | 0.0 m |

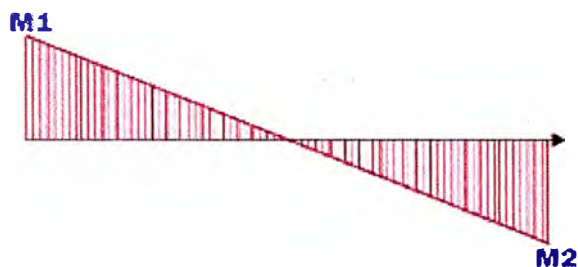
Node_4

| | | |
|------------------|---|--------------|
| Restriction type | : | Pinned joint |
| Settlement | : | 0.0 m |

| | | |
|------------------------------|---|-------|
| Support width | : | 0.0 m |
| Column Section (floor below) | : | none |
| Column Height (floor below) | : | 0.0 m |
| Column Section (floor above) | : | none |
| Column Height (floor above) | : | 0.0 m |

SEISMIC BENDING MOMENTS

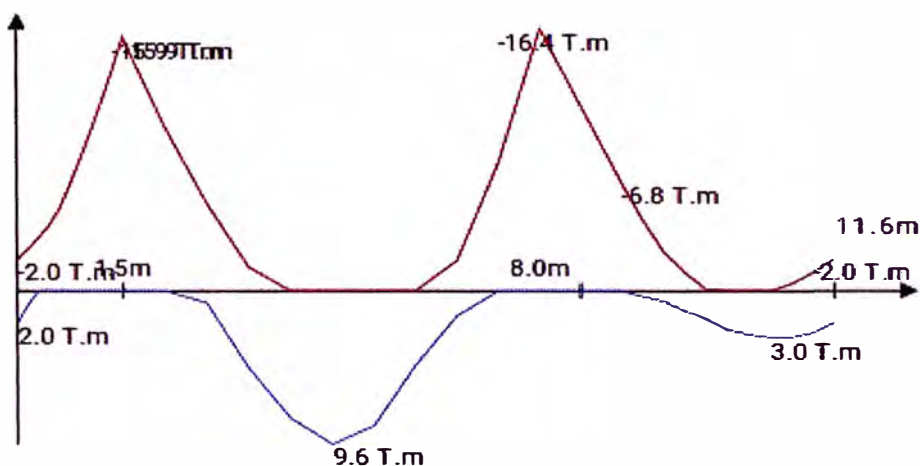
SEISMIC MOMENTS DIAGRAM



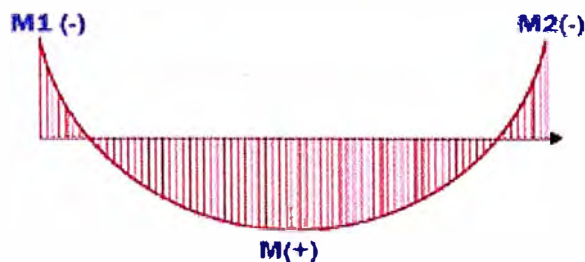
| | | |
|------------------|---|---------|
| <u>Section 1</u> | | |
| M1 | : | 2.0 T-m |
| M2 | : | 2.0 T-m |
| <u>Section 2</u> | | |
| M1 | : | 2.0 T-m |
| M2 | : | 2.0 T-m |
| <u>Section 3</u> | | |
| M1 | : | 2.0 T-m |
| M2 | : | 2.0 T-m |

STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS

ACTING BENDING MOMENTS



MOMENTS DIAGRAM



Section 1

| | | |
|-------|---|-----------|
| M1(-) | : | -2.0 T-m |
| M(+) | : | 2.0 T-m |
| M2(-) | : | -15.9 T-m |

Section 2

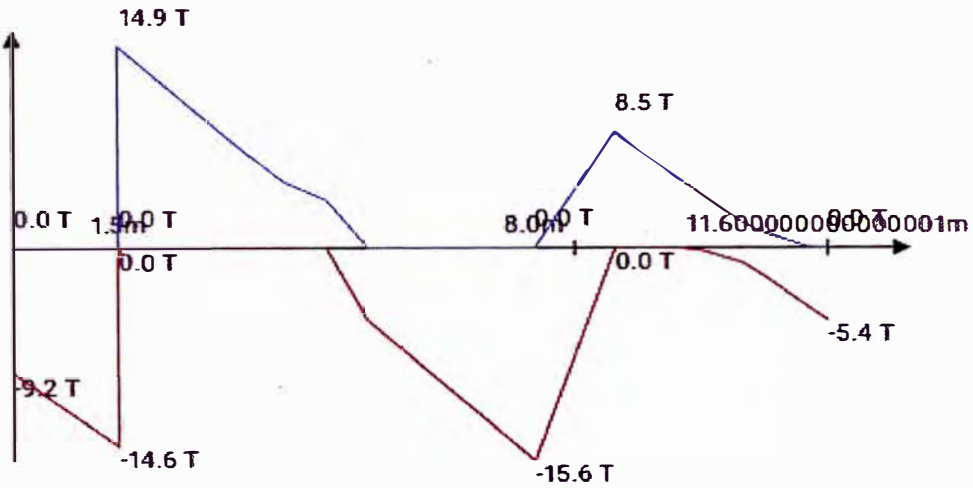
| | | |
|-------|---|-----------|
| M1(-) | : | -15.9 T-m |
| M(+) | : | 9.6 T-m |
| M2(-) | : | -16.4 T-m |

Section 3

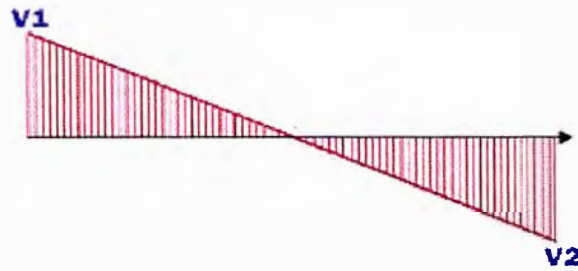
| | | |
|-------|---|----------|
| M1(-) | : | -6.8 T-m |
|-------|---|----------|

M(+) : 3.0 T-m
 M2(-) : -2.0 T-m

ACTING SHEAR FORCES



SHEAR DIAGRAM



Section 1

V1(+) : 0.0 T
 V2(+) : 0.0 T
 V1(-) : -9.2 T
 V2(-) : -14.6 T

Section 2

V1(+) : 14.9 T
 V2(+) : 0.0 T
 V1(-) : 0.0 T
 V2(-) : -15.6 T

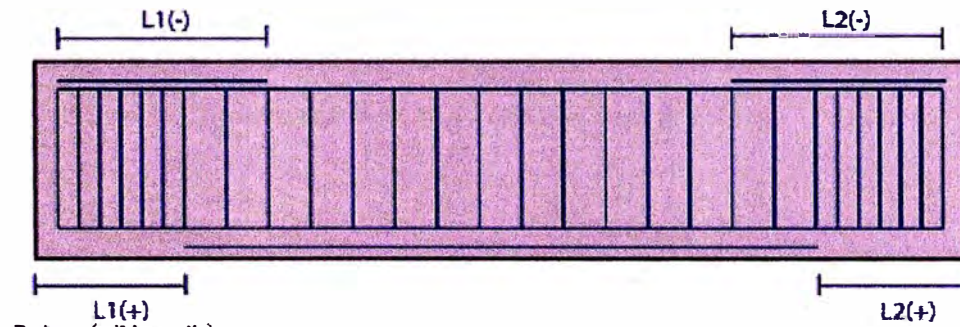
Section 3

V1(+) : 8.5 T

| | | |
|-------|---|--------|
| V2(+) | : | 0.0 T |
| V1(-) | : | 0.0 T |
| V2(-) | : | -5.4 T |

STRUCTURAL DESIGN RESULTS

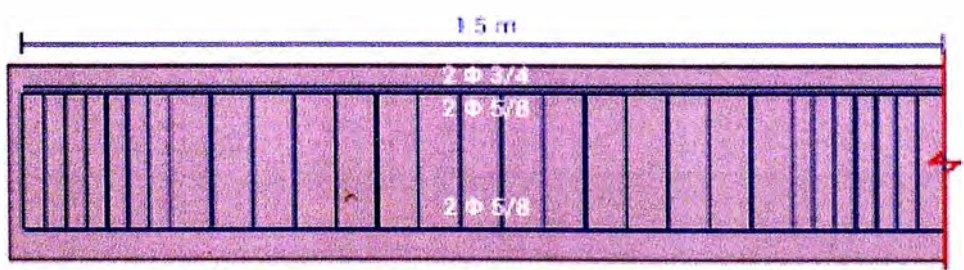
REBAR



Rebar (all length)

| | | |
|--------------|---|--------------|
| Top Rebar | : | 2 ϕ 5/8 |
| Bottom Rebar | : | 2 ϕ 5/8 |

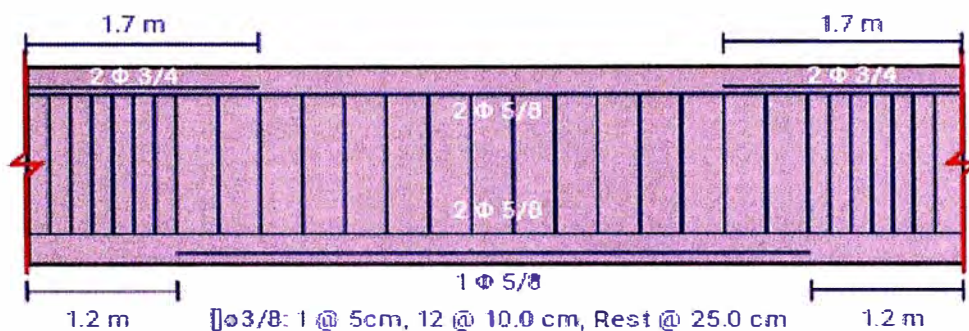
Section 1



#3/8: 1 @ 5cm, 12 @ 100 cm, Rest @ 25.0 cm

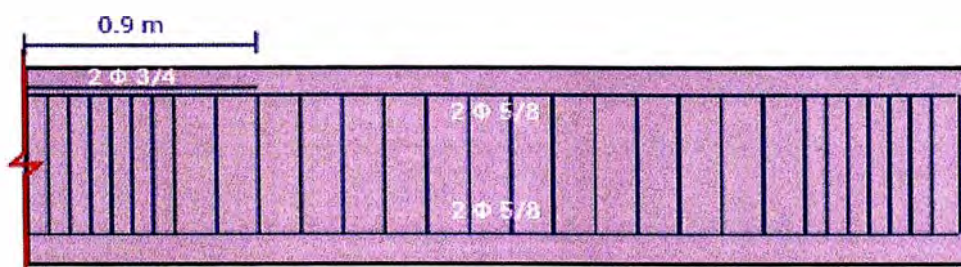
| | | |
|--------------------|---|----------------|
| Top Rebar (As(-)) | : | 2 ϕ 3/4 |
| Top Length (L1(-)) | : | 1.5 m |
| Stirrups | : | #3/8: 1 @ 5cm, |

Section 2



| | | |
|------------------------|---|----------------|
| Top Rebar1 (As1(-)) | : | 2 Φ 3/4 |
| Top Length1 (L1(-)) | : | 1.7 m |
| Top Rebar2 (As2(-)) | : | 2 Φ 3/4 |
| Top Length2 (L2(-)) | : | 1.7 m |
| Bottom Rebar (As(+)) | : | 1 Φ 5/8 |
| Bottom Length1 (L1(+)) | : | 1.2 m |
| Bottom Length2 (L2(+)) | : | 1.2 m |
| Stirrups | : | ∅3/8: 1 @ 5cm, |
| | : | 12 @ 10.0 cm, |
| | : | Rest @ 25.0 cm |

Section 3



∅3/8: 1 @ 5cm, 12 @ 10.0 cm, Rest @ 25.0 cm



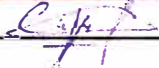
Pie's Engineering Software

Mon, Nov 12, 2018

Top Rebar1 (As1(-))
Top Length1 (L1(-))
Stirrups

2 Φ 3/4
0.9 m
[] Φ 3/8: 1 @ 5cm,
12 @ 10.0 cm,
Rest @ 25.0 cm

RFI-002

| | | | |
|--|---|--|---------------------|
| CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA PIENIK S.A.C | |  | |
| REQUEST FOR INFORMATION/ SOLICITUD DE INFORMACION (RFI) | | | |
| Originator/ Autor: | | Deyvis Graus | |
| Company/ Compañía: | | Construcción y minería PIENIK S.A.C. | |
| Priority/Prioridad: | High (2 Days/Días) <input type="checkbox"/> Medium (5 Days/Días) <input checked="" type="checkbox"/> Low (7 Days/Días) <input type="checkbox"/> | Date/Fecha: | 09/05/18 |
| Major Area/Área | | | |
| Sub Area: | Salas eléctricas Puerta 1 | Discipline/ Especialidad: | Estructural |
| RFI Descrip: | Rajaduras en viga y losa de techo | | |
| Reference Document No./ No. Referencia de Documento | Rev No. | Title/ Título | |
| 993509-100-D-C-DWG-0006 | 0 | ALIGERADO Y VIGAS - PLANTA Y SECCIONES | |
| 993509-100-D-C-DWG-0007 | 0 | ALIGERADO Y VIGAS - SECCIONES Y DETALLES | |
| Request Description / Question: (Attach Supporting Documents as Required)/ Descripción de Solicitud / Pregunta: (Adjuntar Documentos de soporte según se solicita) | | | |
| <p>El peralte de la viga no es el recomendado para la luz, por lo que podrían producirse problemas por deflexiones. Según normativa el peralte mínimo se toma de la luz entre 10 o 12. Se tiene una luz de 8.1 m, por lo que el peralte debería ser como mínimo 70 cm. Se ha realizado un análisis y diseño preliminar de la viga V-100 con el aplicativo móvil Vigas. Se adjunta el reporte del aplicativo móvil para su verificación y aprobación.</p> | | | |
| Prepared By/ Preparado por: | Date: | Approved By/ Aprobado por: (Print name) | Date/ Fecha: |
| Javier Cotos | 09/05/18 | Deyvis Graus | 09/05/18 |
| | | Approved By/ Aprobado por: (Signature) | |
| | |  | |
| Response: (Attach Supporting Documents as Required)/ Respuesta: (Adjuntar documentos de soporte según se solicita) | | | |
| <p>Es cierto que el peralte es menor a lo recomendado. Se analizó la deformación admisible de la viga y se requiere un peralte mayor o un mismo peralte pero un mayor ancho. Se ha realizado la verificación del diseño propuesto por el contratista y se aprueba.</p> | | | |
| Reference Document No./ No. De Referencia de Documento | Rev No. | Title/ Título | Comment/ Comentario |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Prepared By/ Preparado por: | Date/ Fecha: | Approved By/ Aprobado por: (Print name) | Date/ Fecha: |
| Adolfo Recalde | 11/05/18 | Cesar Nuñez | 11/05/18 |
| | | Approved By/ Aprobado por: (Signature) | |
| | |  | |

ANALYSIS AND DESIGN OF BEAMS

Detailed Report

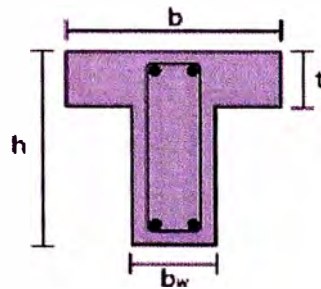
Section : V.30x.70m

GENERAL INFORMATION

General Data

| | | |
|-------------------------|---|------------------------------|
| Number of beam sections | : | 1 |
| Slab weight | : | 0.3 T/m ² |
| Effective width | : | 4.7 m |
| Concrete | : | 210.0 kg/cm ² |
| Steel | : | 4200.0 kg/cm ² |
| Live Load (Code) | : | Techos(0.2T/m ²) |
| Load Combination | : | NTE E-060 |

Transversal Section of Beam

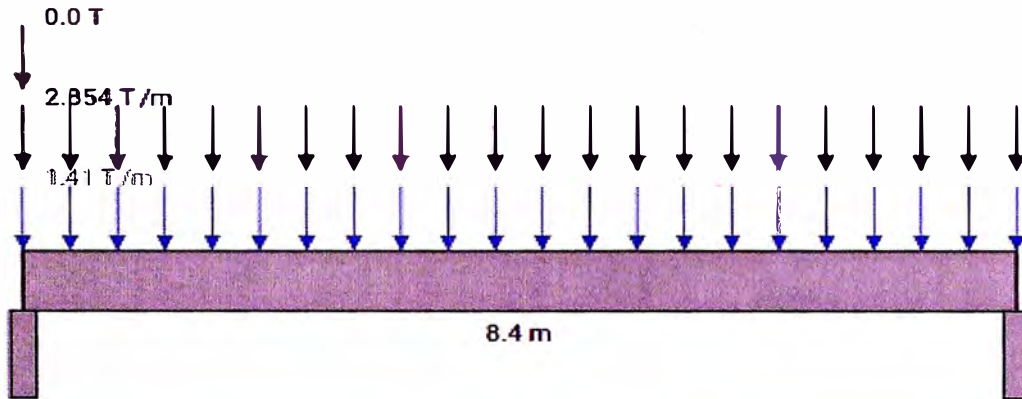


| | | |
|----|---|-------|
| bw | : | 0.3 m |
| h | : | 0.7 m |
| b | : | 0.3 m |
| t | : | 0.0 m |

IPie's Engineering Software

Mon, Nov 12, 2018

Beam



SUPPORTS

Node_1

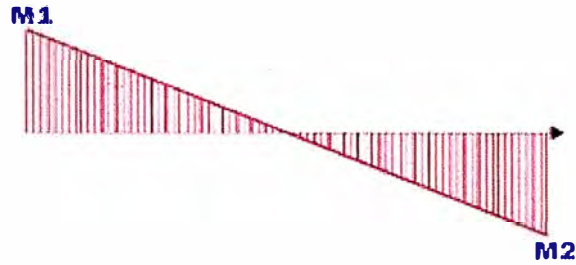
| | | |
|------------------------------|---|----------------|
| Restriction type | : | Column or wall |
| Settlement | : | 0.0 m |
| Support width | : | 0.2 m |
| Column Section (floor below) | : | C40x30 |
| Column Height (floor below) | : | 3.0 m |
| Column Section (floor above) | : | none |
| Column Height (floor above) | : | 0.0 m |

Node_2

| | | |
|------------------------------|---|----------------|
| Restriction type | : | Column or wall |
| Settlement | : | 0.0 m |
| Support width | : | 0.2 m |
| Column Section (floor below) | : | C40x30 |
| Column Height (floor below) | : | 3.0 m |
| Column Section (floor above) | : | none |
| Column Height (floor above) | : | 0.0 m |

SEISMIC BENDING MOMENTS

SEISMIC MOMENTS DIAGRAM

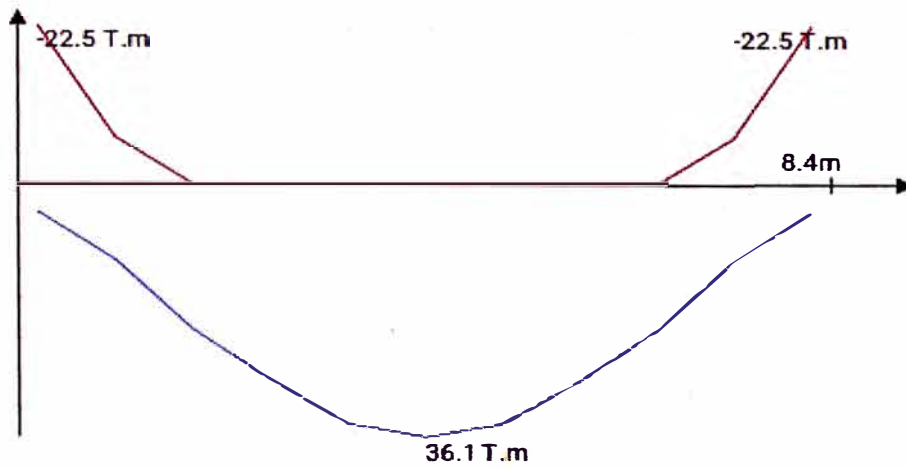


Section 1

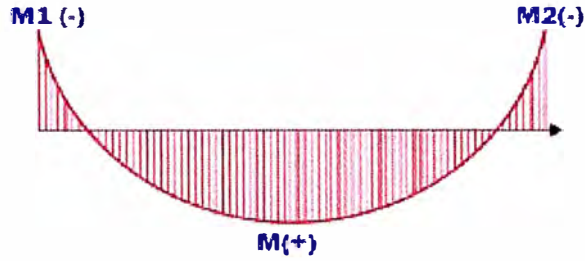
| | | |
|----|---|----------|
| M1 | : | 10.0 T.m |
| M2 | : | 10.0 T.m |

STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS

ACTING BENDING MOMENTS



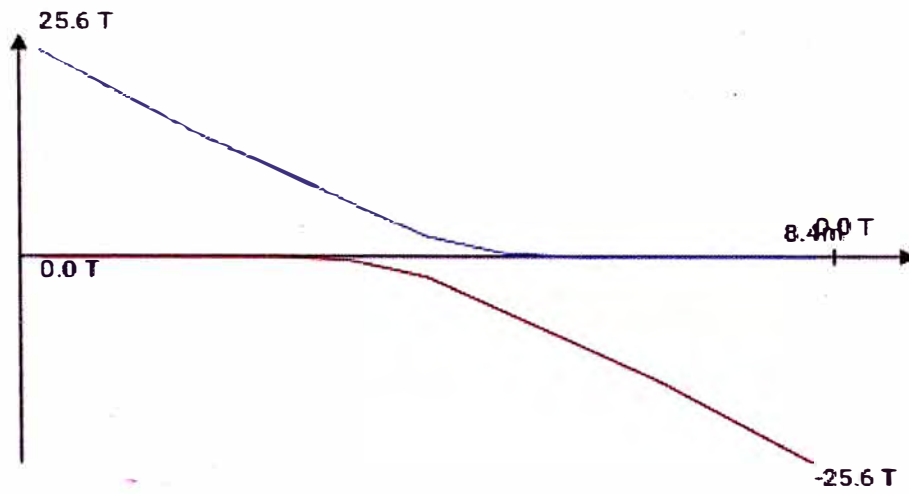
MOMENTS DIAGRAM



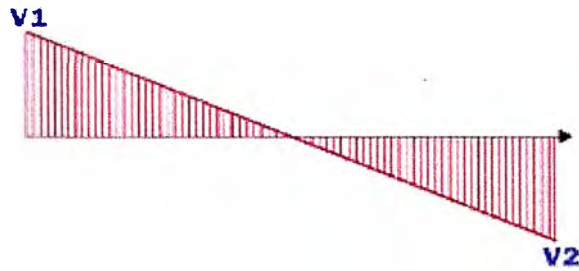
Section 1

| | | |
|-------|---|-----------|
| M1(-) | : | -22.5 T-m |
| M(+) | : | 36.1 T-m |
| M2(-) | : | -22.5 T-m |

ACTING SHEAR FORCES



SHEAR DIAGRAM

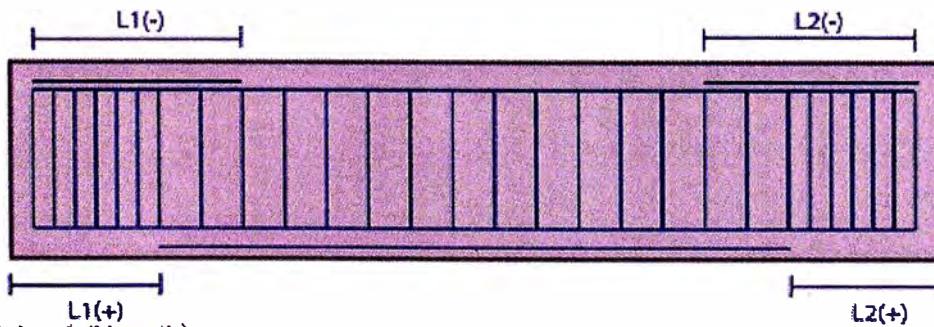


Section 1

| | | |
|-------|---|---------|
| V1(+) | : | 25.6 T |
| V2(+) | : | 0.0 T |
| V1(-) | : | 0.0 T |
| V2(-) | : | -25.6 T |

STRUCTURAL DESIGN RESULTS

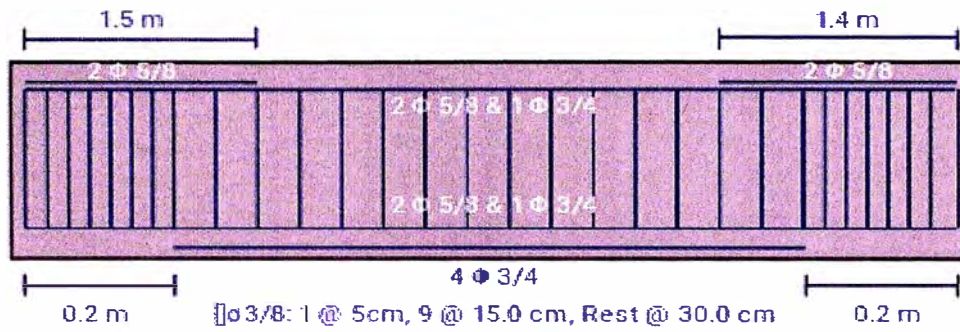
REBAR



Rebar (all length)

| | | |
|--------------|---|-----------------------------|
| Top Rebar | : | 2 Φ 5/8 & 1 Φ 3/4 |
| Bottom Rebar | : | 2 Φ 5/8 & 1 Φ 3/4 |

Section 1



| | | |
|------------------------|---|-----------------------|
| Top Rebar1 (As1(-)) | : | 2 Φ 5/8 |
| Top Length1 (L1(-)) | : | 1.5 m |
| Top Rebar2 (As2(-)) | : | 2 Φ 5/8 |
| Top Length2 (L2(-)) | : | 1.4 m |
| Bottom Rebar (As(+)) | : | 4 Φ 3/4 |
| Bottom Length1 (L1(+)) | : | 0.2 m |
| Bottom Length2 (L2(+)) | : | 0.2 m |
| Stirrups | : | Φ 3/8: 1 @ 5 cm, |
| | : | 9 @ 15.0 cm, |
| | : | Rest @ 30.0 cm |