



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Mejoramiento del diseño estructural de la presa de contrafuertes con  
relleno de tierra Chuspiyoc, Poroy, Cusco – 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Bustamante Suma, Elir Withney (ORCID: 0000-0002-3696-1677)

Calla Humpiri, Boris Emanuel (ORCID: 0000-0002-2221-6537)

**ASESOR:**

Mg. Villegas Martinez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA – PERU**

**2021**

### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, a mi familia que siempre ha estado dando su apoyo incondicional y también a todas las personas que me apoyaron para lograrlo.

La presente investigación está dedicada primeramente a Dios, a mis padres por su apoyo incondicional todo este tiempo, y todos los profesionales quienes me motivaron a lograr esta meta.

## **Agradecimiento**

A Dios, quien ha estado conmigo en todo momento, guiándome en cada decisión tomada, a la Universidad Cesar Vallejo por haberme aceptado y ser parte de ella, a mi familia en especial a mi madre que me dio fortaleza para perseverar, a todas las personas que han contribuido de diferentes formas en el desarrollo de esta tesis.

A Dios porque siempre estuvo presente en mi vida, a su Santo Espíritu guiándome en todo tiempo, a mis padres que en todo tiempo estuvieron animándome a culminar este sueño, al ingeniero German Coaquira Calla por su apoyo desinteresado para lograr este anhelo, y a mi prometida Esteysi por el tiempo que no le di.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de figuras .....	v
Índice de tablas.....	x
Resumen .....	xiii
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA .....	42
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	42
3.2. Variables y operacionalización .....	43
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	45
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	46
3.5. Procedimiento .....	47
3.6. Método de análisis de datos .....	127
3.7. Aspectos éticos.....	127
IV. RESULTADOS.....	129
V. DISCUSIÓN .....	137
VI. CONCLUSIONES.....	143
VII. RECOMENDACIONES.....	144
REFERENCIAS .....	145
ANEXOS.....	148

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Restos de la presa de contrafuerte Vega de Tera .....	1
<i>Figura 2.</i> Desbordamiento del embalse entre contrafuertes de la represa Chuspiyoc .....	2
<i>Figura 3.</i> Agrietamiento de la pantalla de la represa Chuspiyoc .....	3
<i>Figura 4.</i> Calidad de la presión lateral de tierra sobre una estructura de retención .....	12
<i>Figura 5.</i> Apremio en reposo de tierra .....	13
<i>Figura 6.</i> Presión activa de Rankine .....	15
<i>Figura 7.</i> Círculos de Mohr en la presión activa de Rankine .....	15
<i>Figura 8.</i> Presión pasiva de Rankine .....	17
<i>Figura 9.</i> Círculos de Mohr en la presión pasiva de Rankine .....	18
<i>Figura 10.</i> Gráfica resultados de la prueba de corte directo para adquirir el ángulo de fricción interna .....	19
<i>Figura 11.</i> Principales fuerzas que actúan sobre una presa .....	23
<i>Figura 12.</i> Diagrama de presión por fuerza de oleaje .....	26
<i>Figura 13.</i> Nomogramas para los coeficientes $KP$ y $KM$ Grishin (1975) .....	26
<i>Figura 14.</i> Representación de recorridos ( <i>Fetch</i> ) y velocidades de viento .....	27
<i>Figura 15.</i> Zonificación Perú .....	28
<i>Figura 16.</i> Factores $Z$ por zona .....	29
<i>Figura 17.</i> Representación de Fuerza Sísmica en una presa .....	30
<i>Figura 18.</i> Predimensionamiento de un muro de contención con contrafuertes .....	33
<i>Figura 19.</i> Distribución de Presiones entre los contrafuertes .....	34
<i>Figura 20.</i> Distribución de Presiones entre los contrafuertes diseño por flexión .....	35
<i>Figura 21.</i> Distribución de Presiones entre los contrafuertes diseño por cortante .....	35
<i>Figura 22.</i> Distribución de Presiones entre los contrafuertes diseño por tracción .....	36
<i>Figura 23.</i> Distribución de fuerzas en zapata posterior .....	37
<i>Figura 24.</i> Distribución de fuerzas para la revisión por volcamiento, con la presión de Rankine .....	38
<i>Figura 25.</i> Distribución de fuerzas para revisión por deslizamiento en la base .....	40
<i>Figura 26.</i> Distribución de fuerzas con excentricidad .....	41
<i>Figura 27.</i> Esquema resumen de los procedimientos a realizar en la tesis .....	47
<i>Figura 28.</i> Salida a Campo para reconocimiento de zona .....	48
<i>Figura 29.</i> Extracción de muestra del terreno en el relleno de tierra en calicata. ....	49
<i>Figura 30.</i> Muestra extraída .....	49
<i>Figura 31.</i> Ensayos de laboratorio Tabla 5 Norma E 0.50 .....	50
<i>Figura 32.</i> Prueba en laboratorio <i>Figura 33.</i> Pizarra datos laboratorio .....	50
<i>Figura 34.</i> Tres muestras de Laboratorio para el ensayo de corte Directo .....	51
<i>Figura 35.</i> Propiedades Físicas del Concreto .....	53
<i>Figura 36.</i> Propiedades del Concreto .....	53
<i>Figura 37.</i> Propiedades del acero de refuerzo .....	54
<i>Figura 38.</i> Dimensiones reales de la estructura construida (corte de la sección en estudio) .....	55
<i>Figura 39.</i> Dimensiones reales vista en planta y perfil .....	55
<i>Figura 40.</i> Dimensiones verificadas para el predimensionamiento en Microsoft Excel .....	56
<i>Figura 41.</i> Restricciones para el Predimensionamiento óptimo Morales (2016) .....	56
<i>Figura 42.</i> Representación gráfica de Predimensionamiento .....	57
<i>Figura 43.</i> Plantilla en blanco para nuevo modelo .....	57

<i>Figura 44.</i> Cuadro de coordenadas para sistema de grillas .....	58
<i>Figura 45.</i> Ventana de sistema de grillas .....	59
<i>Figura 46.</i> Vista 3D de sistema de Grillas esquematizadas .....	59
<i>Figura 47.</i> Asignación de elementos tipo área para la presa .....	60
<i>Figura 48.</i> Definición del tipo de sección.....	60
<i>Figura 49.</i> Asignación de capas y recubrimientos para elementos de concreto. ....	61
<i>Figura 50.</i> Dibujo de Pantalla de presa con elementos Shell.....	61
<i>Figura 51.</i> Dibujo de cimentación de presa con elementos Shell .....	62
<i>Figura 52.</i> Dibujo de contrafuertes de presa con elementos Shell .....	62
<i>Figura 53.</i> Acoplamiento de los elementos estructurales de la presa.....	63
<i>Figura 54.</i> Discretización de pantalla para un óptimo análisis .....	63
<i>Figura 55.</i> Principales fuerzas que actúan sobre la presa.....	64
<i>Figura 56.</i> Cálculo del Peso propio de la estructura y relleno de tierra en Microsoft Excel .....	64
<i>Figura 57.</i> Cálculo de la presión hidrostática en dirección X y Y.....	65
<i>Figura 58.</i> Cálculo de la subpresión del agua en Microsoft Excel .....	65
<i>Figura 59.</i> Cálculo de las fuerzas por oleaje .....	67
<i>Figura 60.</i> Cálculo de la presión de Azolves en Microsoft Excel .....	67
<i>Figura 61.</i> Cálculo de la fuerza sísmica en Microsoft Excel .....	68
<i>Figura 62.</i> Cálculo de la fuerza hidrodinámica y fuerza sísmica de sedimentos .....	69
<i>Figura 63.</i> Cálculo de empuje de tierras en Microsoft Excel .....	69
<i>Figura 64.</i> Resumen de las fuerzas insertadas en el programa SAP2000 v.22. ....	70
<i>Figura 65.</i> Combinación (N11) con las cargas G, EA, PR en el SAP2000 V.22 .....	70
<i>Figura 66.</i> Fuerzas resultantes (N11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	71
<i>Figura 67.</i> Momentos resultantes (N11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22.....	71
<i>Figura 68.</i> Fuerzas cortantes (N11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	72
<i>Figura 69.</i> Gráfica de la deformada (N11) de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	72
<i>Figura 70.</i> Combinación (N21) con las cargas G, WH, WA, P, EA, PR en el SAP2000 V.22 .....	73
<i>Figura 71.</i> Fuerzas resultantes (N21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	73
<i>Figura 72.</i> Momentos resultantes (N21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22.....	74
<i>Figura 73.</i> Fuerzas cortantes (N21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	74
<i>Figura 74.</i> Gráfica de la deformada (N21) de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	75
<i>Figura 75.</i> Combinación (A11) con las cargas G, S, EA, PR en el SAP2000 V.22.....	75
<i>Figura 76.</i> Fuerzas resultantes (A11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	76
<i>Figura 77.</i> Momentos resultantes (A11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22.....	76
<i>Figura 78.</i> Fuerzas cortantes (A11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22	77
<i>Figura 79.</i> Gráfica de la deformada (A11) de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	77
<i>Figura 80.</i> Combinación (A21) con las cargas G, EA, PR, Wh, Wa, P en el SAP2000 V.22 .....	78

<i>Figura 81.</i> Fuerzas resultantes (A21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	78
<i>Figura 82.</i> Momentos resultantes (A21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22.....	79
<i>Figura 83.</i> Fuerzas cortantes (A21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.2279	
<i>Figura 84.</i> Gráfica de la deformada (A21) de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	80
<i>Figura 85.</i> Combinación (E21) con las cargas G, S, EA, PR, Wh, Wa, Ws, Wsa en el SAP2000 V.22 .....	80
<i>Figura 86.</i> Fuerzas resultantes (E21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	81
<i>Figura 87.</i> Momentos resultantes (E21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22.....	81
<i>Figura 88.</i> Fuerzas cortantes (E21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.2282	
<i>Figura 89.</i> Gráfica de la deformada (E21) de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	82
<i>Figura 90.</i> Combinación (N11, N21, A11, A21, E11) en el SAP2000 V.22 .....	83
<i>Figura 91.</i> Fuerzas resultantes (Envolvente) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	83
<i>Figura 92.</i> Momentos resultantes (Envolvente) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	84
<i>Figura 93.</i> Fuerzas cortantes (Envolvente) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22.....	84
<i>Figura 94.</i> Gráfica de la deformada (Envolvente) de la presa en el software SAP2000 v.22 .....	84
<i>Figura 95.</i> Restricción de empotramiento en el pie de la zapata.....	85
<i>Figura 96.</i> Representación gráfica de la restricción en el pie de la zapata.....	85
<i>Figura 97.</i> Selección para determinar el área del acero horizontal o vertical para la pantalla cara Top o Botoom.....	87
<i>Figura 98.</i> Representación de las partes divididas para el análisis de la pantalla para el acero horizontal .....	88
<i>Figura 99.</i> Área de acero dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista Top del diseño de la pantalla.....	88
<i>Figura 100.</i> Área de acero dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista Top del diseño de la pantalla.....	89
<i>Figura 101.</i> Área de acero dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista Top del diseño de la pantalla.....	90
<i>Figura 102.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista Top del diseño de la pantalla.....	91
<i>Figura 103.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista Top del diseño de la pantalla.....	92
<i>Figura 104.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista Top del diseño de la pantalla.....	93
<i>Figura 105.</i> Representación de las partes divididas para el análisis de la pantalla para el acero horizontal con la vista Bottom.....	94
<i>Figura 106.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.....	95
<i>Figura 107.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.....	96

<i>Figura 108.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.....	97
<i>Figura 109.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.....	98
<i>Figura 110.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.....	99
<i>Figura 111.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.....	100
<i>Figura 112.</i> Representación de las partes divididas para el análisis de la zapata para el acero horizontal y vertical de la cara Top. ....	101
<i>Figura 113.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista TOP del diseño de la zapata. ....	102
<i>Figura 114.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista TOP del diseño de la zapata. ....	103
<i>Figura 115.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista TOP del diseño de la zapata. ....	104
<i>Figura 116.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista TOP del diseño de la zapata. ....	105
<i>Figura 117.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista TOP del diseño de la zapata. ....	106
<i>Figura 118.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista TOP del diseño de la zapata. ....	107
<i>Figura 119.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la zapata.....	108
<i>Figura 120.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la zapata.....	109
<i>Figura 121.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la zapata.....	110
<i>Figura 122.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la zapata.....	111
<i>Figura 123.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la zapata.....	112
<i>Figura 124.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la zapata.....	113
<i>Figura 125.</i> Representación de las partes divididas para el análisis de los contrafuertes para el acero horizontal y vertical de la cara Top y Bottom.....	114
<i>Figura 126.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista TOP del diseño de contrafuertes. ....	115
<i>Figura 127.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista TOP del diseño de contrafuertes. ....	116
<i>Figura 128.</i> Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista TOP del diseño de contrafuertes. ....	117
<i>Figura 129.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista TOP del diseño de contrafuertes. ....	118
<i>Figura 130.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista TOP del diseño de contrafuertes. ....	119
<i>Figura 131.</i> Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista TOP del diseño de contrafuertes. ....	120



<i>Figura 132. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 133. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 134. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 135. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 136. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 137. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 138. Mapa político del Perú</i>	<i>Figura 139. Mapa de la Región Cusco</i> .....129
<i>Figura 140. Mapa provincia de Cusco</i>	<i>Figura 141. Mapa Distrito de Poroy</i> .....129
<i>Figura 142. Ubicación represa Chuspiyoc</i> .....	<i>130</i>
<i>Figura 143. Predimensionamiento de la presa en estudio</i> .....	<i>131</i>
<i>Figura 144. Representación gráfica del predimensionamiento</i> .....	<i>131</i>
<i>Figura 145 Comparación de los factores de Seguridad con relleno y sin relleno de tierra.</i> .....	<i>133</i>
<i>Figura 146. Primera Iteración para la verificación de la capacidad admisible del terreno</i>	<i>134</i>
<i>Figura 147. Segunda Iteración para la verificación de la capacidad admisible del terreno</i> .....	<i>134</i>
<i>Figura 148. Dimensionamiento de la estructura del proyecto de investigación</i> .....	<i>137</i>
<i>Figura 149. Dimensionamiento de la estructura de la tesis de Gonzales (2018)</i> .....	<i>138</i>
<i>Figura 150. Gráfica comparativa de la investigación y Gonzales (2018)</i> .....	<i>139</i>
<i>Figura 151. Representación Gráfica del F.S. al deslizamiento entre la investigación y Parrales (2020).</i> .....	<i>140</i>
<i>Figura 152. Representación Gráfica del F.S. al volteo entre la investigación y Parrales (2020).</i> .....	<i>140</i>
<i>Figura 153. Representación Gráfica de Verificación Capacidad Admisible del terreno de la investigación.</i> .....	<i>141</i>
<i>Figura 154. Representación Gráfica de Verificación Capacidad Admisible del terreno de Parrales (2020).</i> .....	<i>141</i>
<i>Figura 155. Representación gráfica del acero y altura entre la Investigación y Gonzales (2018)</i> .....	<i>142</i>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Valores de coeficiente de empuje activo según Rankine.....	16
<b>Tabla 2.</b> <i>Valores de coeficiente de empuje pasivo según Rankine.....</i>	18
<b>Tabla 3.</b> <i>Relación de Densidad Relativa y ángulo de fricción de suelos cohesivos .....</i>	20
<b>Tabla 4.</b> <i>Valores promedio de suelos compactados en suelos compactados .....</i>	21
<b>Tabla 5.</b> <i>Coeficientes <math>\alpha_1'</math> y <math>\alpha_1''</math> para Subpresión.....</i>	25
<b>Tabla 6.</b> <i>Combinaciones accidentales para fuerzas activas .....</i>	32
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultados del Ensayo de Laboratorio de Peso Volumétrico.....</i>	51
<b>Tabla 8.</b> <i>Resultados del ensayo de Corte Directo en laboratorio.....</i>	51
<b>Tabla 9.</b> <i>Datos y propiedades de los materiales.....</i>	52
<b>Tabla 10.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero requerida y espaciamento conveniente para la sección A, vista Top del diseño de la pantalla.....</i>	89
<b>Tabla 11.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista Top del diseño de la pantalla.....</i>	90
<b>Tabla 12.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero requerida y espaciamento conveniente para la sección C, vista Top del diseño de la pantalla. ....</i>	91
<b>Tabla 13.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección A, vista Top del diseño de la pantalla.....</i>	92
<b>Tabla 14.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista Top del diseño de la pantalla.....</i>	93
<b>Tabla 15.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección C, vista Top del diseño de la pantalla. ....</i>	94
<b>Tabla 16.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la pantalla. ....</i>	95
<b>Tabla 17.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la pantalla. ....</i>	96
<b>Tabla 18.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la pantalla. ....</i>	97
<b>Tabla 19.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la pantalla..</i>	98
<b>Tabla 20.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la pantalla..</i>	99
<b>Tabla 21.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la pantalla. ....</i>	100
<b>Tabla 22.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección A, vista TOP del diseño de la zapata. ....</i>	102
<b>Tabla 23.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista TOP del diseño de la zapata. ....</i>	103
<b>Tabla 24.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección C, vista TOP del diseño de la zapata. ....</i>	104
<b>Tabla 25.</b> <i>Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección A, vista TOP del diseño de la zapata. ....</i>	105

<b>Tabla 26.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista TOP del diseño de la zapata.....	106
<b>Tabla 27.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista TOP del diseño de la zapata. ....	107
<b>Tabla 28.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la zapata. .....	108
<b>Tabla 29.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la zapata. .....	109
<b>Tabla 30.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la zapata. .....	110
<b>Tabla 31.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la zapata..	111
<b>Tabla 32.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la zapata..	112
<b>Tabla 33.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la zapata.	113
<b>Tabla 34.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista TOP del diseño de contrafuerte.	115
<b>Tabla 35.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista TOP del diseño de contrafuerte.	116
<b>Tabla 36.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista TOP del diseño de contrafuerte.	117
<b>Tabla 37.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista TOP del diseño de contrafuerte. ....	118
<b>Tabla 38.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista TOP del diseño de contrafuerte. ....	119
<b>Tabla 39.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista TOP del diseño de contrafuerte. ....	120
<b>Tabla 40.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte. ....	121
<b>Tabla 41.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte. ....	122
<b>Tabla 42.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte. ....	123
<b>Tabla 43.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte. .....	124
<b>Tabla 44.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte. .....	125
<b>Tabla 45.</b> Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte. .....	126

<b>Tabla 46.</b> <i>Presupuesto</i> .....	127
<b>Tabla 47.</b> <i>Cronograma</i> .....	128
<b>Tabla 48.</b> <i>Resultados del predimensionamiento</i> .....	132
<i>Tabla 49.</i> Resultados obtenidos de la estabilidad al Deslizamiento y Volteo con relleno de tierra. ....	133
<b>Tabla 50.</b> <i>Cuadro comparativo del Factor de Seguridad al Deslizamiento y Volteo entre la investigación (con relleno de tierra) y el expediente (sin relleno de tierra)</i> .....	133
<b>Tabla 51.</b> <i>Cuadro resumen de la cantidad del Acero requerido para la pantalla</i> .....	135
<b>Tabla 52.</b> <i>Cuadro resumen de la cantidad del Acero requerido para la zapata</i> .....	135
<b>Tabla 53.</b> <i>Cuadro resumen de la cantidad del Acero requerido para el contrafuerte</i> .....	136
<b>Tabla 54.</b> <i>Cuadro comparativo de la relación entre la altura y dimensiones en porcentaje de la investigación propia y la tesis Gonzales (2018) para discusión</i> .....	139
<b>Tabla 55.</b> Cuadro de comparación de los factores de estabilidad al volteo y deslizamiento entre la investigación y Parrales (2020). ....	140
<b>Tabla 56.</b> <i>Cuadro de comparación de la verificación capacidad admisible del terreno entre la investigación y Parrales (2020).</i> .....	141
<b>Tabla 57.</b> <i>Cuadro comparativo de la cantidad de Acero y Altura entre la investigación y Gonzales (2018).</i> .....	142

## Resumen

La presente investigación fija como objetivo determinar la influencia de la incorporación de relleno de tierra en el diseño estructural de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco – 2021.

La presente tesis tiene una línea de investigación de Diseño Sísmico y Estructural. La metodología usada en la investigación es de tipo aplicada, diseño experimental, nivel explicativo, enfoque cuantitativo, la población está definido por la presa, la muestra es la porción de suelo extraída.

La presente investigación se obtuvo como resultado que el relleno de tierra influye significativamente en el diseño estructural además se concluye que el espesor de la zapata se incrementó en 1.00m de largo y 0.8m de espesor para asegurar las presiones del terreno, esto según la verificación de la capacidad admisible.

**Palabras clave:** Predimensionamiento, Estabilidad al Volteo y Deslizamiento, Capacidad admisible del terreno, verificación de la resistencia

## **Abstract**

The present research aims to determine the influence of the incorporation of earth filling in the structural design of the Chuspiyoc buttress dam, Poroy, Cusco – 2021.

This thesis has a line of research of Seismic and Structural Design. The methodology used in the research is of applied type, experimental design, explanatory level, quantitative approach, the population is defined by the dam, the sample is the portion of soil extracted.

The present research was obtained as a result that the earth filling significantly influences the structural design in addition it is concluded that the thickness of the shoe was increased by 1.00m long and 0.8m thick to ensure the pressures of the ground, this according to the verification of the permissible capacity.

**Keywords:** Presizing, Flip and Sliding Stability, Permissible Terrain Capacity, Resistance Verification

## I. INTRODUCCIÓN

A la fecha la construcción de las presas tiene gran impacto ya que su uso no solo repercute beneficiando al ser humano; como antiguamente, el suministro de agua o riego y en la actualidad, la incorporación al proceso energético, industrial e incluso recreativo; sino que también las hay catastróficas como las inundaciones debido a fallas de estas estructuras afectando enormemente a la vida humana, ambiental y a la economía.

Así mismo, a nivel **internacional** uno de los problemas en el comportamiento estructural más representativos es debido a las fallas en las estructuras como en España ocasionando la rotura de la presa con pantalla plana de contrafuertes Vega de Tera de 300 m de longitud y 33.5 m de altura ubicado en el pueblo de Ribadelago la cual no pudo soportar su primer llenado debido a la combinación de la mala ejecución y calidad de los materiales conllevando a una serie de fisuras y en consecuencia el desmoronamiento de un estimado de un 50% de la estructura donde murieron 144 de sus habitantes<sup>1</sup>.



*Figura 1.* Restos de la presa de contrafuerte Vega de Tera

A nivel **nacional** el desbordamiento y la erosión interna de las presas viene afectando enormemente su comportamiento estructural ya que conlleva a la rotura de las mismas, específicamente en la ciudad de Arequipa se ubican la presa Aguada Blanca la cual en temporada de lluvia del

---

<sup>1</sup> (Lera, 1999)

anterior año llegó a alcanzar el 90% de su volumen máximo, aumentando exponencialmente una catástrofe como es una rotura ocasionada por desborde<sup>2</sup>.

**En la represa Chuspiyoc** localizado en el Distrito de Poroy - Cusco podemos visualizar el desbordamiento del embalse rebasando así su altura total además de grietas en la pantalla, las grietas se vienen produciendo gradualmente desde la ejecución de la obra y el desbordamiento viene ocurriendo en temporadas de lluvia, esto por el mal diseño de la estructura, perjudicando directamente a los pobladores de la zona, poniéndolos en peligro inminente, por lo que se presenta una alternativa de solución mediante un diseño de la estructura que cumpla con los requerimientos para dicho caso reforzándolo con relleno de tierra o material propio, cumpliendo con la norma correspondiente.



*Figura 2.* Desbordamiento del embalse entre contrafuertes de la represa Chuspiyoc

---

<sup>2</sup> (Martínez, 2020)





*Figura 3. Agrietamiento de la pantalla de la represa Chuspiyoc*

El **problema general** es ¿De qué manera influye la incorporación de relleno de tierra en el diseño estructural de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021? Y los problemas **específicos** son: ¿De qué manera influye el relleno de tierra en el predimensionamiento de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021?, ¿Qué efectos produce el relleno de tierra en la estabilidad al volteo y deslizamiento de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021? y ¿Cuáles son los efectos del relleno de tierra en la verificación de la resistencia de la presa Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021?

La **justificación social**, es la seguridad y bienestar de los pobladores que se encuentran en el área inundable corriendo el riesgo de perder su vida y bienes materiales. Desde el punto de vista **práctico** un mejor diseño y reforzamiento de la presa beneficiará su estabilidad evitando agrietamientos. La justificación **teórica** de esta investigación nos muestra la influencia en la resistencia de la presa incorporando el relleno entre contrafuertes de la tierra y finalmente la justificación **metodológica** nos muestra un gran aporte sobre la resistencia para represas.

La investigación fija como **objetivo general** el Determinar la influencia de la incorporación de relleno de tierra en el diseño estructural de la presa de

contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021.y como **objetivos específicos** Determinar la influencia el relleno de tierra en el predimensionamiento de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021; Determinar los efectos del relleno de tierra en la estabilidad al volteo, deslizamiento y capacidad admisible del terreno de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021 y Determinar los efectos del relleno de tierra en la verificación de la resistencia de la presa Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021.

Así mismo planteados ya los problemas y fijado los objetivos se formula la hipótesis teniendo como **hipótesis general** La incorporación de relleno de tierra influye significativamente en el diseño estructural de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021 y las **hipótesis específicas** son: El relleno de tierra influye significativamente en el predimensionamiento de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021; El relleno de tierra afecta significativamente en la estabilidad al volteo, deslizamiento y capacidad admisible del terreno de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco – 2021 y El relleno de tierra afecta significativamente en la verificación de la resistencia de la presa Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Toda investigación se sustenta o respalda en base a los antecedentes los cuales son fundamentales para la investigación. Se consideraron trabajos académicos y trabajos científicos los que se aprecian a continuación.

En los trabajos previos como **antecedentes nacionales**, según **Cuzco** (2018) el **objeto de investigación** fue comparar el diseño estructural de muros de contención en Gravedad, Voladizo y Contrafuertes, sometidos a cargas de empuje de tierras. Aplicando una **metodología** aplicada y cuantitativa, la **población** de estudio fueron los momentos, los esfuerzos y los desplazamientos de la pantalla que forman parte del diseño estructural, realizados en la ciudad de Cajamarca en el año 2018, la **muestra** se determinó mediante el muestreo no probabilístico, los **instrumentos** empleados fueron a través de la observación directa, así mismo se usaron las fichas de recolección de datos. Los principales **resultados** fueron los siguientes; en el muro de contención en gravedad se obtuvo que el desplazamiento máximo promedio es 0.28340cm, el esfuerzo máximo promedio en la pantalla es 91.414 kg/cm<sup>2</sup>, el momento máximo de volteo promedio es 20.764 tn-m. En los muros de contención en voladizo se obtuvo que el desplazamiento máximo promedio 1.556cm, el esfuerzo máximo en la pantalla es 90.392 kg/cm<sup>2</sup>, el momento máximo de volteo promedio es 18.71 tn-m asimismo en los muros de contención con contrafuertes se obtuvo que el desplazamiento máximo promedio es 0.0762 cm, el esfuerzo máximo promedio en la pantalla es 37.086 kg/cm<sup>2</sup> y el momento máximo de volteo promedio es 1.985 tn-m; finalmente fija como **conclusión**, los muros de contención con contrafuertes tienen un mejor comportamiento estructural por gravedad y voladizo, ya que presentan menores desplazamientos, esfuerzos internos y momentos de volteo.

**Gonzales** (2018), indica como **objeto de investigación** evaluar el diseño técnico y económico de los muros de contención para la ampliación de vías en las laderas del pasaje Jorge Chávez. Aplicando una **metodología** aplicada descriptivo, no experimental, la **población** de estudio constituyó 100 metros lineales de vía bordes que rodea a los pasajes Jorge Chávez y Los

Granados, la **muestra** se determinó por medio del muestreo no probabilístico representando así 1 metro lineal del muro de contención en voladizo y 2.5 de muro de contención en contrafuerte de cada altura, la técnica empleada fue el análisis de documentos y observación directa de los hechos en campo. Los principales **resultados** para el diseño de muros de contención con contrafuerte a una altura de 5.00 metros se obtuvo como resultado que el ancho de la pantalla es de 20 cm y con una altura de 4.60 metros, la separación de contrafuertes es de 2.50 metros, el espesor de la base es de 40 cm y con un ancho de 3.40 metros; se obtuvo el factor de seguridad por volteo y deslizamiento para el muro de contención con contrafuerte a una altura de 5.00 metros de 7.34 y 5.41 respectivamente; por último se contempla que el muro de contención con contrafuertes tiene la mejor evaluación técnica de acuerdo a la comparación de factores de seguridad .

**Trinidad** (2020), indica que el **objeto de investigación** fue determinar el tipo de muro para la estabilidad de talud en el centro poblado la candelaria Huaral Aplicando una **metodología** aplicada cuantitativa, experimental; la **población** se ha tomado la inestabilidad del talud que existe en el centro poblado de la Candelaria del distrito de Aucallama; la **muestra** está conformado por el tramo específico donde hay un acceso de vehículos por el cual la estructura está siendo propenso a mayor peligro de deslizamiento o derrumbe; la **técnica** utilizada fue la recolección de datos en campo reconociendo las características de talud del lugar. Los primordiales **resultados** para los 2 tipos de muro estudiados, voladizo y gravedad, fueron para la altura de diseño 7.6 metros y 4.8 metros respectivamente, para la base de muro 5.17 metros y 2.88 metros respectivamente, tuvo varillas de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " para el muro de voladizo, para el factor de seguridad al volteo 3.95 y 4.14 respectivamente, dentro del factor de seguridad al deslizamiento 2.53 y 3.1 respectivamente y por último el factor de capacidad de carga 0.225 y 0.4 de la misma manera.

En los trabajos previos como **antecedentes internacionales** según **Parrales** (2018), en su proyecto de investigación nos indica como **objetivo** establecer un modelo geométrico y estructural de muro de retención, sobre

lado izquierdo del estero Tusa-Jipijapa entre las vías Tungurahua y Montalvo, aplicando una **metodología** aplicada cuantitativa, la **población** de aplicación comprendida por el lugar de Jipijapa que colindan hacia la rivera del cauce del estero Tusa, los instrumentos usados fueron fichas de acumulación de datos y observación directa, obtuvo los **resultados** siguientes: Limite Liquido LL (56.09%), Limite Plástico LP (26.15%) y un IP (29.94%), la clasificación del suelo es SUELO DE GRANO FINO, según ASTM es: CH & OH = Arcillas Inorgánicas de elevada plasticidad, en las características del suelo:  $C=3400\text{kg/m}^2$ , Angulo de fricción interna =  $32^\circ$ , finalmente fija como **conclusiones** que la longitud total del muro  $L=56.00\text{m}$  y una altura de muro  $H=7.00\text{m}$ , se determinó las dimensiones optimas cumpliendo con las condiciones de estabilidad, deslizamiento y seguridad bajo un empuje y presión en activa, se calculó una cuantía de diseño para armado de las partes del muro, talón dedo y pantalla.

**Rodríguez** (2018), en su proyecto de investigación nos indica como **objetivo** investigar los métodos utilizables para estimar la crecida ocasionada por la rotura de una presa y verificar su aplicabilidad a una presa de características como las de Quillay y en caso sea negativo elaborar un método de análisis ad-hoc al caso en estudio, aplicando una **metodología**, la **población**, obtuvo los **resultados** siguientes: y como **conclusiones** para presas de una altura de embalse del orden del Quillay se concluye que las regresiones empíricas no aportan información confiable para la estimación de los parámetros de rotura. En estos casos se recomienda utilizar el parámetro de velocidad de erosión vertical máximo registrados según observaciones históricas correspondiente a  $200\text{ m/hr}$ , utilizando el tiempo de formación correspondiente a la presa bajo estudio.

**Rivera** (2021), en su proyecto de investigación nos indica como **objetivo** hacer el diseño de muro de retención para la calle Quito entre 9 de Octubre e Imbabura, costado derecho de la ciudad de Jipijapa, aplicando una **metodología** aplicada cuantitativa, la **población**, obtuvo los **resultados** siguientes: para alturas oscilantes entre 0 a  $4.75\text{ m}$  se tuvo desplazamientos en dos casos el primero entre  $-0.1$  y  $-2.24\text{cm}$  y el segundo entre  $-0.07$  y  $-1.5\text{cm}$ , en cuanto a esfuerzos internos para el primer caso entre  $90.59$  y  $-$

0.044cm mientras que para el segundo 58.35 y -0.031cm, y por último para momentos y cortantes máximos de 19.746 tn-m cuyo valor se encuentra cerca al que se calculó que es de 15.86103 tn-m y el cortante en el programa nos dio 11.6213 tn y el valor calculado es de 10.01749 tn. y como **conclusiones** se estableció en el área del proyecto dos sondeos en las cuales nos ayuda a determinar y de igual manera a identificar las propiedades mecánicas del suelo en donde se pudo determinar un suelo tipo MH, debido a que no cumplían la condición al deslizamiento se le implementó un dentellón en el diseño estructural del muro para asegurar el comportamiento ante posibles fallas que pudieran presentarse durante su vida útil, el diseño del muro de hormigón armado cumplió con todas las medidas y recomendaciones técnicas como el American Concrete Institute ACI-14 y las Normas Ecuatorianas de las Construcciones NEC-15, y por último mediante el programa Sap 2000 se pudo conocer los desplazamientos y esfuerzos internos máximos del muro, y se pudo comprobar y verificar que los resultados obtenidos Microsoft Excel y obtenidos en el programa son muy similares, de la cual se tomaron estos valores para generar un diseño definitivo.

En los trabajos previos como **artículos científicos** según **Alvarez, Martínez y Alvarez (2017)**, fijaron como **objetivo** de evaluar la contestación estructural del grupo hidráulico, durante la ocurrencia de un sismo. Tuvo como **muestra** el embalse Palmarito, Villa Clara, Cuba, obtuvo como **conclusiones** que la práctica del bosquejo de evaluación antisísmica para una simulación físico-numérica en presas de tierra es factible dado la versatilidad de juicio a auscultar de acuerdo a las facultades tecnológicas e puestas en obra objeto de estudio, concede determinar teóricamente el estado actual tenso-deformacional de la presa y la respuesta de las patologías asociadas, en correspondencia a su data histórica, este criterio permite realizar un proceso evaluativo más complejo pero a su vez se estima una mayor relación con la posible contestación de la presa ante el modelamiento del fenómeno objeto de estudio para el presente estudio.

**Campos, Aguado y Crusells (2010)**, fijaron como **objetivo** comparar las recientes hipótesis de comportamiento, tuvo como **muestra** a la presa

Mequinenza, consiste en una presa de gravedad de planta recta, se obtuvo como **resultados**: el impacto de las acciones del peso propio y del empuje hidrostático, el desplazamiento calculado en coronación para el nivel superior de la línea vertical que pasa por las galerías fue de 8mm en horizontal hacia aguas abajo y 1mm en dirección vertical, el valor calculado de las tensiones tuvo como respuesta muy bajo como se esperaba finalmente tuvo como **conclusiones** que los productos numéricos adquiridos conciben explicar de forma más consistente el comportamiento diferenciado hallado en la presa Mequinenza, sin necesidad de acudir a unas expansiones diferenciadas entre los conjuntos, por otro lado adoptando una máxima resistencia en las juntas de construcción, la postura varía drásticamente ya que la simulación muestra que se aminoraría bastante la fisuración y por ende la proporción de los movimientos.

**Ruesta, Díaz y Alva (2018)**, el artículo tiene como **objetivo** revisar el valor sísmico usado en el diseño de presas de tierra y de enrocado. Fijó como **conclusiones** que a causa de los múltiples juicios y restricciones que hay a la fecha en la alternativa de un ideal valor sísmico, las maneras pseudo-estáticas ya no son usadas en presas de gran nivel, siendo sustituidas por formas más novedosas de respuesta dinámica. No obstante, las formas pseudo-estáticas siguen en validez por su facilidad y celeridad en el cálculo de presas de menor a intermedio nivel, así como en el diseño preliminar de presas de gran altura. La zonificación del valor sísmico de modelo propuesto es de tipo preliminar, no exceptúa al modelador de la elaboración de estudios de peligro sísmico para el modelo definitivo de presas sustanciales, sin embargo, se plantea el mapa de zonificación del valor sísmico para el modelo de presas de menor a intermedia altura (menores a 30m).

In the previous works as **scientific articles in English** according to the authors Léger y Javanmardi (2007), set as an **objective** Simplified methods for seismic stability analysis of composite concrete-rockfill dams are discussed. Numerical analyses are performed using a nonlinear rockfill model and nonlinear dam-rockfill interface behavior to investigate the effects of backfill on dynamic response of composite dams. A typical 35 m concrete

gravity dam, strengthened by rockfill buttressing is considered. Having as **type and level** of research the, and then as a **population and sample** the, **instrument** and as a **conclusion and results** of analyses confirm that backfill can improve the seismic stability of gravity dams by exerting pressure on the dam in opposition to hydrostatic loads. According to numerical analyses results, the backfill pressures vary during earthquake base excitations and the inertia forces of the backfill are the main source for those variations. It is also shown that significant passive (or active) pressure cannot develop in composite dams with a finite backfill width. A simplified model is also proposed for dynamic analysis of composite dam by replacing the backfill with by a series of vertical cantilever shear beams connected to each other and to the dam by flexible links.

The following are the authors **Hsieh y Ou** (2018), set as an **objective** of this study is to investigate the mechanism and characteristics of buttress walls in restraining the wall deflection in deep excavations. The three-dimensional finite element method was used to carry out a series of parametric studies on the length, spacing, thickness, depth, and demolished sequence of buttress walls. Having as **type and level** of research the, and then as a **population and sample** the, **instrument** and as a **conclusion and results** that when buttress walls were demolished along with excavation, the flexural rigidity enhanced by buttress walls to the diaphragm wall was unable to effectively reduce the deflection of a diaphragm wall; the effect of a buttress wall restraining the wall deflection mainly came from the frictional resistance between the surface of the buttress wall and the surrounding soils, thus, a longer length of buttress wall provided a greater effect.

And finally we have the authors **Mejía.et.al** (2004), set as an **objective** The paper discusses the evaluation of alternatives to upgrade the dam, the design criteria, and the design and analysis of the seismic upgrade. It is shown that a conservative and robust design was developed based on well-established engineering principles and multiple lines of defense, and sound use of analysis procedures including finite-difference non-linear dynamic deformation



analyses. Having as **type and level** of research the, and then as a **population and sample** the Butt Valley Dam in Northern California, **instrument** and as a **conclusion and results** that these analyses indicated that the saturated hydraulic fill in the upstream shell, the core, and a portion of the downstream shell would liquefy during the MCE and lead to instability and large deformations of the embankment, thus compromising the dam's ability to retain the reservoir. shows the deformations calculated from a fully non-linear analysis of the dam. This non-linear analysis indicated that movements of several meters could be expected to develop until the embankment reached an equilibrium condition. Such condition corresponds to a factor of safety of approximately 1.0 calculated using limit equilibrium methods of stability análisis.

A continuación, se detallarán todas las teorías relacionadas al tema, se definirá las variables con un enfoque hacia las dimensiones de las mismas, en este caso son: para Relleno de Tierra tenemos Empuje de suelos; para Diseño Estructural tenemos Predimensionamiento, Factor de Seguridad al Volteo y Factor de Seguridad al Deslizamiento.

El **relleno de tierra** comprende la conformación y acomodo mediante capas horizontales compactadas del material excedente o aledaño a la zona de una manera uniforme teniendo siempre el cuidado necesario para evitar presiones y daños en la estructura, así mismo para realizar esta acción el concreto deberá haber alcanzado el 80% de su resistencia.<sup>3</sup>

El **relleno de tierra** desde el punto de vista en transportes es también denominado como terraplén, definido como parte de la explanación situado sobre terreno preparado el cual será conformado mediante capas<sup>4</sup>

El **relleno de tierra** puede ser natural o artificial, si está formado por la naturaleza o por el hombre, dentro de este último puede estar constituido por rellenos no controlados o controlados el cual está constituido por materiales

---

<sup>3</sup> (Dirección General de Normatividad Vial, 2015 pág. 433)

<sup>4</sup> (Dirección de Normatividad Vial, 2014 pág. 24)

seleccionados los cuales son conformados, compactados y controlados dependiendo de las propiedades físicas del material<sup>5</sup>

Dentro de relleno de tierra tenemos como dimensión el **empuje de suelos** el cual implica la presión lateral de la tierra, ésta fuerza es usada para el diseño adecuado de estructuras de retención como son los muros de contención, sótano y mamparas ya que principalmente actúa sobre ellas y las masas de suelo que serán retenidas.<sup>6</sup>

El **empuje de suelos** se clasifica en tres tipos las cuales dependen del origen del desplazamiento del muro de retención, y son: presión lateral en reposo, activa y pasiva de la tierra, las cuales detallaremos a continuación.<sup>7</sup>

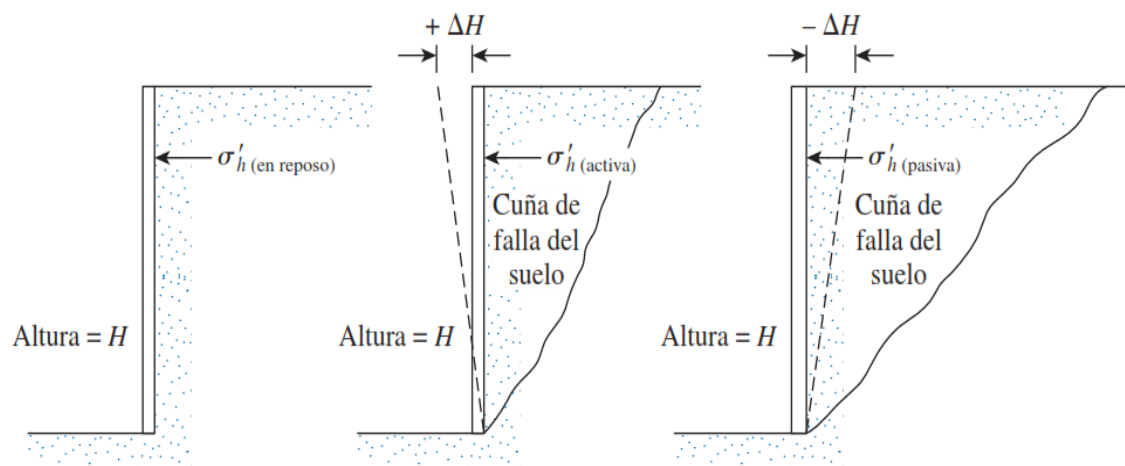


Figura 4. Cualidad de la presión lateral de tierra sobre una estructura de retención<sup>8</sup>

El empuje **en reposo** está definido como el empuje inicial que ejerce un terreno de superficie horizontal antes de ser excavado o antes de que un muro contiguo a éste experimente movimiento.<sup>9</sup>

El empuje en reposo tiene las tensiones horizontales y verticales incrementándose uniformemente según la profundidad, teniendo como relación entre ambas el coeficiente de empuje en reposo “ $K_0$ ” y si el terreno es homogéneo la resultante de estas dos fuerzas será horizontal.<sup>10</sup>

<sup>5</sup> (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018 pág. 41)

<sup>6</sup> (Das, 2015)

<sup>7</sup> (Das, 2015)

<sup>8</sup> (Das, 2015 pág. 224)

<sup>9</sup> (Jimenez Salas, y otros, 1981 pág. 666)

<sup>10</sup> (Jimenez Salas, y otros, 1981 pág. 321)

El empuje en reposo está representado por la resistencia al corte de la fundación se interpreta por la fórmula:

$$S = c' + \sigma' \tan \phi'$$

Dónde:  $S$  = resistencia cortante del suelo

$c'$  = cohesión

$\Phi'$  = ángulo de fricción efectivo

$\sigma'$  = esfuerzo normal efectivo

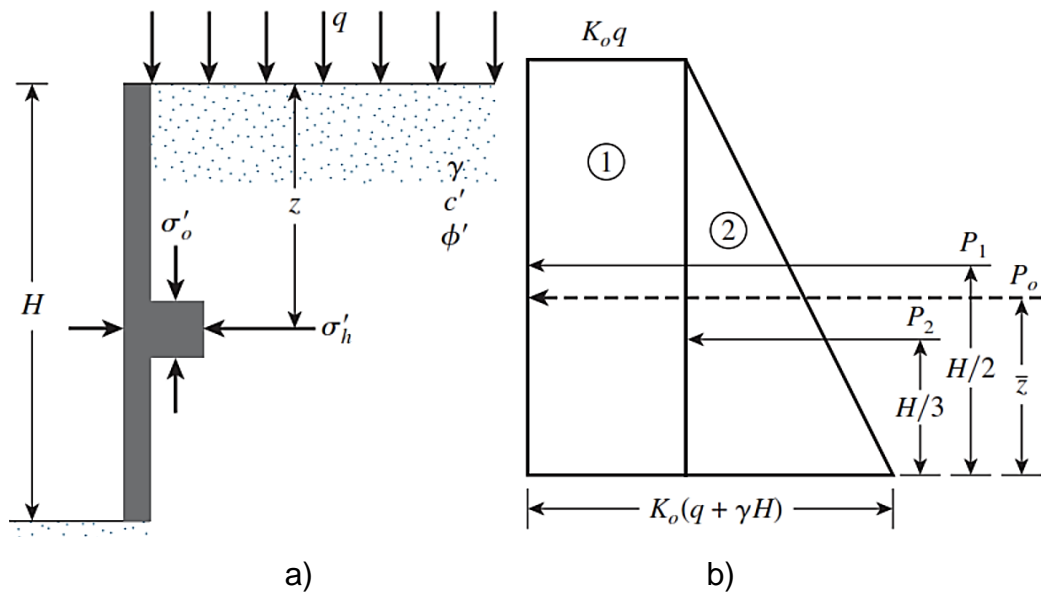


Figura 5. Apremio en reposo de tierra<sup>11</sup>

Para hallar el esfuerzo subsuperficial del terreno a cualquier profundidad se usa la siguiente fórmula:

$$\sigma'_o = q + \gamma z$$

Y si la estructura está en completa quietud y no concede que se desplace en lo mínimo, ni acercándose ni alejándose del cuerpo de suelo en pocas palabras que la distorsión horizontal sea cero, la presión lateral  $z$  es

$$\sigma'_h = K_o \sigma'_o + \mu$$

<sup>11</sup> (Das, 2015 pág. 325)

Dónde:

$\mu$  = presión de poro del agua

$K_o$  = coeficiente de presión en quietud de tierra

Para una fundación normalmente consolidado, la razón para  $K_o$

$$K_o = 1 - \sin \phi'$$

Después de hallar la deformación horizontal se hallará la variación de la presión lateral de tierra con profundidad  $z$ , si consideramos la sobrecarga  $q = 0$  y la presión de poro  $\mu = 0$ , se considera el diagrama de presión como un triángulo. La fuerza total  $P_o$  por longitud unitaria del muro observada en la figura 2.1a se puede hallar ahora en base al área de del diagrama de presión dado en la figura 2.2b como sigue:

$$P_o = P_1 + P_2 = qK_oH + \frac{1}{2}\gamma H^2K_o$$

Dónde:

$P_1$  = área del rectángulo 1

$P_2$  = área del triángulo 2 y la localización de esta fuerza producida  $P_o$  se hallará mediante momentos respecto a la base del muro, entonces:

$$\hat{z} = \frac{P_1 \left(\frac{H}{2}\right) + P_2 \left(\frac{H}{3}\right)}{P_o} \quad 12$$

El **empuje activo** se caracteriza por representar una situación más realista de cuando la pantalla no es infinitamente rígida por lo que cede una distancia no despreciable a la presión ejercida por la tierra.<sup>13</sup>

La presión lateral **activa** según la teoría de Rankine se define como el movimiento que realiza el muro el cual propende a desplazarse del suelo una longitud  $\Delta_x$  provocando así que la presión del suelo sobre la estructura en cualquier hundimiento disminuya como se muestra en la figura 2.3.

---

<sup>12</sup> (Das, 2015 pág. 326)

<sup>13</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 144)

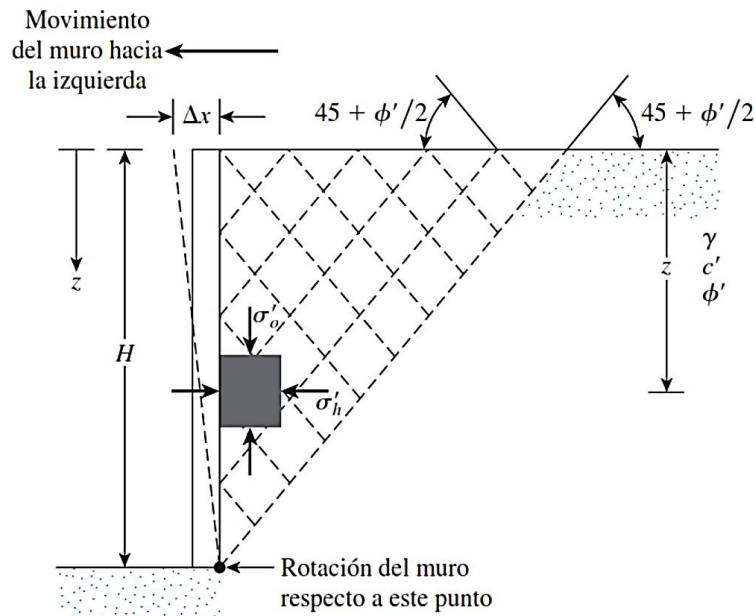


Figura 6. Presión activa de Rankine<sup>14</sup>

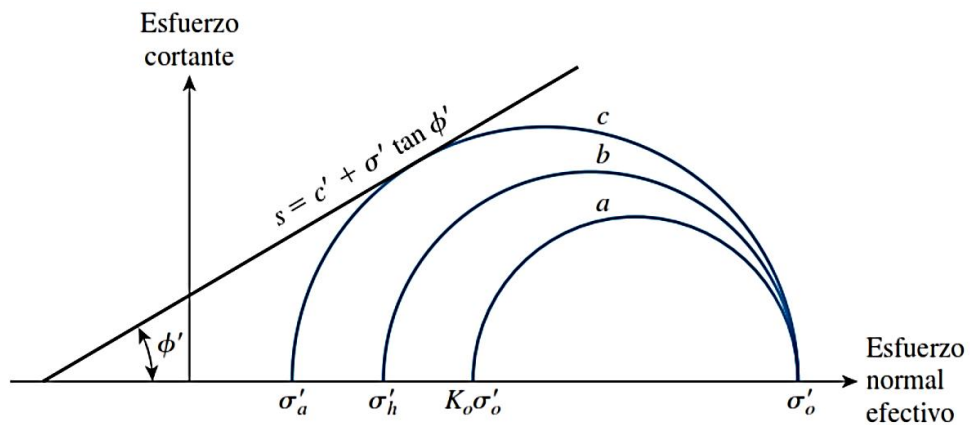


Figura 7. Círculos de Mohr en la presión activa de Rankine<sup>15</sup>

Como se ve en la figura los círculos de Mohr *a* y *b* corresponden a los desplazamientos  $\Delta_x = 0$  y  $\Delta_x > 0$  respectivamente. En caso  $\Delta_x$  sigue en continuo crecimiento el círculo de Mohr tocará la envolvente de falla de Mohr-Coulomb representada por la siguiente fórmula:

$$S = c' + \sigma' \tan \phi'$$

Llegando así al círculo *c* el cual es definida como la condición de falla en la masa de suelo siendo así el esfuerzo horizontal  $\sigma'_a$  al que denominaremos

<sup>14</sup> (Das, 2015 pág. 329)

<sup>15</sup> (Das, 2015 pág. 329)

presión activa de Rankine. La siguiente fórmula relaciona los esfuerzos principales para el círculo de Mohr  $c'$ :<sup>16</sup>

$$\sigma'_a = \sigma'_0 \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) + 2c' \tan\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$

Para suelos con rozamiento y cohesión:

$$\sigma'_a = \sigma'_0 K_a + 2c' \sqrt{K_a}$$

Siendo  $c' \neq 0$  y  $\phi' \neq 0$  (suelo coherente y sin rozamiento):<sup>17</sup>

$$K_a = 1 - \frac{2c'}{\gamma h}$$

Siendo  $c' = 0$  (suelo granular y talud horizontal):

$$K_a = \frac{\sigma'_a}{\sigma'_0} = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$

A continuación, se tienen algunos de valores de **coeficiente de empuje activo  $K_a$**  para suelos granulares según la teoría de Rankine:

**Tabla 1.** Valores de coeficiente de empuje activo según Rankine

$\phi'$	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$K_a$	0.490	0.405	0.333	0.270	0.217	0.171

Fuente: El Terreno (pág. 145)

En la profundidad  $Z_c$ , denominado como *profundidad de la grieta de tensión*, ya que producto del esfuerzo de tensión en el suelo, se ocasionará una grieta suelo – muro, siendo  $Z_c$  como sigue:<sup>18</sup>

$$Z_c = \frac{2c'}{\gamma \sqrt{K_a}}$$

La presión lateral **pasiva** según la teoría de Rankine se define como el movimiento que realiza el muro el cual tiende a moverse aún más hacia adentro, incrementando  $\Delta_x$ , provocando así que el esfuerzo a la profundidad

<sup>16</sup> (Das, 2015 pág. 330)

<sup>17</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 145)

<sup>18</sup> (Das, 2015 pág. 331)

del suelo detrás del muro falle al ser empujado hacia arriba como se muestra en la figura 2.5

$$\sigma'_h = \sigma'_p$$

Siendo:  $\sigma'_p$  el esfuerzo principal mayor y  $\sigma'_o$  esfuerzo principal menor.

Sustituyendo estos valores se tiene:

$$\sigma'_p = \sigma'_o \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) + 2c' \tan\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)$$

Además, tenemos  $K_p$  que es el coeficiente de presión pasiva de tierra de Rankine igual a:

$$K_p = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$

Reemplazando en la primera ecuación se tiene:

$$\sigma'_p = \sigma'_o K_p + 2c' \sqrt{K_p}^{19}$$

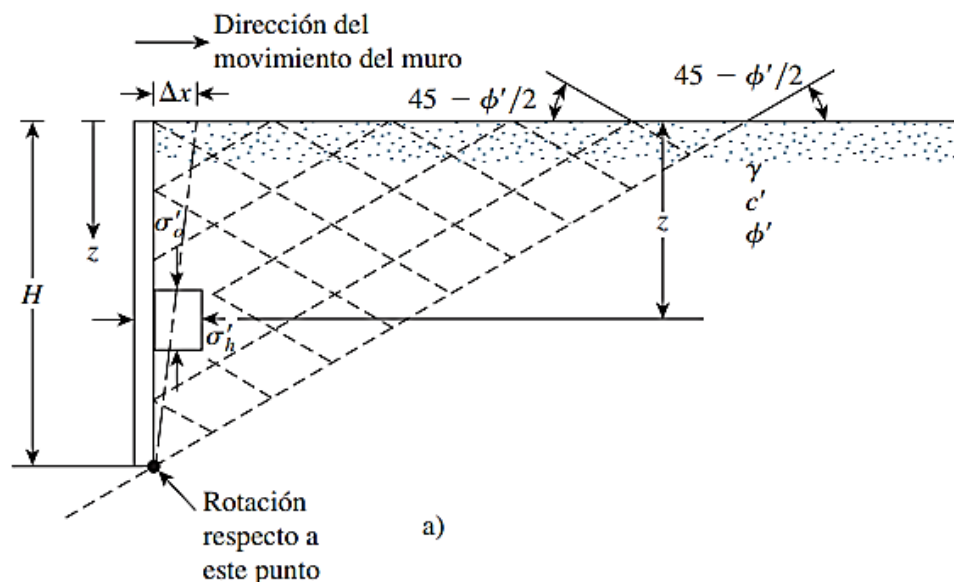


Figura 8. Presión pasiva de Rankine

Para:	$Z = 0,$	$\sigma'_o = 0$	y	$\sigma'_p = 2c' \sqrt{K_p}$
	$Z = H,$	$\sigma'_o = \gamma H$	y	$\sigma'_p = \gamma H K_p + 2c' \sqrt{K_p}$

<sup>19</sup> (Das, 2015 pág. 360)

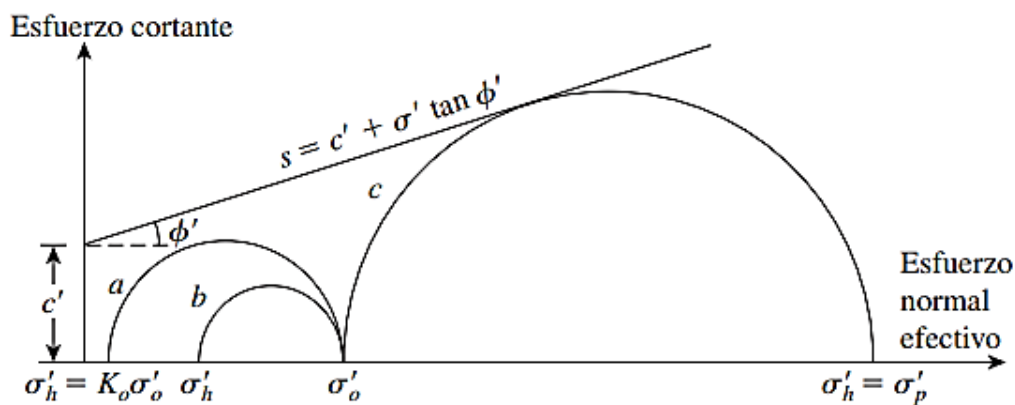


Figura 9. Círculos de Mohr en la presión pasiva de Rankine<sup>20</sup>

A continuación, se tienen algunos de valores de **coeficiente de empuje pasivo  $K_p$**  para suelos granulares según la teoría de Rankine:

**Tabla 2.** Valores de coeficiente de empuje pasivo según Rankine

$\phi'$	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$K_p$	2.039	2.463	3.000	3.690	4.598	5.828

Fuente: El Terreno (pág. 156)

Así pues, dentro de esta primera dimensión tenemos la **muestra de suelos** el cual se define cómo la cantidad mínima de material imprescindible para posteriormente desarrollar los ensayos de laboratorio solicitados<sup>21</sup>

**Muestra de Suelos** se toma de acuerdo al material si es roca o suelo, o ambos; el tamaño y tipo de muestra dependerá de lo requerido en el ensayo a realizar ya que el equipo y métodos usados varían en cada uno de ellos <sup>22</sup>

La cantidad de dicha **Muestra de Suelos** se sugiere entre 20 a 40 kg para el uso en un ensayo de compactación y granulometría de suelo o agregado granular. Para su extracción se deberá identificar de acuerdo a la correspondiente calicata y profundidad, posteriormente se deberá manipular con cuidado además de estar protegido herméticamente.<sup>23</sup>

<sup>20</sup> (Das, 2015 pág. 361)

<sup>21</sup> (APIA XXI Ingenieros y Arquitectos Consultores, 2007 pág. 4)

<sup>22</sup> (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pág. 15)

<sup>23</sup> (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pág. 15)



Igualmente se tiene **Ángulo de fricción interna** también llamado ángulo de rozamiento el cual es definido como la figura matemática del coeficiente de rozamiento, siendo este igual a la tangente del ángulo, el mismo que dependerá de varios factores entre los que destacan: el tamaño, la forma, la distribución de los tamaños de los granos y la densidad.<sup>24</sup>

El **Ángulo de fricción interna** se caracteriza por variar de la siguiente manera, a mayor esfuerzo cortante el valor del ángulo de fricción interna disminuye como se puede ver en la siguiente figura 2.7 el cual es representación del ensayo de corte directo:

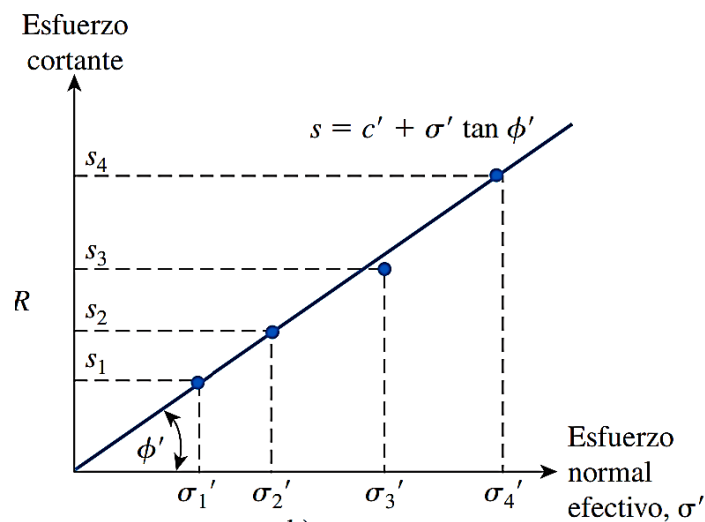


Figura 10. Gráfica resultados de la prueba de corte directo para adquirir el ángulo de fricción interna<sup>25</sup>

El **Ángulo de fricción interna** aumenta con la densidad relativa, para las arenas se establecen valores entre  $26^\circ$  y  $45^\circ$  y para suelos cohesivos se tiene la tabla 3:

<sup>24</sup> (Suarez Diaz, 1998 pág. 81)

<sup>25</sup> (Das, 2015 pág. 48)

**Tabla 3.** Relación de Densidad Relativa y ángulo de fricción de suelos cohesivos

Estado del empaquetamiento	Densidad relativa (%)	Ángulo de fricción $\phi'$ (grados)
Muy suelto	<20	<30
Suelto	20-40	30-35
Compacto	40-60	35-40
Denso	60-80	40-45
Muy denso	>80	>45

Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (pág. 48)

De igual importancia se tiene la **Cohesión** el cual es determinado como la unión o conexión entre las partículas del suelo, en el área de mecánica de suelos es usada para figurar como la resistencia al esfuerzo cortante incitada por la cementación o material adherente, en el área de la física es usada en su mayoría para simbolizar la tensión

El **Cohesión** se caracteriza por ser nulo en suelos prominentemente granulares o no cohesivos por no presentar cementante.<sup>26</sup> Entre estos suelos, tenemos tres tipos:

- Terrenos de graveras, con un mínimo 30 % de grava o gravilla
- Terrenos arenosos gruesos, abundando las arenas medias y gruesas con un máximo de 30% de grava y gravilla, y máximo un 50% de arena fina y limo inorgánico.
- Terrenos arenosos finos, destacando arenas finas y limos inorgánicos mínimamente en un 50%, con un máximo de 30% de grava y gravilla.<sup>27</sup>

Además, se tienen los valores promedio ya establecidos oscilantes entre las siguientes cifras dadas en la **tabla 4**.

<sup>26</sup> (Suarez Diaz, 1998 pág. 82)

<sup>27</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 20)

**Tabla 4.** Valores promedio de suelos compactados en suelos compactados

Suelo	Cohesión c' (kPa)
Materiales arcillosos	5 – 10
Materiales arenoarcillosos	0 - 8
Suelos aluviales arenoarcillosos	0 - 10

Fuente: Deslizamientos Estabilidad de Taludes en zonas tropicales (1998)

Como último indicador, se tiene **Peso Específico** el cual se clasifica en: peso específico aparente, peso específico absoluto y peso específico seco, los que a continuación detallaremos.

El **peso específico aparente** de un suelo se define como el peso de la muestra de suelo que viene ocupando un volumen unitario, el cual implica también el agua comprendida entre sus partículas sólidas, se representa por la formula:

$$\gamma = \frac{P_t}{V_t} = \frac{\text{Peso total del suelo}}{\text{Volumen total}}$$

En mecánica de suelos se utilizan los términos peso específico y densidad para determinar el mismo concepto en otras palabras no se diferencia kg peso y kg masa.<sup>28</sup>

El **Peso Específico absoluto** del sólido o densidad de las partículas sólidas se representa por la formula:

$$\gamma_s = \frac{P_s}{V_s}$$

Los valores tipo de densidad en partículas sólidas:

- $\gamma_s$  en suelos arcillosos oscila entre 2.5 a 2.9 t/m<sup>3</sup> o g/cm<sup>3</sup>
- $\gamma_s$  en suelos arenosos oscila entre 2.5 a 2.65 t/m<sup>3</sup> o g/cm<sup>3</sup><sup>29</sup>

El **Peso Específico seco** equivale al peso de las partículas minerales secas esto quiere decir sin agua intersticial, se representa por la formula:

$$\gamma_d = \frac{P_s}{V_t}$$

- $\gamma_s$  en suelos arcillosos oscila entre 0.8 a 2 t/m<sup>3</sup> o g/cm<sup>3</sup>

<sup>28</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 26)

<sup>29</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 27)

-  $\gamma_s$  en suelos arenosos oscila entre 1.4 a 1.8 t/m<sup>3</sup> o g/cm<sup>3</sup><sup>30</sup>

El peso específico seco máximo y el contenido de humedad dependen de la naturaleza del grado de compactación, esto quiere decir que puede aumentar o disminuir de acuerdo al número de pasadas del rodillo, siendo el límite 15, también depende de la profundidad<sup>31</sup>

Como segunda variable tenemos al **diseño estructural** el cual es el estudio del muro como un elemento estructural el cual está bajo esfuerzos, como primer paso se determinan las dimensiones del muro, para luego elaborar los momentos cortantes y flectores verificando que la resistencia en cada sección no supere la resistencia última.<sup>32</sup>

El **diseño estructural** se caracteriza por satisfacer los requerimientos de estabilidad interna (resistencia a la tensión, extracción de los elementos de refuerzo y la integridad de los elementos de fachada) y la vez revisar la estabilidad externa del muro (fallas de volcamiento, deslizamiento y capacidad de carga).<sup>33</sup>

El **diseño estructural** se define como un sistema que sigue un proceso cíclico de aproximaciones sucesivas, comenzando desde consideraciones generales y pasando por las restricciones, acumulando así información sobre la incógnita, con el fin de optimizar el sistema (lo cual es meramente ideal).<sup>34</sup>

El **diseño por estado límite** propone diseñar dicha estructura en función a los límites aceptables de ésta como por ejemplo resistencia baja, carga máxima, deflexiones y ancho de grietas bajo carga de servicio, para la seguridad estructural se recomienda el uso de factores de carga y factores de reducción de capacidad.

En **una presa actúan fuerzas** y combinaciones únicas y diferentes, hay fuerzas comunes para las presas en las que estará expuesta la estructura en el tiempo de operación, todas las obras hidráulicas están en permanente contacto con el agua, dando lugar a fuerzas de naturaleza físico, químico y

---

<sup>30</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 27)

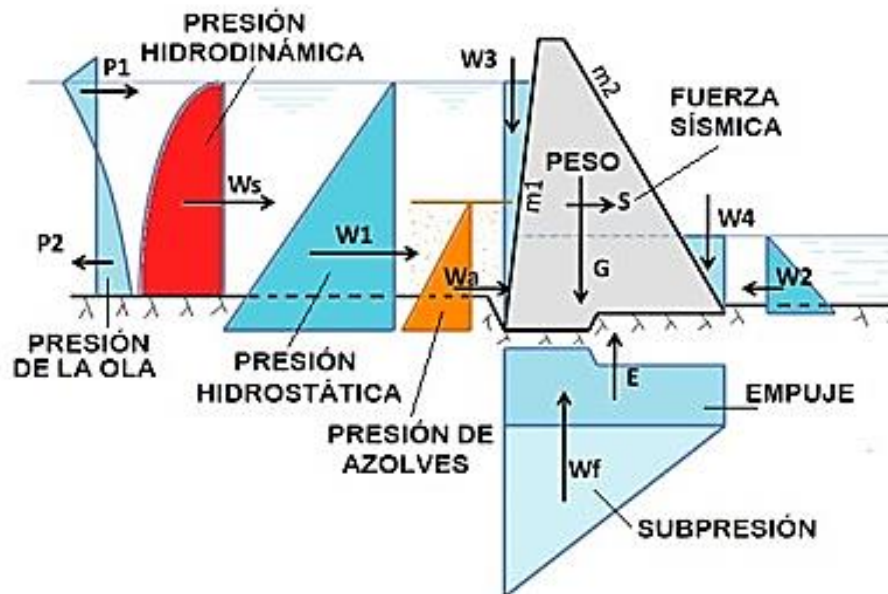
<sup>31</sup> (Das, 2015 págs. 724, 730)

<sup>32</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 162)

<sup>33</sup> (Das, 2015 pág. 409)

<sup>34</sup> (Morales Morales, 2016 pág. 8)

biológico, analizando así las fuerzas únicamente de carácter físico el cual se detalla en la siguiente *figura 11*.



*Figura 11.* Principales fuerzas que actúan sobre una presa<sup>35</sup>

En primer lugar, se tiene la fuerza  $G$  que es el **peso propio** de la presa, donde se considerará los elementos de estructura permanente, tales como compuertas y mecanismos de operación y otros.

Esta carga se encuentra en el centro de gravedad y es originada por la geometría del cuerpo de estructura y el peso específico del concreto. Se puede asumir un peso específico del concreto  $\gamma_c = 2.4 \text{ t/m}^3$ .

En presas con una longitud  $L \geq 3H$ , el cálculo se hace para una dovela de un metro de ancho o por juntas de dilatación de entre 10m y 20m de largo. Para represas de longitud angosta con cierre  $L < 3H$ , se puede realizar análisis como bloque único.<sup>36</sup>

La **fuerza de presión del agua**  $W$  con varios subíndices que indica el origen de la misma. Las flechas muestran una de las posibles direcciones; cabe recalcar que para cada situación puede existir otras fuerzas y direcciones.

A partir del curso de hidráulica básica se sabe, la componente horizontal sobre una superficie es de tipo horizontal. La fuerza es igual a la multiplicación del

<sup>35</sup> (Sandoval, 2018 pág. 80)

<sup>36</sup> (Sandoval, 2018 pág. 81)

área por la presión en el centro del plano y se encuentra en el centro de presiones.

$$W_{i-horizantal} = \gamma \frac{H^2}{2} b$$

Siendo:  $H$ : altura del agua hasta el punto más bajo de la estructura.

$b$ : ancho entre juntas constructivas.

Las partes verticales de la presión del líquido, es necesario definir el elemento a presión, para superficies planas, corresponde un volumen al área visible en la sección por el ancho entre juntas, la fuerza se ubica en el centro del área.

$$W_{i-vertical} = \gamma A_{cp} b$$

Siendo:  $A_{cp}$ : área del cuerpo de presión.<sup>37</sup>

Debajo de la estructura actúan las fuerzas  $E$ , que es el empuje vertical el cual se da por qué parte de la estructura está sumergido en agua, y la fuerza " $W_f$ ", que corresponde a la **subpresión**. La presión en una ubicación determinada es la misma en todas sus direcciones, por lo tanto, si hay una presión en dirección horizontal en la parte baja de la estructura aguas arriba, hay una presión de la misma proporción en la dirección vertical, que intenta de elevar la presa.

De la misma manera, por consecuencia de la presión hidráulica  $H$ , el flujo se desplaza desde el trasdós hacia el intradós, a este portento es conocido como filtración, por ende, a lo largo de su recorrido disminuye resultando la fuerza  $W_f$  posee de forma general una forma triangular.

Para la subpresión, según Grishin (1979), por medio la altura de la estructura, se determina con las siguientes ecuaciones:

a) Para estructuras de altura  $H < 25\text{m}$

$$W_f = 0.5\gamma H(1 - \alpha_0)L\alpha_{02}$$

b) Para estructuras de altura  $25\text{m} < H < 75\text{m}$

$$W_f = 0.5\gamma H(L(1 - \alpha_0) + b\alpha_1'')\alpha_{02}$$

c) Para estructuras de altura  $H > 75\text{m}$

$$W_f = 0.5\gamma H(l_1(1 + \alpha_1' - \alpha_1'')l_2\alpha_1' + b\alpha_1'')\alpha_{02}$$

---

<sup>37</sup> (Sandoval, 2018 pág. 82)

Las ecuaciones se obtuvieron a razón del control de la subpresión de muchas estructuras, los valores para determinar se tienen en la siguiente *tabla 5*:<sup>38</sup>

**Tabla 5.** Coeficientes  $\alpha_1'$  y  $\alpha_1''$  para Subpresión

TIPO DE PRESA	$\alpha_1'$	$\alpha_1''$
Gravedad $H < 25\text{m}$	0.3	0
Gravedad $25\text{m} < H < 75\text{m}$	0.4	0.15
Gravedad $H > 75\text{m}$	0.5	0.25
Contrafuertes	0.4	0
Arco	0.5	0.25
$\alpha_0$ – coef. pérdida de carga inicial	0.05-0.08	
$\alpha_2$ – coef. porosidad de la zona	0.70-0.95	

Fuente: Diseño de obras Hidrotécnicas (2018)

Las fuerzas  $P_1$  y  $P_2$  son originadas por el **golpe de las olas** sobre el intradós, que en algunos casos puede ser muy significativas.

La **fuerza por el oleaje**, para obtener la fuerza que ocasiona una ola sobre una estructura que tiene una superficie vertical, se utiliza las siguientes ecuaciones hechas por Zagriadskaya N. que se aplican para alturas de agua mayores  $H > 1.5h$ , siendo  $h$  el nivel de ola. La fuerza se determina para el estado de máxima carga que pueda existir.

La mayor fuerza de presión de ola, por cada metro de ancho de la presa, se halla con la formula y la *figura 12* representando el diagrama de presiones:<sup>39</sup>

$$P_{\text{máx}} = K_p \gamma h \left( H + \frac{h}{2} \right)$$

<sup>38</sup> (Sandoval, 2018 pág. 84)

<sup>39</sup> (Sandoval, 2018 pág. 86)

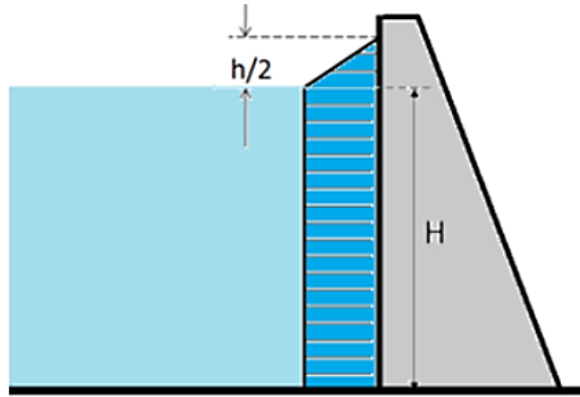


Figura 12. Diagrama de presión por fuerza de oleaje

El momento que genera la presión, respecto a la parte de la estructura, es:

$$M_{m\acute{a}x} = K_m \gamma h \left( \frac{h^2}{6} + \frac{hH}{2} + \frac{H^2}{2} \right)$$

Los valores  $K_P$  y  $K_M$  se calcula según los nomogramas de la siguiente imagen

13:<sup>40</sup>

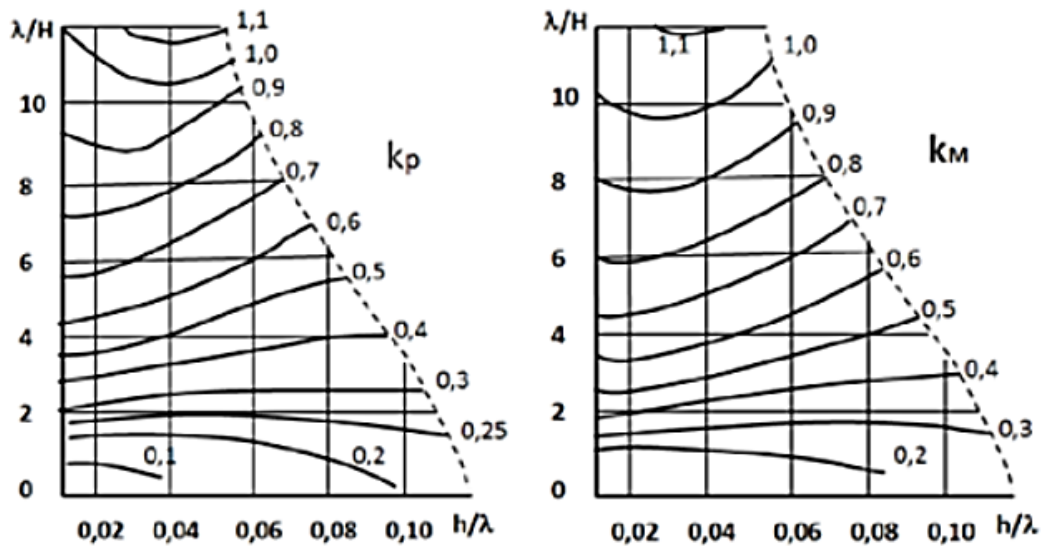


Figura 13. Nomogramas para los coeficientes  $K_P$  y  $K_M$  Grishin (1975)

Para presas con fachadas verticales o casi verticales, se puede usar la ecuación de Labzovckiy N.

$$h = 0.073kW\sqrt{D\beta}$$

$$\lambda = 0.073W\sqrt{D/\beta}$$

<sup>40</sup> (Sandoval, 2018 pág. 86)



Dónde  $k$  y  $\beta$  son valores que se calculan a raíz de las consecuentes fórmulas:

$$\beta = \frac{1}{9 + 19e^{-\frac{14}{W}}}$$

$$k = 1 + e^{-0.4\frac{D}{W}}$$

Tanto el *fetch*, como la velocidad del viento, se asume que no coincidirán en la llegada de una crecida y el tiempo de una máxima velocidad.

El nivel de ola es un valor probabilístico que está en función de la velocidad del viento  $W$  y la distancia de transcurso crítico del viento en el área libre del embalse, a esta longitud  $D$  se le llama con la palabra *Fetch representado en la figura 14.*

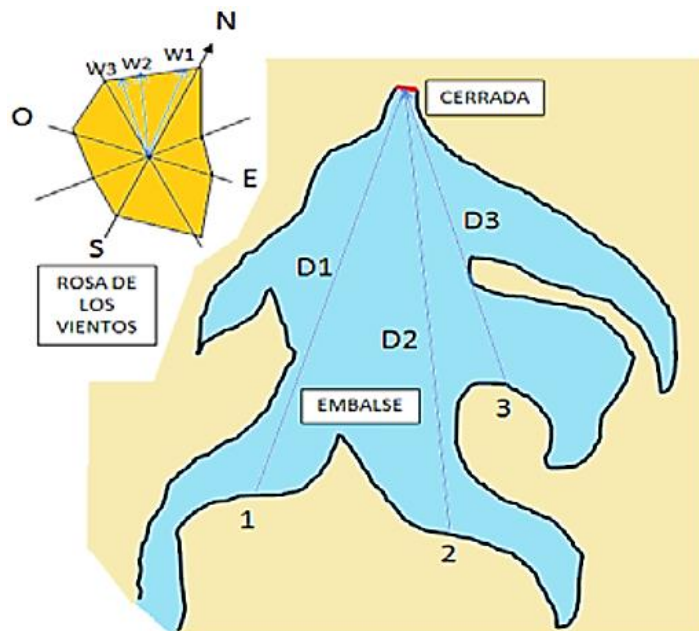


Figura 14. Representación de recorridos (*Fetch*) y velocidades de viento<sup>41</sup>

La fuerza  $W_a$  se origina por la **existencia de azolves (sedimentos)** en el embalse talud aguas arriba, es una fuerza cambiante en el tiempo, pues, al inicio de la operación es nulo, y al término del funcionamiento puede ser la mayor posible.

<sup>41</sup> (Sandoval, 2018 pág. 79)

Esta fuerza de presión de azolves para estructuras hidráulicas, sobre las cuales el sedimento acumulado presiona se calcula con la ecuación de empuje que se usa en suelos.<sup>42</sup>

$$W_a = \gamma_a \frac{h_a^2}{2} K_p$$

Dónde:  $\gamma_a$  es el peso específico de los sedimentos bajo el agua  
 $K_p$  el coeficiente de presiones pasivas del suelo.

La **fuerza sísmica** simbolizada con  $S$  tiene un componente vertical y horizontal, para el análisis estructural se considera que actuará en la dirección menos conveniente para la seguridad de la estructura.

Por lo tanto, el cálculo de presas en el Perú necesita de estudios particulares en el riesgo sísmico, de manera especial en presas medianas y gran altura.

En el capítulo II la norma E.030, Diseño sismorresistente, el mapa de zonificación en el territorio peruano está seccionado en cuatro zonas, esta zonificación se basa en la disposición presente en la *figura 15*.



Figura 15. Zonificación Perú<sup>43</sup>

<sup>42</sup> (Sandoval, 2018 pág. 87)

<sup>43</sup> (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 2020 pág. 12)

Para cada zona se confiere un factor de zona. Este factor se entiende como la mayor aceleración horizontal del suelo recio con una probabilidad de 10% de ser superada en 50 años. El factor  $Z$  se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad presentado en la *tabla 16*.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Figura 16. Factores Z por zona<sup>44</sup>

Un método fácil para el cálculo de la fuerza sísmica que está sobre la presa, por medio de un análisis pseudo estático, que se la evalúa por medio de la siguiente ecuación y opera en el centro de masa del cuerpo de la presa.

$$S = \alpha_{h,v}G$$

Dónde:  $\alpha_{h,v}$  es el valor sísmico adimensional horizontal y vertical, y  $G$  el peso de la presa.

Para el cálculo de estabilidad de una presa de concreto el valor sísmico horizontal se halla con la ecuación:

$$\alpha_h = \frac{z}{1 + 3z}$$

Y el valor sísmico vertical

$$\alpha_v = \frac{2}{3}\alpha_h$$

La **fuerza** representada por  $W_s$  es resultado de la oscilación de la masa de agua sobre la cara de la presa ante un evento, que genera una presión **hidrodinámica**, que se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$W_s = 0.48\alpha_h\gamma H^2$$

Se estima que está ubicada a  $0.4H$  del fundamento.

<sup>44</sup> (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 2020 pág. 13)

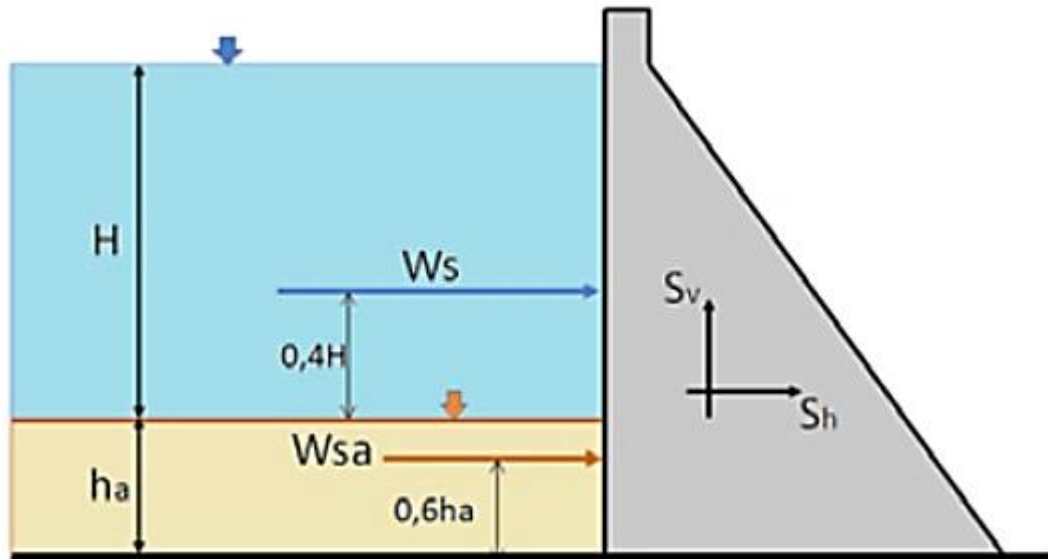


Figura 17. Representación de Fuerza Sísmica en una presa<sup>45</sup>

La fuerza sísmica ocasionada por los azolves, para cada ancho, que está ubicada a  $0.6ha$ , del fundamento:

$$W_a = 2.15\alpha_h\gamma aH^2$$

De acuerdo con la norma *SP.58.13330.2012 (2013)*, las cargas sobre una estructura hidráulica pueden ser:

**Permanentes-** Son aquellas cuya acción permanece durante el tiempo de edificación y funcionamiento de obra.

**Temporales-** Son las que actúan en ciertos períodos de tiempo de construcción u operación.

**Accidentales o extremas-** Como las sísmicas, térmicas, etc.<sup>46</sup>

Los **factores de carga** proveen seguridad respecto al incremento de cargas, además de controlar las deformaciones bajo las cargas de servicio, según recomendación del código *ACI-318-05* se tienen las siguientes combinaciones:

- Para carga muerta y viva

$$U = 1.2D + 1.6L$$

Siendo D carga muerta y L carga viva

<sup>45</sup> (Sandoval, 2018 pág. 88)

<sup>46</sup> (Sandoval, 2018 pág. 90)

- Para carga muerta, viva y accidental

$$U = 1.2D + 1.0L + 1.6W \quad \text{ó}$$

$$U = 1.2D + 1.0L + 1.0W$$

Siendo W la carga del viento y E del sismo, en caso la carga viva sea favorable se utilizará las combinaciones: <sup>47</sup>

$$U = 0.9D + 1.6W \quad \text{ó}$$

$$U = 0.9D + 1.0E$$

Las **combinaciones de carga** respecto a una presa se clasifican según las fuerzas actuantes que se dividen en activas y pasivas, entre las activas hay las que siempre actúan como el peso, las que actúan con frecuencia como el empuje hidrostático, las que actúan de vez en cuando como el oleaje y otras que actúan raramente como las fuerzas sísmicas. Y se tienen en cuenta las compatibilidades como el oleaje y el hielo que no lo son debido a su estado físico o como las fuerzas sísmicas y una avenida extraordinaria la cual es muy poco probable que suceda. Según el reglamento español NTS-2(2021) nos indica que se deberá estudiar al menos las combinaciones activas: normales, accidentales y extremas.<sup>48</sup>

- Dentro de la combinación normal participan aquellas fuerzas activas que suceden con cierta frecuencia como:
  - Peso propio
  - Empuje hidrostático a nivel máximo (NMN)
  - Subpresión
  - Efecto del oleaje (por viento) o la acción del hielo donde lo amerite
  - Empuje de los aterramientos
  - Variaciones de temperatura
- Dentro de la combinación accidental participan aquellas fuerzas activas que suceden de forma irregular no predecible y breve

Se recomienda estudiar 3 combinaciones accidentales llamadas B21 de drenes ineficaces, B22 de sismo, B23 de avenida del proyecto

---

<sup>47</sup> (Morales Morales, 2016 pág. 8)

<sup>48</sup> (Martín Carrasco, y otros, 2001 pág. 34)

**Tabla 6. Combinaciones accidentales para fuerzas activas**

B21 - Drenes ineficaces	B22 - Sismo	B23 - Avenida del proyecto
Peso propio	Peso propio	Peso propio
Empuje hidrostático a nivel máximo (NMN)	Empuje hidrostático a nivel máximo (NMN)	Empuje hidrostático a nivel de la avenida del proyecto (NAP)
Aumento anormal de la subpresión (drenes ineficaces)	Subpresión	Subpresión
Oleaje (viento) o hielo	Oleaje (viento) o hielo	Oleaje extraordinario (con embalse a NMN)
Aterramientos	Aterramientos	Aterramientos
	Sismo	
Variaciones de temperatura	Variaciones de temperatura	Variaciones de temperatura

Fuente: Dimensionamiento y Optimización de obras Hidráulicas (pág. 35)

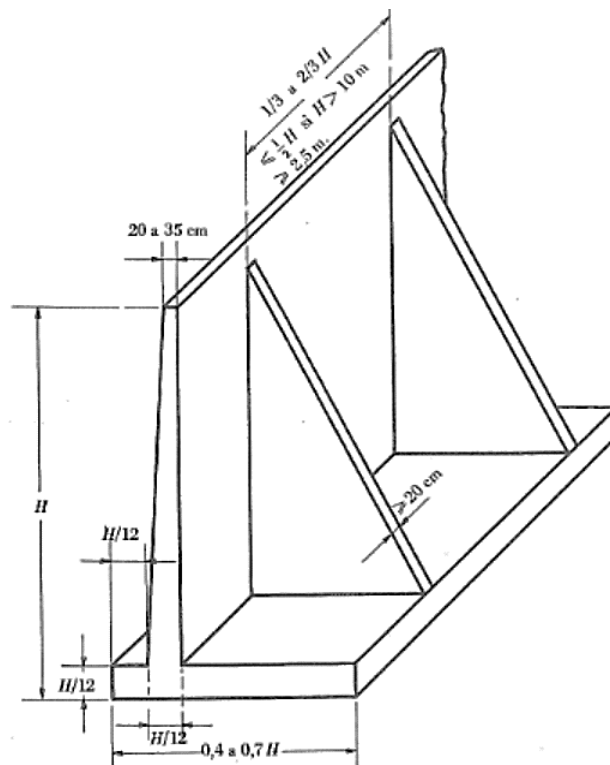
- Dentro de la combinación extremas participan aquellas fuerzas activas de combinación normal y más de una fuerza extrema a la vez como el aumento de subpresión de drenes ineficaces y la avenida de proyecto y son:
  - Empuje hidrostático a nivel de la avenida extrema (NAE)
  - Empuje hidrostático a nivel de sobreelevación por avería de las compuertas
  - Disminución generalizada de resistencias
  - Sismo extremó solo para presas de categoría A<sup>49</sup>

Dentro del diseño estructural tenemos como primera dimensión el **predimensionamiento** o dimensionamiento preliminar de un muro de contención con contrafuertes se tiene los siguientes criterios:

<sup>49</sup> (Martín Carrasco, y otros, 2001 pág. 36)

- Para los contrafuertes el espaciamiento  $s$  puede variar de  $h/3$  a  $2h/3$  con un espesor  $\geq 20\text{cm}$  según Yamashiro:  $L = 2.5m$  relleno de suelo  
 $L = 3m$  silo de granos
- Para la pantalla el espesor:  $\geq 20\text{cm}$  (código peruano)  
 $\geq 30\text{cm}$  (código japonés)
- Para la zapata el espesor deberá ser  $\geq 40\text{cm}$ ; la base de la zapata  $B$  será  $B = 0.5H$  a  $0.7H$  con  $t_1 = t_2 \geq 30\text{ cm}$ ,  $B_1$  y  $B_2$  <sup>50</sup>

Siendo representado de la siguiente *figura 18*:



*Figura 18.* Predimensionamiento de un muro de contención con contrafuertes<sup>51</sup>

El **diseño estructural** se realiza por partes del muro los cuales son: pantalla, contrafuertes, zapatas y por último la verificación de la estabilidad al volteo y deslizamiento, los cuales detallaremos a continuación:

<sup>50</sup> (Morales Morales, 2016 pág. 187)

<sup>51</sup> (Jimenez Salas, y otros, 1981 pág. 796)

- Con respecto al diseño de la **pantalla**; se define pantalla como una losa apoyada en los contrafuertes y zapata, pero para efecto del diseño no se considera la influencia de la zapata como apoyo

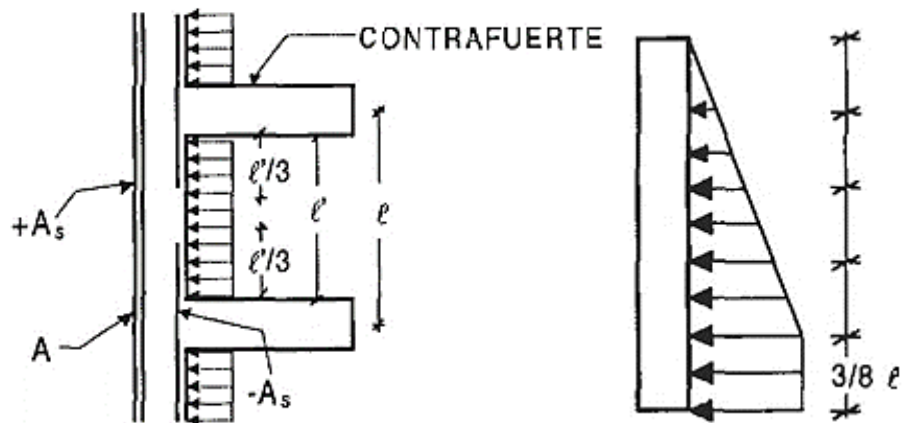
Se considera los momentos:

$$+M = pL^2/16 \qquad -M = pL^2/12$$

Dónde:  $p$  = presión del relleno al nivel considerado

$L$  = distancia entre ejes de los contrafuertes

Teniendo variación a lo alto de la pantalla respecto a la presión, se diseña como hileras horizontales tomado el mayor valor de  $p$  de forma pareja para toda la franja, en la hilera más baja se disminuyen los momentos actuantes por efecto de la zapata, el cual definiremos a los  $3/8$  de la distancia entre los ejes empezando desde la base como se aprecia en la *figura 19*.



*Figura 19.* Distribución de Presiones entre los contrafuertes<sup>52</sup>

- Con respecto al diseño de los **contrafuertes**;

El diseño por flexión se considera como una viga en voladizo empotrada en la losa de cimentación, la función que tienen es dar apoyo a la pantalla resistiendo la presión del relleno teniendo como

momento último  $M_u = (T_u \cos \theta)jd = (T_u \cos \theta) \left( d - \frac{t_p}{2} \right)$  despejando

refuerzo horizontal  $T_u = \frac{M_u}{\cos \theta (d - t_p/2)}$  y área de acero  $A_s = \frac{T_u}{\phi f_y}$ , con  $\phi =$

<sup>52</sup> (Morales Morales, 2016 pág. 200)



0.9 (por flexión) y  $A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - t_p/2) \cos \theta}$  todo esto representado en la figura 20.

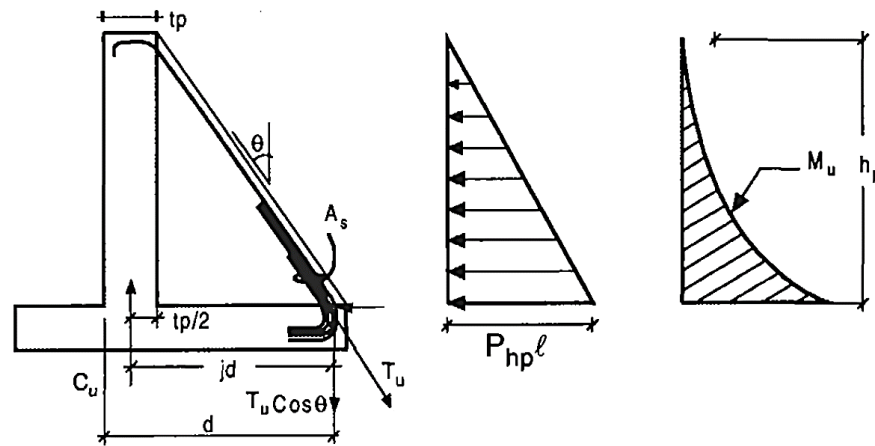


Figura 20. Distribución de Presiones entre los contrafuertes diseño por flexión<sup>53</sup>

El diseño por cortante se considera como un refuerzo horizontal

$$V_{u1} = V_{ui} - T_{ui} \sin \theta \quad \text{reemplazando} \quad V_{ui} = V_{ui} - \frac{M_u}{(d - \frac{t_p}{2}) \tan \theta} \quad \text{y}$$

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s, \quad V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad \text{y} \quad s = \frac{A_v d f_y}{V_s} \quad \text{en } \phi = 0.75 \quad \text{y}$$

$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c b d}$ , siendo  $d$  una sección crítica desde la base de apoyo, el cual se representa en la figura 21.

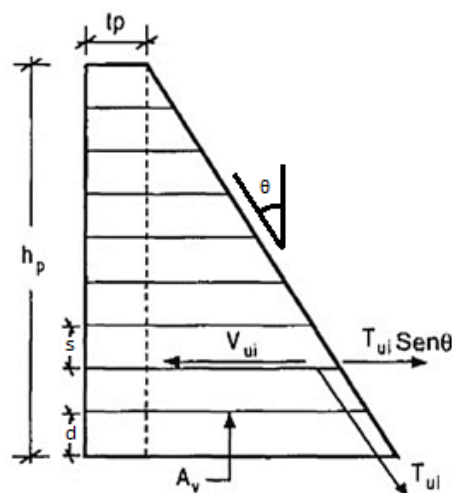


Figura 21. Distribución de Presiones entre los contrafuertes diseño por cortante<sup>54</sup>

<sup>53</sup> (Morales Morales, 2016 pág. 201)

<sup>54</sup> (Morales Morales, 2016 pág. 121)

El diseño por tracción entre la pantalla al contrafuerte (refuerzo horizontal) y la zapata al contrafuerte (refuerzo vertical) para el primer caso  $T_u = 1.6PL$  contando con un área de acero  $A_s = \frac{T_u}{\phi f_y}$  para  $\phi = 0.9$  como se aprecia en la *imagen 15a*; y para el segundo caso  $T_u = W_u L$  considerando  $W_u$  como la carga última en la zapata posterior como se detalla en la *figura 22B*.

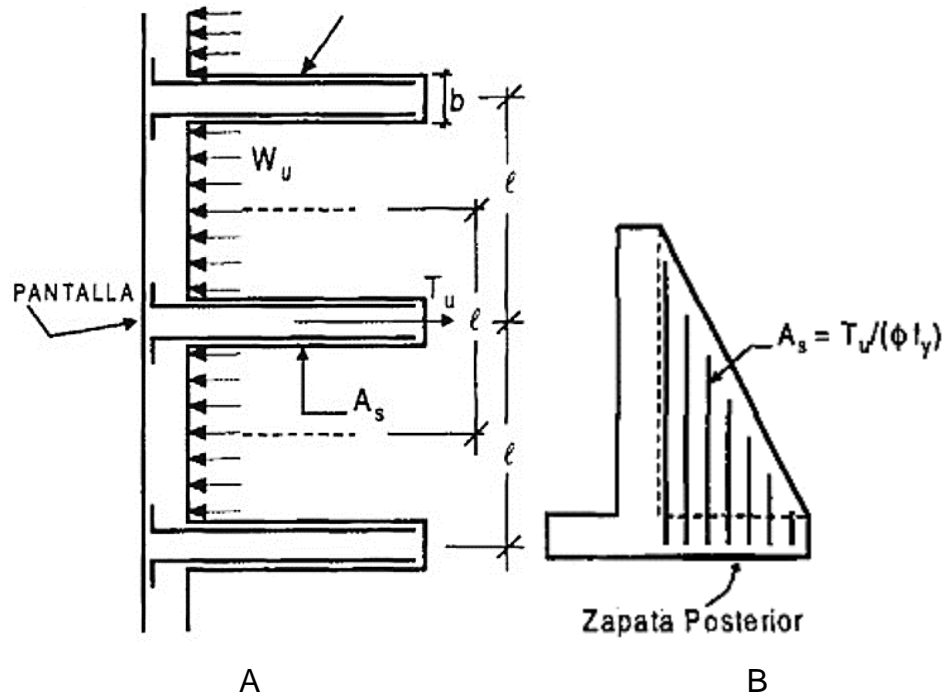


Figura 22. Distribución de Presiones entre los contrafuertes diseño por tracción<sup>55</sup>

- Con respecto al diseño de la **zapata**; se analiza semejante a la pantalla ya que es una losa que se apoya en los contrafuertes y pueden usarse los mismos coeficientes hallando así los momentos positivos y negativos como se observa en la *figura 23*.

<sup>55</sup> (Morales Morales, 2016 pág. 121)

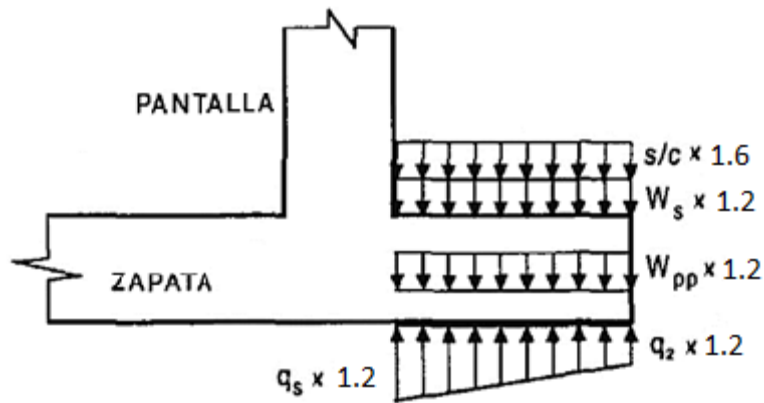


Figura 23. Distribución de fuerzas en zapata posterior<sup>56</sup>

Por otra parte, se tiene la segunda dimensión, **factor de seguridad al volteo** es usado para conocer el factor de amenaza al equilibrio límite, representando la estabilidad al vuelco comparando la máxima compresión admisible y la mayor compresión puntual al que está sometido el terreno.

La falla por volteo sucede cuando:  $\Sigma M_{actuantes} \geq \Sigma M_{resistentes}$ .

El factor de seguridad ante el volteo respecto a la punta o punto C representado en la figura 24 se manifiesta como:

$$FSV = \frac{\Sigma M_{resistentes}}{\Sigma M_{actuantes}}$$

Dentro de éste tenemos como primer indicador, los **momentos actuantes** está definido por la fórmula:

$$\Sigma M_{actuantes} = P_h \left( \frac{H'}{3} \right)$$

En dónde  $P_h = P_a \cos \alpha$ .

De la misma forma tenemos como segundo indicador los **momentos resistentes** en los cuales forman parte el peso del suelo encima del talón y el peso del hormigón y la fuerza  $P_v$  el cual es la **componente vertical** de la fuerza activa  $P_a$  tiendo relación de la siguiente manera:<sup>57</sup>

$$P_v = P_a \sin \alpha$$

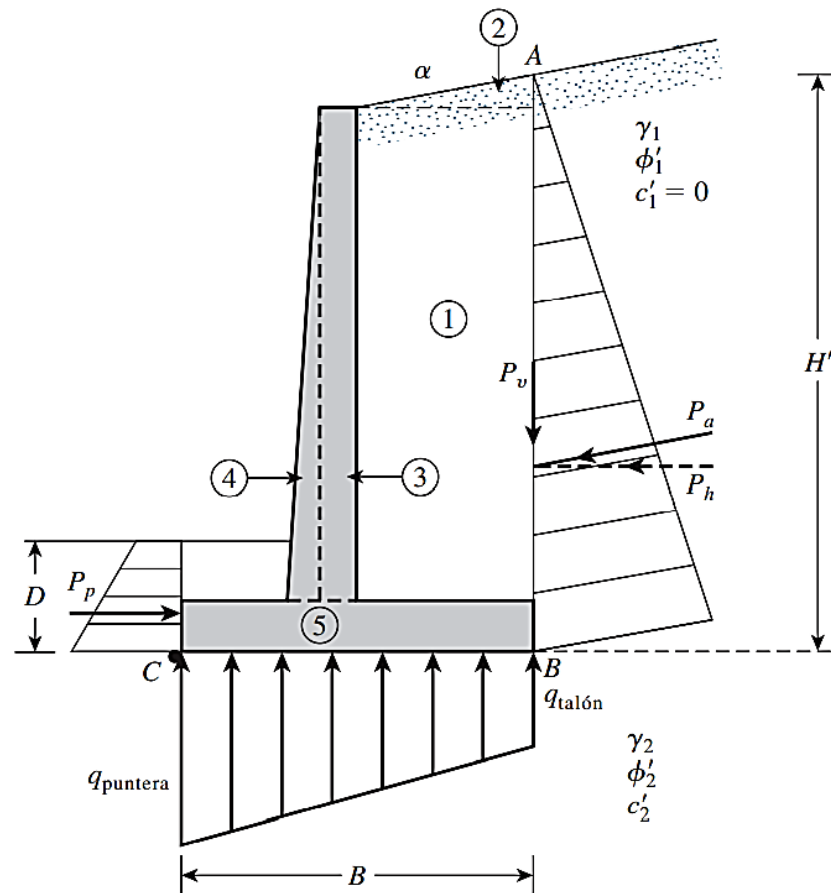
Siendo el momento de la fuerza  $P_v$  respecto al punto C

$$M_v = P_v B = P_a \sin \alpha \beta$$

<sup>56</sup> (Morales Morales, 2016 pág. 121)

<sup>57</sup> (Das, 2015 pág. 382)

Todo esto representado en la siguiente *figura 24*.



*Figura 24.* Distribución de fuerzas para la revisión por volcamiento, con la presión de Rankine

Una vez determinados la sumatoria de momentos, calculamos el factor de seguridad al vuelco:

$$FSV = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_v}{P_a \cos\left(\frac{H'}{3}\right)}$$

Para FSV el valor mínimo deseable es de 2 a 3, los momentos  $M_1$  y  $M_2$  hallados con el peso del muro  $W$  dependiendo éste del peso específico de relleno  $\gamma_1$  y el resto de momentos por el peso específico del concreto  $\gamma_2$ .

El FSV también se halla de la forma:<sup>58</sup>

$$FSV = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6}{P_a \cos\left(\frac{H'}{3}\right) - M_v}$$

<sup>58</sup> (Das, 2015 pág. 383)

Además, como último indicador tenemos la **sobrecarga** que se divide en uniformemente distribuidas y concentradas (sobrecarga lineal  $Q_l$  y puntual  $Q_p$ )<sup>59</sup>

Finalmente, como segunda dimensión tenemos el **factor de seguridad al deslizamiento** se expresa como una función de la resistencia ante un simple deslizamiento sobre un plano, representando la estabilidad al deslizamiento comparando así las fuerzas que favorecen al deslizamiento y las que se oponen (fuerzas actuantes y resistentes).<sup>60</sup>

La falla de deslizamiento horizontal de la presa sucede en el plano de contacto sobre la base de la presa y suelo, cuando el  $E_H \geq E_p + F$  siendo:

- $F$  – resistencia al corte por fricción - suelos no cohesivos
- $F$  – resistencia al corte por cohesión - suelos cohesivos<sup>61</sup>

Se representa mediante:

$$FSD = \frac{\Sigma F_{R'}}{\Sigma F_d}$$

Dónde:  $\Sigma F_{R'}$  = sumatoria de fuerzas horizontales resistentes

$\Sigma F_d$  = sumatoria de fuerzas horizontales de empuje

Debajo de la losa de base la resistencia cortante se representa con:

$$S = \sigma' \tan \delta' + C'_d$$

Dónde:  $\delta'$  = ángulo de fricción entre el suelo y muro

$C'_d$  = adhesión entre el suelo y muro

De ahí la fuerza resistente máxima:

$$R' = s(\text{área de la sección transversal}) = s(B * 1) = \beta \sigma' \tan \delta' + \beta C'_d$$

Pero la suma de fuerzas verticales es:

$$\beta \sigma' = \Sigma V$$

Y reemplazando:

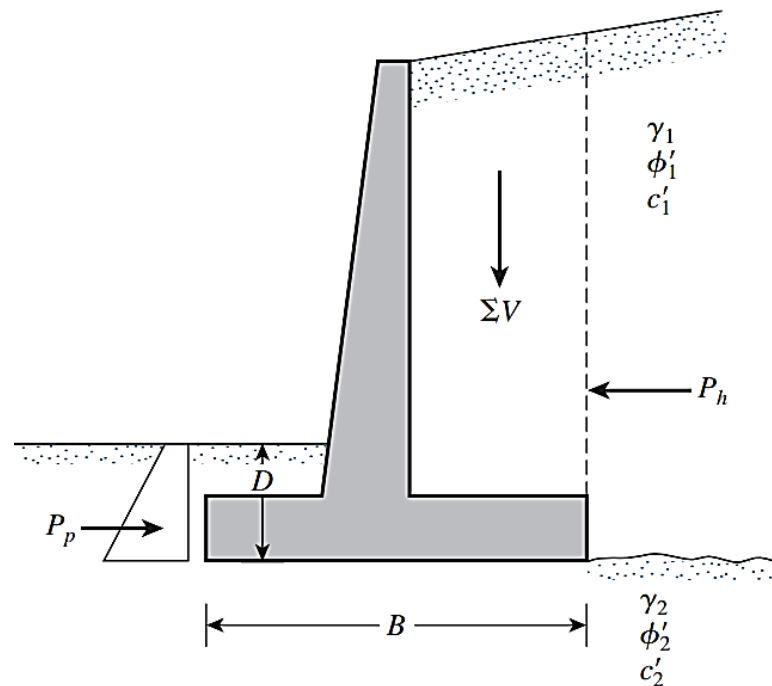
$$R' = (\Sigma V) \tan \delta' + \beta C'_d$$

<sup>59</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 153)

<sup>60</sup> (Das, 2015 pág. 384)

<sup>61</sup> (Morales Morales, 2016 pág. 112)

Todo esto representado en la siguiente *figura 25*:



*Figura 25.* Distribución de fuerzas para revisión por deslizamiento en la base

En primer lugar, se tiene al indicador a la **fuerza horizontal** el cual puede ser resistente (la fuerza pasiva  $P_p$ )

$$\Sigma F_{R'} = (\Sigma V) \tan \delta' + \beta C'_d + P_p$$

y actuante el que hará que la presa se deslice (la componente horizontal de la fuerza activa  $P_a$ )

$$\Sigma F_d = P_a \cos \alpha$$

Los cuales reemplazados en la ecuación general tendríamos:

$$\text{FSD} = \frac{(\Sigma V) \tan \delta' + \beta C'_d + P_p}{P_a \cos \alpha}$$

El FSD mínimo será 1.5 y  $\delta' = k_1 \phi'_2$  y  $C'_d = k_2 C'_2$  prevaleciendo  $k_1$  y  $k_2$  entre  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{2}{3}$ , reemplazando estas fórmulas:

$$\text{FSD} = \frac{(\Sigma V) \tan(k_1 \phi'_2) + \beta(k_2 C'_2) + P_p}{P_a \cos \alpha}$$

Y si en caso no se logre estar conforme con el FSD se tienen las siguientes alternativas para su aumento de valor:<sup>62</sup>

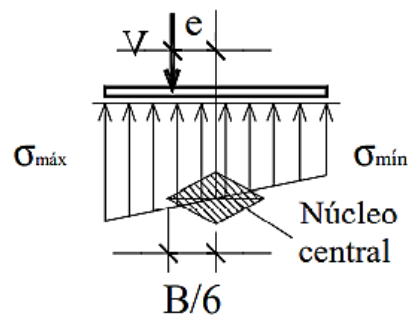
<sup>62</sup> (Das, 2015 pág. 386)

- Incrementar el ancho de la zapata (talón)
- Utilizar un dentellón en la zapata, siendo la fuerza pasiva

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_2 D_1^2 k_p + 2c'_2 D_1 \sqrt{k_p}$$

- Considerar reducir  $P_a$
- Inclinarse el muro de retención, el cual es muy útil en algunos casos.<sup>63</sup>

Eventualmente se tiene a la **excentricidad** el cual es usado para ubicar la resultante de fuerzas por el núcleo central de la base teniendo  $e < B/6$  ubicado como se aprecia en la *figura 26*.



*Figura 26* Distribución de fuerzas con excentricidad<sup>64</sup>

<sup>63</sup> (Das, 2015 pág. 386)

<sup>64</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 257)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### **Tipo de investigación**

La investigación, es de tipo **aplicada**; Según el autor Martínez Ruíz (2012) “Halla la solución de problemas prácticos, con un margen de generalización limitado. Su fin de hacer aportes al conocimiento científico es limitado” (pág. 16).

Se estudió la aplicación de conceptos como estabilidad y diseño estructural, de las diferentes teorías y normas existentes, teniendo en cuenta que la investigación busca optimizar el diseño estructural.

##### **Diseño de la investigación**

La presente investigación será de tipo **experimental**; según el autor Ñaupas Paitán, y otros (2018) considera que el tipo experimental “Es el método o destreza de investigación más refinado para obtener datos y corroborar hipótesis. Es sofisticado por que usa finas habilidades que se fundamentan en la matemática, estadística y lógica, como las estadísticas que se usan en el dominio de variables y en la medida de las diferencias estadísticas de los resultados.” (pág. 354)

El diseño experimental se manipuló ambas variables por medio de estudios de campo, los ensayos de laboratorio para obtener los datos necesarios para nuestra variable independiente “Relleno de Tierra”, el cual tendrá incidencia en la variable dependiente “Diseño Estructural” y responder al planteamiento de la investigación.

##### **Nivel de investigación**

Según el autor Humberto Ñaupas Paitán, y otros (2018) considera que el nivel de tipo **explicativo** describe que: “En este nivel de investigación el planteamiento de hipótesis es importante porque sirven para orientar el camino a seguir en la investigación; investigar sin hipótesis es como caminar en la selva o navegar en el océano sin una brújula, como veremos más adelante al analizar la importancia de las hipótesis.



La investigación explicativa prueba sus hipótesis con diseños ex post-facto o con diseños experimentales o cuasiexperimentales” (pág. 135)

La presente investigación está dirigida a responder las causas de la optimización del diseño estructural debido a la incidencia del relleno de tierra, este nivel se encuentra más estructurado ya que proporciona un sentido de comprensión entre la variable independiente y la variable dependiente al cual se hizo referencia.

### **Enfoque de investigación**

La presente investigación tiene un enfoque **cuantitativo**, según el autor Cabezas Mejia, y otros (2018) define que el enfoque cuantitativo: “Utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis, con base a la medición numérica y análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (pág. 19).

El enfoque cuantitativo en la investigación, se hizo con la manipulación de datos obtenidos en campo y laboratorio para su próxima simulación, análisis de casos en las diferentes combinaciones de carga y cumpliendo los factores de seguridad según norma, las cuantías mínimas y máximas, y la fisuración permisible.

## **3.2. Variables y operacionalización**

La presente investigación tiene las siguientes variables, a partir de ellas se plantea el problema, objetivos e hipótesis, y son:

### **Definición conceptual**

#### **Variable Dependiente: Diseño Estructural**

Es el estudio del muro como un elemento estructural el cual está bajo esfuerzos, como primer paso se determinan las dimensiones del muro, para luego elaborar los momentos cortantes y flectores verificando que la resistencia en cada sección no supere la resistencia última.<sup>65</sup>

---

<sup>65</sup> (Matilde, y otros, 2001 pág. 162)

### **Variable Independiente: Relleno de tierra**

El relleno de tierra es la conformación y acomodo mediante capas horizontales compactadas del material excedente o aledaño a la zona de una manera uniforme teniendo siempre el cuidado necesario para evitar presiones y daños en la estructura, así mismo para realizar esta acción el concreto deberá haber alcanzado el 80% de su resistencia.<sup>66</sup>

### **Definición Operacional**

Para el diseño estructural se consideró medir con las siguientes dimensiones tales como: Predimensionamiento, Factor de seguridad al volteo y factor de seguridad al deslizamiento, y para el relleno de tierra se midió con el empuje de suelos.

### **Indicadores**

“Un indicador es una propiedad manifiesta u observable que se supone está ligada empíricamente, aunque no necesariamente en forma causal, a una propiedad latente o no observable que es la que interesa” Mora y Araujo (1971).

En la presente investigación los indicadores nos permitieron identificar las propiedades de las variables, todo en referencia al problema general, dentro del marco conceptual de las mismas, los indicadores son de naturaleza matemática con unidades de medición que se respaldan en los instrumentos. Los indicadores de la dimensión “Empuje de Suelos” son: muestra de suelo, ángulo de fricción interna, cohesión y peso específico; para las dimensiones de la variable dependiente “Diseño Estructural” tales como: Predimensionamiento, Factor de Seguridad al Volteo y Factor de Seguridad al Deslizamiento son: Altura de la presa, Momentos actuantes, Momentos resistentes, Fuerzas verticales, Fuerzas actuantes, Fuerzas resistentes y Excentricidad.

---

<sup>66</sup> (Dirección General de Normatividad Vial, 2015 pág. 433)

## **Escala de medición**

Según el autor Gómez Bastar (2012) define: “Cualquier investigación científica, requiere un ejercicio de medición de los elementos que constituyen el proceso de investigación. Para ello, se utilizan las escalas de medición, que se definen como la serie de valores ordenados gradualmente, distribuidos entre un punto inicial y otro final” (pág. 62); en la presente investigación se consideró la escala de medición de tipo **razón**.

La tipología de las variables por su escala de medición es de razón pues es el nivel más alto de medición ya que posee una clasificación, orden, distancia y origen único natural.

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

#### **Población**

Para el autor Arias Odón (2012) define: “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (pág. 81)

La población de la presente investigación fue definida por la represa en voladizo con contrafuertes, ya existente en la comunidad campesina de Chuspiyoc, distrito de Poroy, provincia del Cusco.

#### **Muestra**

Para el autor Arias Odón (2012) define: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (pág. 83).

La porción o parte de la población de interés es la muestra de suelo extraída del relleno de tierra, esta refleja las características necesarias de la población.

## **Muestreo**

Para el autor Arias Odón (2012) cita: “Para seleccionar la muestra se utiliza una técnica o procedimiento denominado muestreo. Existen dos tipos básicos de muestreos: Probabilístico o Aleatorio y No Probabilístico”

Para el desarrollo se hizo el **muestreo no probabilístico** o por conveniencia, la elección de la muestra de tierra no depende de probabilidades, más si es el ideal para la investigación.

### **3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

Para el autor Arias Odón (2012) cita: “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades: oral o escrita (cuestionario), la entrevista, el análisis documental, análisis de contenido, etc.

Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar información” (pág. 111).

#### **Técnicas de Investigación**

En la presente investigación se aplicó la técnica de **observación directa** para la obtención de datos.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Se utilizó los ensayos de laboratorio para la recolección de datos tales como corte directo y ensayo de peso volumétrico.

#### **Validez**

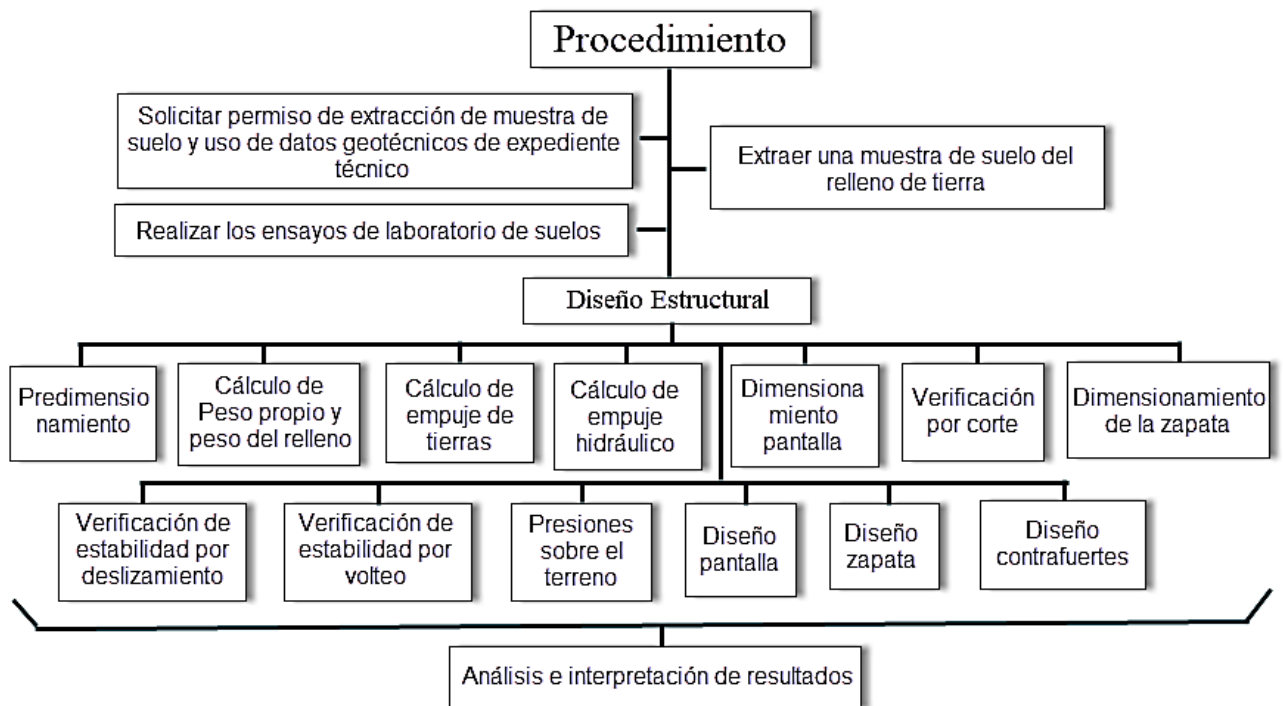
Según el autor Carrasco Díaz (2006) define lo siguiente: “Este atributo de los instrumentos de investigación consiste en que estos miden con objetividad, precisión, veracidad y autenticidad aquello que se desea medir de la variable o variables en estudio. En términos más concretos podemos decir que un instrumento es válido cuando mide lo que debe medir, es decir, cuando nos permite extraer datos que preconcebidamente necesitamos conocer” (pág. 336).

## Confiabilidad

Según el autor Carrasco Díaz (2006) define lo siguiente: “La confiabilidad es la cualidad o propiedad de un instrumento de medición, que le permite obtener los mismos resultados, al aplicarse una o más veces a la misma persona o grupos de personas en diferentes periodos de tiempo” (pág. 339).

### 3.5. Procedimiento

Para la siguiente investigación se realizó el siguiente procedimiento, que se divide en 19 etapas como se muestra en la siguiente *figura 27* de elaboración propia.



*Figura 27.* Esquema resumen de los procedimientos a realizar en la tesis

#### **PASO 01: SOLICITUD DE PERMISO DE EXTRACCION DE MUESTRA DE SUELO Y USO DE DATOS GEOTECNICOS DE EXPEDIENTE TECNICO:**

La presente investigación se ubica en el distrito de Poroy de la ciudad del Cusco, motivo por el cual se presentó una solicitud respecto al permiso de uso de datos del expediente en cuestión.

Como primera medida se presentó en mesa de partes la solicitud dirigida al Gerente de Infraestructura Desarrollo Urbano y Rural Elvis Cris Conza Berrocal.

Seguidamente se realizó la entrevista presencial con el Gerente antes mencionado, en la cual nos brindó todos los alcances necesarios técnicos y jurídicos respecto al proyecto en estudio.

Por consiguiente, se realizó la salida a campo bajo la supervisión del Gerente de Infraestructura Desarrollo Urbano y Rural indicado en la siguiente figura 28.



*Figura 28.* Salida a Campo para reconocimiento de zona.

#### **PASO 02: EXTRACCION DE MUESTRA DE SUELO DEL RELLENO DE TIERRA:**

Se realizó una calicata de 1.50x1.50x1.50 m de profundidad, en el cual se extrajo una muestra representativa de 6 kg de peso mostrado en la *figura 30*, este fue envuelto en plástico fill con el fin de que la muestra no pierda la humedad original.

La calicata se realizó en la zona 18L con las coordenadas Sur 8503091.42, Este 822828.57 y con una elevación de 3788 m como se aprecia en la *figura 29* siguiente.



*Figura 29.* Extracción de muestra del terreno en el relleno de tierra en calicata.



*Figura 30.* Muestra extraída

**PASO 03: REALIZAR LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS:**

Extraída la muestra se contrató el servicio de laboratorio de suelos GEOIN laboratorio que cuenta con las certificaciones necesarias para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos, obtener los datos de ángulo de fricción interna, cohesión y peso específico.

Según la última actualización de la norma técnica E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES del 2018 en el capítulo II ESTUDIOS, artículo 14 Técnicas de exploración de campo para ITS y EMS se aprecia en la Tabla N°5

TABLA 5 ENSAYOS DE LABORATORIO	
DESCRIPCIÓN	NORMA APLICABLE *
SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos.	NTP 339.170
SUELOS. Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas ***	NTP 339.171
SUELOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.	NTP 339.177

- \* En todos los casos se utiliza la última versión de la Norma.
- \*\* Este ensayo se emplea únicamente para el control de Rellenos de Ingeniería o Rellenos Controlados.
- \*\*\* Este ensayo se emplea únicamente para determinar las propiedades mecánicas de los Rellenos de Ingeniería o Rellenos Controlados.

Figura 31. Ensayos de laboratorio Tabla 5 Norma E 0.50

Bajo esta nueva disposición legal se optó por realizar el ensayo de corte directo en el relleno de ingeniería, mostrado en la figura 32, se detalla los datos puestos en la figura 33.



Figura 32. Prueba en laboratorio



Figura 33. Pizarra datos laboratorio

A partir de las muestras que se llevaron a laboratorio se extrajeron los siguientes resultados, en el ensayo de peso específico detallado en la siguiente tabla 7.



**Tabla 7. Resultados del Ensayo de Laboratorio de Peso Volumétrico**

CALICATA C-1	
Profundidad	3.0 m
Diámetro	5.0 cm
Altura	2.0 cm
Peso	75.8 gr
Peso específico	1.93 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 8. Resultados del ensayo de Corte Directo en laboratorio**

Calicata	Preparación	Muestra	Esfuerzo Normal (mpa)	Esfuerzo de corte (mpa)	Cohesión (mpa)	Ángulo de fricción (°s)
C-1	Parafinada	M-1	50.34	34.33	0.22	14.5
		M-2	100.29	46.86		
		M-3	150.23	60.20		

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó también el ensayo de Corte Directo con los resultados definidos en la *tabla 8* teniendo 3 muestras evidenciadas en la *figura 34*.



*Figura 34.* Tres muestras de Laboratorio para el ensayo de corte Directo

**PASO 04: DATOS Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:**

Se tienen los datos:

**Tabla 9.** *Datos y propiedades de los materiales*

Ángulo de fricción de relleno	$\delta=$	14.5 °
Inclinación del material de relleno	$\beta=$	0 °
Ángulo de fricción interna del suelo	$\Phi=$	30 °
Ángulo de inclinación del muro horizontal	$\Psi=$	90°
Peso específico del suelo	$\gamma_s=$	1.92 t/m <sup>3</sup>
Peso específico del relleno	$\gamma_r=$	1.93 t/m <sup>3</sup>
Cohesión del Suelo	$C=$	0.22 kg/cm <sup>2</sup>
Capacidad portante del terreno	$\sigma_{adm}=$	4.00 kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del muro	$\gamma_c=$	2400.00 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión	$f'c=$	245.00 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la fluencia	$f_y=$	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>
Sobrecarga	$S/C=$	0.00 kg/cm <sup>2</sup>
Factor de seguridad al deslizamiento	F.S.D.	1.50
Factor de seguridad al volteo	F.S.V.	2.00

Fuente: Producción Propia

En la presente imagen dentro del cuadro **opciones de propiedades del material**, se definió el nombre del concreto con la descripción de la resistencia a la compresión para el modelamiento en el software SAP2000 V.22

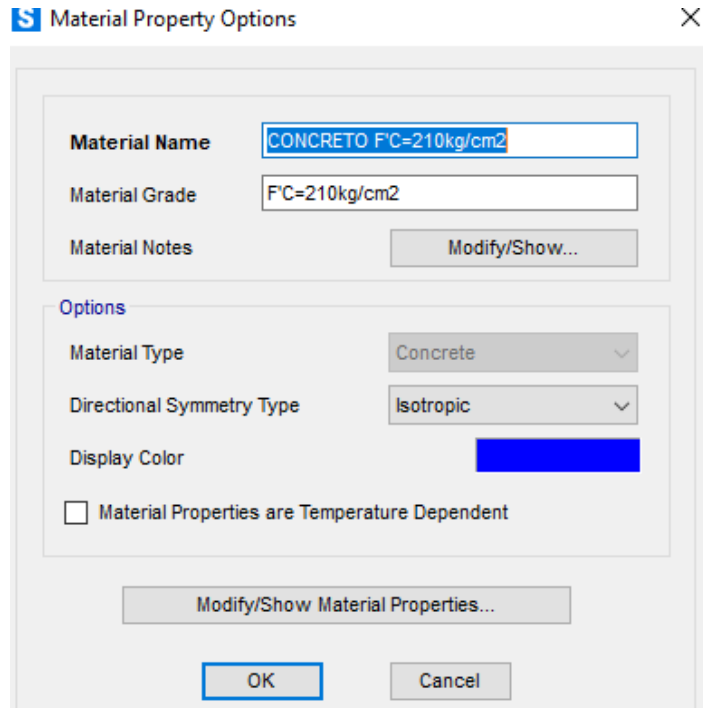


Figura 35. Propiedades Físicas del Concreto

Fuente: Producción Propia

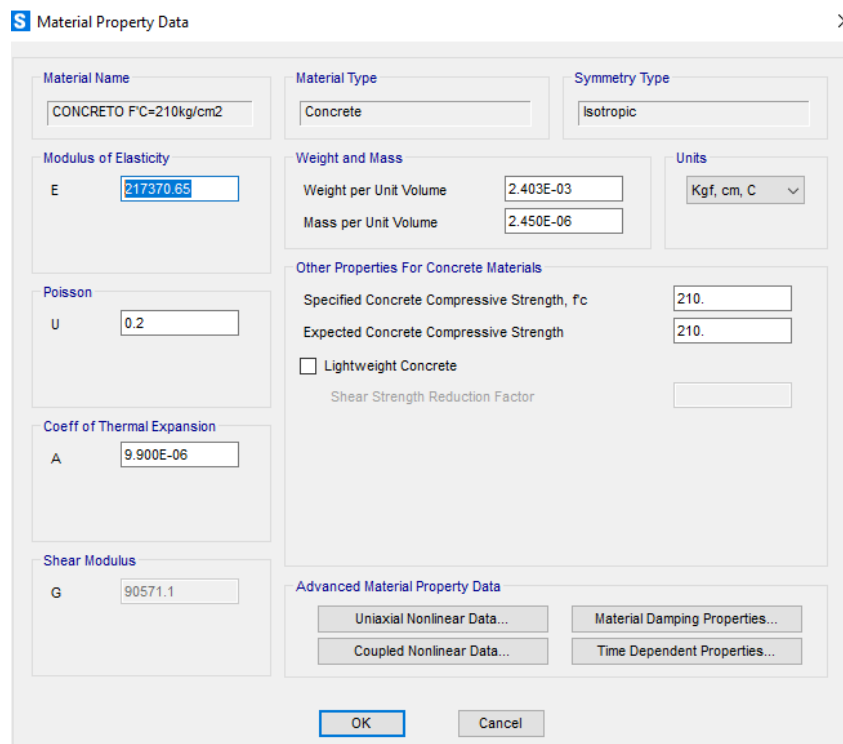


Figura 36. Propiedades del Concreto

Fuente: Producción Propia

Por consiguiente, se definió el nombre del acero de refuerzo con la descripción de la resistencia a la fluencia en el software SAP2000 V.22

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a rebar material. The 'Material Name' is 'Ar fy 4200', 'Material Type' is 'Rebar', and 'Symmetry Type' is 'Uniaxial'. The 'Modulus of Elasticity' (E1) is 2038901.9. The 'Poisson' ratio (U12) is 0.3. The 'Coeff of Thermal Expansion' (A1) is 1.170E-05. The 'Shear Modulus' (G12) is 784193. The 'Weight and Mass' section shows 'Weight per Unit Volume' as 7.849E-03 and 'Mass per Unit Volume' as 8.004E-06. The 'Units' are set to 'Kgf, cm, C'. The 'Other Properties For Rebar Materials' section includes 'Minimum Yield Stress, Fy' (4200), 'Minimum Tensile Stress, Fu' (6200), 'Expected Yield Stress, Fye' (4640.2595), and 'Expected Tensile Stress, Fue' (6960.3893). The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Uniaxial Nonlinear Data...', 'Material Damping Properties...', 'Coupled Nonlinear Data...', and 'Time Dependent Properties...'. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura 37. Propiedades del acero de refuerzo

Fuente: Producción Propia

#### PASO 05: PREDIMENSIONAMIENTO:

El dimensionamiento preliminar del muro con contrafuertes se tomó de los planos reales ejecutados en obra, ya que el objetivo es optimizar el diseño estructural de la estructura antes mencionada.

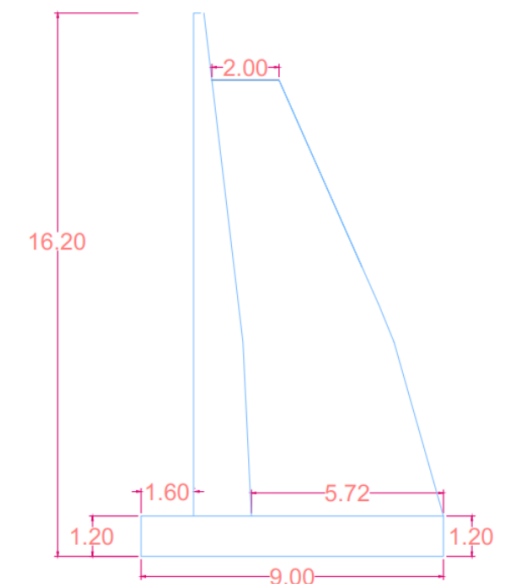


Figura 38. Dimensiones reales de la estructura construida (corte de la sección en estudio)

Fuente: Producción Propia

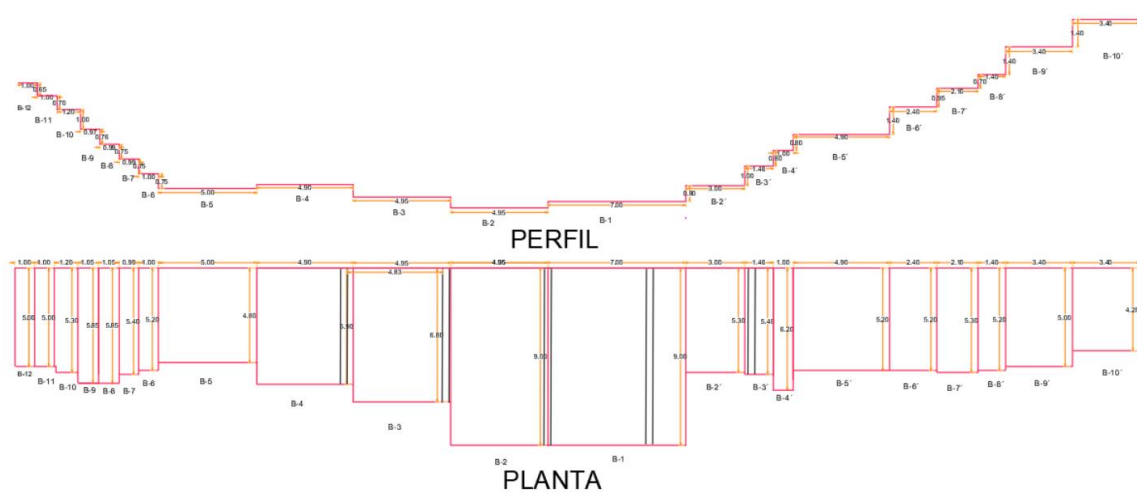


Figura 39. Dimensiones reales vista en planta y perfil

Fuente: Producción Propia

**Dimensiones de la geometría del muro y contrafuerte asumido**

Altura total del muro	H =	16.50 m
Altura de pantalla	hp =	15.30 m
Altura de la Zapata	hz =	1.20 m
Altura de corona	hc =	0.00 m
Espesor superior de la pantalla	t <sub>1</sub> =	0.50 m
Espesor inferior de la pantalla	t <sub>2</sub> =	1.65 m
Ancho total de la base	B =	9.00 m
Longitud del pie	B <sub>2</sub> =	1.82 m
Longitud del talon	B <sub>1</sub> =	5.53 m
Espaciamiento entre los contrafuertes	s =	5.55 m
Espesor de los contrafuertes	b =	0.35 m

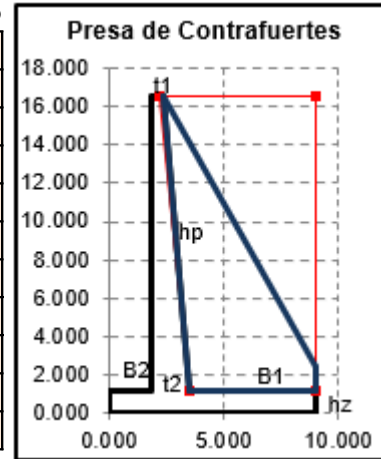


Figura 40. Dimensiones verificadas para el predimensionamiento en Microsoft Excel

Fuente: Producción Propia

H = 16.50				
ANCHO DE LA BASE:	$0.5.H < B < 0.7.H$	→	$8.25 < 9.00 < 11.55$	OK
ALTURA DE ZAPATA:	$hz \geq 40 \text{ cm}$	→	$1.20 \geq 0.40$	OK
LONGITUD DEL PIE:	$B/5 \leq B_2 \leq B/3$	→	$1.80 \leq 1.82 \leq 3.00$	OK
ESPESOR SUPERIOR DE LA PANTALLA:	$t_1 \geq 20 \text{ cm}$	→	$0.50 \geq 0.20$	OK
ESPESOR INFERIOR DE LA PANTALLA:	$t_2 \geq H/10$	→	$1.65 \geq 1.65$	OK
LONGITUD DEL TALON:	$B_1 = B - F - P$	→	$5.53 = 5.53$	OK
ESPACIAMIENTO DE CONTRAFUERTE:	$H/3 < s < 2H/3$	→	$5.50 < 5.55 < 11.00$	OK
ESPESOR DE CONTRAFUERTE:	$b \geq 20 \text{ cm}$	→	$0.35 \geq 0.20$	OK

Figura 41. Restricciones para el Predimensionamiento óptimo Morales (2016)

Fuente: Producción Propia

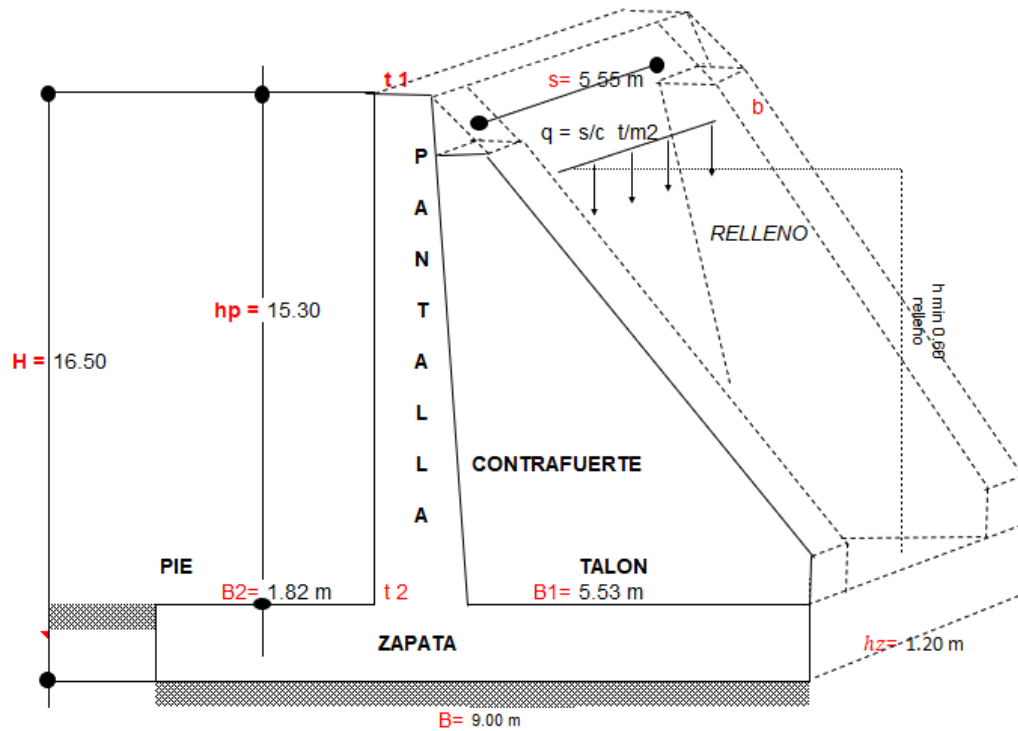


Figura 42. Representación gráfica de Predimensionamiento

Fuente: Producción Propia

Ya definido los materiales y las propiedades de las mismas se iniciaron con un nuevo modelo, unidades y materiales. La plantilla a escoger fue una plantilla en blanco pues la estructura no es típica como una edificación o elementos de esta, también se definió las unidades del sistema internacional y los materiales.

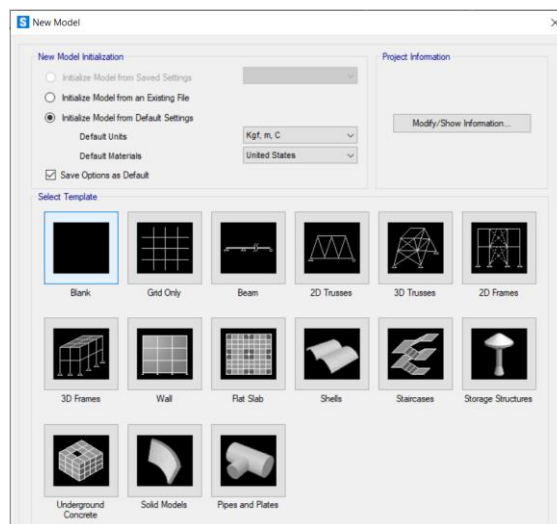


Figura 43. Plantilla en blanco para nuevo modelo

Fuente: Producción Propia

Para el dibujo en el SAP2000V.22 se hizo por medio de grillas, se introdujeron datos de coordenadas globales en el sistema XYZ, dichas coordenadas son numerosas por lo cual se discretizó en cuadrículas y elementos, en base de un cuadro Excel como se muestra en la siguiente *figura 41*:

Elemento	COORDENADAS		
	X	Y	Z
B-13	5	0.5	7.2
B-12	5	1.2	6.6
B-11	5.3	2.25	6
B-10	5.85	3.25	5.4
B-09	5.85	4.3	4.67
B-08	5.4	5.35	3.67
B-07	5.2	6.34	2.91
B-06	4.8	7.34	2.16
B-05	5.9	12.34	1.61
B-04	5.9	17.24	1.81
B-03	6.8	22.19	1.43
B-02	9	27.14	0.87
B-01	9	34.14	1.2
B-2'	5.3	37.14	1.8
B-3'	5.4	38.6	2.6
B-4'	6.2	39.62	3.4
B-5'	5.2	44.52	4.2
B-6'	5.2	46.92	5.75
B-7'	5.3	49.02	6.45
B-8'	5.2	50.42	7.15
B-9'	5	53.82	8.55
B-10'	4.2	57.22	9.75
HP1	3.28		1.2
HP2	3.03		3.9
HP3	1.87		16.2

*Figura 44.* Cuadro de coordenadas para sistema de grillas

Fuente: Producción Propia



Seguidamente ingresamos los datos de las coordenadas a definir los datos del sistema de grillas.

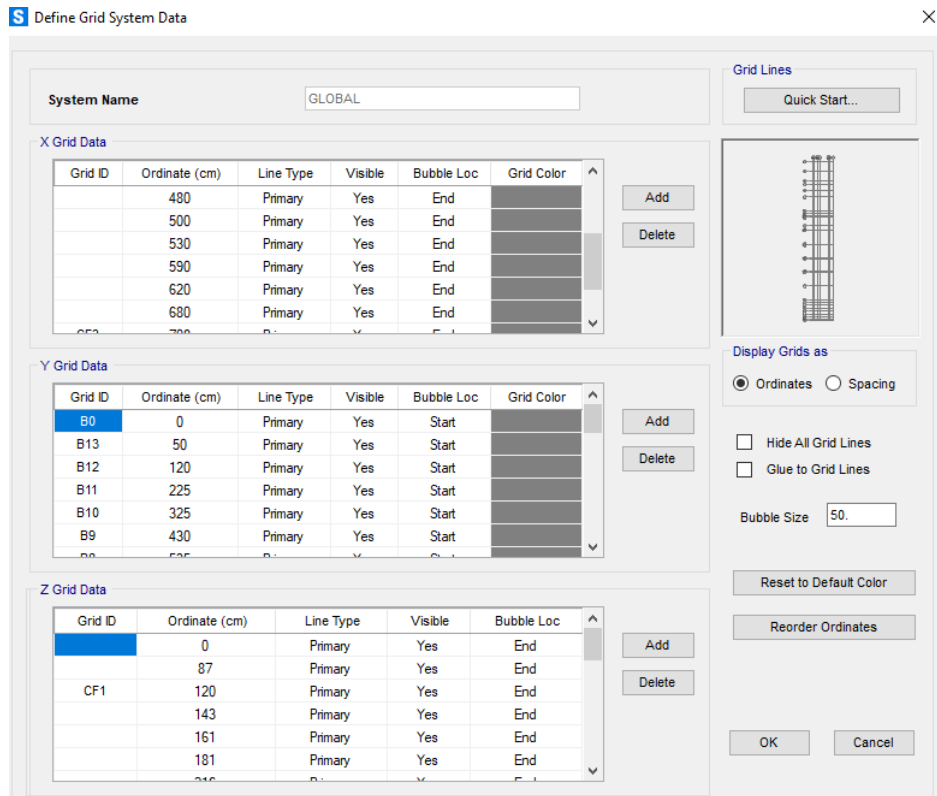


Figura 45. Ventana de sistema de grillas

Fuente: Producción Propia

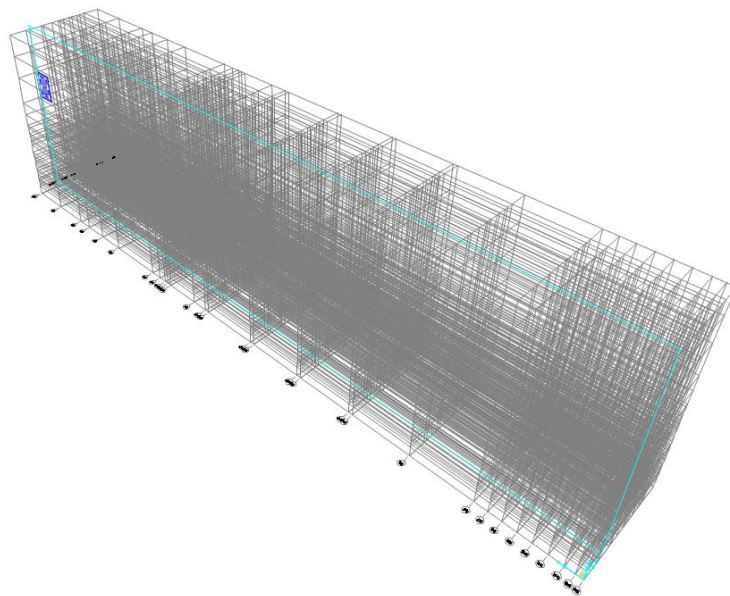


Figura 46. Vista 3D de sistema de Grillas esquematizadas

Fuente: Producción Propia

Por consiguiente, definimos los elementos de tipo área con su respectiva asignación de material y tipo de refuerzo.

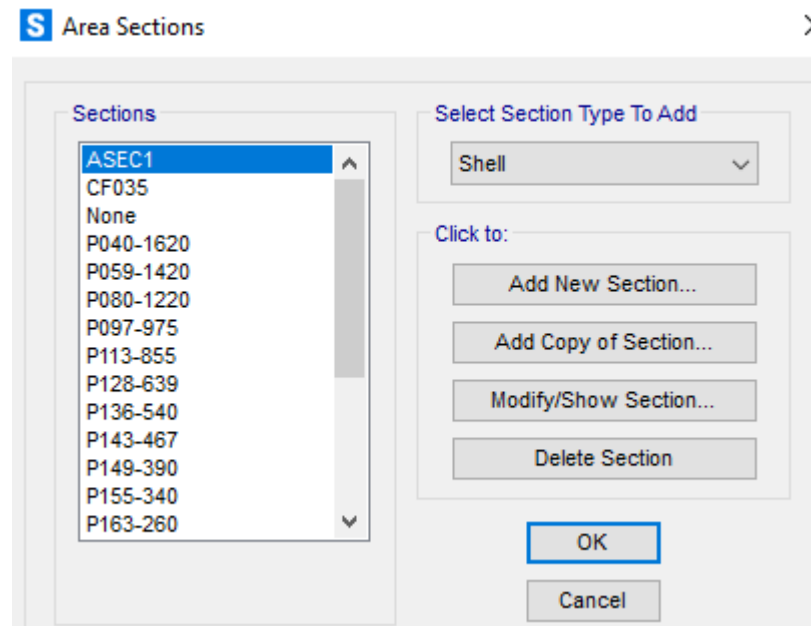


Figura 47. Asignación de elementos tipo área para la presa

Fuente: Producción Propia

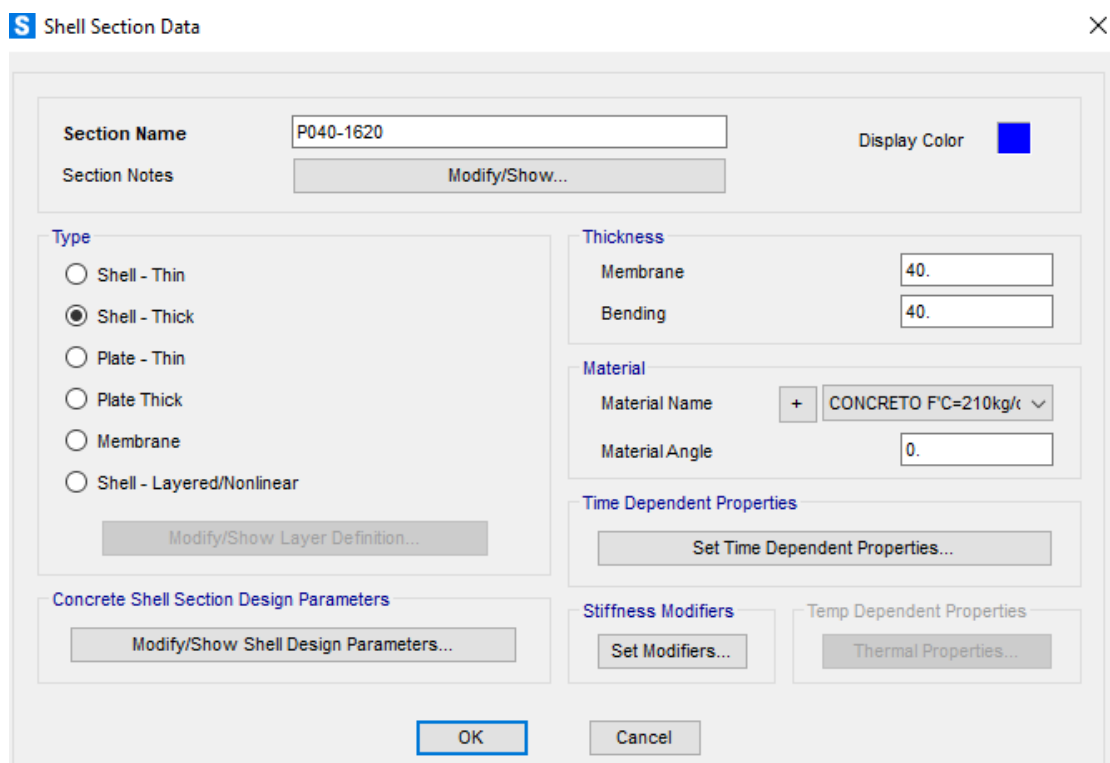


Figura 48. Definición del tipo de sección

Fuente: Producción Propia

**S** Concrete Shell Section Design Parameters ✕

Section Name

Rebar Material

Material

Rebar Layout Options

Default

One Layer

Two Layers

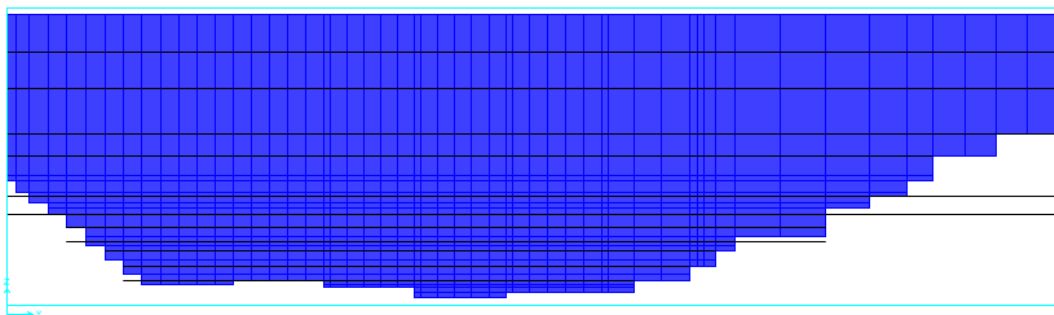
Cover to Centroid of Steel

Top Bar - Direction 1	<input type="text" value="14.3"/>
Top Bar - Direction 2	<input type="text" value="11.4"/>
Bottom Bar - Direction 1	<input type="text" value="14.3"/>
Bottom Bar - Direction 2	<input type="text" value="11.4"/>

*Figura 49.* Asignación de capas y recubrimientos para elementos de concreto.

Fuente: Producción Propia

Seguidamente se dibujó los elementos de la estructura de la presa con elementos Shell.



*Figura 50.* Dibujo de Pantalla de presa con elementos Shell

Fuente: Producción Propia

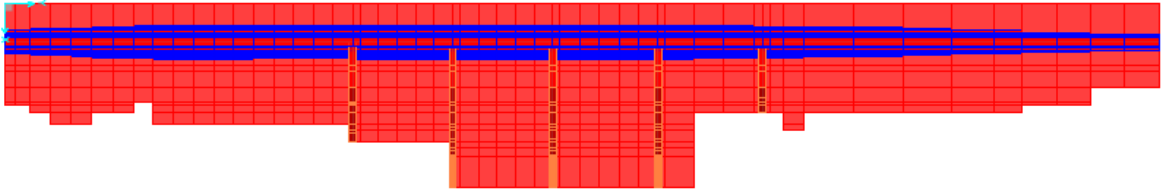


Figura 51. Dibujo de cimentación de presa con elementos Shell  
Fuente: Producción Propia

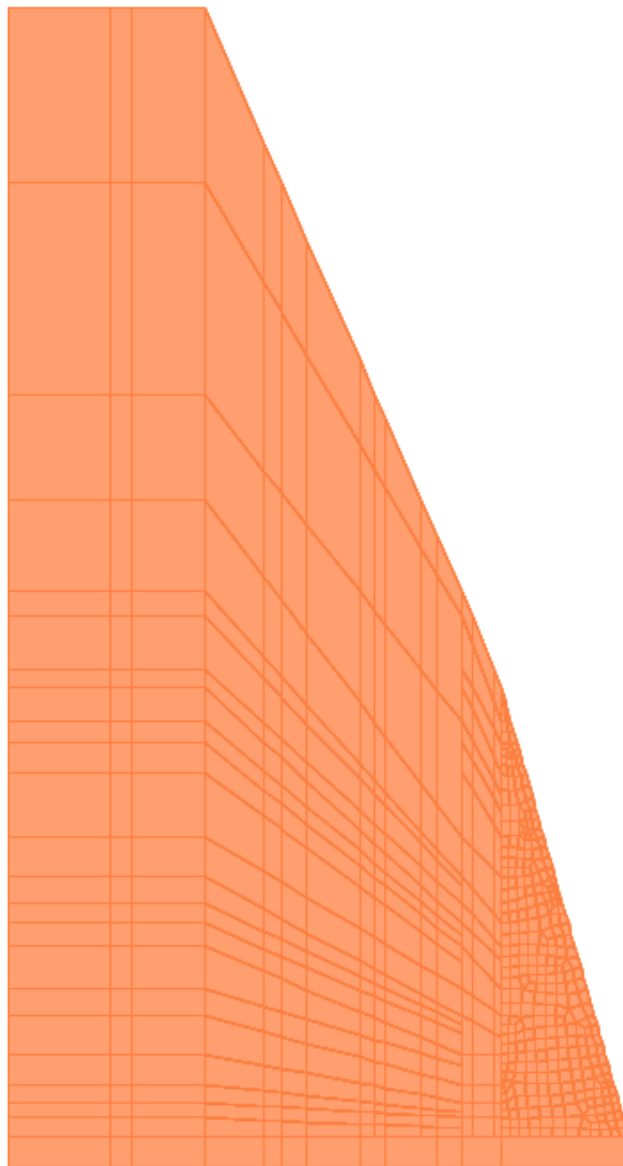
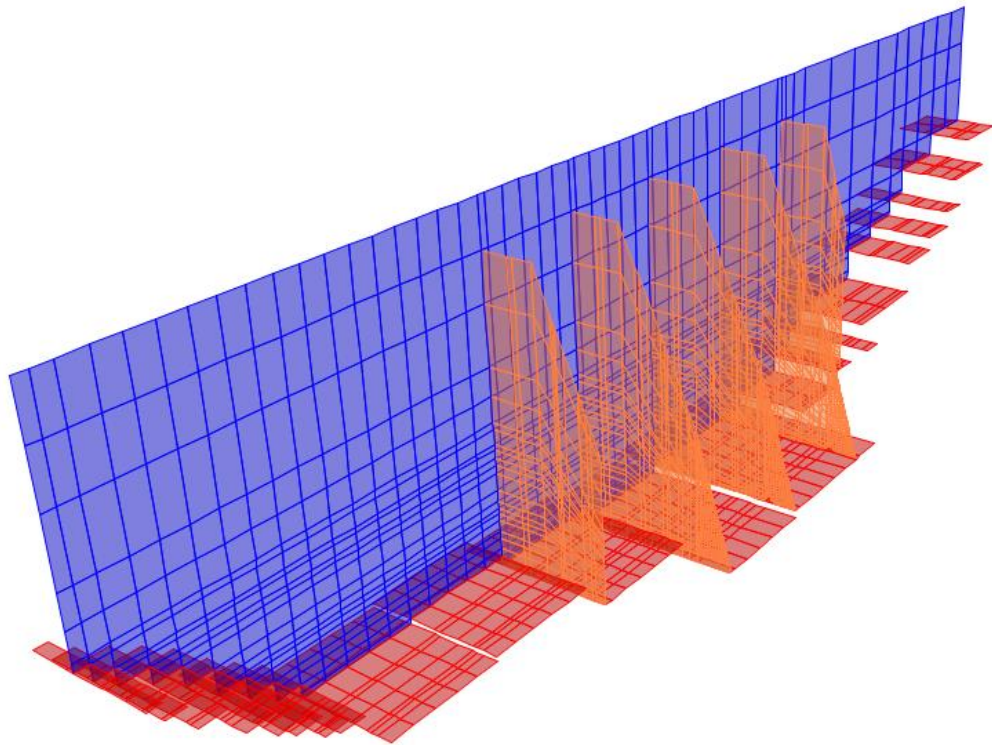


Figura 52. Dibujo de contrafuertes de presa con elementos Shell  
Fuente: Producción Propia

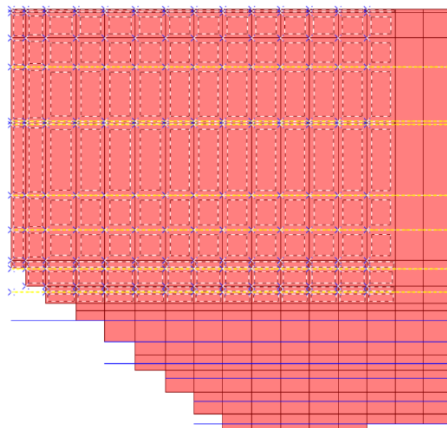
Como resultado de los diferentes elementos se tiene el siguiente dibujo



*Figura 53.* Acoplamiento de los elementos estructurales de la presa

Fuente: Producción Propia

Para el estudio estructural del muro de contrafuertes se hizo la discretización de todos los elementos de manera que haya coincidencia entre elementos, el análisis se hizo por medio de los elementos finitos, cada uno de ellos se analizó de manera individual teniendo resultados cada vez más confiables.



*Figura 54.* Discretización de pantalla para un óptimo análisis

Fuente: Producción Propia

**PASO 06: CALCULO DE FUERZAS EXISTENTES EN LA PRESA:**

La estructura se encuentra bajo la acción del agua de manera permanente, generándose así fuerzas de carácter físico que veremos a continuación:

CARGAS ACTUANTES	
G	Peso del Muro
PR	Peso del Relleno
EP	Empuje Pasivo del Suelo
EA	Empuje Activo del Suelo
Whx	Carga Hidrostatica horizontal
Why	Carga Hidrostatica vertical
Wf	Subpresión
Sh	Fuerza sismica horizontal
Sv	Fuerza sismica vertical
Ws	Fuerza Hidrodinamica
Wsa	Fuerza Sismica por Sedimentos
P	Fuerza por Oleaje
Wa	Fuerza de presión por azolves

Figura 55. Principales fuerzas que actúan sobre la presa

Fuente: Producción Propia

**PESO PROPIO Y PESO DEL RELLENO (G)**

DESCRIPCION	Peso (T)	Brazo (m)	M (T-m)
Peso de la presa de contrafuertes	2,691.87	6.42	17,271 T-m
Peso del relleno de tierra compactado	2,755.44	3.46	9,524 T-m
	$\Sigma F_v$ 5,447.31	$\Sigma M$	26,795 T-m

Figura 56. Cálculo del Peso propio de la estructura y relleno de tierra en

Microsoft Excel

Fuente: Producción Propia

### PRESION DEL AGUA (Wh)

$$W_{hx} = \gamma_w * \frac{H^2}{2} * b$$

Peso específico ( $\gamma_w$ ):	1.00 tn/m <sup>3</sup>
Profundidad (H):	15.50 m
Ancho entre contrafuertes (b):	5.00 m

$$W_{hx} = 601 \text{ t}$$

$$W_{hy} = \gamma_w * A_{cp} * b$$

Peso específico ( $\gamma_w$ ):	1.00 tn/m <sup>3</sup>
Area cuerpo de presión ( $A_{cp}$ ):	997.22 m <sup>2</sup>
Ancho entre contrafuertes (b):	5.00 m

$$W_{hy} = 4,986 \text{ t}$$

Figura 57. Cálculo de la presión hidrostática en dirección X y Y.

Fuente: Producción Propia

### SUBPRESIÓN (Wf)

Para presas H<25m

$$W_f = 0.5 * \gamma_w * H(1 - \alpha_0) * L * \alpha_2$$

*Ecuación Grishin (1989)*

$$W_f = 13.4 \text{ t/m}$$

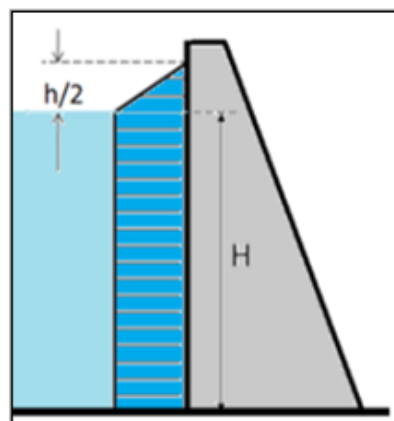
Peso específico ( $\gamma_w$ ):	1.00 tn/m <sup>3</sup>
Profundidad (H):	15.50 m
Coef. pérdida carga inicial ( $\alpha_0$ ):	0.08
Coef. porosidad de zona ( $\alpha_2$ ):	0.95
Longitud aguas arriba - ancho corona (L):	1.98 m

Figura 58. Cálculo de la subpresión del agua en Microsoft Excel

Fuente: Producción Propia

### FUERZAS POR OLEAJE (P)

DIAGRAMA DE PRESIONES  
POR IMPACTO DE UNA OLA



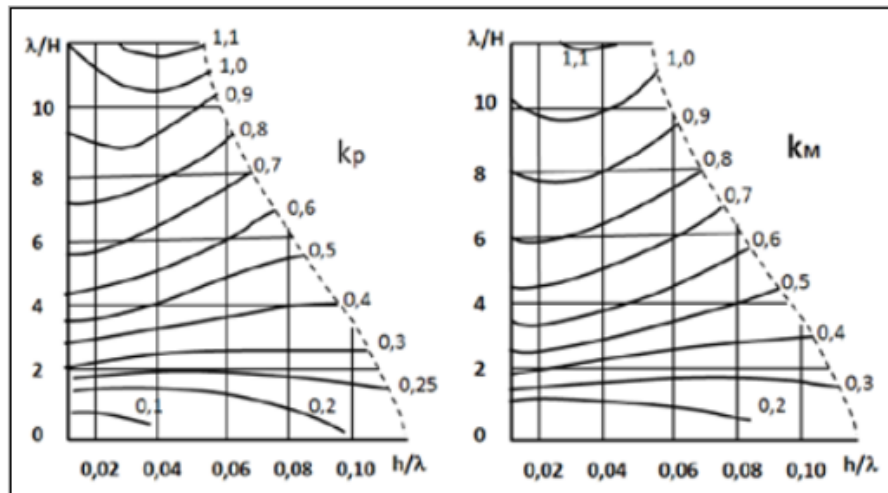
La máxima fuerza de presión de una ola, por cada ancho de estructura se

$$P_{m\acute{a}x} = K_p * \gamma_w * h(H + h/2)$$

El momento generado por esta presión, respecto a la base de la estructura, es:

$$M_{m\acute{a}x} = K_m * \gamma_w * h((h^2/2) + (h * H/2) * (H^2/2))$$

*Kp y Km se determina de los siguientes nomogramas:*



**NOMOGRAMAS PARA LOS COEFICIENTES Kp y Km (Grishin - 1975)**

Para estructuras hidráulicas con taludes verticales o casi verticales, se utiliza la ecuación de Labzovciky, citada por Negridi (1983)

$$h = 0.073k * w * \sqrt{D} / \beta$$

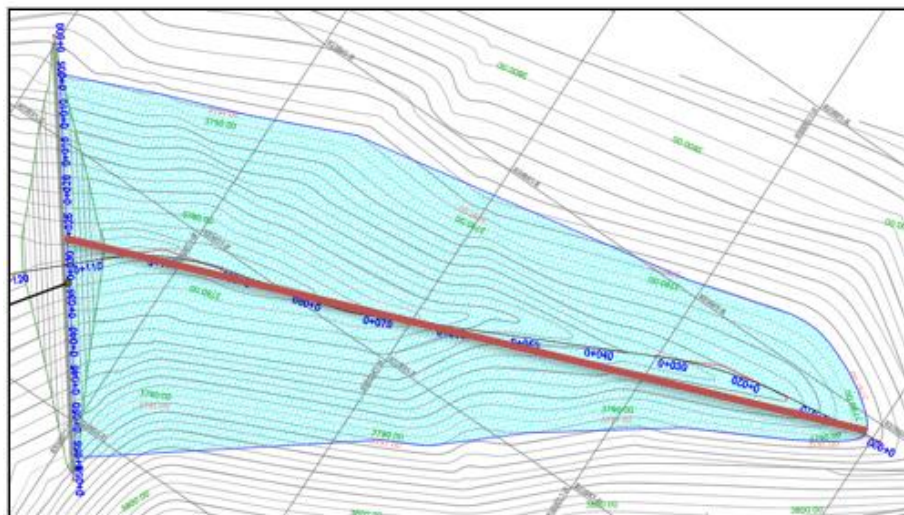
$$\lambda = 0.073 * w * \sqrt{D} * \beta$$

$$\beta = 1 / (9 + 19e^{-14/W})$$

$$k = 1 + e^{-0.4D/W}$$

Fetch (D):

Velocidad del viento (H):



**Del estudio hidrológico:**

D=	170 m
W=	6.11 m/s
H=	15.50 m

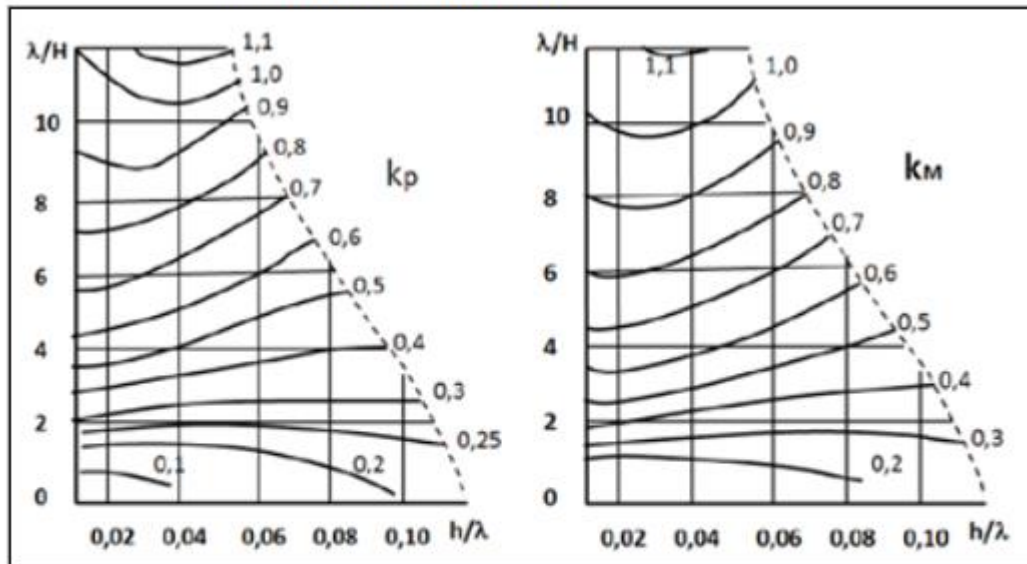
β=	0.09
k=	1.00

h=	1.76
λ=	19.22

λ/H=	1.24
h/λ=	0.09



Interpretando los nomogramas:



Por lo tanto:

$K_p = 0.24$
$K_m = 0.29$

$P_{max} = 6.92$
$M_{max} = 68.53$

Figura 59. Cálculo de las fuerzas por oleaje

Fuente: Producción Propia

**FUERZA PRESION DE AZOLVES ( $W_a$ )** *Del estudio hidrológico:*

$$W_a = \gamma_a * (h_a^2 / 2) * K_p$$

Peso esp. azolves ( $\gamma_a$ ):	1.04 tn/m <sup>3</sup>
Espesor de sedimentos ( $h_a$ ):	12.32 m
Coef. presión pasiva del suelo ( $K_p$ ):	1.00

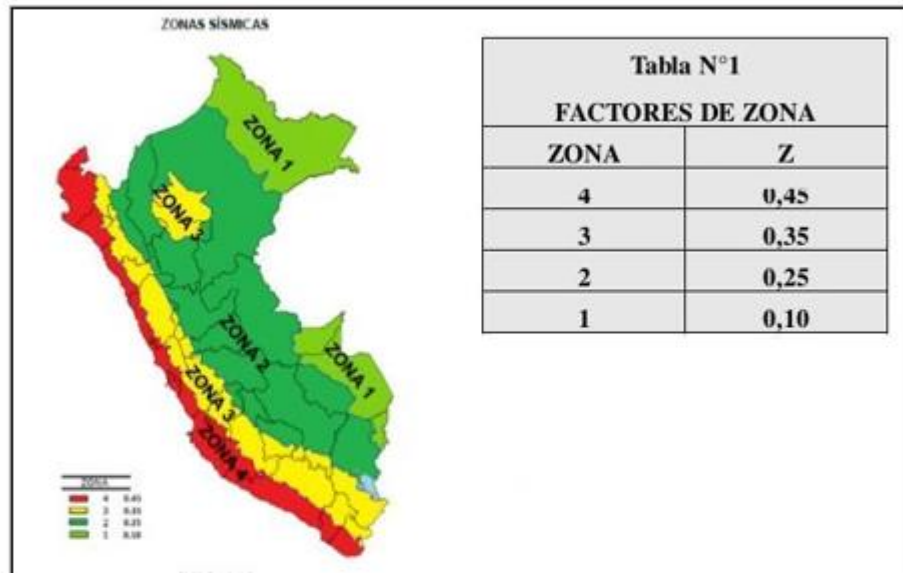
$W_a = 78.93 \text{ t}$
-------------------------

Figura 60. Cálculo de la presión de Azolves en Microsoft Excel

Fuente: Producción Propia

FUERZA SISMICA (S)

$$S = \alpha_{h,v} * G$$



$$\alpha_h = \frac{Z}{1 + 3Z} * G \quad \boxed{Z = 0.25}$$

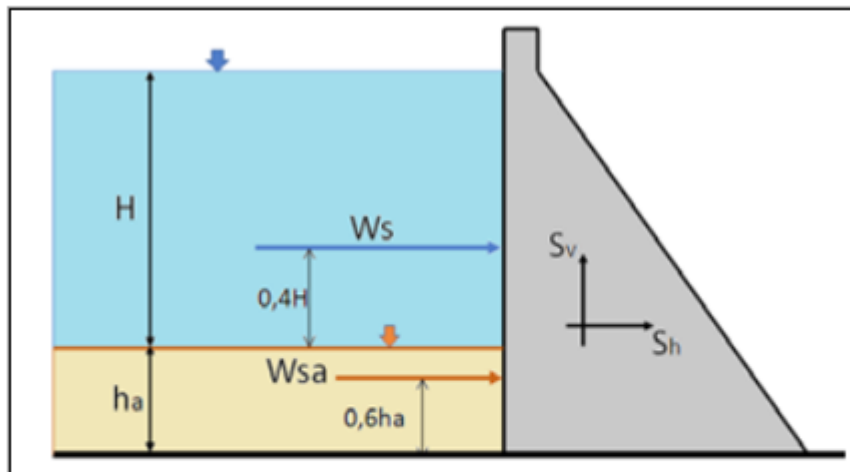
$$\boxed{\alpha_h = 0.143} \longrightarrow \boxed{Sh = 384.553}$$

$$\alpha_v = \frac{2}{3} * \alpha_h$$

$$\boxed{\alpha_v = 0.095} \longrightarrow \boxed{Sv = 256.369}$$

Figura 61, Cálculo de la fuerza sísmica en Microsoft Excel  
Fuente: Producción Propia

FUERZA HIDRODINAMICA ( $W_s$ ) & FUERZA SISMICA DE SEDIMENTOS ( $W_{sa}$ )



$$W_s = 0.48 * \alpha h * \gamma_w * H^2$$

$$W_s = 16.474 \text{ t}$$

$$W_{sa} = 2.15 * \alpha h * \gamma_a * H^2$$

$$W_{sa} = 76.743 \text{ t}$$

Figura 62. Cálculo de la fuerza hidrodinámica y fuerza sísmica de sedimentos

Fuente: Producción Propia

EMPUJE DE TIERRAS

\* de 30 → como el concreto sera VACIADO IN SITU entonces:  $\mu = \tan \phi = 0.58 \leq 0.6$   
 Usar  $\mu = 0.45$  para el cálculo de la estabilidad contra deslizamiento

$$P_a = 0.5 * K_a * \gamma * H^2$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \boxed{K_a = 0.33}$$

$$\omega = 90 + \delta - \psi \quad \omega = 44.50 \quad \boxed{P_a = 75.299 \text{ t}}$$

$$E_{ah} = P_a \cdot \cos \omega \quad E_{ah} = 0.323$$

$$E_{av} = P_a \cdot \sin \omega \quad E_{av} = 0.083$$

DESCRIPCION	Empuje (T)	Brazo (m)	M (T-m)
Empuje de relleno horizontal	0.32	5.50	1.77
Empuje de relleno vertical	0.08	9.00	0.75

Figura 63. Cálculo de empuje de tierras en Microsoft Excel

Fuente: Producción Propia

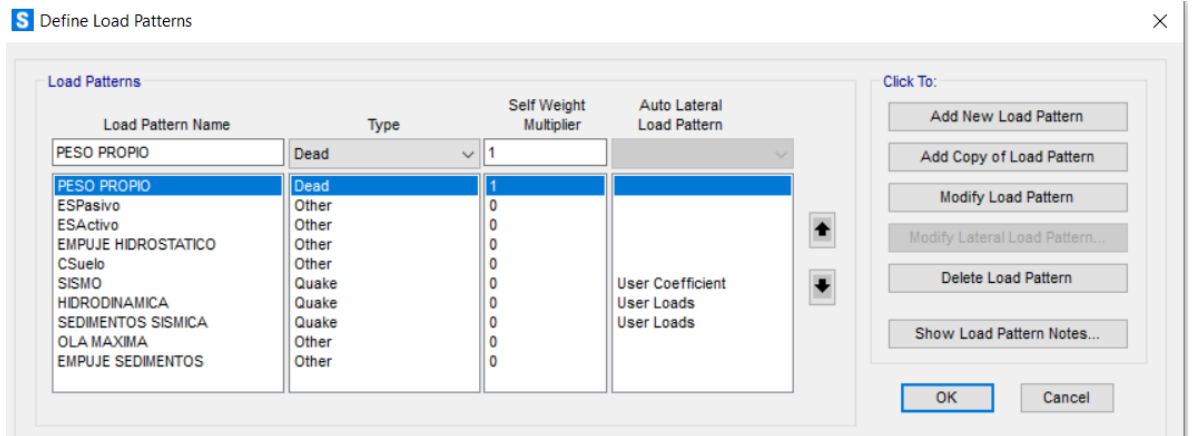


Figura 64. Resumen de las fuerzas insertadas en el programa SAP2000 v22.

Fuente: Producción Propia

### PASO 07: COMBINACIONES DE CARGA:

Se realizaron las siguientes combinaciones para efectos de la presa con relleno de tierra.

- Combinación de fuerzas en situaciones normales (N)
  - **Para el Embalse Vacío (N1)**

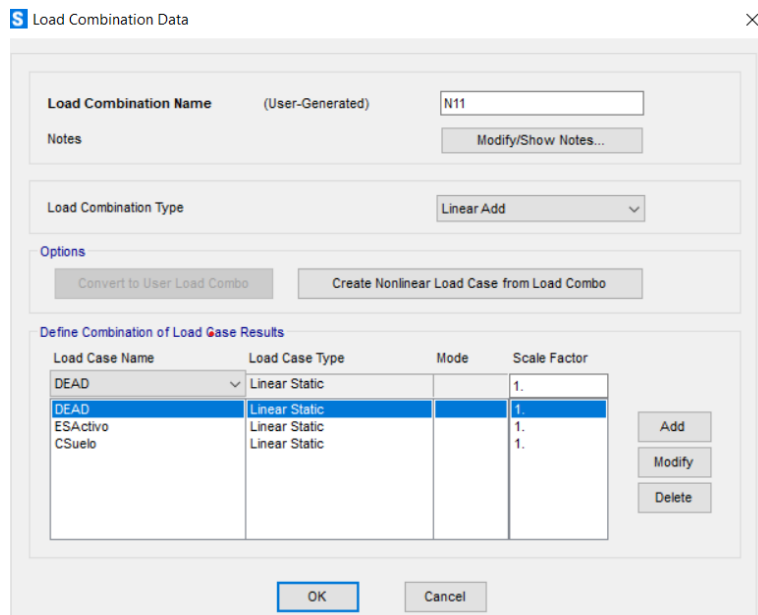


Figura 65. Combinación (N11) con las cargas G, EA, PR en el SAP2000 V.22

Fuente: Producción Propia

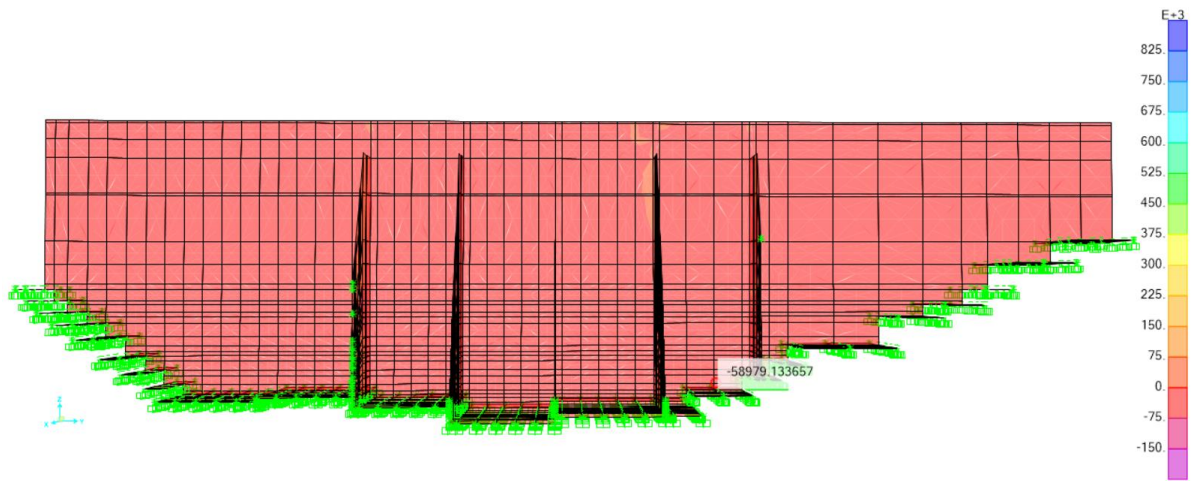


Figura 66. Fuerzas resultantes (N11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

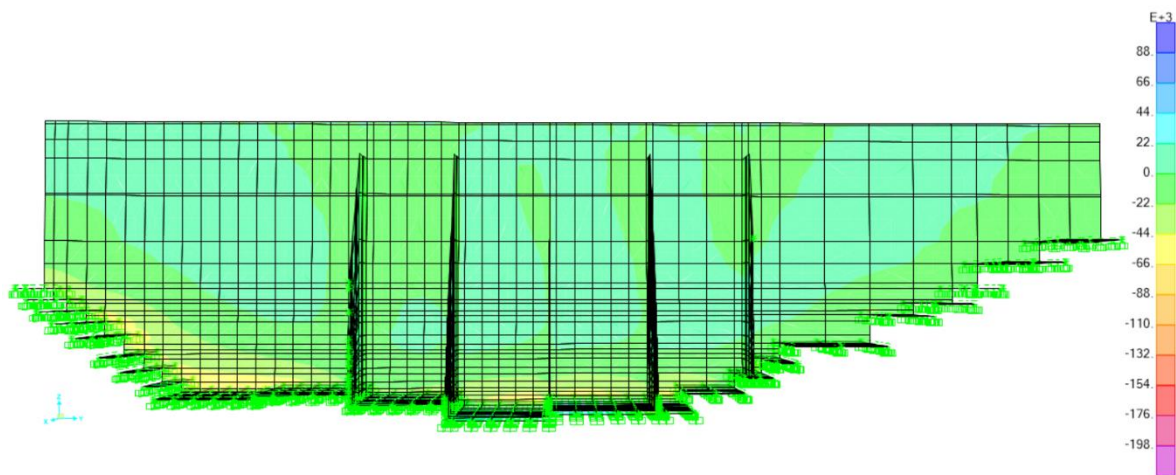


Figura 67. Momentos resultantes (M11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

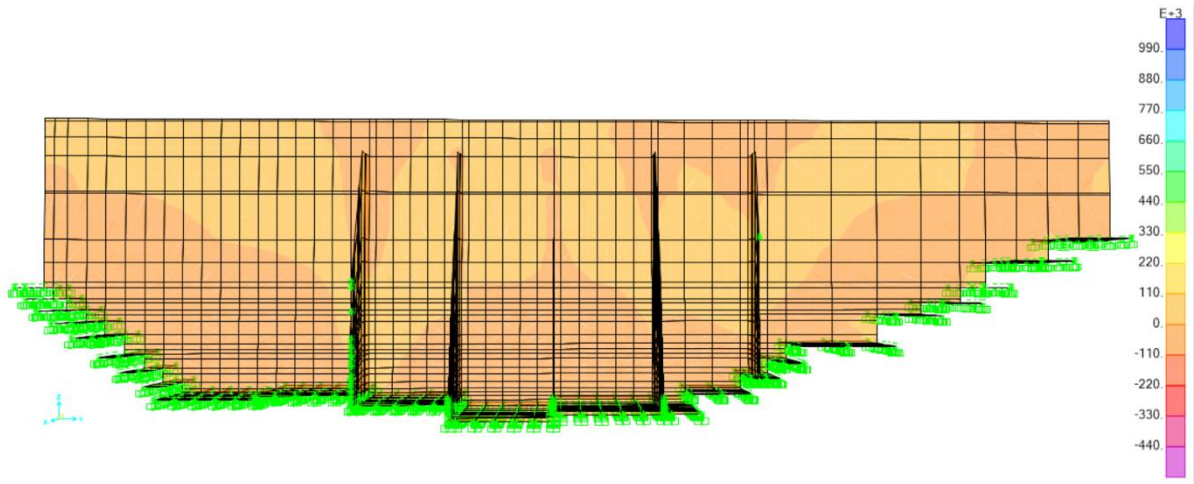


Figura 68. Fuerzas cortantes (N11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

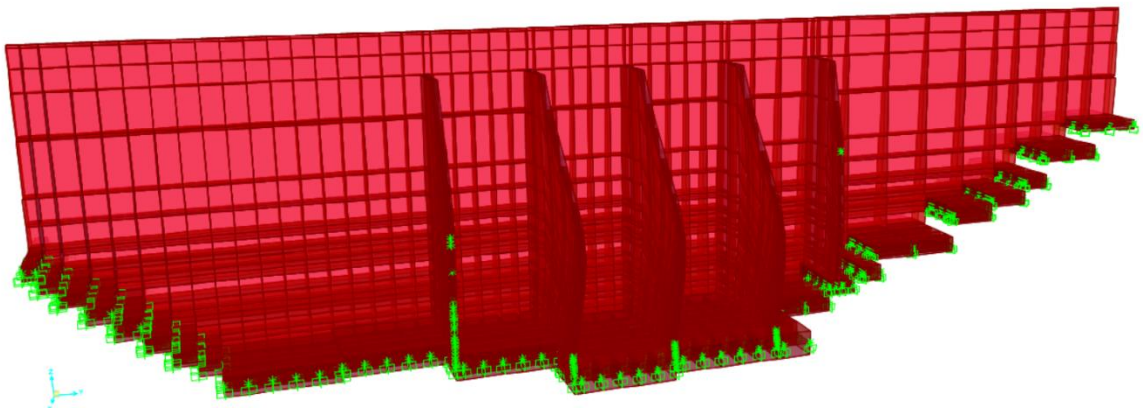
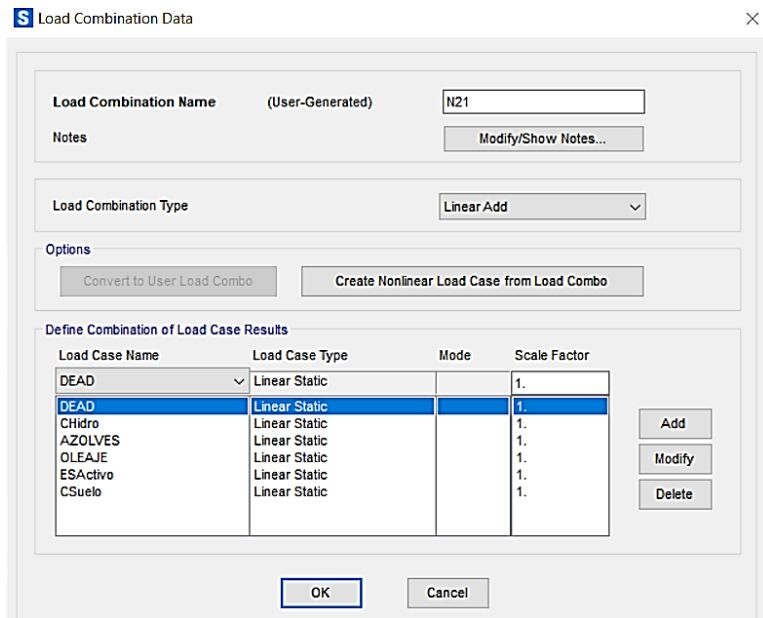


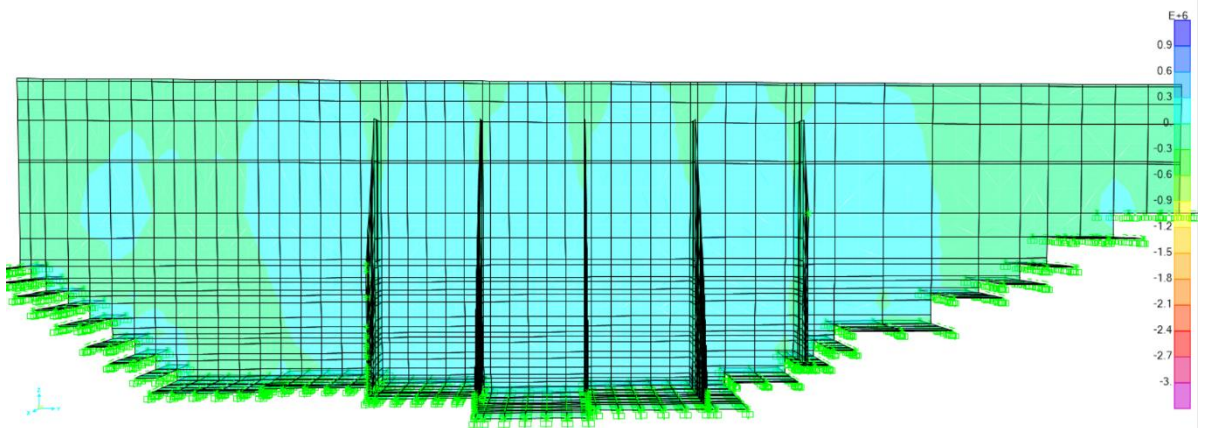
Figura 69. Gráfica de la deformada (N11) de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

○ **Para el Embalse Lleno (N2)**



*Figura 70.* Combinación (N21) con las cargas G, WH, WA, P, EA, PR en el SAP2000 V.22  
Fuente: Producción Propia



*Figura 71.* Fuerzas resultantes (N21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22  
Fuente: Producción Propia

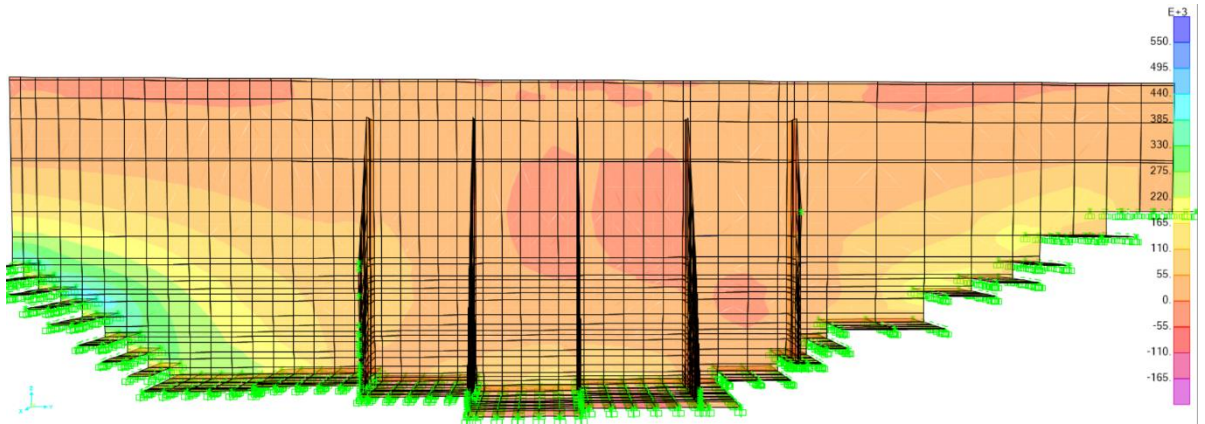


Figura 72. Momentos resultantes (N21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

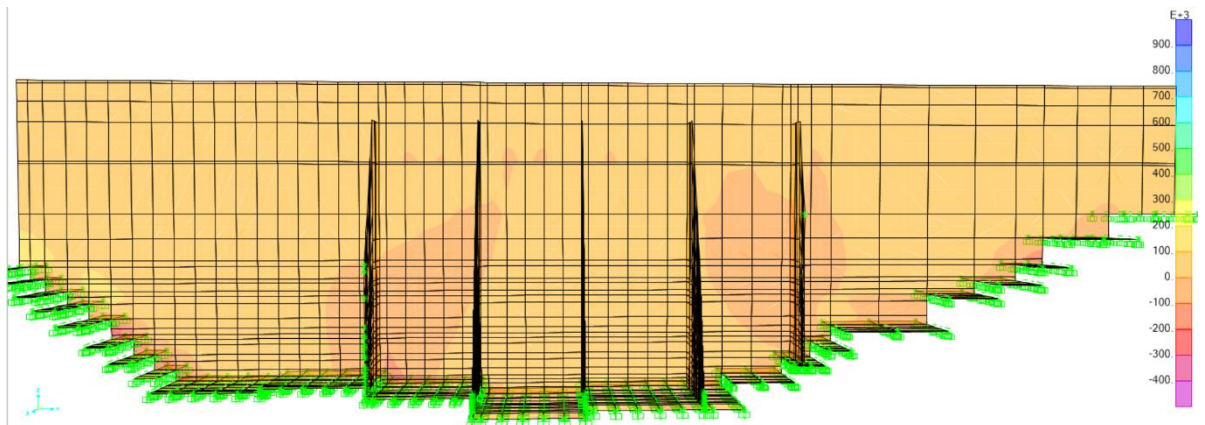


Figura 73. Fuerzas cortantes (N21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia



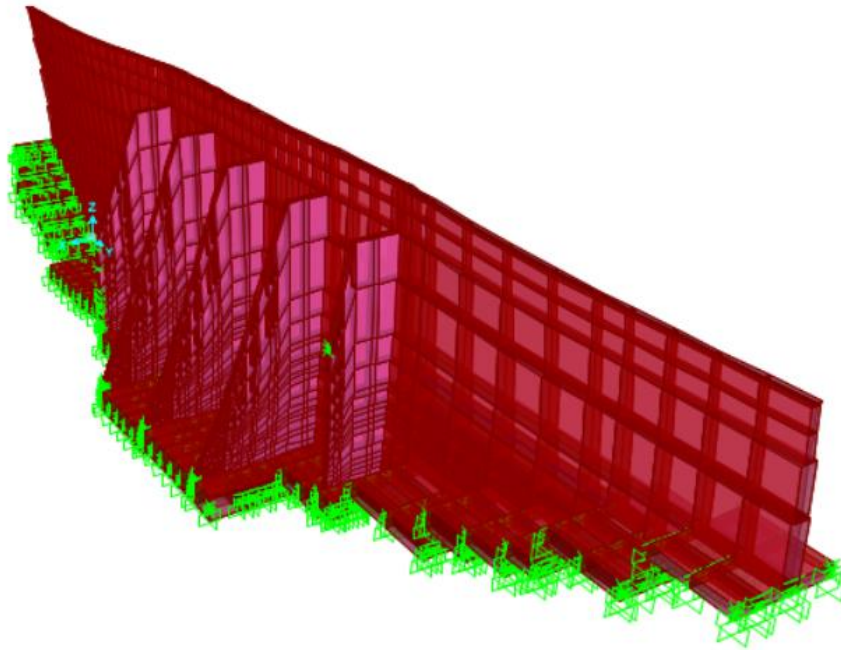


Figura 74. Gráfica de la deformada (N21) de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

- Combinación de fuerzas en situaciones accidentales (A)
  - **Para el Embalse Vacío (A1)**

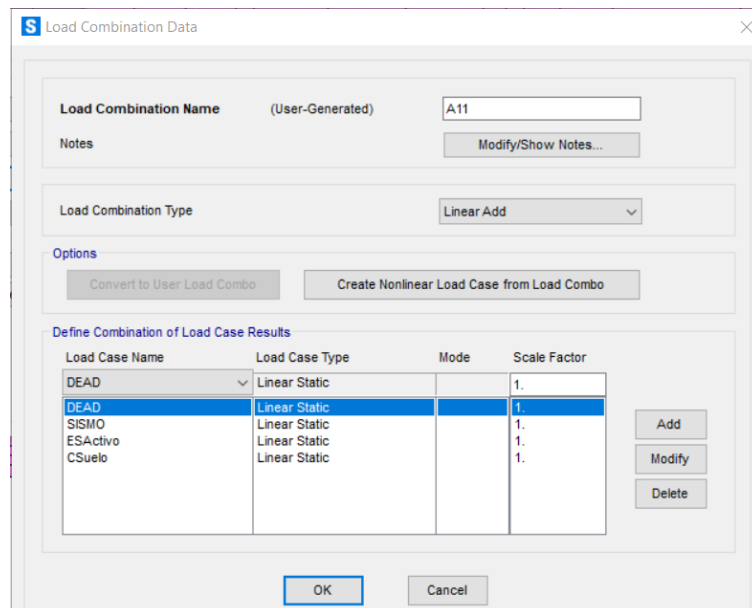


Figura 75. Combinación (A11) con las cargas G, S, EA, PR en el SAP2000 V.22

Fuente: Producción Propia

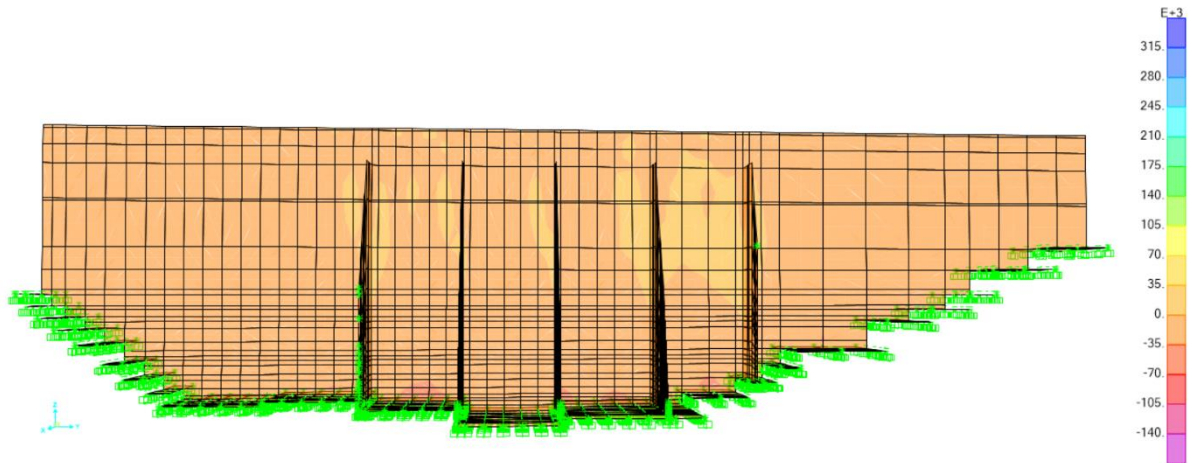


Figura 76. Fuerzas resultantes (A11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

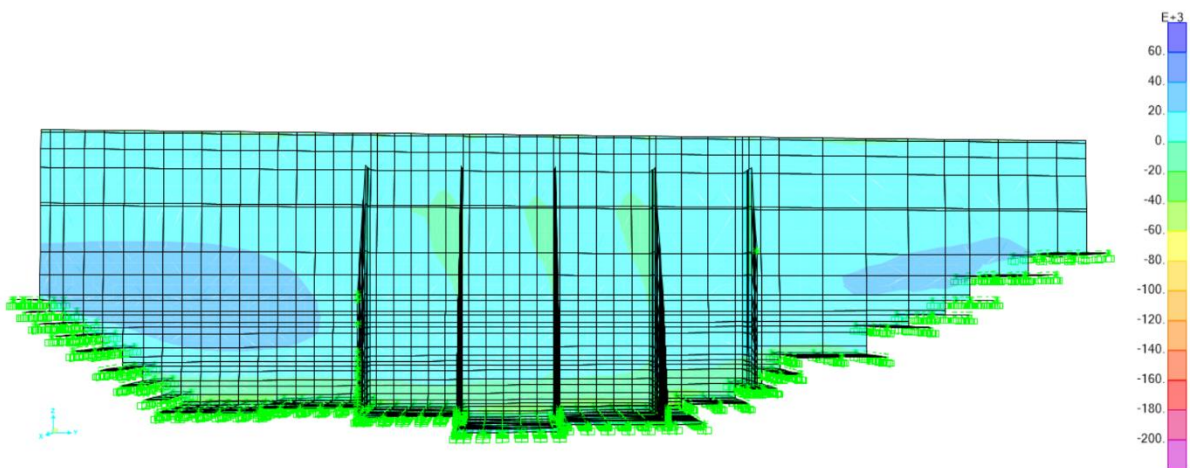


Figura 77. Momentos resultantes (A11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

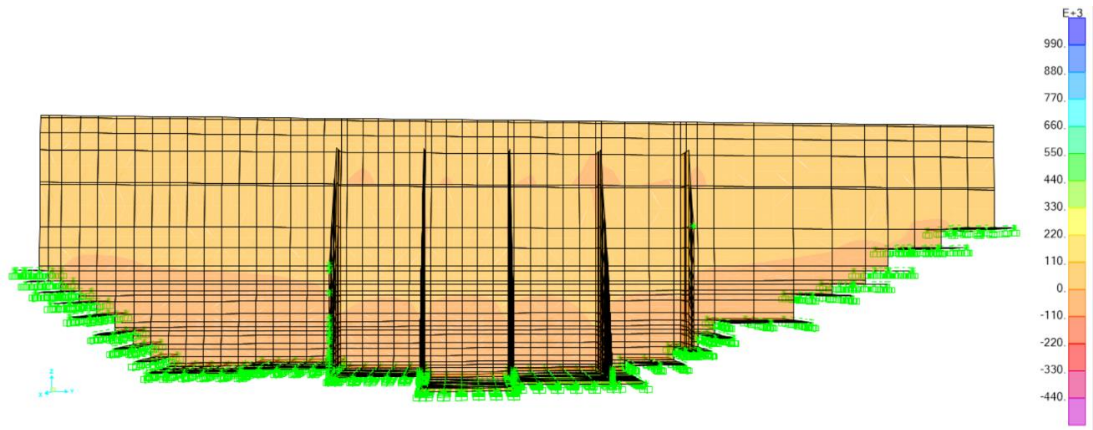


Figura 78. Fuerzas cortantes (A11) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

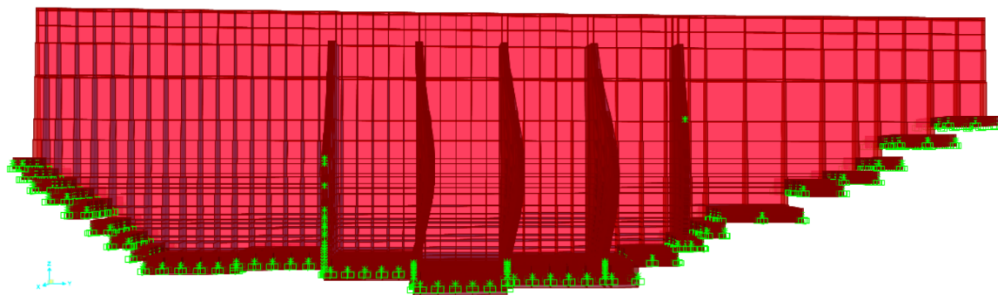
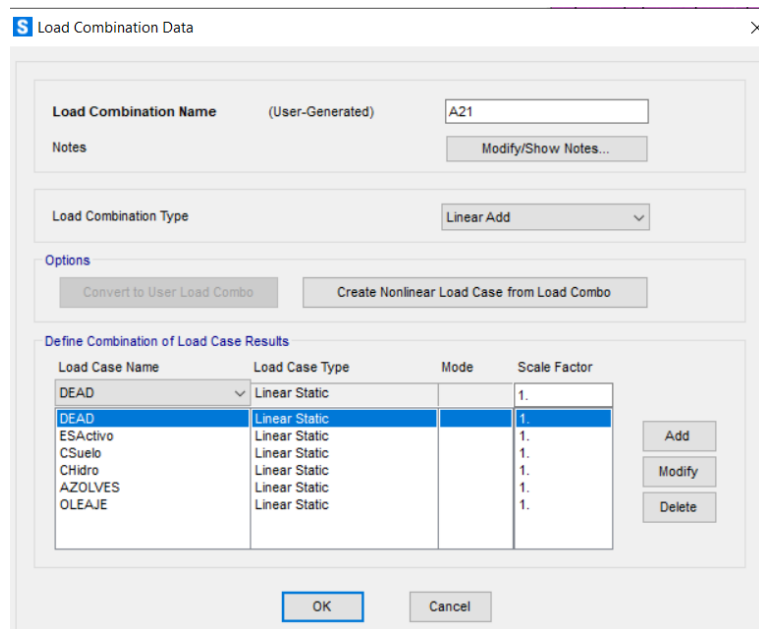


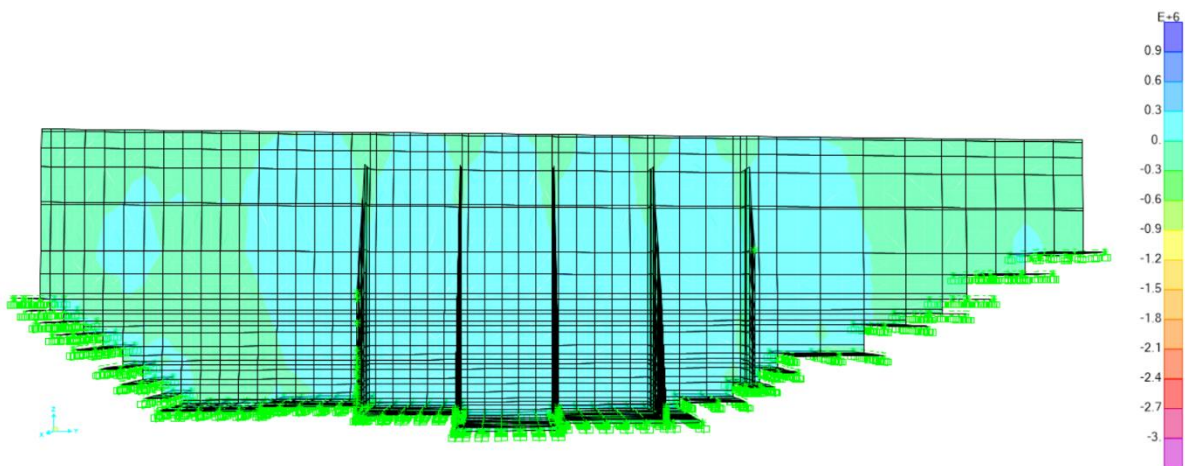
Figura 79. Gráfica de la deformada (A11) de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

○ **Para el Embalse Lleno (A2)**



*Figura 80.* Combinación (A21) con las cargas G, EA, PR, Wh, Wa, P en el SAP2000 V.22  
Fuente: Producción Propia



*Figura 81.* Fuerzas resultantes (A21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22  
Fuente: Producción Propia

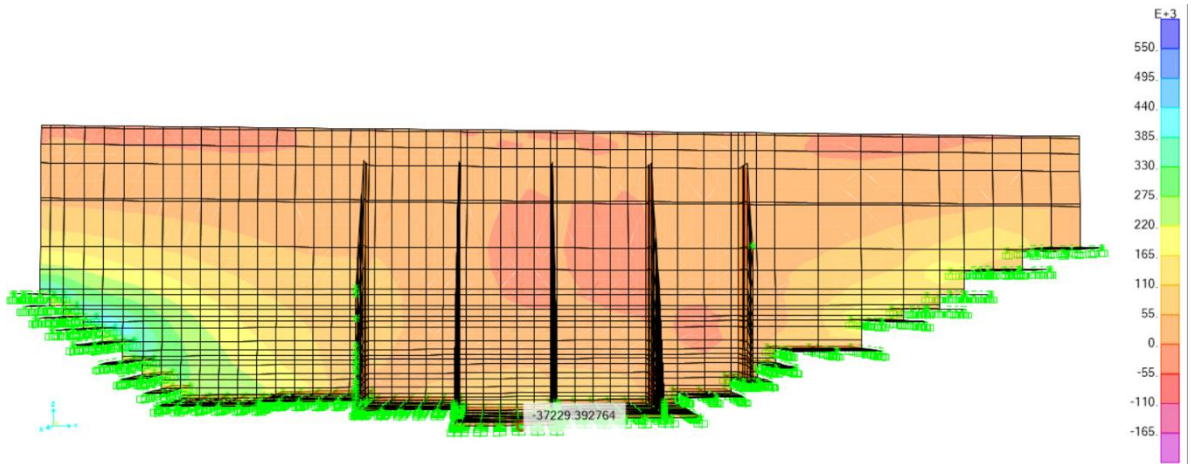


Figura 82. Momentos resultantes (A21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

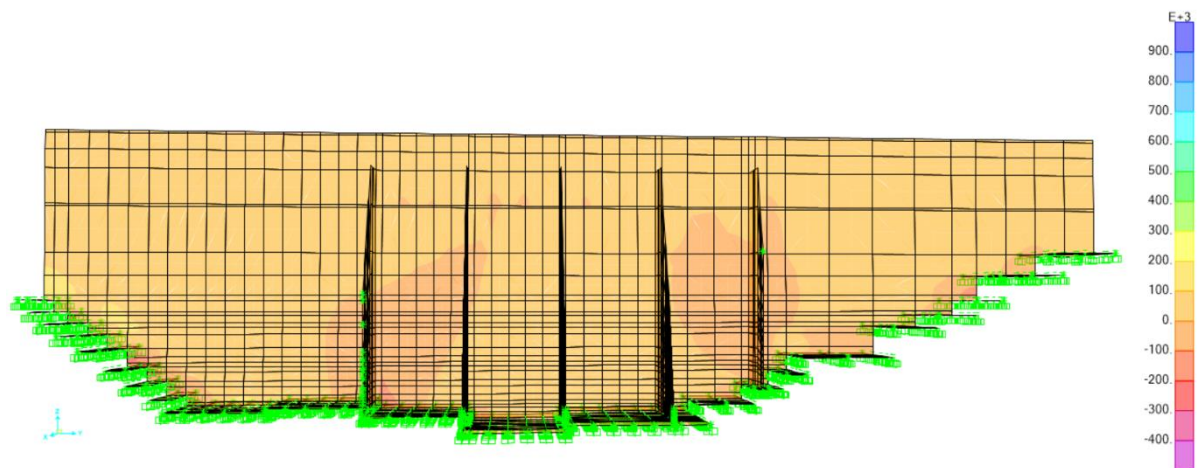


Figura 83. Fuerzas cortantes (A21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

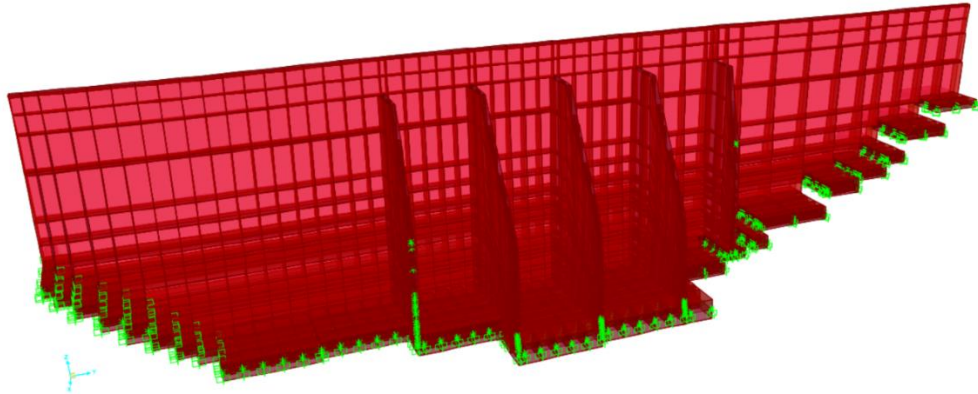


Figura 84. Gráfica de la deformada (A21) de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

- Combinación de fuerzas en situaciones extremas (E)
  - **Para el Embalse Lleno (E2)**

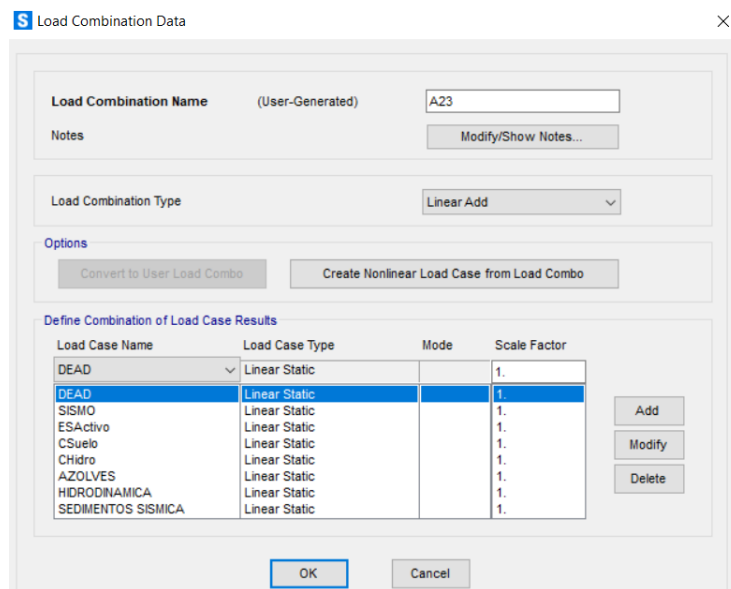


Figura 85. Combinación (E21) con las cargas G, S, EA, PR, Wh, Wa, Ws, Wsa en el SAP2000 V.22

Fuente: Producción Propia

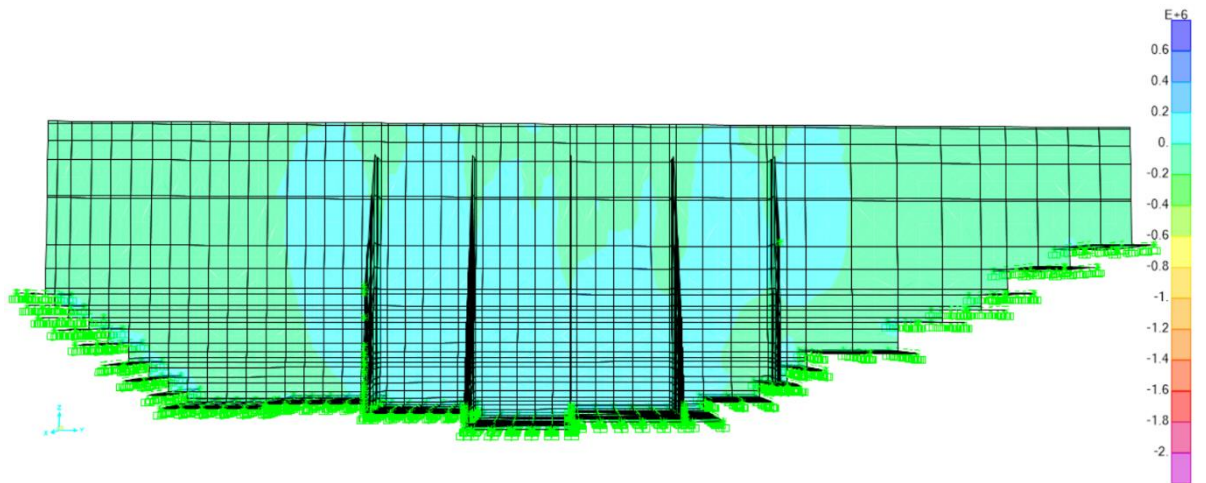


Figura 86. Fuerzas resultantes (E21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

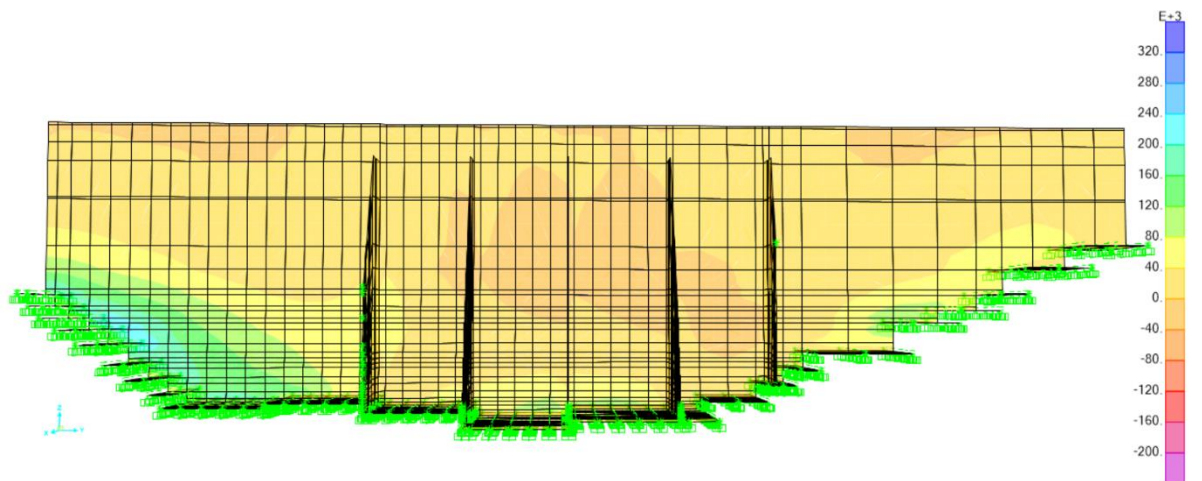


Figura 87. Momentos resultantes (E21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

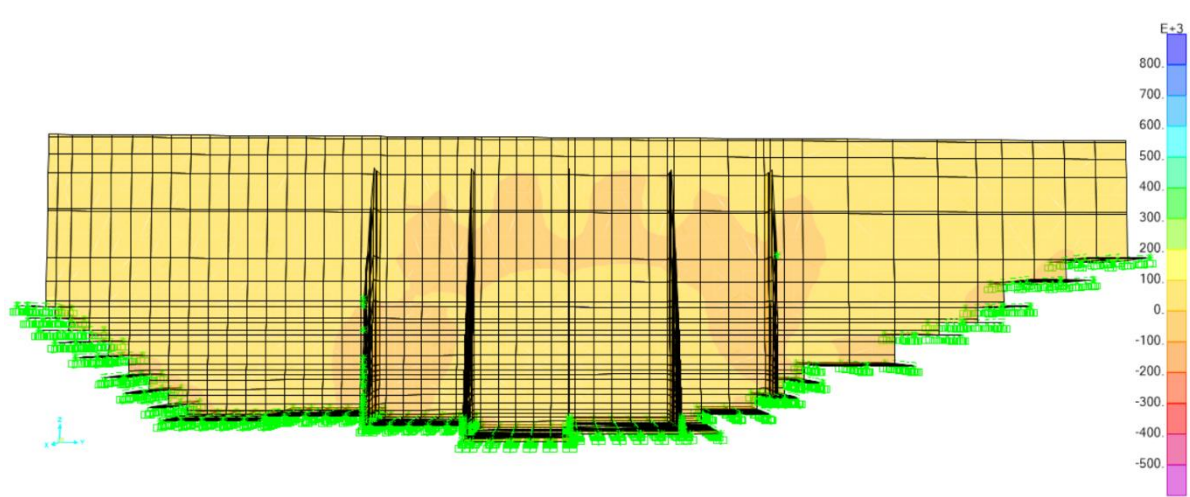


Figura 88. Fuerzas cortantes (E21) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

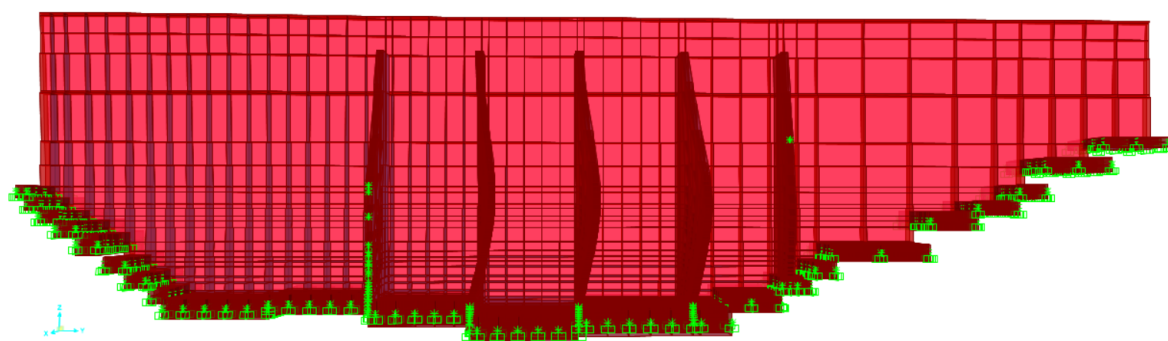


Figura 89. Gráfica de la deformada (E21) de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia



- Envoltente de cargas para las combinaciones antes mostradas.

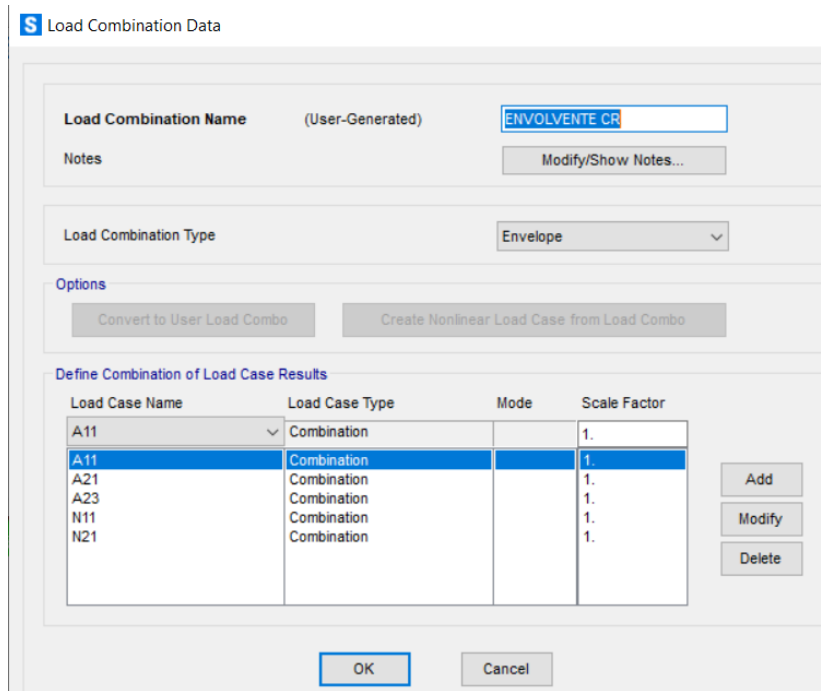


Figura 90. Combinación (N11, N21, A11, A21, E11) en el SAP2000 V.22

Fuente: Producción Propia

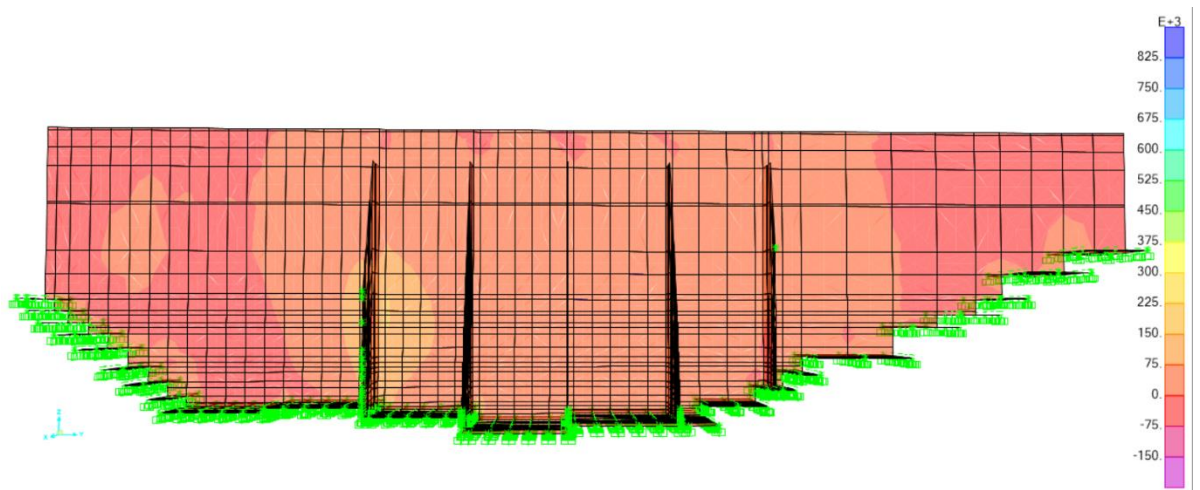


Figura 91. Fuerzas resultantes (Envoltente) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

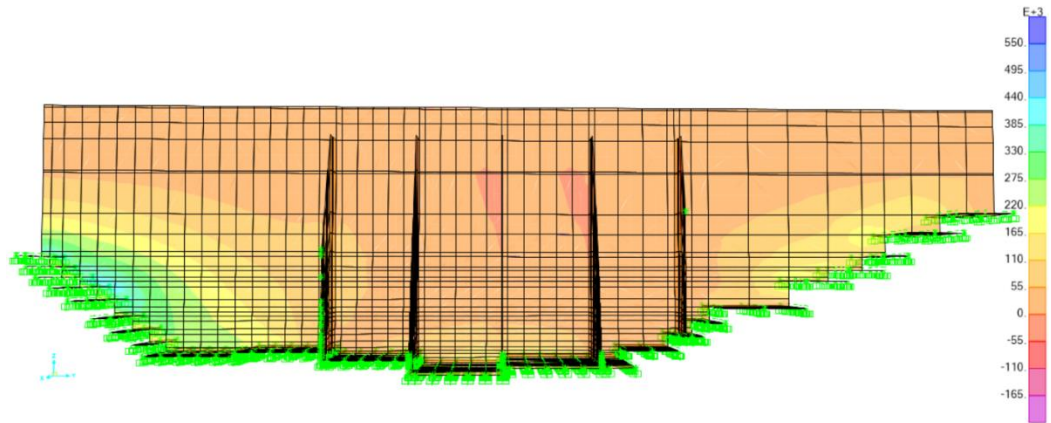


Figura 92. Momentos resultantes (Envolvente) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

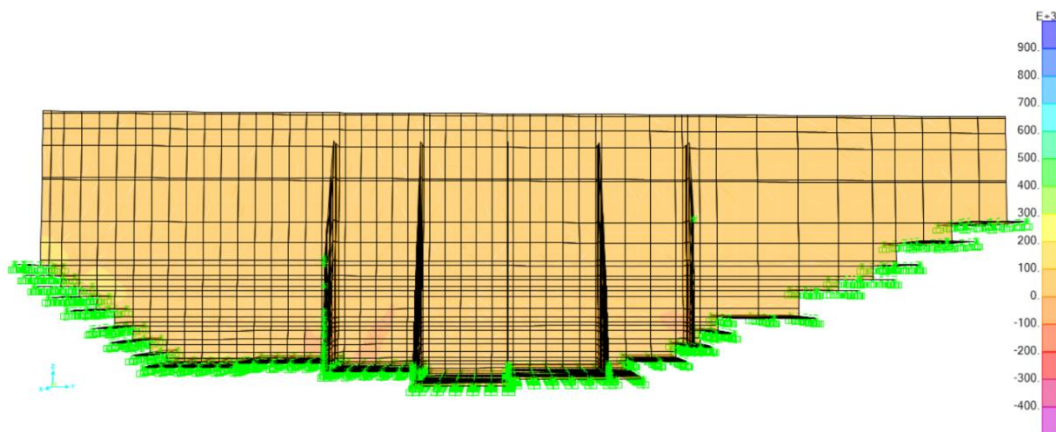


Figura 93. Fuerzas cortantes (Envolvente) en el eje Y de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

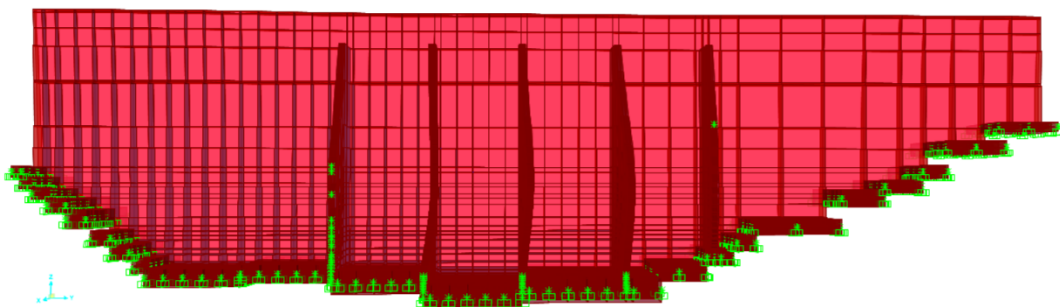


Figura 94. Gráfica de la deformada (Envolvente) de la presa en el software SAP2000 v.22

Fuente: Producción Propia

## PASO 08: ASIGNACIÓN DE RESTRICCIONES EN EL PIE DE LA ZAPATA

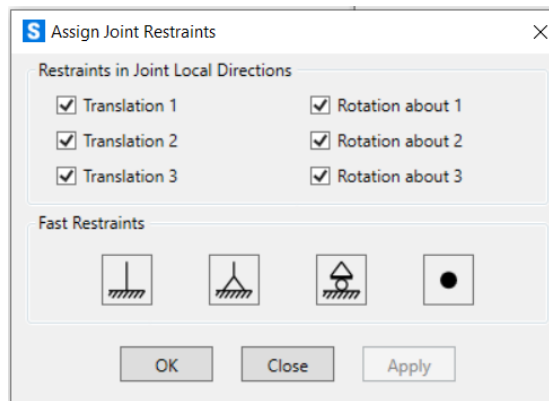


Figura 95. Restricción de empotramiento en el pie de la zapata  
Fuente: Producción Propia

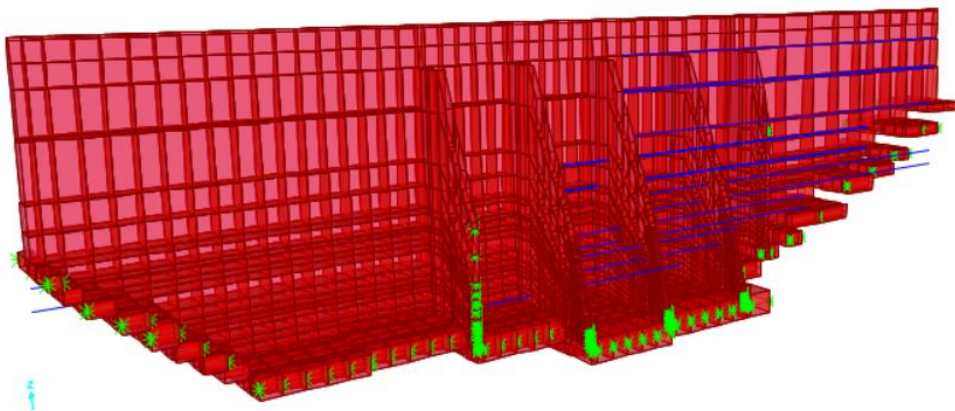
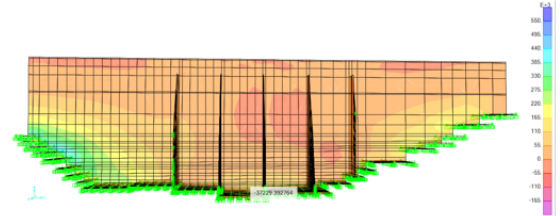


Figura 96. Representación gráfica de la restricción en el pie de la zapata.  
Fuente: Producción Propia

## PASO 10: VERIFICACION DE ESTABILIDAD:

Determinado las fuerzas, momentos, y fuerzas cortantes se procede a la verificación de estabilidad al deslizamiento, volteo y presiones sobre el terreno. Los datos obtenidos se exportaron del programa SAP2000V.22 teniendo en cuenta las combinaciones de carga y la envolvente de esfuerzos para los esfuerzos y momentos más críticos, se momento con respecto al punto mas desfavorable a la estabilidad de la estructura hidráulica.

RESUMEN DE FUERZAS Y MOMENTOS EN LA PRESA (SAP2000V.22)				
SIMBOLO	CARGA	FUERZA	BRAZO	MOMENTO
		T	M	T-M
G	PESO DE LA ESTRUCTURA	2691.87	6.40	17221.6789
EP	EMPUJE PASIVO	7246.06	4.69	33952.122
Wh	CARGA HIDROSTATICA	-4032.61	5.83	-23507.3847
PR	PESO DEL RELLENO	2755.44	2.88	7937.94418



#### POR DESLIZAMIENTO

$$FSD = \frac{H_r}{H_a} = \frac{\mu \cdot N}{\frac{K_a \cdot \gamma \cdot H^2}{2}} = \frac{12693.37}{4032.61}$$

$$FSD = 3.15 > 1.50 \quad \text{OK}$$

#### POR VOLTEO

$$FSV = \frac{M_r}{M_a} = \frac{M_r}{\frac{K_a \cdot \gamma \cdot H^2}{2} \cdot \frac{H}{3}} = \frac{59111.75}{23507.38}$$

$$FSV = 2.51 > 2.00 \quad \text{OK}$$

#### PRESIONES SOBRE EL TERRENO

$$X_0 = \frac{M_r - M_a}{P} = \frac{35604.36}{12693.37} \quad X_0 = 2.805 \text{ m} \quad B = 9.0$$

$$e \leq \frac{B}{6} \quad 1.5 > = \quad e = 1.852 \text{ m} \quad \text{MAL}$$

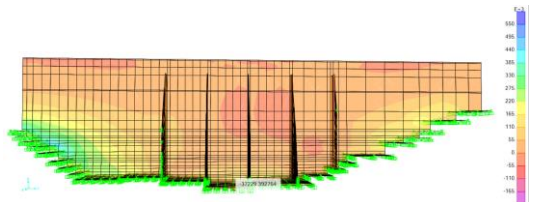
Distribucion Triangular

Primer cálculo para la verificación de estabilidad, se debe redimensionar la zapata.

#### REDIMENSIONANDO LA BASE

Para B=10 y Hz=2.00

RESUMEN DE FUERZAS Y MOMENTOS EN LA PRESA(SAP2000V.22)				
SIMBOLO	CARGA	FUERZA	BRAZO	MOMENTO
		T	M	T-M
G	PESO DE LA ESTRUCTURA	4650.321	3.33	17221.67887
EP	EMPUJE PASIVO	7246.058	4.69	33952.12204
Wh	CARGA HIDROSTATICA	-4032.61	5.83	-23507.3847
PR	PESO DEL RELLENO	2755.435	2.88	7937.94418



#### POR DESLIZAMIENTO

$$FSD = \frac{H_r}{H_a} = \frac{\mu \cdot N}{\frac{K_a \cdot \gamma \cdot H^2}{2}} = \frac{14651.81}{4032.61}$$

$$FSD = 3.63 > 1.50 \quad \text{OK}$$

#### POR VOLTEO

$$FSV = \frac{M_r}{M_a} = \frac{M_r}{\frac{K_a \cdot \gamma \cdot H^2}{2} \cdot \frac{H}{3}} = \frac{59111.75}{23507.38}$$

$$FSV = 2.51 > 2.00 \quad \text{OK}$$

**PRESIONES SOBRE EL TERRENO**

$$X_0 = \frac{M_r - M_a}{P} = \frac{35604.36}{14651.81} \quad X_0 = 2.430 \text{ m} \quad B = 10.0$$

$$e \leq \frac{B}{6} \quad 1.666666667 \geq \quad e = 1.604 \text{ m} \quad \text{OK}$$

Distribucion Trapezoidal

$$q1 = \frac{P}{B} \left[ 1 + \frac{6e}{B} \right] = 36.76$$

como:

$$q2 = \frac{P}{B} \left[ 1 - \frac{6e}{B} \right] = 35.06$$

$$q1 = 36.76 \text{ Tn/m}^2$$

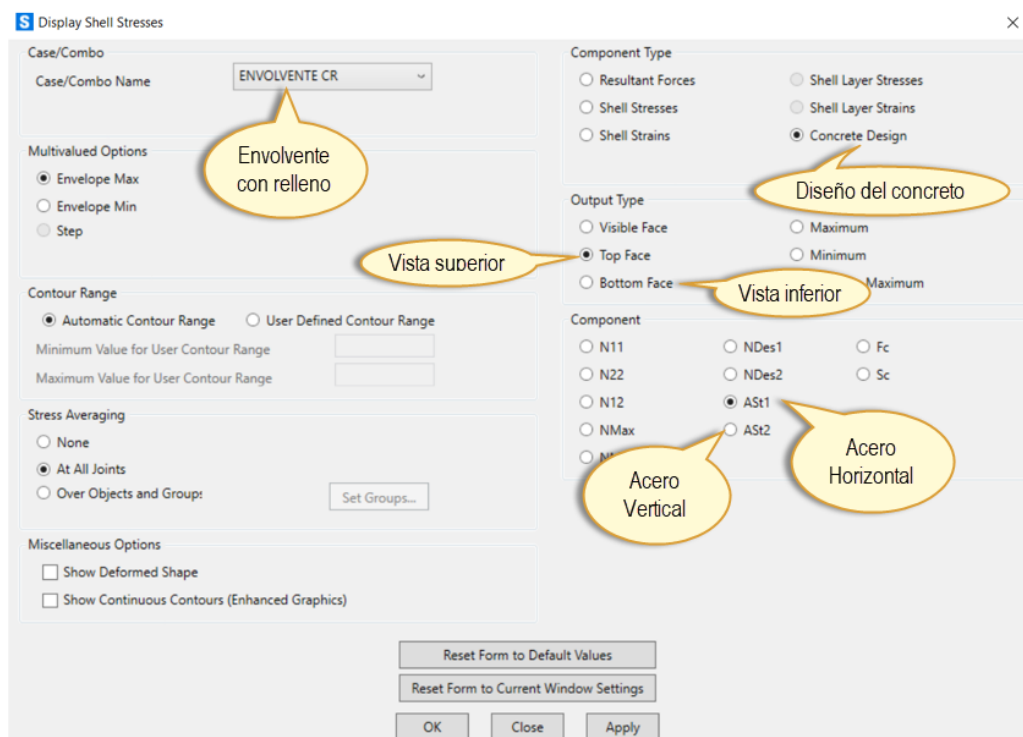
$$\sigma_{ADM} = 40.00 \text{ Tn/m}^2 \quad \text{OK}$$

Segunda verificación de estabilidad óptima.

**PASO 15: DISEÑO PANTALLA:**

- **Acero TOP horizontal**

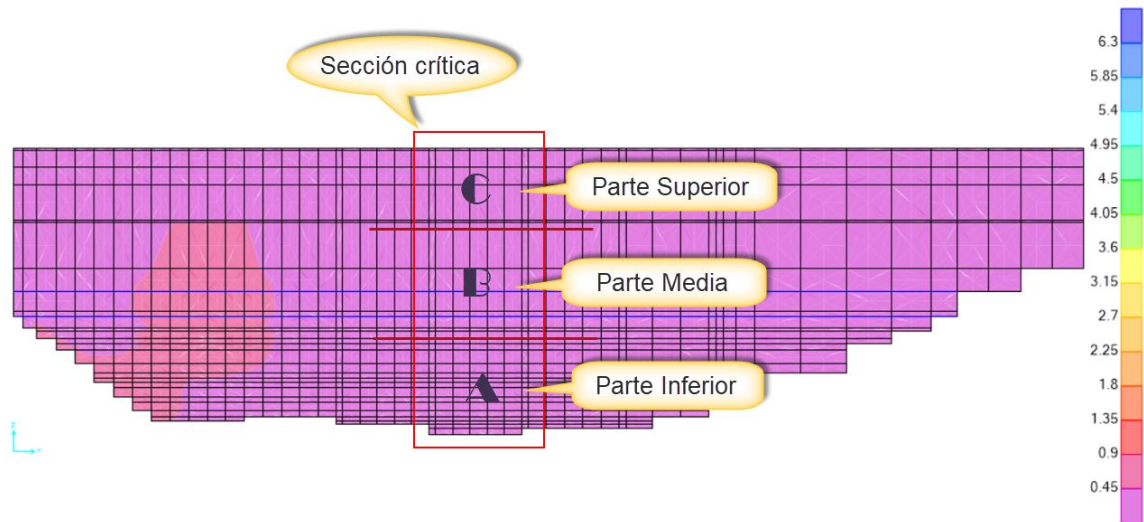
Para el diseño de la pantalla se diseñó con la envolvente de relleno de tierra para el diseño de concreto de la vista Top del acero horizontal como se aprecia en la siguiente *figura 97*.



*Figura 97.* Selección para determinar el área del acero horizontal o vertical para la pantalla cara Top o Botoom.

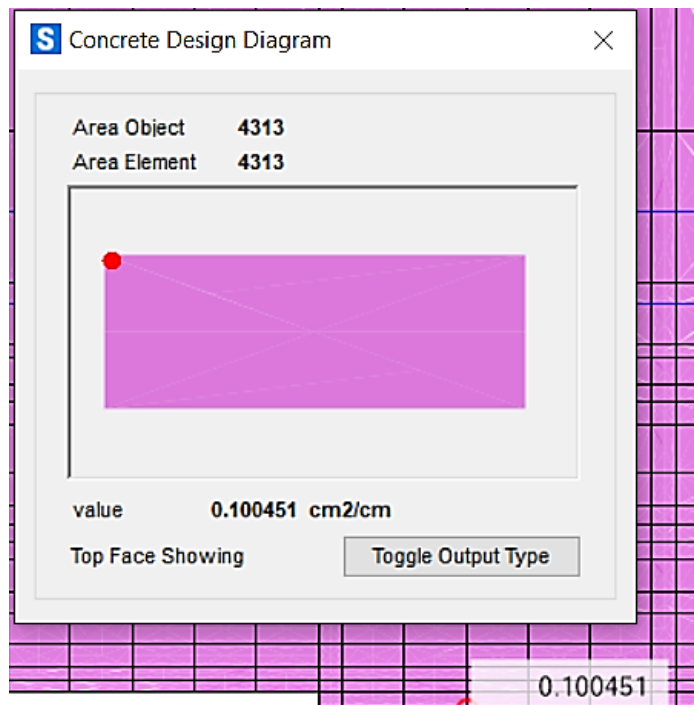
Por criterio se dividió la pantalla en tres partes dentro de la sección más crítica tomando un cuadro discretizado con la mayor área de acero

requerido, de manera que se generalice el área del acero para la parte en análisis como se muestra en la *figura 98*.



*Figura 98.* Representación de las partes divididas para el análisis de la pantalla para el acero horizontal

#### Para la sección A



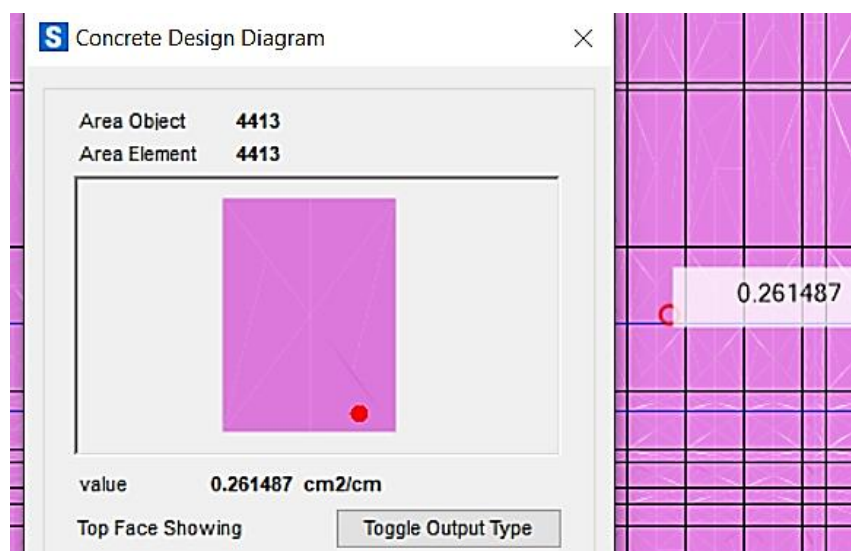
*Figura 99.* Área de acero dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista Top del diseño de la pantalla.

**Tabla 10.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista Top del diseño de la pantalla.

A	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP HORIZONTAL			
	Area de acero (cm2/cm)	Diametro de varilla	Area de varilla (cm2)	Espaciamiento (cm)
	0.1	3/8"	0.71	7.1
	0.1	1/2"	1.27	12.7
	0.1	5/8"	1.98	19.8
	0.1	3/4"	2.85	28.5
	0.1	1"	5.07	50.7
	0.1	1 1/4"	7.92	79.2

Fuente: Producción propia

### Para la sección B



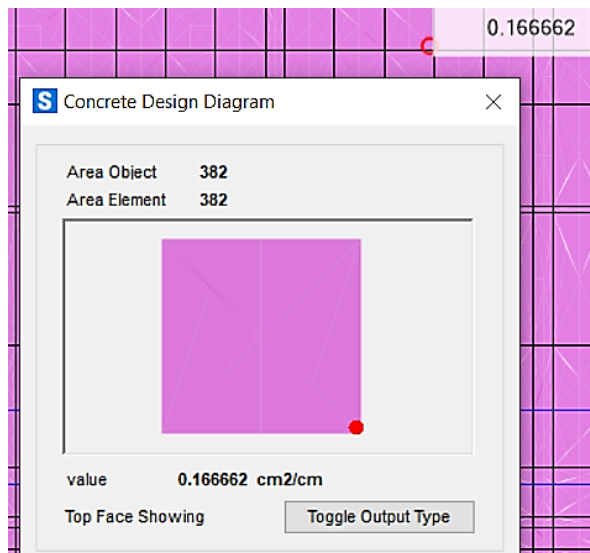
**Figura 100.** Área de acero dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista Top del diseño de la pantalla.

**Tabla 11.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista Top del diseño de la pantalla.

B	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.261	3/8"	0.71	2.720306513
	0.261	1/2"	1.27	4.865900383
	0.261	5/8"	1.98	7.586206897
	0.261	3/4"	2.85	10.91954023
	0.261	1"	5.07	19.42528736
	0.261	1 1/4"	7.92	30.34482759

Fuente: Producción propia

### Para la sección C



**Figura 101.** Área de acero dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista Top del diseño de la pantalla.



**Tabla 12.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista Top del diseño de la pantalla.

C	pmin=0.0018*t		pmin= 0.0828	
	TOP HORIZONTAL			
	Area de acero	Diámetro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.166	3/8"	0.71	4.277108434
	0.166	1/2"	1.27	7.65060241
	0.166	5/8"	1.98	11.92771084
	0.166	3/4"	2.85	17.1686747
	0.166	1"	5.07	30.54216867
	0.166	1 1/4"	7.92	47.71084337

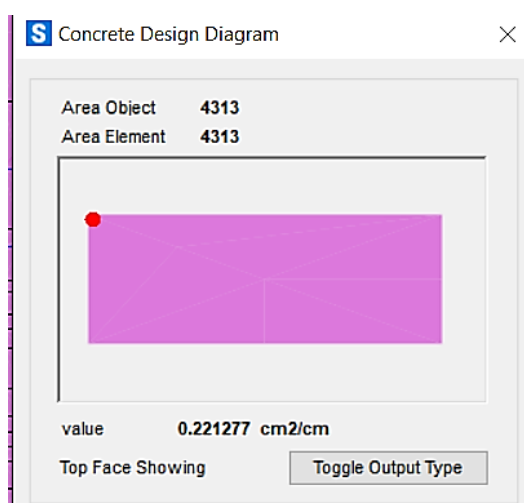
Fuente: Producción propia

- **Acero TOP vertical**

Para el diseño de la pantalla también se diseñó con la envolvente de relleno de tierra para el diseño de concreto de la vista top del acero vertical como se aprecia en la *figura 97*.

De igual manera se utilizó la división de la pantalla descrita en la *figura 98*, y posterior a ello se extrajo el área de acero vertical para cada sector para luego determinar el diámetro de varilla a utilizar.

**Para la sección A**



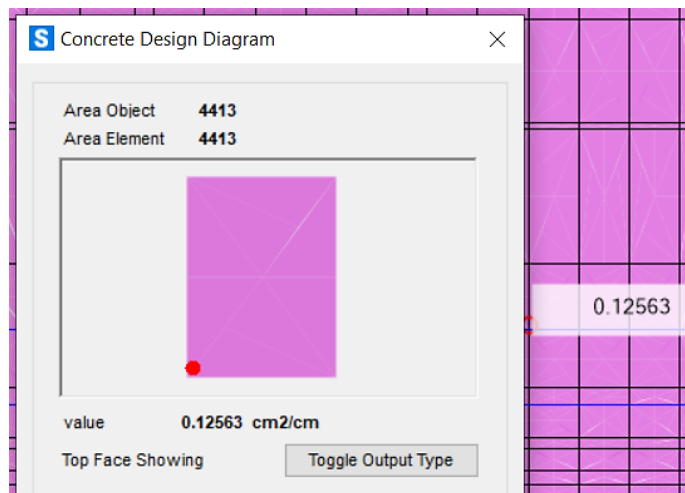
*Figura 102.* Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista Top del diseño de la pantalla.

**Tabla 13.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista Top del diseño de la pantalla.

A	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP VERTICAL			
	Area de acero (cm2/cm)	Diametro de varilla	Area de varilla (cm2)	Espaciamiento (cm)
	0.22	3/8"	0.71	3.23
	0.22	1/2"	1.27	5.77
	0.22	5/8"	1.98	9.00
	0.22	3/4"	2.85	12.95
	0.22	1"	5.07	23.05
	0.22	1 1/4"	7.92	36.00

Fuente: Producción propia

**Para la sección B**



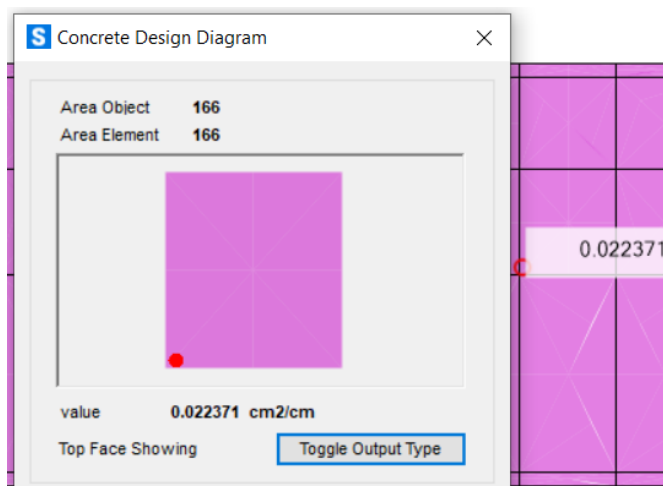
*Figura 103.* Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista Top del diseño de la pantalla.

**Tabla 14.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista Top del diseño de la pantalla.

B	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamento (cm)
	0.125	3/8"	0.71	5.68
	0.125	1/2"	1.27	10.16
	0.125	5/8"	1.98	15.84
	0.125	3/4"	2.85	22.80
	0.125	1"	5.07	40.56
	0.125	1 1/4"	7.92	63.36

Fuente: Producción propia

**Para la sección C**



**Figura 104.** Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista Top del diseño de la pantalla.

**Tabla 15.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista Top del diseño de la pantalla.

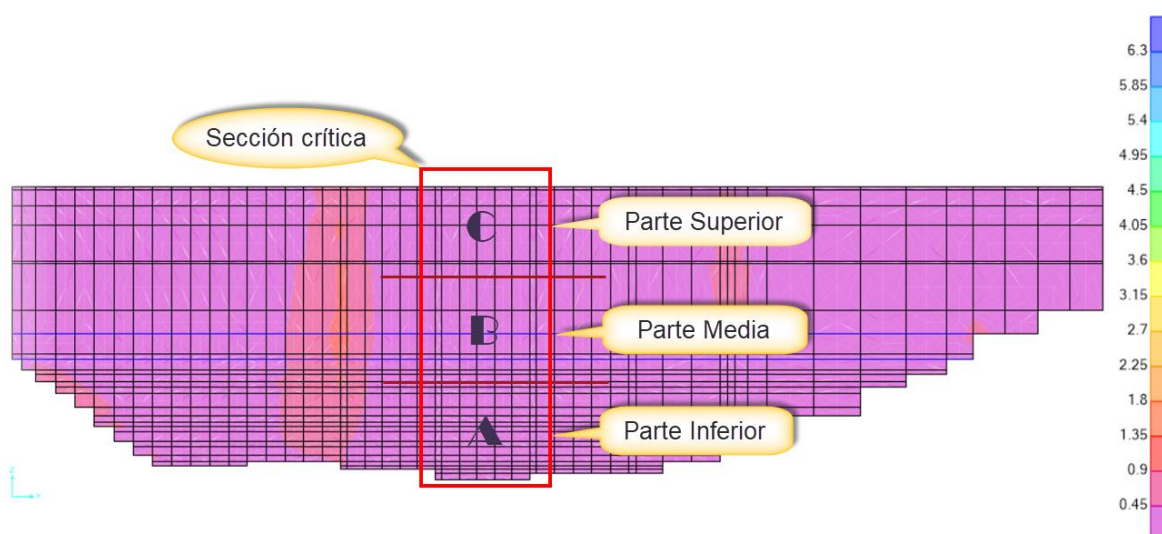
C	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.022	3/8"	0.71	32.27
	0.022	1/2"	1.27	57.73
	0.022	5/8"	1.98	90.00
	0.022	3/4"	2.85	129.55
	0.022	1"	5.07	230.45
	0.022	1 1/4"	7.92	360.00

Fuente: Producción propia

- **Acero BOTTOM horizontal**

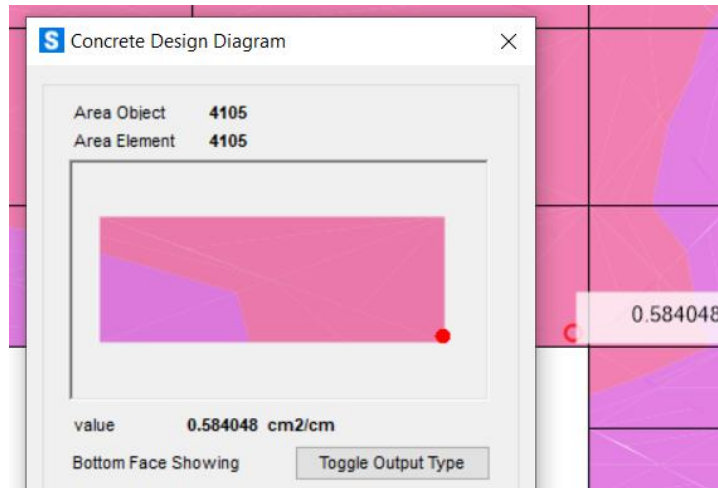
Para el diseño de la pantalla se diseñó con la envolvente de relleno de tierra para el diseño de concreto de la vista Bottom del acero horizontal como se aprecia en la *figura 97*.

Posterior a ello se dividió la pantalla de la vista Bottom de la misma forma mostrada en la *figura 105* para cada sector para luego determinar el diámetro de varilla a utilizar.



*Figura 105.* Representación de las partes divididas para el análisis de la pantalla para el acero horizontal con la vista Bottom

**Para la sección A**



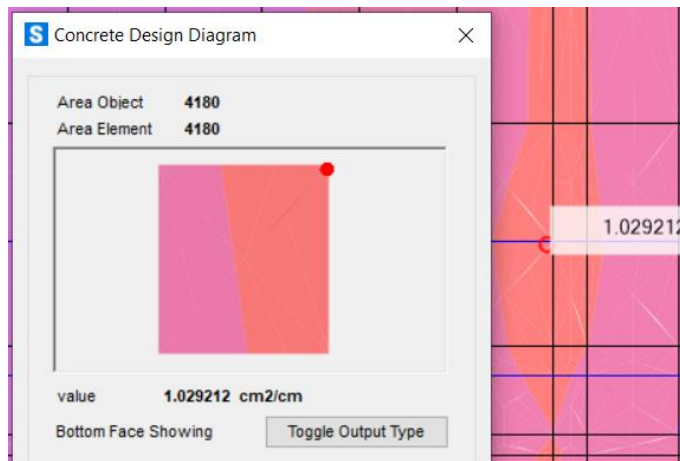
*Figura 106. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

**Tabla 16.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

A	pmin=0.0018*t		pmin= 0.0828	
	BOTTOM HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.584	3/8"	0.71	1.215753425
	0.584	1/2"	1.27	2.174657534
	0.584	5/8"	1.98	3.390410959
	0.584	3/4"	2.85	4.880136986
	0.584	1"	5.07	8.681506849
	0.584	1 1/4"	7.92	13.56164384

Fuente: Producción propia

**Para la sección B**



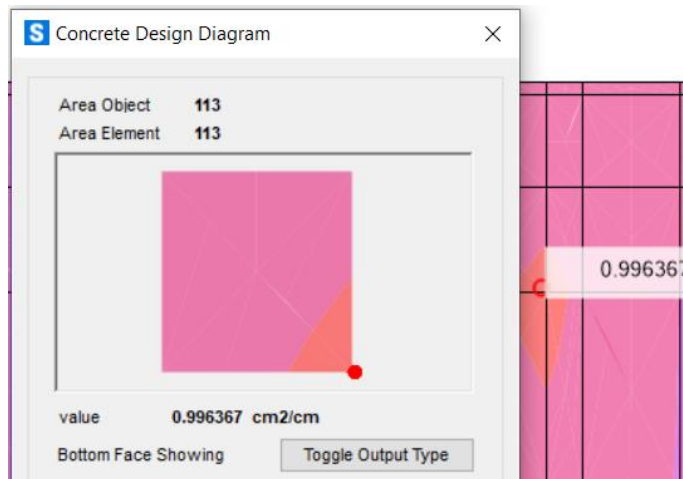
*Figura 107. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

**Tabla 17.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

B	pmin=0.0018*t		pmin= 0.0828	
	BOTTOM HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	1.029	3/8"	0.71	0.689990282
	1.029	1/2"	1.27	1.234207969
	1.029	5/8"	1.98	1.924198251
	1.029	3/4"	2.85	2.7696793
	1.029	1"	5.07	4.927113703
	1.029	1 1/4"	7.92	7.696793003

Fuente: Producción propia

**Para la sección C**



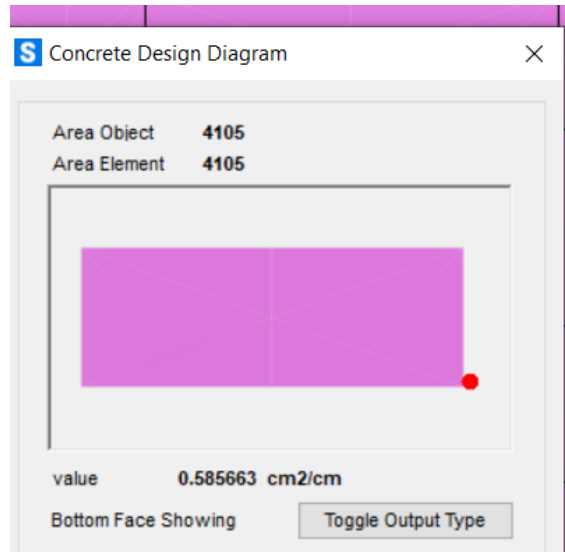
*Figura 108. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

**Tabla 18.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

C	pmin=0.0018*t		pmin= 0.0828	
	BOTTOM HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.996	3/8"	0.71	0.712851406
	0.996	1/2"	1.27	1.275100402
	0.996	5/8"	1.98	1.987951807
	0.996	3/4"	2.85	2.861445783
	0.996	1"	5.07	5.090361446
	0.996	1 1/4"	7.92	7.951807229

Fuente: Producción propia

- **Acero BOTTOM vertical**  
**Para la sección A**



*Figura 109.* Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.

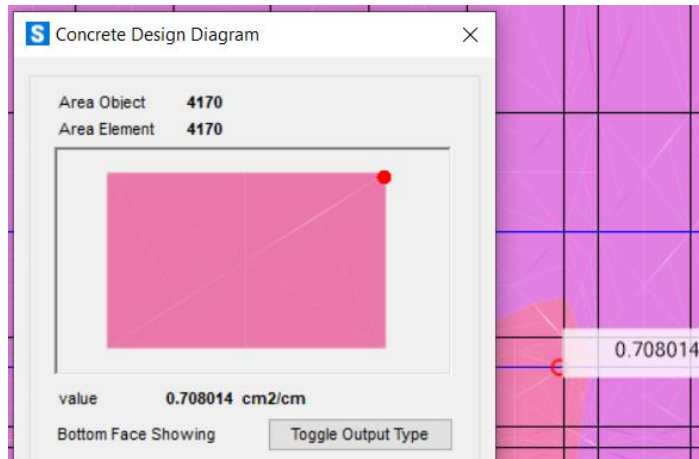
**Tabla 19.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.

A	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	BOTTOM VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.585	3/8"	0.71	1.21
	0.585	1/2"	1.27	2.17
	0.585	5/8"	1.98	3.38
	0.585	3/4"	2.85	4.87
	0.585	1"	5.07	8.67
	0.585	1 1/4"	7.92	13.54

Fuente: Producción propia



**Para la sección B**



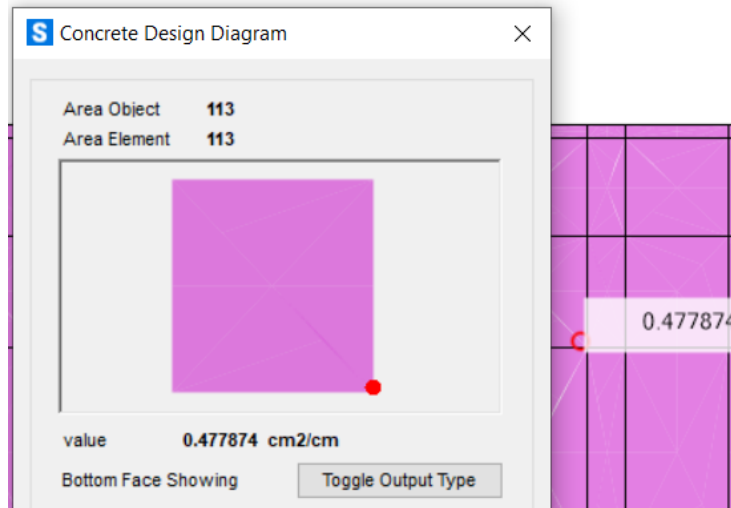
*Figura 110. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

**Tabla 20.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

B	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	BOTTOM VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamento (cm)
	0.708	3/8"	0.71	1.00
	0.708	1/2"	1.27	1.79
	0.708	5/8"	1.98	2.80
	0.708	3/4"	2.85	4.03
	0.708	1"	5.07	7.16
	0.708	1 1/4"	7.92	11.19

Fuente: Producción propia

**Para la sección C**



*Figura 111. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

**Tabla 21.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la pantalla.*

C	pmin=0.0018*t		pmin= 0.0828	
	BOTTOM VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.478	3/8"	0.71	1.49
	0.478	1/2"	1.27	2.66
	0.478	5/8"	1.98	4.14
	0.478	3/4"	2.85	5.96
	0.478	1"	5.07	10.61
	0.478	1 1/4"	7.92	16.57

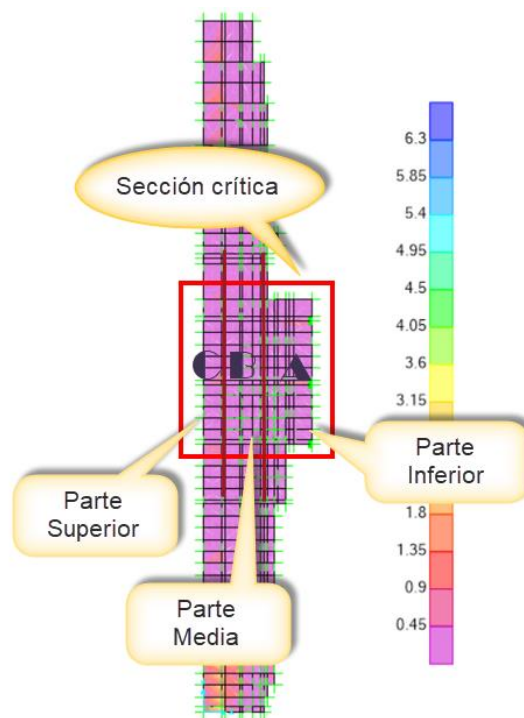
Fuente: Producción propia

## PASO 16: DISEÑO DE LA ZAPATA:

- **Acero TOP horizontal**

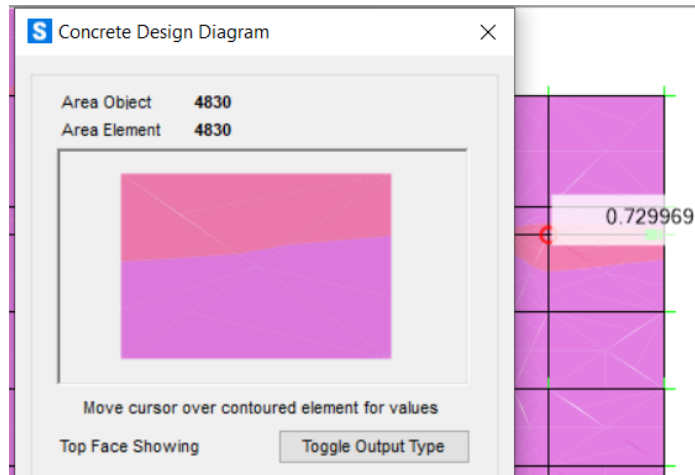
Para el diseño de la zapata se diseñó de igual manera con la envolvente de relleno de tierra para el diseño de concreto de la vista top del acero horizontal como se aprecia en la *figura 97*.

Se dividió la zapata en tres partes dentro de la sección más crítica tomando un cuadro discretizado con la mayor área de acero requerido, de manera que se generalice el área del acero para la parte en análisis como se muestra en la *figura 112*.



*Figura 112.* Representación de las partes divididas para el análisis de la zapata para el acero horizontal y vertical de la cara Top.

**Para la sección A**



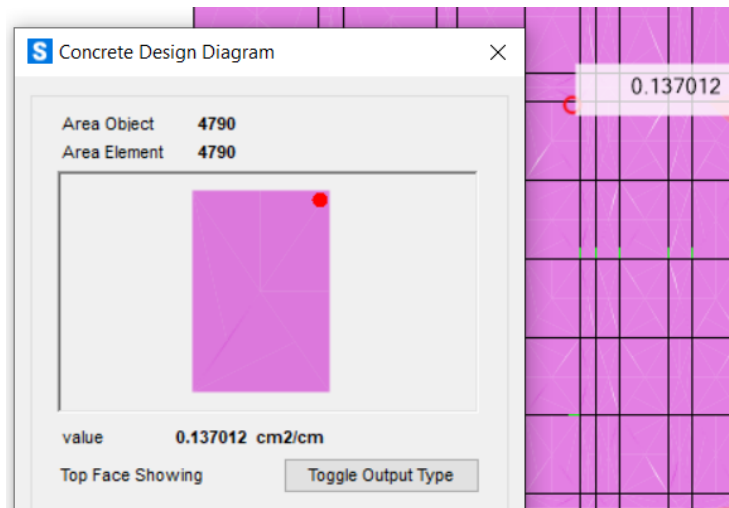
*Figura 113. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista TOP del diseño de la zapata.*

**Tabla 22.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección A, vista TOP del diseño de la zapata.*

A	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	TOP HORIZONTAL			
	Area de acero (cm <sup>2</sup> /cm)	Diametro de varilla	Area de varilla (cm <sup>2</sup> )	Espaciamento (cm)
	0.729	3/8"	0.71	0.9739369
	0.729	1/2"	1.27	1.742112483
	0.729	5/8"	1.87	2.56515775
	0.729	3/4"	2.85	3.909465021
	0.729	1"	5.06	6.941015089
	0.729	1 1/4"	7.09	9.725651578

Fuente: Producción propia

**Para la sección B**



*Figura 114. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista TOP del diseño de la zapata.*

**Tabla 23.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista TOP del diseño de la zapata.*

B	pmin=0.0033*t		pmin= 0.1518	
	TOP HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamento (cm)
	0.137	3/8"	0.71	5.182481752
	0.137	1/2"	1.27	9.270072993
	0.137	5/8"	1.87	13.64963504
	0.137	3/4"	2.85	20.80291971
	0.137	1"	5.06	36.93430657
	0.137	1 1/4"	7.09	51.75182482

Fuente: Producción propia

## Para la sección C

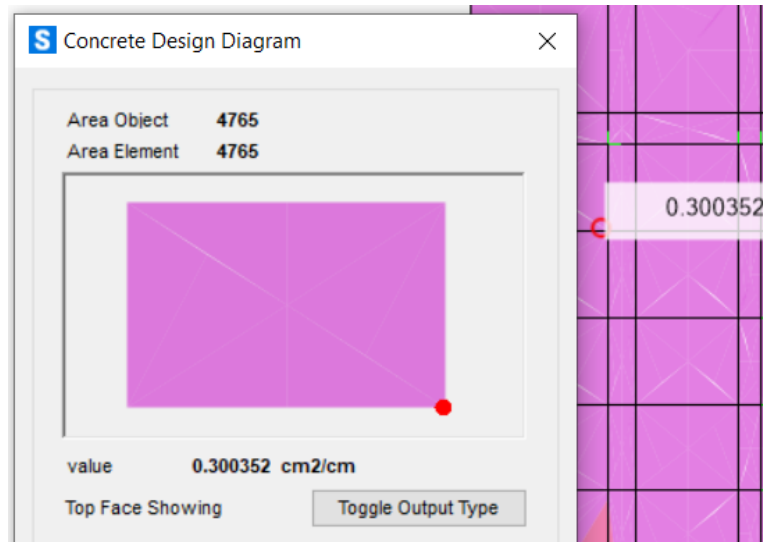


Figura 115. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista TOP del diseño de la zapata.

**Tabla 24.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista TOP del diseño de la zapata.

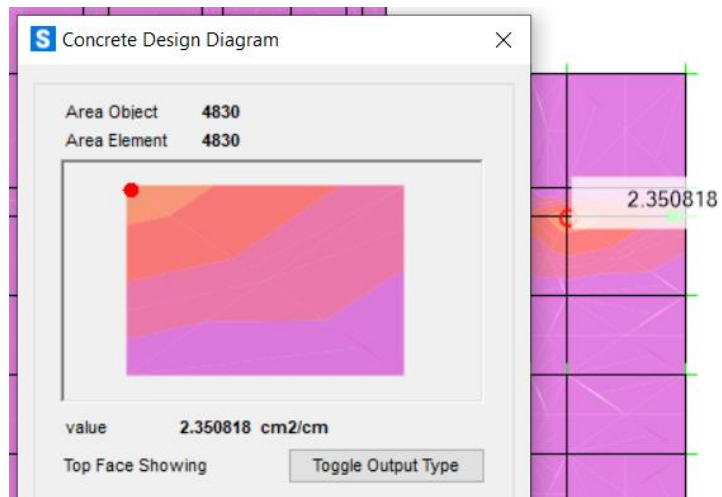
C	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	TOP HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.3	3/8"	0.71	2.366666667
	0.3	1/2"	1.27	4.233333333
	0.3	5/8"	1.87	6.233333333
	0.3	3/4"	2.85	9.5
	0.3	1"	5.06	16.86666667
	0.3	1 1/4"	7.09	23.63333333

Fuente: Producción propia

- **Acero TOP vertical**

De igual manera el diseño de la zapata con la envolvente de relleno de tierra para el concreto de la vista top del acero vertical como se aprecia en la figura 97. Y se utilizó la misma división mostrada en la figura 112.

**Para la sección A**



*Figura 116. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista TOP del diseño de la zapata.*

**Tabla 25.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista TOP del diseño de la zapata.

A	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	TOP VERTICAL			
	Área de acero (cm <sup>2</sup> /cm)	Diámetro de varilla	Área de varilla (cm <sup>2</sup> )	Espaciamiento (cm)
	2.35	3/8"	0.71	0.30
	2.35	1/2"	1.27	0.54
	2.35	5/8"	1.87	0.80
	2.35	3/4"	2.85	1.21
	2.35	1"	5.06	2.15
	2.35	1 1/4"	7.09	3.02

Fuente: Producción propia

**Para la sección B**

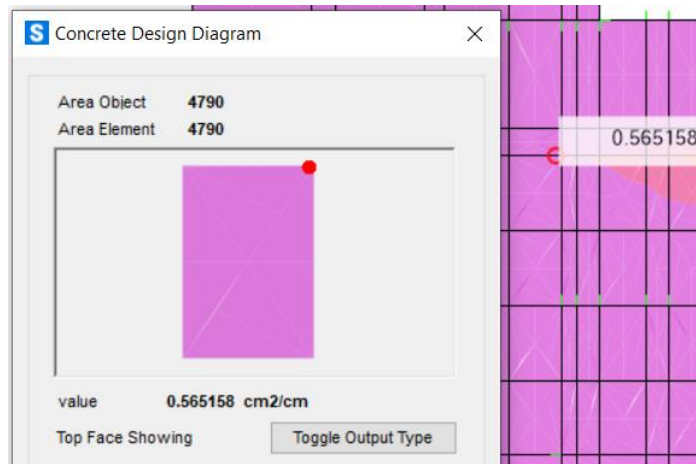


Figura 117. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista TOP del diseño de la zapata.

**Tabla 26.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista TOP del diseño de la zapata.

B	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	TOP VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.565	3/8"	0.71	1.26
	0.565	1/2"	1.27	2.25
	0.565	5/8"	1.87	3.31
	0.565	3/4"	2.85	5.04
	0.565	1"	5.06	8.96
	0.565	1 1/4"	7.09	12.55

Fuente: Producción propia



## Para la sección C

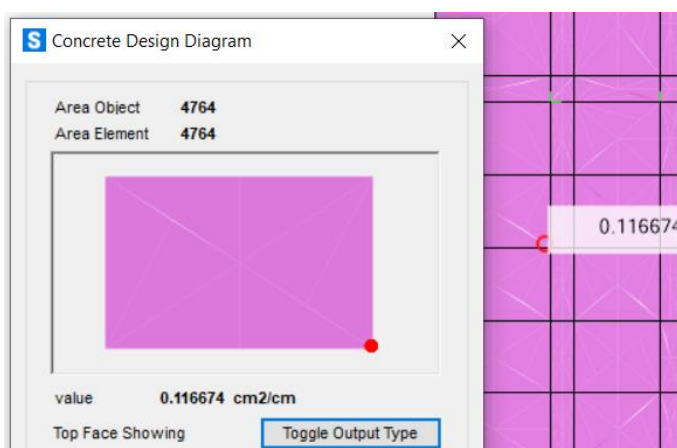


Figura 118. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista TOP del diseño de la zapata.

**Tabla 27.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamento conveniente para la sección C, vista TOP del diseño de la zapata.

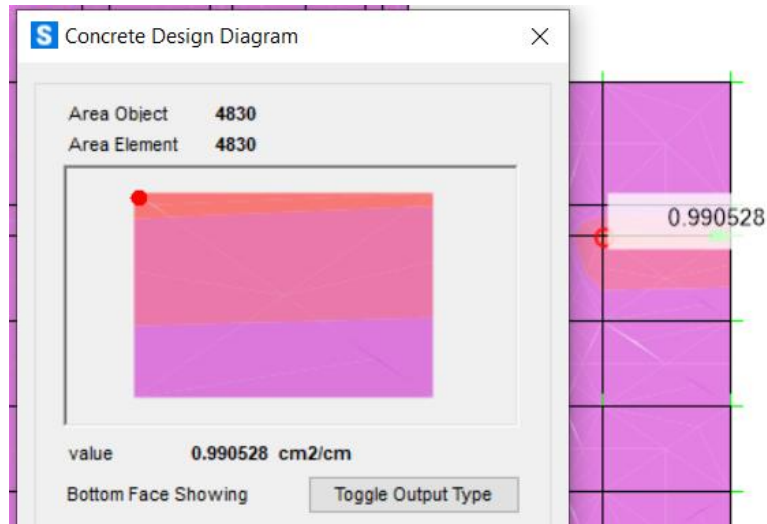
C	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	TOP VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamento (cm)
	0.1167	3/8"	0.71	6.08
	0.1167	1/2"	1.27	10.88
	0.1167	5/8"	1.87	16.02
	0.1167	3/4"	2.85	24.42
	0.1167	1"	5.06	43.36
	0.1167	1 1/4"	7.09	60.75

Fuente: Producción propia

- **Acero BOTTOM horizontal**

De la misma forma el diseño de la zapata con la envolvente de relleno de tierra para el concreto de la vista Bottom del acero horizontal como se aprecia en la *figura 97*. Y se utilizó la misma división mostrada en la *figura 112*.

**Para la sección A**



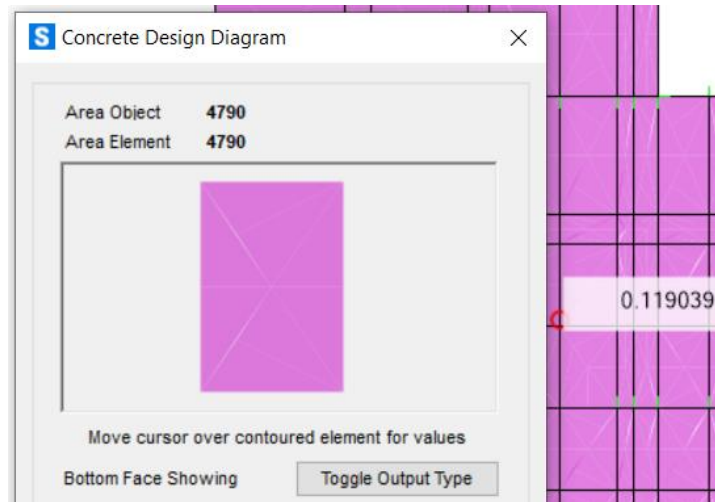
*Figura 119. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la zapata.*

**Tabla 28.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la zapata.*

A	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	BOTTOM HORIZONTAL			
	Area de acero	Diámetro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.99	3/8"	0.71	0.717171717
	0.99	1/2"	1.27	1.282828283
	0.99	5/8"	1.87	1.888888889
	0.99	3/4"	2.85	2.878787879
	0.99	1"	5.06	5.111111111
	0.99	1 1/4"	7.09	7.161616162

Fuente: Producción propia

**Para la sección B**



*Figura 120. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la zapata.*

**Tabla 29.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la zapata.*

B	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	BOTTOM HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamento (cm)
	0.119	3/8"	0.71	5.966386555
	0.119	1/2"	1.27	10.67226891
	0.119	5/8"	1.87	15.71428571
	0.119	3/4"	2.85	23.94957983
	0.119	1"	5.06	42.5210084
	0.119	1 1/4"	7.09	59.57983193

Fuente: Producción propia

## Para la sección C

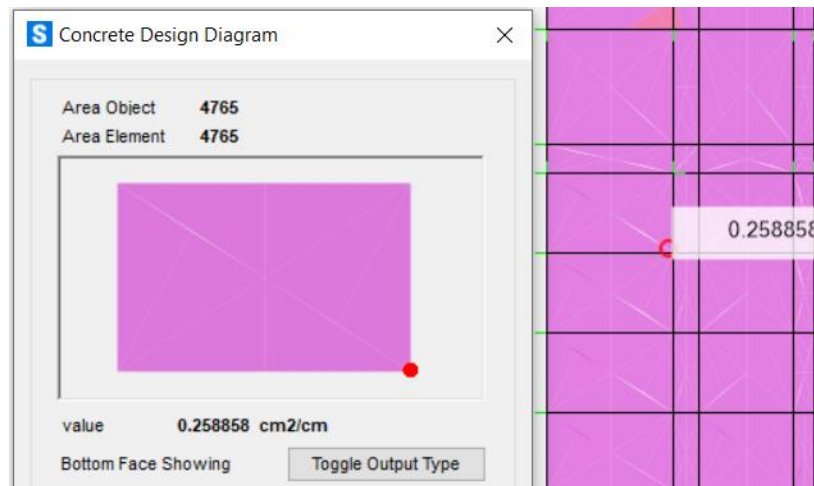


Figura 121. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la zapata.

**Tabla 30.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la zapata.

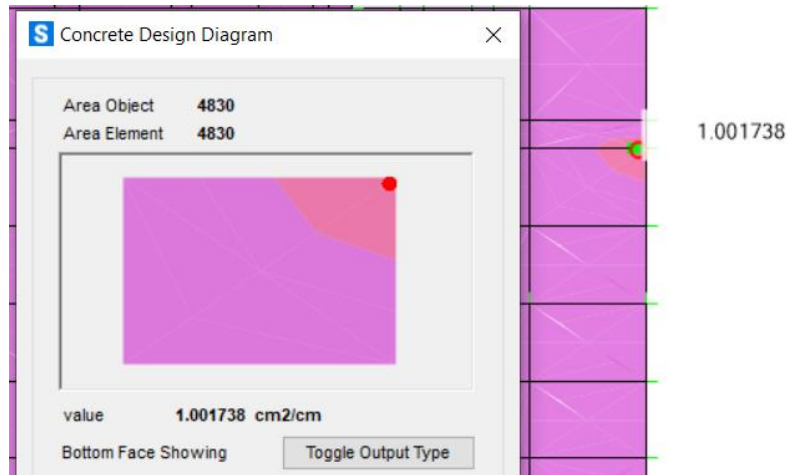
C	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	BOTTOM HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.258	3/8"	0.71	2.751937984
	0.258	1/2"	1.27	4.92248062
	0.258	5/8"	1.87	7.248062016
	0.258	3/4"	2.85	11.04651163
	0.258	1"	5.06	19.6124031
	0.258	1 1/4"	7.09	27.48062016

Fuente: Producción propia

- **Acero BOTTOM vertical**

Así mismo el diseño de la zapata con la envolvente de relleno de tierra para el concreto de la vista Bottom del acero vertical como se aprecia en la *figura 97*. Y se utilizó la misma división mostrada en la *figura 112*.

**Para la sección A**



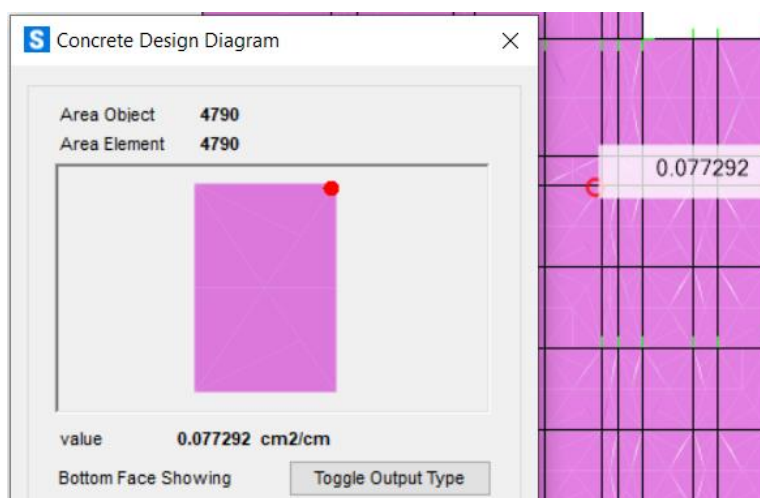
*Figura 122. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la zapata.*

**Tabla 31.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de la zapata.*

A	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	BOTTOM VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
1	3/8"	0.71	0.71	
1	1/2"	1.27	1.27	
1	5/8"	1.87	1.87	
1	3/4"	2.85	2.85	
1	1"	5.06	5.06	
1	1 1/4"	7.09	7.09	

Fuente: Producción propia

**Para la sección B**



*Figura 123. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la zapata.*

**Tabla 32.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de la zapata.*

B	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	BOTTOM VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.077	3/8"	0.71	9.22
	0.077	1/2"	1.27	16.49
	0.077	5/8"	1.87	24.29
	0.077	3/4"	2.85	37.01
	0.077	1"	5.06	65.71
	0.077	1 1/4"	7.09	92.08

Fuente: Producción propia

## Para la sección C

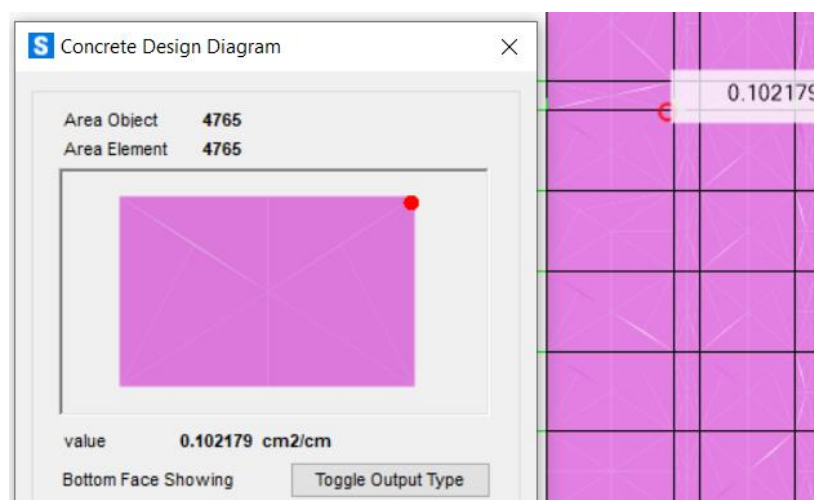


Figura 124. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la zapata.

**Tabla 33.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de la zapata.

C	$\rho_{min}=0.0033*t$		$\rho_{min}= 0.1518$	
	BOTTOM VERTICAL			
	Area de acero	Diámetro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.102	3/8"	0.71	6.96
	0.102	1/2"	1.27	12.45
	0.102	5/8"	1.87	18.33
	0.102	3/4"	2.85	27.94
	0.102	1"	5.06	49.61
	0.102	1 1/4"	7.09	69.51

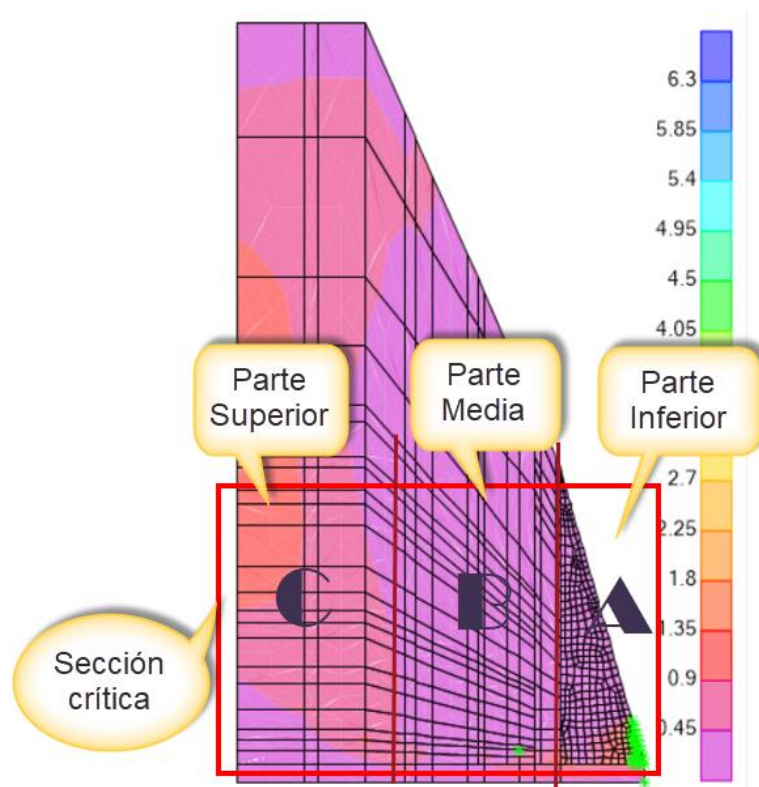
Fuente: Producción propia

## PASO 17: DISEÑO DE CONTRAFUERTES:

- **Acero TOP horizontal**

Para los contrafuertes se diseñó con la envolvente de relleno de tierra para el diseño de concreto de la vista Top del acero horizontal como se aprecia en la figura 97.

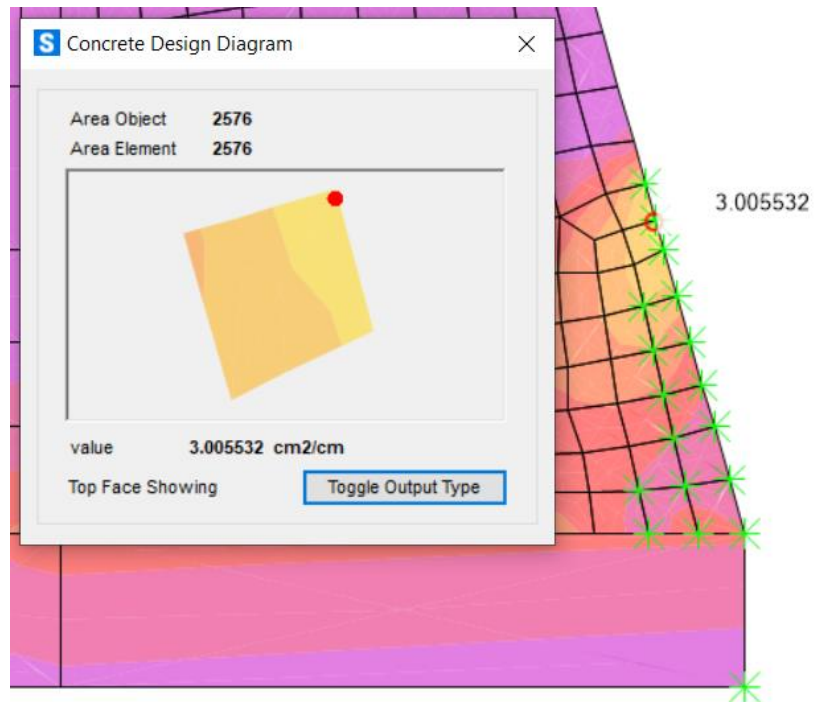
Por criterio se dividió el contrafuerte en tres partes dentro de la sección más crítica tomando un cuadro discretizado con la mayor área de acero requerido, de manera que se generalice el área del acero para la parte en análisis como se muestra en la figura 125.



*Figura 125.* Representación de las partes divididas para el análisis de los contrafuertes para el acero horizontal y vertical de la cara Top y Bottom.



**Para la sección A**



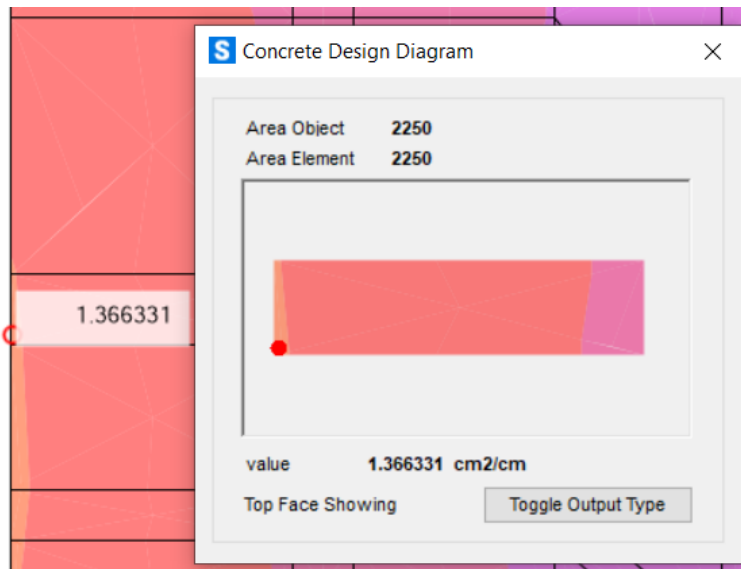
*Figura 126. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista TOP del diseño de contrafuertes.*

**Tabla 34.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección A, vista TOP del diseño de contrafuerte.*

A	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP HORIZONTAL			
	Area de acero (cm2/cm)	Diametro de varilla	Area de varilla (cm2)	Espaciamento (cm)
	3	3/8"	0.71	0.236666667
	3	1/2"	1.27	0.423333333
	3	5/8"	1.87	0.623333333
	3	3/4"	2.85	0.95
	3	1"	5.06	1.686666667
	3	1 1/4"	7.09	2.363333333

Fuente: Producción propia

**Para la sección B**



*Figura 127. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista TOP del diseño de contrafuertes.*

**Tabla 35.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección B, vista TOP del diseño de contrafuerte.*

B	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamento (cm)
	1.36	3/8"	0.71	0.522058824
	1.36	1/2"	1.27	0.933823529
	1.36	5/8"	1.87	1.375
	1.36	3/4"	2.85	2.095588235
	1.36	1"	5.06	3.720588235
	1.36	1 1/4"	7.09	5.213235294

Fuente: Producción propia

## Para la sección C

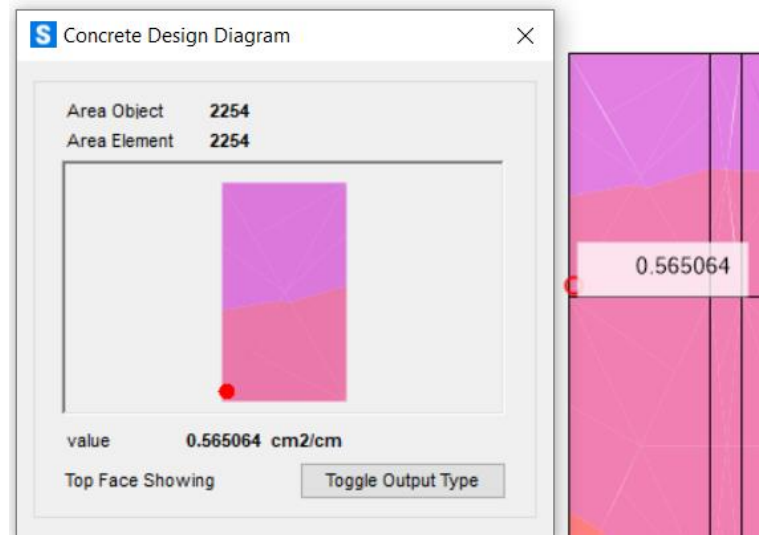


Figura 128. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista TOP del diseño de contrafuertes.

**Tabla 36.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista TOP del diseño de contrafuerte.

C	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.565	3/8"	0.71	1.256637168
	0.565	1/2"	1.27	2.247787611
	0.565	5/8"	1.87	3.309734513
	0.565	3/4"	2.85	5.044247788
	0.565	1"	5.06	8.955752212
	0.565	1 1/4"	7.09	12.54867257

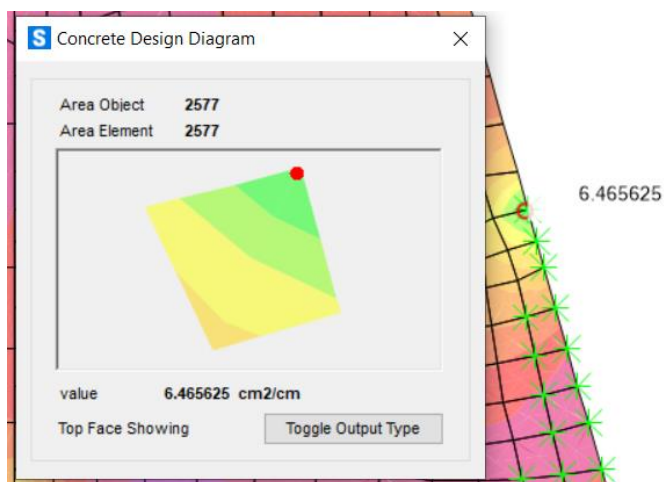
Fuente: Producción propia

- **Acero TOP vertical**

Del mismo modo se diseñó con la envolvente de relleno de tierra para el diseño de concreto de la vista Top del acero vertical como se aprecia en la figura 97.

Y de igual manera se utilizó la división de la pantalla descrita en la *figura 125*.

**Para la sección A**



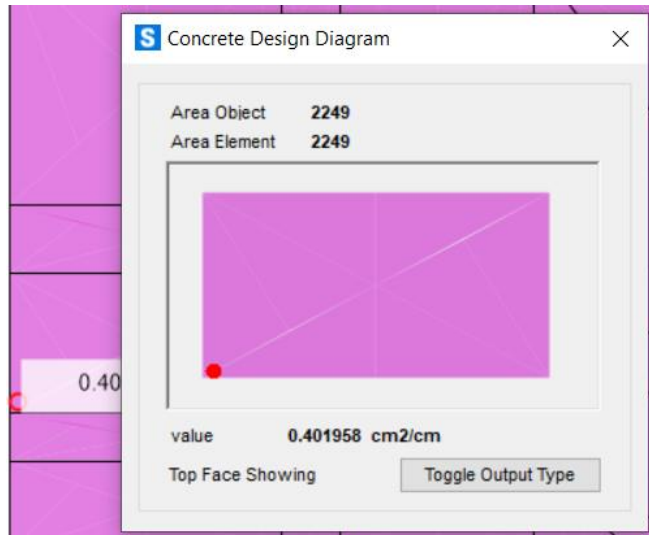
*Figura 129.* Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista TOP del diseño de contrafuertes.

**Tabla 37.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista TOP del diseño de contrafuerte.

A	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP VERTICAL			
	Area de acero (cm2/cm)	Diametro de varilla	Area de varilla (cm2)	Espaciamiento (cm)
	6.46	3/8"	0.71	0.11
	6.46	1/2"	1.27	0.20
	6.46	5/8"	1.87	0.29
	6.46	3/4"	2.85	0.44
	6.46	1"	5.06	0.78
	6.46	1 1/4"	7.09	1.10

Fuente: Producción propia

**Para la sección B**



*Figura 130. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista TOP del diseño de contrafuertes.*

**Tabla 38.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista TOP del diseño de contrafuerte.*

B	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP VERTICAL			
	Area de acero	Diámetro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.402	3/8"	0.71	1.77
	0.402	1/2"	1.27	3.16
	0.402	5/8"	1.87	4.65
	0.402	3/4"	2.85	7.09
	0.402	1"	5.06	12.59
	0.402	1 1/4"	7.09	17.64

Fuente: Producción propia

**Para la sección C**

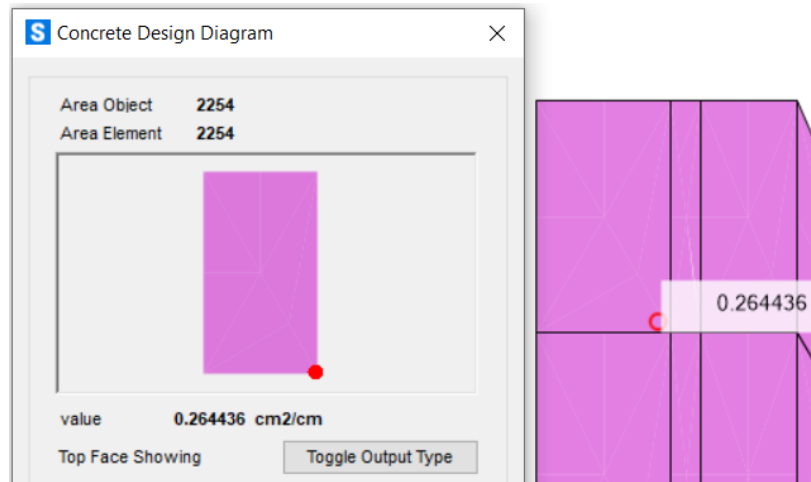


Figura 131. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista TOP del diseño de contrafuertes.

**Tabla 39.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista TOP del diseño de contrafuerte.

C	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	TOP VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.264	3/8"	0.71	2.69
	0.264	1/2"	1.27	4.81
	0.264	5/8"	1.87	7.08
	0.264	3/4"	2.85	10.80
	0.264	1"	5.06	19.17
	0.264	1 1/4"	7.09	26.86

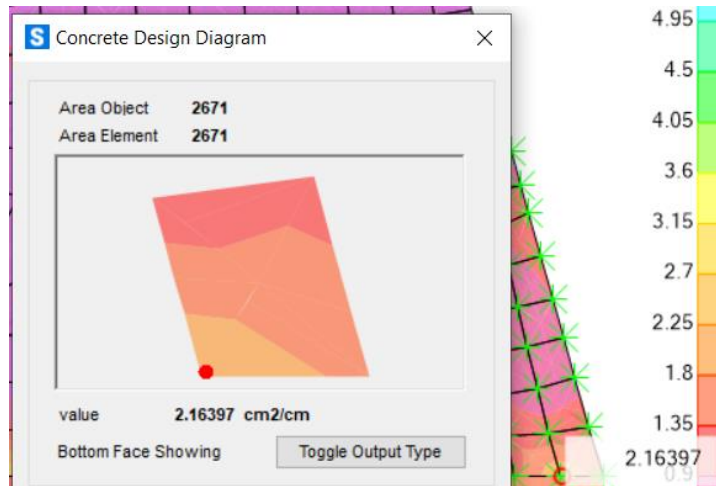
Fuente: Producción propia

- **Acero BOTTOM horizontal**

Del mismo modo se diseñó con la envolvente de relleno de tierra para el diseño de concreto de la vista Bottom del acero horizontal como se aprecia en la figura 97.

Y de igual manera se utilizó la división de la pantalla descrita en la figura 125.

**Para la sección A**



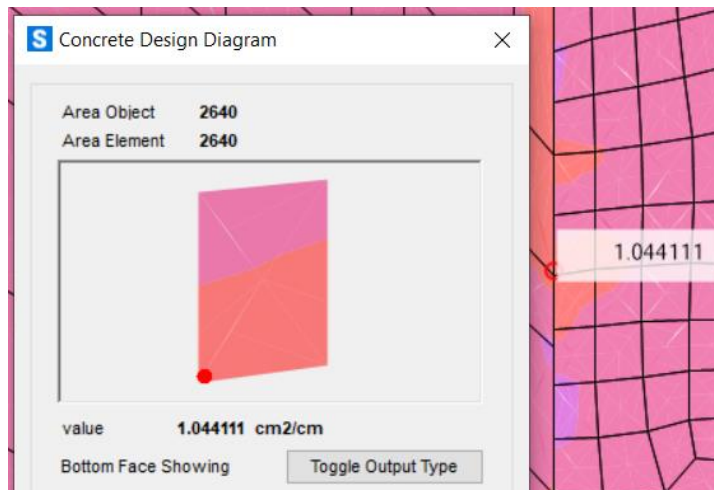
*Figura 132. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.*

**Tabla 40.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte.

A	pmin=0.0018*t		pmin= 0.0828	
	BOTTOM HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamento (cm)
	2.16	3/8"	0.71	0.328703704
	2.16	1/2"	1.27	0.587962963
	2.16	5/8"	1.87	0.865740741
	2.16	3/4"	2.85	1.319444444
	2.16	1"	5.06	2.342592593
	2.16	1 1/4"	7.09	3.282407407

Fuente: Producción propia

**Para la sección B**



*Figura 133. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.*

**Tabla 41.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte.*

B	pmin=0.0018*t		pmin= 0.0828	
	BOTTOM HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	1.044	3/8"	0.71	0.680076628
	1.044	1/2"	1.27	1.216475096
	1.044	5/8"	1.87	1.791187739
	1.044	3/4"	2.85	2.729885057
	1.044	1"	5.06	4.846743295
	1.044	1 1/4"	7.09	6.791187739

Fuente: Producción propia



## Para la sección C

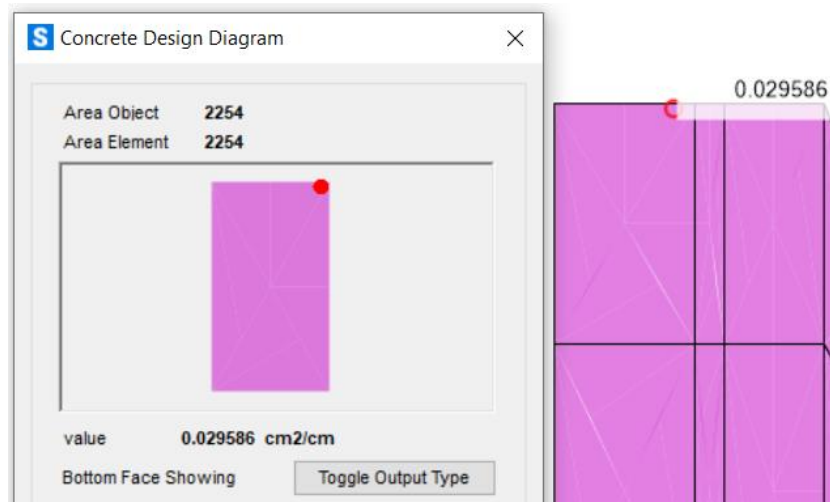


Figura 134. Área de acero horizontal dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.

**Tabla 42.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero horizontal requerida y espaciamento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte.

C	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	BOTTOM HORIZONTAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamento (cm)
	0.0295	3/8"	0.71	24.06779661
	0.0295	1/2"	1.27	43.05084746
	0.0295	5/8"	1.87	63.38983051
	0.0295	3/4"	2.85	96.61016949
	0.0295	1"	5.06	171.5254237
	0.0295	1 1/4"	7.09	240.3389831

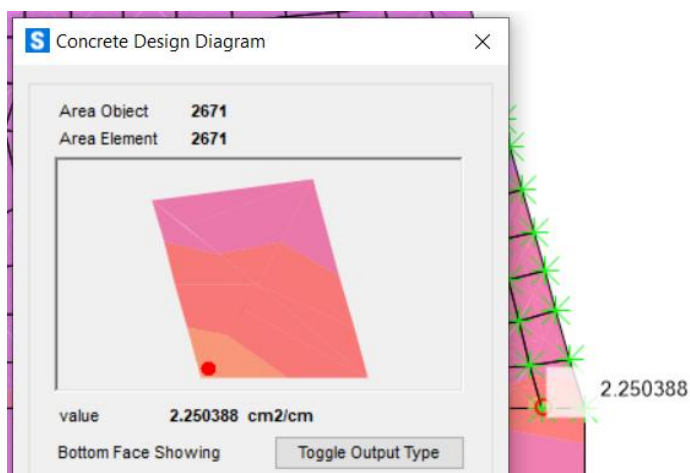
Fuente: Producción propia

- **Acero BOTTOM vertical**

Del mismo modo se diseñó con la envolvente de relleno de tierra para el diseño de concreto de la vista Bottom del acero vertical como se aprecia en la figura 97.

Y de igual manera se utilizó la división de la pantalla descrita en la *figura 125*.

**Para la sección A**



*Figura 135. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección A, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.*

**Tabla 43.** *Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección A, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte.*

A	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	BOTTOM VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	2.25	3/8"	0.71	0.32
	2.25	1/2"	1.27	0.56
	2.25	5/8"	1.87	0.83
	2.25	3/4"	2.85	1.27
	2.25	1"	5.06	2.25
	2.25	1 1/4"	7.09	3.15

Fuente: Producción propia

## Para la sección B

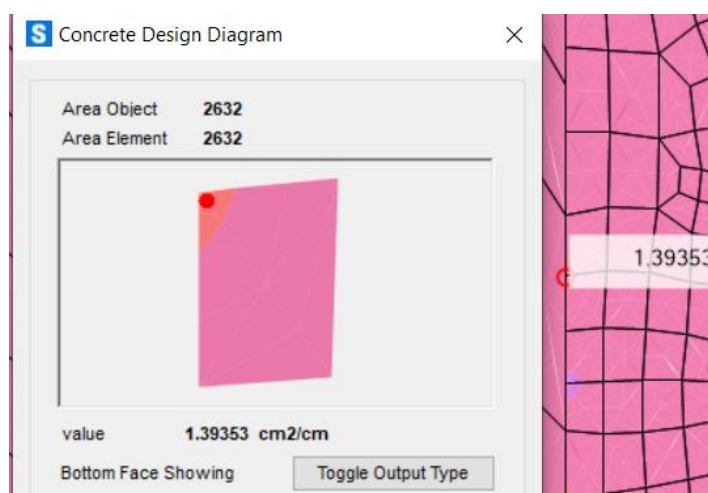


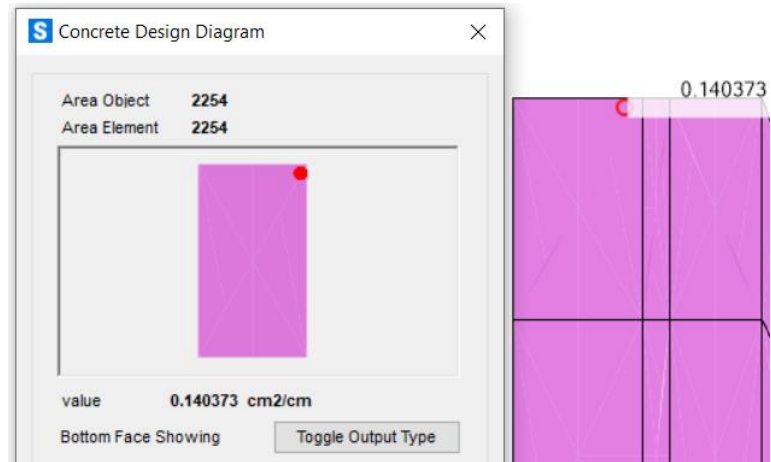
Figura 136. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección B, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.

**Tabla 44.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección B, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte.

B	$\rho_{min}=0.0018*t$		$\rho_{min}= 0.0828$	
	BOTTOM VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	1.394	3/8"	0.71	0.51
	1.394	1/2"	1.27	0.91
	1.394	5/8"	1.87	1.34
	1.394	3/4"	2.85	2.04
	1.394	1"	5.06	3.63
	1.394	1 1/4"	7.09	5.09

Fuente: Producción propia

**Para la sección C**



*Figura 137. Área de acero vertical dentro de un cuadro discretizado para la sección C, vista BOTTOM del diseño de contrafuertes.*

**Tabla 45.** Selección del diámetro de la varilla según al área de acero vertical requerida y espaciamiento conveniente para la sección C, vista BOTTOM del diseño de contrafuerte.

C	pmin=0.0018*t		pmin= 0.0828	
	BOTTOM VERTICAL			
	Area de acero	Diametro de varilla	Area de varilla	Espaciamiento (cm)
	0.14	3/8"	0.71	5.07
	0.14	1/2"	1.27	9.07
	0.14	5/8"	1.87	13.36
	0.14	3/4"	2.85	20.36
	0.14	1"	5.06	36.14
	0.14	1 1/4"	7.09	50.64

Fuente: Producción propia

### 3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos se utilizó la **estadística descriptiva** para el cálculo de frecuencias, parámetros de tendencia central y dispersión, mientras que el contraste de hipótesis se empleó la **estadística inferencial**. El proceso de información se realizó con Excel, y el modelamiento de la estructura se utilizó el programa SAP2000 y Microsoft Excel.

### 3.7. Aspectos éticos

En el trabajo de investigación se tomó en cuenta las citas y referencias como estipula las normas APA e ISO 690 y 690-2, también se respetará la validez de los resultados, pertenencia intelectual de los creadores, fidelidad de la data obtenida y la afinidad de las personas que forman parte del estudio.

### Aspectos administrativos

#### Recursos

En la presente investigación se empleó una variedad de recursos tales como: recursos humanos, bienes, servicios y equipos.

#### Presupuesto

El presupuesto comprende los recursos a continuación: recursos humanos, bienes, equipos y servicios que son descritos en la siguiente tabla, esta incluye unidades, cantidades, precios unitarios y el monto total que asciende la presente investigación.

**Tabla 46.** *Presupuesto*

ÍTEMS	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (S/.)
<b>A. Recursos Humanos</b>		<b>S/. 3400.00</b>
Investigador Asesor	S/. 1000.00	
Personal Obrero	S/. 450.00	
Movilidad	S/. 200.00	
Laboratorio de suelos	S/. 1000.00	
Curso SAP2000V.22	S/. 750.00	

ÍTEMS	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (S/.)
<b>B. Recursos Materiales</b>		<b>S/. 700.00</b>
Material Bibliográfico	S/. 100.00	
Fotocopias e Impresiones	S/. 200.00	
Servicio de Internet	S/. 400.00	
<b>C. Recursos Tecnológicos</b>		<b>S/.5000.00</b>
Laptop	S/. 5000.00	
<b>C. Otros</b>		<b>S/300.00</b>
Viáticos	S/. 300.00	
<b>TOTAL:</b>		<b>S/. 9400.00</b>

Fuente: Producción Propia

### Financiamiento

La investigación fue financiada por los investigadores interesados.

### Cronograma de ejecución

La investigación comprende un programa de 10 actividades que fueron desarrollados en un lapso de tiempo de 16 semanas.

**Tabla 47. Cronograma**

CRONOGRAMA																
ACTIVIDADES	M1				M2				M3				M4			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Elaboración del proyecto de investigación	■	■	■													
Revisión bibliográfica	■	■	■													
Construcción y validación de instrumentos				■												
Determinación de población y muestra de					■											
Solicitud a municipio de Poroy						■										
Trabajo de Campo							■									
Desarrollo de la experimentación								■								
Procedimiento									■	■	■					
Analisis e interpretación de datos											■	■				
Construcción de informe final													■	■		
Revisión del informe final															■	
<b>Sustentación</b>																■

Fuente: Producción Propia

#### IV. RESULTADOS

- **Memoria descriptiva**

**Nombre de la tesis:**

“Mejoramiento del diseño estructural de la presa de contrafuertes con relleno de tierra Chuspiyoc, Poroy, Cusco – 2021”

**Ubicación política:**

La represa Chuspiyoc está ubicado en la Comunidad Campesina de Huampar, Distrito de Poroy, Provincia de Cusco y Región Cusco.



Figura 138. Mapa político del Perú



Figura 139. Mapa de la Región Cusco



Figura 140. Mapa provincia de Cusco



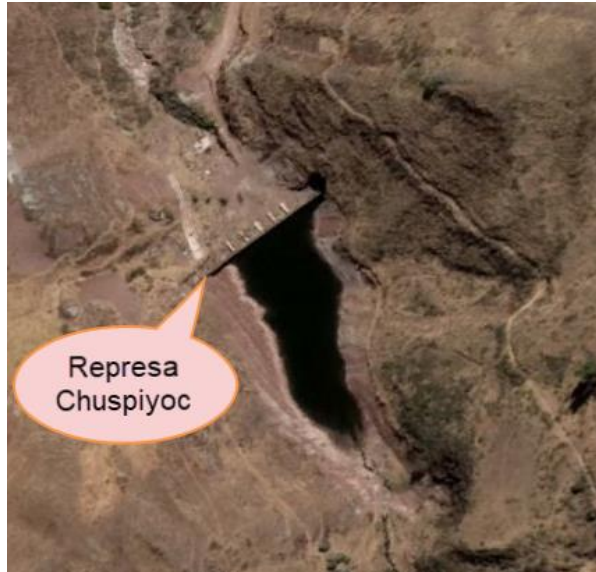
Figura 141. Mapa Distrito de Poroy

**Ubicación geográfica:**

Latitud Sur: 13° 31'18"

Longitud Oeste: 72° 01'04"

Altitud: 3,788 msnm



*Figura 142.* Ubicación represa Chuspiyoc

**Primer objetivo específico: Determinar la influencia del relleno de tierra en el predimensionamiento de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021**

A continuación, Morales nos recomienda en su libro "Diseño en concreto Armado" tomar los siguientes intervalos para el predimensionamiento de la estructura en estudio cabe recalcar que el siguiente cálculo está sujeto a las verificaciones de estabilidad y por ende de no cumplir se volverá a dimensionar la estructura. A continuación, se muestran los siguientes resultados representados en la *figura 143, 144 y la tabla 46.*





**Tabla 48. Resultados del predimensionamiento**

**Dimensiones de la geometría del muro y contrafuerte asumido**

Altura total del muro	H =	16.50 m
Altura de pantalla	hp =	15.30 m
Altura de la Zapata	hz =	1.20 m
Espesor superior de la p	t <sub>1</sub> =	0.50 m
Espesor inferior de la p	t <sub>2</sub> =	1.65 m
Ancho total de la base	B =	9.00 m
Longitud del pie	B2 =	1.82 m
Longitud del talon	B1 =	5.53 m
Espaciamiento entre los	s =	5.60 m
Espesor de los contrafu	b =	0.35 m

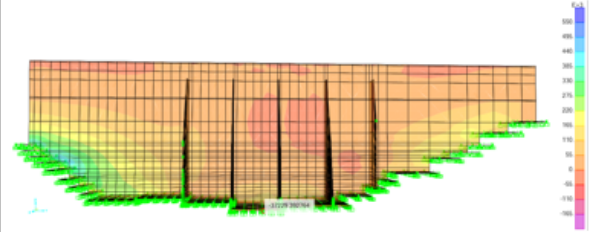
Fuente. Producción propia

**Interpretación:** De la tabla anterior se obtuvo como resultado que el predimensionamiento de la estructura en estudio depende de la altura de la misma, el cual fue determinado por la altura de la estructura ya existente.

**Segundo objetivo específico: Determinar los efectos del relleno de tierra en la estabilidad del volteo, deslizamiento y capacidad admisible del terreno de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco – 2021.**

Los datos obtenidos de para la verificación de estabilidad del volteo, deslizamiento y capacidad admisible del terreno se obtuvieron del programa Sap2000v.22 tal como se muestra en la siguiente *tabla 47*.

RESUMEN DE FUERZAS Y MOMENTOS EN LA PRESA (SAP2000V.22)			
SIMBOLO	CARGA	FUERZA	MOMENTO
		T	T-M
G	PESO DE LA ESTRUCTURA	2691.87303	17221.67887
EP	EMPUJE PASIVO	7246.05808	33952.12204
Wh	CARGA HIDROSTATICA	-1268.31018	-7394.248328
P	FUERZA POR OLEAJE	-2136.08599	-12451.9322
Wa	FUERZA DE PRESIÓN POR AZOLVES	-628.06497	-3661.195242
S	FUERZA SISMICA	-557.069496	-3247.339507
PR	PESO DEL RELLENO	2755.43534	7937.94418



**POR DESLIZAMIENTO**

$$FSD = \frac{H_r}{H_a} = \frac{\mu \cdot N}{\frac{K_a \cdot \gamma \cdot H^2}{2}} = \frac{12693.37}{4589.53}$$

FSD = 2.77	>	1.50	OK
------------	---	------	----

**POR VOLTEO**

$$FSV = \frac{M_r}{M_a} = \frac{M_r}{\frac{K_a \cdot \gamma \cdot H^2}{2} \cdot \frac{H}{3}} = \frac{59111.75}{26754.72}$$

FSV = 2.21	>	2.00	OK
------------	---	------	----

Tabla 49. Resultados obtenidos de la estabilidad al Deslizamiento y Volteo con relleno de tierra.

Tabla 50. Cuadro comparativo del Factor de Seguridad al Deslizamiento y Volteo entre la investigación (con relleno de tierra) y el expediente (sin relleno de tierra)

Factor de Seguridad	De la Investigación	Del expediente
Deslizamiento	3.25	2.11
Volteo	2.74	2.35

Fuente: Producción Propia



Figura 145 Comparación de los factores de Seguridad con relleno y sin relleno de tierra.

**Interpretación:** El factor de seguridad al deslizamiento obtenido del expediente técnico tiene un valor de 2.11, con la adición del relleno de tierra este valor incrementó a 3.25, esta variación representa el 54% del incremento del factor de seguridad dado.

El factor de seguridad al volteo obtenido del expediente técnico tiene un valor de 2.35, con la adición del relleno de tierra este valor incrementó a 2.74, esta variación representa el 17% del incremento del factor de seguridad dado.

**PRESIONES SOBRE EL TERRENO**

$$X_0 = \frac{M_r - M_a}{P} = \frac{32357.03}{12693.37} \quad \boxed{X_0 = 2.549 \text{ m}} \quad B = 9.0$$

$$e \leq \frac{B}{6} \quad 1.5 \geq \quad \boxed{e = 2.108 \text{ m}} \quad \text{MAL}$$

Distribucion Triangular

*Figura 146.* Primera Iteración para la verificación de la capacidad admisible del terreno

**PRESIONES SOBRE EL TERRENO**

$$X_0 = \frac{M_r - M_a}{P} = \frac{46638.13}{14925.61} \quad \boxed{X_0 = 3.125 \text{ m}} \quad B = 11.0$$

$$e \leq \frac{B}{6} \quad 1.833333333 \geq \quad \boxed{e = 1.793 \text{ m}} \quad \text{OK}$$

Distribucion Trapezoidal

408.01

$$q_1 = \frac{P}{B} \left[ 1 + \frac{6e}{B} \right] = 37.55$$

como:

$$q_2 = \frac{P}{B} \left[ 1 - \frac{6e}{B} \right] = 35.62$$

$q_1 = 37.55 \text{ Tn/m}^2$   
 $\sigma_{ADM} = 40.00 \text{ Tn/m}^2$

OK

*Figura 147.* Segunda Iteración para la verificación de la capacidad admisible del terreno

**Interpretación:** Para verificar la capacidad admisible del terreno se redimensionó la zapata de la estructura, incrementando en un metro la longitud proporcionalmente en todo el largo de la zapata y en ochenta centímetros el espesor de la zapata de igual manera, lo cual representa un incremento de 83% del peso total de la estructura.

**Tercer objetivo específico: Determinar la influencia del relleno de tierra en la verificación de la resistencia de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco – 2021**

La estructura en estudio fue diseñada contemplando la normativa American Concrete Institute (ACI 318-19) la cual está incluida en el programa SAP2000v.22 utilizado. Tales áreas del acero requerido se muestran en las siguientes *tablas 48, 49 y 50*.

**Tabla 51.** Cuadro resumen de la cantidad del Acero requerido para la pantalla

Pantalla						
TOP	Horizontal			VERTICAL		
Sector	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento (cm)	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento (cm)
A	0.1	5/8"	19.80	0.22	3/4"	13.00
B	0.261	3/4"	11.00	0.125	3/4"	23.00
C	0.166	5/8"	12.00	0.022	3/8"	32.00
BOTTOM	Horizontal			VERTICAL		
Sector	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento (cm)	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento (cm)
A	0.584	1"	8.50	0.585	1"	9.00
B	1.029	1 1/4"	7.50	0.708	1"	7.50
C	0.996	1 1/4"	8.00	0.478	1"	11.00

Fuente: Producción propia

**Tabla 52.** Cuadro resumen de la cantidad del Acero requerido para la zapata

Zapata						
TOP	Horizontal			VERTICAL		
Sector	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento (cm)	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento (cm)
A	0.729	1"	7	0.1518	3/4"	20.00
B	0.137	5/8"	14	0.565	1"	9.00
C	0.3	3/4"	10	0.1167	5/8"	16.00
BOTTOM	Horizontal			VERTICAL		
Sector	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento (cm)	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento (cm)
A	0.1518	3/4"	20	0.1518	3/4"	20.00
B	0.119	5/8"	15	0.077	1/2"	15.00
C	0.258	3/4"	27	0.102	5/8"	18.00

Fuente: Producción propia

**Tabla 53.** Cuadro resumen de la cantidad del Acero requerido para el contrafuerte

Contrafuerte						
TOP	Horizontal			VERTICAL		
Sector	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento
A	0.5	1"	10	0.1518	1"	10.00
B	0.1518	3/4"	20	0.1518	3/4"	20.00
C	0.1518	3/4"	20	0.1518	3/4"	20.00
BOTTOM	Horizontal			VERTICAL		
Sector	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento	Área del Acero	Diámetro de la varilla	Espaciamiento
A	0.5	1"	10	0.1518	1"	10.00
B	0.1518	3/4"	20	0.1518	3/4"	20.00
C	0.1518	3/4"	20	0.14	3/4"	20.00

Fuente: Producción propia

**Interpretación:** Se diseñó con los datos obtenidos del programa SAP2000v.22, de tal forma que estos resultados fueron revisados para que así cumpla con la cuantía mínima ya establecida por la norma ACI 318-19.

## V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados para el **primer objetivo**, se calculó el predimensionamiento de la tesis de Gonzales (2018) de la misma manera que en nuestra investigación para su respectiva comparación los cuales se muestran en la *figura 148* y *149* respectivamente, seguidamente se obtuvo una relación entre la altura total de la estructura y las dimensiones de ésta, tal como se muestra en la *tabla 51*.

PREDIMENSIONAMIENTO				
H = 16.50				
ANCHO DE LA BASE:	$0.5 \cdot H < B < 0.7 \cdot H$	→	$8.25 < 9.00 < 11.55$	OK
ALTURA DE ZAPATA:	$hz \geq 40 \text{ cm}$	→	$1.20 \geq 0.40$	OK
LONGITUD DEL PIE:	$B/5 \leq B2 \leq B/3$	→	$1.80 \leq 1.82 \leq 3.00$	OK
ESPESOR SUPERIOR DE LA PANTALLA:	$t1 \geq 20 \text{ cm}$	→	$0.50 \geq 0.20$	OK
ESPESOR INFERIOR DE LA PANTALLA:	$t2 \geq H/10$	→	$1.65 \geq 1.65$	OK
LONGITUD DEL TALON:	$B1 = B - F - P$	→	$5.53 = 5.53$	OK
ESPACIAMIENTO DE CONTRAFUERTE:	$H/3 < s < 2H/3$	→	$5.50 < 5.60 < 11.00$	OK
ESPESOR DE CONTRAFUERTE:	$b \geq 20 \text{ cm}$	→	$0.35 \geq 0.20$	OK
<b>Dimensiones de la geometría del muro y contrafuerte asumido</b>				
Altura total del muro	H =	16.50 m		
Altura de pantalla	hp =	15.30 m		
Altura de la Zapata	hz =	1.20 m		
Espesor superior de la pantalla	t <sub>1</sub> =	0.50 m		
Espesor inferior de la pantalla	t <sub>2</sub> =	1.65 m		
Ancho total de la base	B =	9.00 m		
Longitud del pie	B2 =	1.82 m		
Longitud del talon	B1 =	5.53 m		
Espaciamento entre los contrafue	s =	5.60 m		
Espesor de los contrafuertes	b =	0.35 m		

*Figura 148.* Dimensionamiento de la estructura del proyecto de investigación

## PREDIMENSIONAMIENTO GONZALES

<b>H = 5.00</b>				
ANCHO DE LA BASE:	$0.5 \cdot H < B < 0.7 \cdot H$	→	2.50 < 3.40 < 3.50	OK
ALTURA DE ZAPATA:	$hz \geq 40 \text{ cm}$	→	0.40 ≥ 0.40	OK
LONGITUD DEL PIE:	$B/5 \leq B2 \leq B/3$	→	0.68 ≤ 0.68 ≤ 1.13	OK
ESPESOR SUPERIOR DE LA PANTALLA:	$t1 \geq 20 \text{ cm}$	→	0.20 ≥ 0.20	OK
ESPESOR INFERIOR DE LA PANTALLA:	$t2 \geq H/10$	→	0.60 ≥ 0.50	OK
LONGITUD DEL TALON:	$B1 = B - F - P$	→	2.12 = 2.12	OK
ESPACIAMIENTO DE CONTRAFUERTE:	$H/3 < s < 2H/3$	→	1.67 < 2.50 < 3.33	OK
ESPESOR DE CONTRAFUERTE:	$b \geq 20 \text{ cm}$	→	0.20 ≥ 0.20	OK

### Dimensiones de la geometría del muro y contrafuerte asumido

Altura total del muro	H =	5.00 m
Altura de pantalla	hp =	4.60 m
Altura de la Zapata	hz =	0.40 m
Espesor superior de la pantalla	t <sub>1</sub> =	0.20 m
Espesor inferior de la pantalla	t <sub>2</sub> =	0.60 m
Ancho total de la base	B =	3.40 m
Longitud del pie	B2 =	0.68 m
Longitud del talon	B1 =	2.12 m
Espaciamento entre los contrafuert	s =	2.50 m
Espesor de los contrafuertes	b =	0.20 m

*Figura 149.* Dimensionamiento de la estructura de la tesis de Gonzales (2018)



**Tabla 54.** Cuadro comparativo de la relación entre la altura y dimensiones en porcentaje de la investigación propia y la tesis Gonzales (2018) para discusión.

Dimensiones	Investigación Propia	Investigación Gonzales
Altura total del muro	16.50 m	5.00 m
Altura de pantalla	1.08%	1.09%
Altura de la Zapata	13.75%	12.50%
Espesor superior de la pantalla	33.00%	25.00%
Espesor inferior de la pantalla	10.00%	8.33%
Ancho total de la base	1.83%	1.47%
Longitud del pie	9.07%	7.35%
Longitud del talon	2.98%	2.36%
Espaciamiento entre los contrafuertes	2.95%	2.00%
Espesor de los contrafuertes	47.14%	25.00%

Fuente: Producción Propia

De lo expuesto, se coincide con lo calculado por Gonzales (2018) en la gran mayoría de las dimensiones de la estructura excepto en el espesor de los contrafuertes cuyos valores varían de 47.14% a 25.00% con respecto a la altura de la investigación y Gonzales (2018) respectivamente.



Figura 150. Gráfica comparativa de la investigación y Gonzales (2018)

Dentro del **segundo objetivo**, las verificaciones de estabilidad para volteo, deslizamiento y capacidad admisible satisfacen los factores de seguridad tal como se muestra en la *tabla 52 y 53* respectivamente.

**Tabla 55.** Cuadro de comparación de los factores de estabilidad al volteo y deslizamiento entre la investigación y Parrayes (2020).

Factor de Seguridad		De la Investigación	De Parrayes (2020)
Deslizamiento	1.5	3.25	1.85
Volteo	2	2.74	3.12

Fuente: Producción Propia



*Figura 151.* Representación Gráfica del F.S. al deslizamiento entre la investigación y Parrayes (2020).



*Figura 152.* Representación Gráfica del F.S. al volteo entre la investigación y Parrayes (2020).

**Tabla 56.** Cuadro de comparación de la verificación capacidad admisible del terreno entre la investigación y Parrales (2020).

Verificación de la Capacidad Admisibile del	De la Investigación (kg/cm <sup>2</sup> )	De Parrales (2020) (kg/cm <sup>2</sup> )
Presión máxima del terreno	3.75	1.54
Capacidad Admisibile del	4	2.59

Fuente: Producción Propia



**Figura 153.** Representación Gráfica de Verificación Capacidad Admisibile del terreno de la investigación.



**Figura 154.** Representación Gráfica de Verificación Capacidad Admisibile del terreno de Parrales (2020).

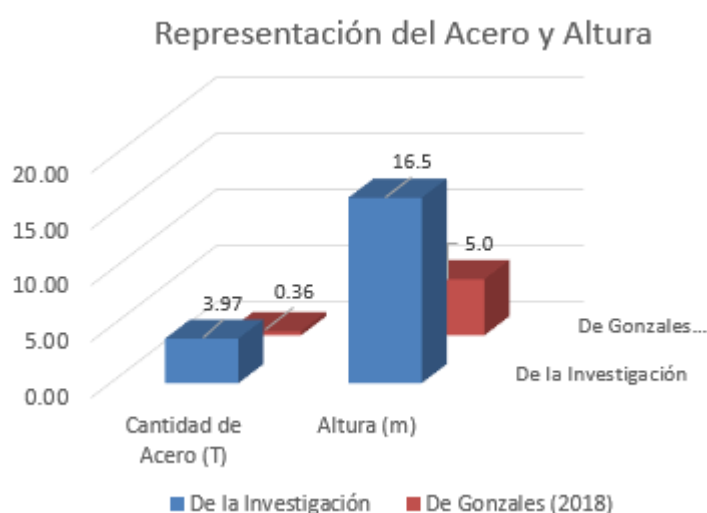
De lo expuesto, se coincide con lo calculado por Parrales (2020) donde establece que el factor de seguridad al deslizamiento es mayor al factor de seguridad requerido, de la misma manera para el factor de seguridad al volteo. Para la verificación de capacidad admisible del terreno la relación entre presión máxima del terreno y capacidad admisible de ésta excede en un 34% la investigación de Parrales (2020)

Para el **tercer objetivo** se obtuvo la cantidad del acero necesario para un ancho efectivo de 1 metro de la investigación y Gonzales (2018) para sus alturas respectivas, como se aprecia en la *tabla 54*.

**Tabla 57.** Cuadro comparativo de la cantidad de Acero y Altura entre la investigación y Gonzales (2018).

Acero	De la Investigación	De Gonzales (2018)
Cantidad de Acero (T)	3.97	0.36
Altura (m)	16.5	5.0

Fuente: Producción Propia



*Figura 155.* Representación gráfica del acero y altura entre la Investigación y Gonzales (2018)

De lo expuesto, se discrepa con lo calculado por Gonzales (2018) ya que la relación entre acero y altura para la investigación es del 24% mientras que para Gonzales (2018) es del 7% teniendo así una diferencia del 17%.

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que el predimensionamiento cambió respecto a lo ejecutado debido a los intervalos establecidos según Morales (2016), siendo este cambio en relación al espesor inferior de la pantalla y la longitud del talón lo cual está en función de la altura total de la estructura mas no del relleno de tierra.
- Se determinó que el relleno de tierra mejoró las verificaciones de estabilidad tanto al deslizamiento como en el volteo, siendo el valor del factor de seguridad al volteo 2.74, esta variación representa el 17% del incremento del factor de seguridad dado, sin el relleno de tierra y el factor de seguridad al deslizamiento 3.25, esta variación representa el 54% del incremento del factor de seguridad dado sin relleno de tierra.
- Además, se concluye que el espesor de la zapata se incrementó en 1.00m de largo y 0.8m de espesor para asegurar las presiones del terreno, esto según la verificación de la capacidad admisible del terreno.
- Se concluyó que el relleno de tierra influye en el trabajo de los contrafuertes, ya que en el proyecto los contrafuertes solo trabajan a compresión, pero la presencia del relleno de tierra trabaja también a tensión motivo por el cual se necesita más acero en los contrafuertes, incrementando el metrado de acero colocado en obra en 230%

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda incrementar el espesor de la zapata en 0.80 m y la longitud de la zapata en 1.00 m a lo largo de toda la estructura para asegurar la estabilidad de presiones del terreno.
- Se recomienda incrementar el recubrimiento del acero en los contrafuertes de 4cm a 10cm para evitar la oxidación del acero por el contacto directo con el relleno de tierra, de lo contrario disminuirá el tiempo de vida útil de la estructura hidráulica.
- Por la importancia de la estructura y la presencia de la comunidad campesina de Chuspiyoc se recomienda hacer el diseño para las situaciones extremas como las combinaciones de ola máxima, efecto sísmico extremo y empuje hidrostático en el nivel de aguas extremo (NAME).

## REFERENCIAS

- CUZCO, Julio Cesar. 2018.** *Comparación del comportamiento estructural de muros de contención en gravedad, voladizo y contrafuertes.* Cajamarca. URL: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2533>
- GONZALES, Ruddy. 2018.** *Evaluación técnica y económica de muro de contención para la ampliación de vía en la ladera del pasaje Jorge Chávez en el distrito de san Bartolomé - provincia de Huarochirí.* Lima URL: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24346>
- TRINIDAD, Harold. 2020.** *Análisis comparativo de muros de contención para la estabilización de talud en el centro poblado La Candelaria -Huaral.* Lima.
- PARRALES, Geovanny. 2018.** *Diseño geométrico y estructural de muro de contención sobre margen izquierdo del estero Tusa-Jipijapa entre calles Tungurahua y Montalvo.* Manabí.
- RODRÍGUEZ, Francisco. 2018.** *Análisis de Rompimiento de Presas Aplicado al embalse el Quillay, Río Combarbalá.* Valparaíso.
- RIVERA, José Luis. 2021.** *Diseño de muro de contención en la calle Quito, entre 9 de octubre e Imbabura, costado derecho de la ciudad de Jipijapa.* Manabí.
- ALVAREZ, Michael, MARTINEZ, José, ALVAREZ, Lamberto. 2017.** *Simulación físico-numérica para evaluar el comportamiento sismo resistente en presas de tierra.* Cuba
- CAMPOS Alex, AGUADO Antonio, CRUSELLS Miquel. 2010.** *Modelización y análisis del comportamiento estructural de la presa Mequinenza.* Barcelona
- RUESTA Pedro, DÍAZ Jorge, ALVA Jorge. 2018.** *El coeficiente sísmico en el diseño de presas de tierra y de enrocado.* Perú.
- LÉGER, Pierre y JAVANMARDI, Farrokh. 2007.** *Seismic stability of concrete gravity dams strengthened by rockfill buttressing.* Montreal. URL: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2006.06.008>
- HSIEH, Pio-Go y OU, Chang-Yu, 2018.** *Mechanism of buttress walls in restraining the wall deflection caused by deep excavation.* Taiwan.. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.09.004>
- MEJÍA, L. H., SUN, J.L., LEUNG, K.K. 2005.** *Seismic upgrade of hydraulic fill dam by buttressing.* San Francisco. URL: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2004.11.028>
- APIA XXI Ingenieros y Arquitectos Consultores. 2007.** *Manuales Técnicos para el Diseño de Carreteras.* La paz : ABC Administradora Boliviana de Carreteras, 2007.
- Arias Odón, Fidas Gerardo. 2012.** *El proyecto de Investigación.* Caracas : Editorial EPISTEME,C.A., 2012. ISBN: 980-07-8529-9.
- Cabezas Mejia, Edison Damián, Andrade Naranjo, Diego y Torres Santamaría, Johana. 2018.** *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica.* Sangolquí : Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018. ISBN: 978-9942-765-44-4.
- Carrasco Díaz, Sergio. 2006.** *Metodología de la Investigación Científica.* Lima : San Marcos, 2006. ISBN: 9972-34-242-5.
- Das, Braja M. 2015.** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* México : Cengage Learning, 2015. 978-607-519-373-1.

**Dirección de Normatividad Vial. 2014.** *Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima : Biblioteca Nacional del Perú, 2014. R.D. N° 10-2014-MTC/14.

**Dirección General de Normatividad Vial. 2015.** *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima : Biblioteca Nacional del Perú, 2015. R.D. N° 22-2013-MTC/14.

**Gómez Bastar, Sergio. 2012.** *Metodología de la Investigación.* Estado de México : Red Tercer Milenio, 2012. ISBN: 978-607-733-149-0.

**Jimenez Salas, J. A., De Justo Alpañes, J. L. y Serrano Gonzales, Alcibíades A. 1981.** *Geotecnia y Cimientos II Mecánica del Suelo y de las Rocas.* Madrid : Editorial Rueda, 1981. ISBN:84-7207-021-2.

**Juárez Badillo, Eulalio y Rico Rodríguez, Alfonso. 2005.** *Mecánica de Suelos.* México : Limusa Noriega Editores, 2005. 968-18-0069-9.

**Lera, José. 1999.** 40 años de tragedia de Ribadelago, en la que murieron 144 personas. *EL PAÍS.* 09 de Enero de 1999, pág. 2.

**Martín Carrasco, Francisco Javier y Garrote de Marcos, Luis. 2001.** *Dimensionamiento y Optimización de obras Hidráulicas.* España : Servicio de Publicaciones Colegio I.C.C.P, 2001. ISBN:84-380-0310-9.

**Martínez Ruíz, Héctor. 2012.** *Metodología de la Investigación.* México D F : Cengage Learning Editores, S.A., 2012. ISBN 13: 978-607-481-766-9.

**Martínez, Julio. 2020.** *¿Qué sabemos sobre las roturas de represas?* Instituto Geofísico del Perú IGP, Ministerio del Ambiente. 2020. pág. 3.

**Matilde y Gonzáles Caballero, Matilde. 2001.** *El terreno.* Barcelona : Universidad Politécnica de Catalunya SL, 2001. ISBN: 84-8301-530-7.

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016.** *Manual de Ensayo de Materiales.* Lima : s.n., 2016.

**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2018.** Resolución Ministerial que modifica la norma Técnica E0.50 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones. *El Peruano.* 3 de Diciembre de 2018.

**Mora Araujo, Manuel, y otros. 1971.** *Medición y Construcción de Índices.* Buenos Aires : Nueva Visión, 1971.

**Morales Morales, Roberto. 2016.** *Diseño en Concreto Armado.* Lima : Fondo Editorial ICG (Instituto de la Construcción y Gerencia), 2016. ISBN.

**Ñaupas Paitán, Humberto, y otros. 2018.** *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis.* Bogotá : Ediciones de la U, 2018. ISBN 978 - 762 - 876 - 0.

**Sandoval, Erazo Washington. 2018.** *Diseño de obras Hidrotécnicas.* Quito : Universidad de las fuerzas Armadas-ESPE, 2018. Vol. 3. ISBN: 978-9942-30-945-7.



**Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. 2020.** *Norma E.0.30 Diseño Sismorresistente (RNE)*. Lima : Gerencia de Investigación y Normalización de SENCICO, 2020. ISBN: 978-612-48427-0-2.

**Suarez Diaz, Jaime. 1998.** *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales* . Bucaramanga : Ingeniería de Suelos Ltda., 1998. ISBN.

**Terzagui, Karl y Peck, Ralph B. 1963.** *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica*. Barcelona - Buenos Aires - Caracas - Lima - México - Montevideo - Río de Janeiro : El Ateneo, 1963. 84-7021-020-J.

## ANEXOS

Matriz Operacional

### MEJORAMIENTO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PRESA DE CONTRAFUERTES CON RELLENO DE TIERRA CHUSPIYOC, POROY, CUSCO – 2021

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO / UTM	ESCALA	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
<b>VI:</b> Relleno de tierra	El relleno de tierra es la conformación y acomodo mediante capas horizontales compactadas del material excedente o aledaño a la zona de una manera uniforme teniendo siempre el cuidado necesario para evitar presiones y daños en la estructura. (Dirección General de Normatividad Vial, 2015)	La variable <b>V1: Relleno de tierra</b> se operacionaliza mediante sus dimensiones que representan las características; <b>D1:</b> Empuje de Suelos. A su vez esta dimensión se subdivide en tres indicadores.	<b>D1:</b> Empuje de Suelos	I1: Muestra de suelo I2: Ángulo de fricción Interna I3: Cohesión  I4: Peso Específico	Ensayos de laboratorio	Razón	<b>Tipo:</b> Aplicada  <b>Diseño:</b> Experimental  <b>Nivel:</b> Explicativo  <b>Enfoque:</b> Cuantitativo
<b>VD:</b> Diseño estructural	Diseño estructural está definido como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada como contener un empuje con el objetivo de cumplir la función a la que está destinada con un grado de seguridad razonable y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio (Morales Morales, 2016)	La variable <b>V2: Diseño Estructural</b> se operacionaliza mediante sus dimensiones que representan las características; <b>D1:</b> Predimensionamiento, <b>D2:</b> Factor de Seguridad al Volteo y <b>D3:</b> Factor de Seguridad al Deslizamiento. A su vez cada una de estas dimensiones se subdividen en tres indicadores.	<b>D1:</b> Predimensionamiento	I1: Altura de la Presa I2: Peso específico del concreto I3: Resistencia a la compresión del concreto	Ensayos de laboratorio	Razón	<b>Población:</b> Represa con contrafuertes  <b>Muestra:</b> Muestra de suelo  <b>Muestreo:</b> No probabilístico  <b>Técnica:</b> Observación directa  <b>Instrumento:</b> Ensayos de laboratorio (Corte directo y peso volumétrico)
		<b>D2:</b> Estabilidad al Volteo, deslizamiento y capacidad admisible del terreno	I1: Momentos Actuantes, Momentos Resistentes I2: Fuerzas Actuantes, Fuerzas Resistentes I3: Peso de la Estructura				
		<b>D3:</b> Verificación de la Resistencia	I1: Momento Ultimo I2: Área de Acero I3: Cuantía de diseño				

Matriz de Consistencia

MEJORAMIENTO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PRESA DE CONTRAFUERTE CON RELLENO DE TIERRA CHUSPIYOC, POROY, CUSCO – 2021

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores				
			Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	
¿De qué manera influye la incorporación de <b>relleno de tierra</b> en el <b>diseño estructural</b> de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021?	Determinar la influencia de la incorporación de <b>relleno de tierra</b> en el <b>diseño estructural</b> de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021	La incorporación de <b>relleno de tierra</b> influye significativamente en el <b>diseño estructural</b> de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021	Relleno de Tierra	Empuje de Suelos	I1: Muestra de suelo	Calicata	
					I2: Ángulo de fricción Interna	Ensayo de Corte Directo	
					I3: Cohesión	Ensayo de Peso Volumétrico	
					I4: Peso Específico		
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	
¿De qué manera influye el <b>relleno de tierra</b> en el <b>predimensionamiento</b> de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021?	Determinar la influencia del <b>relleno de tierra</b> en el <b>predimensionamiento</b> de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021	El <b>relleno de tierra</b> influye significativamente en el <b>predimensionamiento</b> de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021	Diseño Estructural	Predimensionamiento	I1: Altura de la Presa I2: Peso específico del concreto I3: Resistencia a la compresión del concreto	Modelamiento en Software (SAP2000, M. Excel)	
¿Qué efectos produce el <b>relleno de tierra</b> en la <b>estabilidad al volteo, deslizamiento y capacidad admisible del terreno</b> de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021?	Determinar los efectos del <b>relleno de tierra</b> en la <b>estabilidad al volteo, deslizamiento y capacidad admisible del terreno</b> de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021	El <b>relleno de tierra</b> afecta significativamente en la <b>estabilidad al volteo, deslizamiento y capacidad admisible del terreno</b> de la presa de contrafuertes Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021			Estabilidad al Volteo, deslizamiento y capacidad admisible del terreno	I1: Momentos Actuantes, Momentos Resistentes I2: Fuerzas Actuantes, Fuerzas Resistentes I3: Peso de la Estructura	Modelamiento en Software (SAP2000, M. Excel)
¿Cuáles son los efectos del <b>relleno de tierra</b> en la <b>verificación de la resistencia</b> de la presa Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021?	Determinar los efectos del <b>relleno de tierra</b> en la <b>verificación de la resistencia</b> de la presa Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021	El <b>relleno de tierra</b> afecta significativamente en la <b>verificación de la resistencia</b> de la presa Chuspiyoc, Poroy, Cusco - 2021				Verificación de la Resistencia	I1: Momento Ultimo I2: Área de Acero I3: Cuantía de diseño



# MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE POROY

CREACION POLITICA 20 DE FEBRERO DE 1941 MEDIANTE LEY N° 9335  
CUSCO - PERU



*Poroy Forjando su Desarrollo*

Poroy, 04 de noviembre de 2021

**Bachs. Bustamante Suma Elir Withney & Calla Humpiri Boris Emanuel**  
**Tesistas del proyecto de Investigación "MEJORAMIENTO DEL DISEÑO**  
**ESTRUCTURAL DE LA REPRESA DE CONTRAFUERTE CON RELLENO DE**  
**TIERRA CHUSPIYOC, POROY, CUSCO – 2021"**

Yo **Elvis Cris Conza Berrocal**, Gerente de Infraestructura Desarrollo Urbano de la Municipalidad distrital de Poroy identificado con DNI 41752463 Por medio de la presente, **AUTORIZO EL PERMISO PARA EXTRACCION DE MUESTRA DE SUELO Y USO DE DATOS GEOTECNICOS** del expediente tecnico "Construcción de represa para cosecha de agua en el sector de Chuspiyoc en la C.C. de Huampar, distrito de Poroy, provincia de Cusco, Cusco" motivo de la solicitud N°001-2021.

En virtud del proyecto de investigación brindo la siguiente autorización de los señores tesistas antes mencionados, para los fines que ellos vean por conveniente

Atentamente

**Ing. Elvis Cris Conza Berrocal**  
**Gerente de Infraestructura**  
**Desarrollo Urbano**



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE POROY

**Ing. Elvis Cris Conza Berrocal**  
**GERENTE DE INFRAESTRUCTURA**  
**DESARROLLO URBANO Y RURAL**



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080, NTP 339.171)

**Datos del proyecto** 01 de 05

**Proyecto :** "MEJORAMIENTO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PRESA DE CONTRAFUERTES CON RELLENO DE TIERRA - CHUSPIYOC, POROY, CUSCO - 2021"

**Lugar :** CUSCO **Dist/ Prov. :** CUSCO

**Solicitante :** SACHEGALLA HUMPHRIS BORIS EMANUEL Y SACH BUSTAMANTE SUMA EDIR WITHEKY

**Hecho por :** ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA **Fecha :** 22-11-2021

**Datos de la Muestra** **Datos del Equipo Calibrado**

**MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE**

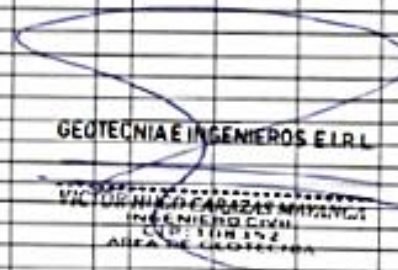
**Equipo :** CORTE DIRECTO - RESIDUAL

**Calicata :** C-1 **Certificado de Calibración N° :** LDP - 039 - 2021 del 28/01/2021

**Profundidad :** 3,00 m.

**Datos y resultados de ensayo** **Tipo de ensayo :** CONSOLIDADO, DRENADO **Condicion:** REMOLDEADA

Parámetros de la muestra		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Fuerza [N]			Esfuerzo Cortante [kPa]		
Diametro(mm)		50,00	50,00	50,00	50,34	100,29	150,23	50,34	100,29	150,23
Área (mm²)		1963,50	1963,50	1963,50						
Altura (mm)		20,00	20,00	20,00						
Parámetros del Ensayo		0,51 Kg/cm²	1,02 Kg/cm²	1,53 Kg/cm²						
Pesas en el brazo (kg)		1,00	3,00	5,00						
Peso del estribo (kg)		5,08	5,08	5,08						
Multiplo del brazo de palanca		5,00	5,00	5,00						
Velocidad desplazam. (mm/min)		0,20	0,20	0,20						
Esfuerzo Vertical (kPa)		50,34	100,29	150,23						
Deformación Horizontal (mm)	Deformación Unitaria (%)	Deformación Normal (mm)			Fuerza [N]			Esfuerzo Cortante [kPa]		
Esfuerzo Vertical (kPa)		50,34	100,29	150,23	50,34	100,29	150,23	50,34	100,29	150,23
0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	1,00	0,080	0,082	0,096	9,20	9,20	15,00	4,69	4,69	7,64
1,00	2,00	0,164	0,186	0,200	19,20	28,20	43,00	9,78	14,36	21,90
1,50	3,00	0,255	0,300	0,332	28,20	39,00	63,00	14,36	19,86	32,09
2,00	4,00	0,332	0,394	0,400	39,00	57,80	87,20	19,86	29,44	44,41
2,50	5,00	0,400	0,500	0,568	48,20	69,00	96,80	24,55	35,14	49,30
3,00	6,00	0,500	0,602	0,688	53,40	76,80	105,20	27,20	39,01	53,58
3,50	7,00	0,600	0,720	0,800	57,20	82,00	108,40	29,13	41,76	55,21
4,00	8,00	0,668	0,810	0,922	61,80	86,20	113,20	31,47	43,90	57,65
4,50	9,00	0,752	0,914	1,000	66,00	90,40	115,60	33,61	46,04	58,87
5,00	10,00	0,836	1,018	1,200	67,40	92,00	118,20	34,33	46,86	60,20
5,50	11,00									
6,00	12,00									
6,50	13,00									
7,00	14,00									
7,50	15,00									
8,00	16,00									
8,50	17,00									
9,00	18,00									
9,50	19,00									
10,00	20,00									
10,50	21,00									
11,00	22,00									
11,50	23,00									
12,00	24,00									
12,50	25,00									
13,00	26,00									
13,50	27,00									
14,00	28,00									
14,50	29,00									
15,00	30,00									
15,50	31,00									
16,00	32,00									
16,50	33,00									
17,00	34,00									
17,50	35,00									
18,00	36,00									
18,50	37,00									
19,00	38,00									
19,50	39,00									
20,00	40,00									
20,50	41,00									
21,00	42,00									
21,50	43,00									
22,00	44,00									



# GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES  
 CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA  
 PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZAREDONDA A.9 - CUSCO 982737067 082-574754 RUC : 20490631981

### Datos del proyecto

02 de 05

**Proyecto** : "MEJORAMIENTO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PRESA DE CONTRAFUERTE CON RELLENO DE TIERRA CHUSPIYOC, POROY, CUSCO- 2021"  
**Lugar** : CUSCO **Dist/ Prov.** :  
**Solicitante** : BACH. CALLA HUMPIRI BORISEMANUEL Y BACH. BUSTAMENTE SUMA ELIR WITHNEY  
**Hecho por** : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA **Fecha** : 22-11-2021

### Datos de la Muestra

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

**Calicata** : C-1  
**Profundidad** : 3,00 m.  
**Tipo de ensayo** : CONSOLIDADO, DRENADO **Condición**: REMOLDEADA

### Datos del Equipo Calibrado

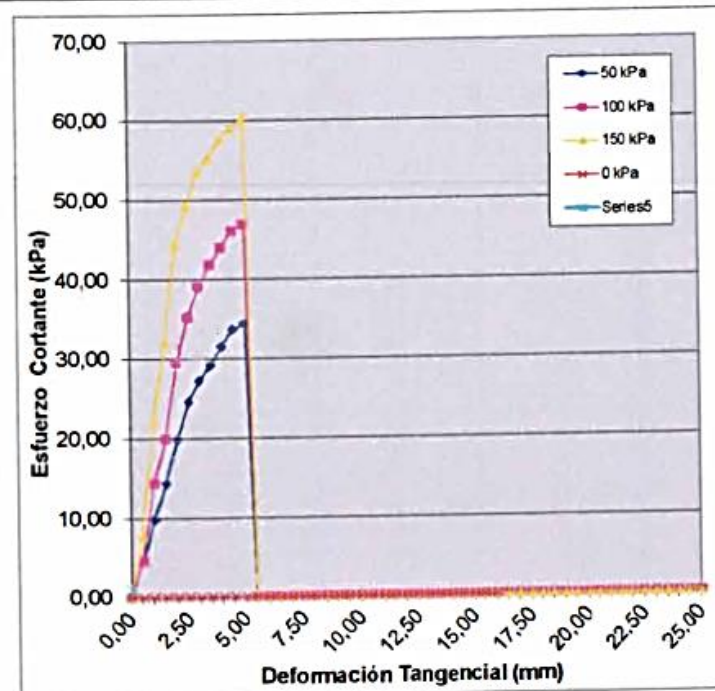
**Equipo** :  
 CORTE DIRECTO - RESIDUAL  
**Certificado de Calibración N°** :  
 LDP - 039 - 2021 del 28/01/2021

### Datos y resultados de ensayo

RESULTADOS DE ENSAYO				
Sondeo				
Profundidad				
Preparación	Parafinada			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	-
Humedad Inicial (%)				
Humedad Final (%)				
Grado de saturación (%)				
Peso unitario (g/cm³)				
Área Ao (mm²)				
Velocidad (mm/min)				
Esfuerzo Normal (kPa)	50,34	100,29	150,23	-
Esfuerzo de Corte (kPa)	34,33	46,86	60,20	-
Cohesión (Kg/Cm2)				0,22
Ángulo de fricción				14,5°

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 108.352  
 AREA DE GEOTECNIA



# GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES  
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA  
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO ☎ 982737087 ☎ 082-574754 RUC : 20490031901

## Datos del proyecto

03 de 05

**Proyecto** : "MEJORAMIENTO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PRESA DE CONTRAFUERTE CON RELLENO DE TIERRA CHUSPIYOC, POROY, CUSCO- 2021"

**Lugar** : CUSCO

**Dist/Prov.** : =

**Solicitante** : BACH. CALLA HUMPIRI BORIS MANUEL Y BACH. BUSTAMANTE SUMA ELIR WITHNEY

**Hecho por** : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

**Fecha** : 22-11-2021

## Datos de la Muestra

**MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE**

**Calicata** : C-1

**Profundidad** : 3,00 m.

**Tipo de ensayo** : CONSOLIDADO, DRENADO **Condicion**: REMOLDEADA

## Datos del Equipo Calibrado

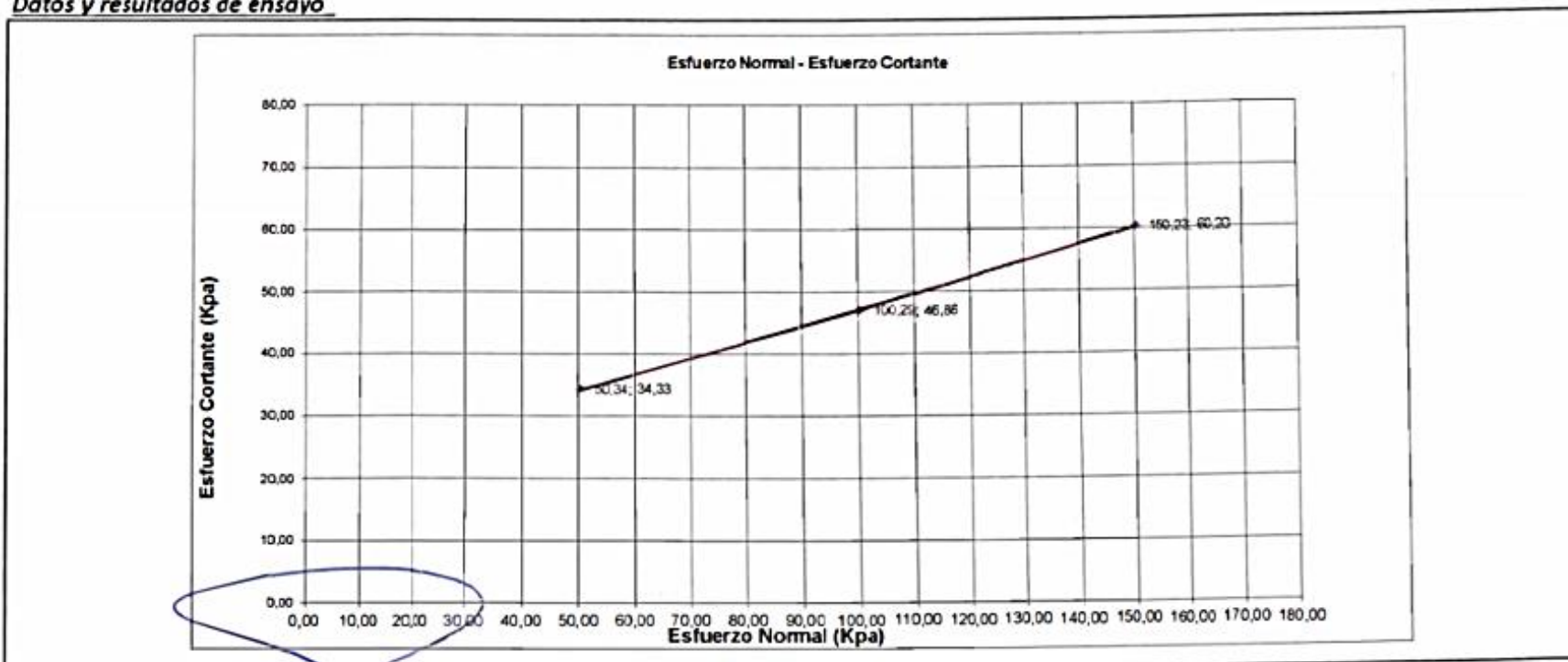
**Equipo** :

CORTE DIRECTO - RESIDUAL

**Certificado de Calibración N°** :

LDP - 039 - 2021 del 28/01/2021

## Datos y resultados de ensayo



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 1008152  
AREA DE GEOTECNIA

# GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES  
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACIÓN Y SONDAJE PARA ACUÍFEROS Y ORIENTACIONES PROFUNDAS - RINCADO DE PILOTES - PROSPECCIÓN GEOFÍSICA  
Y PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA - CUSCO URB. MEZA REDONDA A-8 - CUSCO - 088737087 - 062-874754 RUC - 2840027801

## Datos del proyecto

04 de 05

Proyecto	*MEJORAMIENTO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PRESA DE CONTRAFUERTE CON RELLENO DE TIERRA - CHUSPIYOC, POROY, CUSCO - 2021*		
Lugar	CUSCO	Dist/Prov.	
Solicitante	BACH. CALLA HUMPIRI BORIS EMANUEL Y BACH. BUSTAMANTE SUMA ELIR WITHNEY		
Hecho por	ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA	Fecha	22-11-2021

## Datos de la Muestra

## Datos del Equipo Calibrado

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Calicata : C-1

Equipo :

Profundidad : 3,00 m.

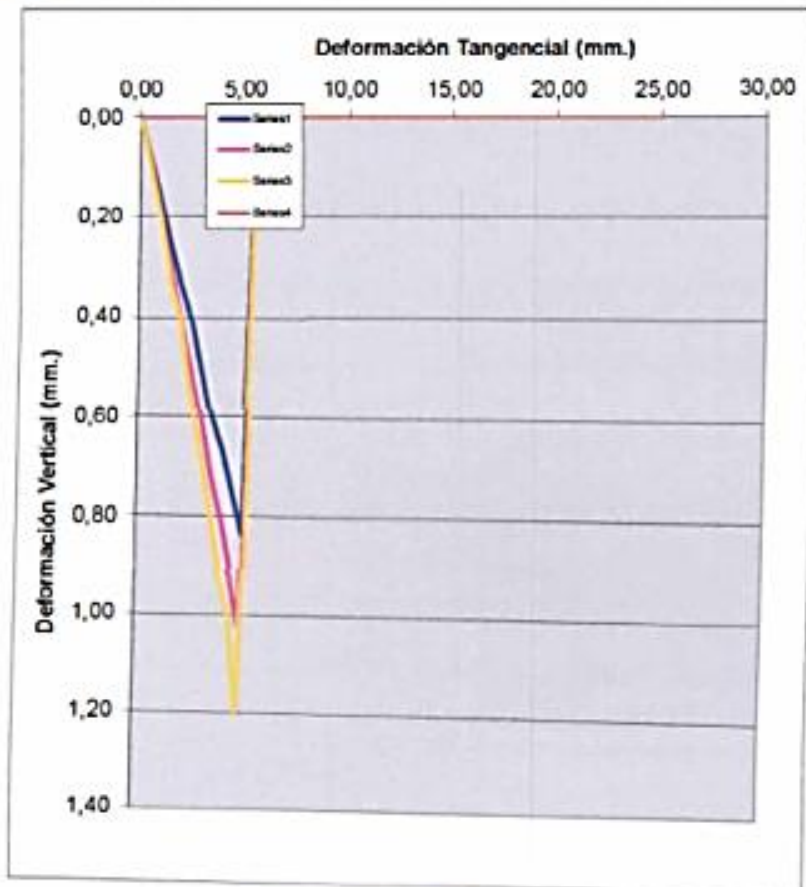
CORTE DIRECTO - RESIDUAL

Tipo de ensayo : CONSOLIDADO, DRENADO Condición: REMOLDEADA

Certificado de Calibración N° :

LDP - 039 - 2021 del 28/01/2021

## Datos y resultados de ensayo



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 108 152  
AREA DE GEOTECNIA



# GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES  
 CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA  
 PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 982737087 082-574754 RUC : 20490031961

## Datos del proyecto

05 de 05

**Proyecto** : "MEJORAMIENTO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PRESA DE CONTRAFUERTE CON RELLENO DE TIERRA CHUSPIYOC, POROY, CUSCO - 2021"

**Lugar** : CUSCO **Dist/Prov.** : -

**Solicitante** : BACH.CALLA HUMPIRI BORIS EMANUEL Y BACH. BUSTAMENTE SUMA ELIR WITH

**Hecho por** : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA **Fecha** : 22-11-2021

## Datos de la Muestra

### Datos del Equipo Calibrado

**MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE**

**Calicata** : C-1 **Equipo** : CORTE DIRECTO - RESIDUAL

**Profundidad** : 3,00 m. **Certificado de Calibración N°** : LDP - 039 - 2021 del 28/01/2021

**Tipo de ensayo** : CONSOLIDADO, DRENADO **Condicion:** REMOLDEADA

## Datos y resultados de ensayo

50 kPa					100 kPa					150 kPa					0 kPa				
Fuerza	Def. Normal	Def Tang.	Tiempo	Esfuerzo	Fuerza	Def. Normal	Def Tang.	Tiempo	Esfuerzo	Fuerza	Def. Normal	Def Tang.	Tiempo	Esfuerzo	Fuerza	Def. Normal	Def Tang.	Tiempo	Esfuerzo
N	mm	mm	s	kPa	N	mm	mm	s	kPa	N	mm	mm	s	kPa	N	mm	mm	s	kPa
0,00	0,00	0,00		0,00	0	0	0,00		0	0	0	0,00		0,00	0,00	0,00			0,00
9,20	0,08	0,50		4,69	9,2	0,082	0,50		4,6855	15	0,096	0,50		7,84	0,00	0,00	0,50		0,00
19,20	0,16	1,00		9,78	28,2	0,186	1,00		14,362	43	0,2	1,00		21,90	0,00	0,00	1,00		0,00
28,20	0,26	1,50		14,36	39	0,3	1,50		19,862	63	0,332	1,50		32,09	0,00	0,00	1,50		0,00
39,00	0,33	2,00		19,86	57,8	0,394	2,00		29,437	87,2	0,4	2,00		44,41	0,00	0,00	2,00		0,00
48,20	0,40	2,50		24,55	69	0,5	2,50		35,141	96,8	0,568	2,50		49,30	0,00	0,00	2,50		0,00
53,40	0,50	3,00		27,20	76,6	0,60	3,00		39,012	105,2	0,686	3,00		53,58	0,00	0,00	3,00		0,00
57,20	0,60	3,50		29,13	82	0,72	3,50		41,762	108,4	0,8	3,50		55,21	0,00	0,00	3,50		0,00
61,80	0,67	4,00		31,47	86,20	0,81	4,00		43,90	113,20	0,92	4,00		57,65	0,00	0,00	4,00		0,00
66,00	0,75	4,50		33,61	90,40	0,91	4,50		46,04	115,60	1,00	4,50		58,87	0,00	0,00	4,50		0,00
67,40	0,84	5,00		34,33	92,00	1,02	5,00		46,86	118,20	1,20	5,00		60,20	0,00	0,00	5,00		0,00
0,00	0,00	5,50		0,00	0,00	0,00	5,50		0,00	0,00	0,00	5,50		0,00	0,00	0,00	5,50		0,00
0,00	0,00	6,00		0,00	0,00	0,00	6,00		0,00	0,00	0,00	6,00		0,00	0,00	0,00	6,00		0,00
0,00	0,00	6,50		0,00	0,00	0,00	6,50		0,00	0,00	0,00	6,50		0,00	0,00	0,00	6,50		0,00

  
**VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 104132  
 AREA DE GEOTECNIA

# GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES  
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA  
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO 082737067 082-574754 RUC : 2049031961

## PESO VOLUMETRICO DE SUELO COHESIVO ( NTP 339.139)

### Datos del proyecto

**Proyecto** : "MEJORAMIENTO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PRESA DE CONTRAFUERTE CON RELLENO DE TIERRA CHUSPIYOC, POROY, CUSCO - 2021"  
**Lugar** : CUSCO  
**Dist/Prov.** : =  
**Solicitante** : BACH. CALLA HUMPIRI BORIS EMANUEL Y BACH. BUSTAMENTE SUMA ELIR WITHNEY  
**Hecho por** : ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA  
**Fecha** : =

### Datos de la Muestra

#### MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

**Calicata** : C-1  
**Profundid.** : 3,00 m.  
**condicion** : Alterada

### Datos del Equipo Calibrado

**Equipo** :  
BALANZA DIGITAL DIVISION 0.01 g.  
**Certificado de Calibración N°** :  
LM-037 - 2021 del 29/01/2021

### Datos y resultados de ensayo

Calicata N°	Prof.(m)	Diamet. (Cm)	Altura (Cm)	Peso (gr.)
C-1	3,00	5,00	2,00	75,80

Peso especifico (gr/cm3)
1,93

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 108352  
AREA DE GEOTECNIA



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 039 - 2021

Página : 1 de 3

Expediente : 008-2021  
 Fecha de emisión : 2021-01-28

1. Solicitante : GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.  
 Dirección : JR. CUSCO NRO. 138 - TAMBOPATA - MADRE DE DIOS

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : CELDA DE CARGA Y PESAS PARA CORTE DIRECTO

Marca de Corte Directo : PINZUAR  
 Modelo de Corte Directo : PS-107-C  
 Serie de Corte Directo : 119  
 Código de identificación : NO INDICA

Marca de Celda : VECTOR  
 Modelo de Celda : NO INDICA  
 Serie de Celda : SAJ820  
 Capacidad de Celda : 2500 N

Marca de Indicador : PINZUAR  
 Modelo de Indicador : PS-107-C  
 Serie de Indicador : 119

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración  
 JR. CUSCO NRO. 138 - TAMBOPATA - MADRE DE DIOS  
 25 - ENERO - 2021

4. Método de Calibración  
 La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0340 - 005 - 20	ELICROM
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27.3	27.3
Humedad %	62	62

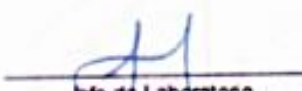
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.  
 VERONICA CARRAS MAHANGA  
 INGENIERO CIVIL  
 N° 88847  
 AREA DE CALIBRACION



Punta de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-037-2021

Página 1 de 3

Expediente : 006-2021  
 Fecha de Emisión : 2021-01-29

**1. Solicitante** : GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.  
 Dirección : JR. CUSCO NRO. 138 - TAMBOPATA - MADRE DE DIOS

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA  
 Marca : OHAUS  
 Modelo : TAJ602  
 Número de Serie : 7131530295  
 Alcance de Indicación : 600 g  
 División de Escala de Verificación ( e ) : 0,01 g  
 División de Escala Real (d) : 0,01 g  
 Procedencia : CHINA  
 Identificación : NO INDICA  
 Tipo : ELECTRÓNICA  
 Ubicación : LABORATORIO  
 Fecha de Calibración : 2021-01-25

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**3. Método de Calibración**

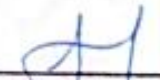
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010, Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.  
JR. CUSCO NRO. 138 - TAMBOPATA - MADRE DE DIOS



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Cepcha  
 Reg. CIP N° 152631

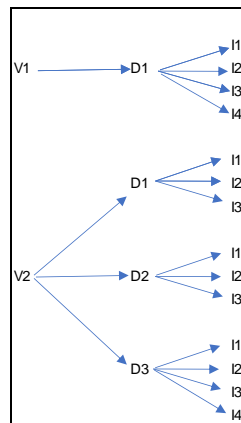
GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.  
 VIC. ROBERTO CARAZAS MAYANGA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 152631  
 AREA DE GEOTECNIA

## SIMULACION DE VALIDEZ DE CUESTIONARIO

**Título:** Mejoramiento del diseño estructural de la presa de contrafuertes con relleno de tierra Chuspiyoc, Poroy, Cusco – 2021

**Autores:** Bach. Calla Humpiri Boris Emanuel & Bach. Bustamante Suma Elir Withney

		CUESTIONARIO	EXPERTO 01	EXPERTO 02	EXPERTO 03
VARIABLE 1: D1:	1	P1: I1+D1+V1	0	1	1
	2	P2: I1+D1	1	0	1
	3	P3: I1+V1	1	1	0
	4	P4: V1+D1+I1	1	1	0
	5	P5: D1+I1+V1	0	0	1
	6	P6: V1+D1	0	1	1
	7	P7: I2+D1+V1	1	1	1
	8	P8: I2+D1	1	0	1
	9	P9: I2+V1	1	1	1
	10	P10: V1+D1+I2	1	1	1
	11	P11: D1+I2+V1	1	0	1
	12	P12: I3+D1+V1	1	1	1
	13	P13: I3+D1	1	1	0
	14	P14: I3+V1	1	1	1
	15	P15: V1+D1+I3	1	1	1
	16	P16: D1+I3+V1	1	1	1
	17	P17: I4+D1+V1	1	1	1
	18	P18: I4+D1	1	1	1
	19	P19: I4+V1	1	1	1
	20	P20: V1+D1+I4	1	1	1
	21	P21: D1+I4+V1	1	1	1
VARIABLE 2: D1: D2: D3:	22	P49: I1+D1+V2	1	1	1
	23	P50: I1+D1	1	1	1
	24	P51: I1+V2	1	1	1
	25	P52: V2+D1+I1	1	1	1
	26	P53: D1+I1+V2	1	0	1
	27	P54: V2+D1	1	1	1
	28	P55: I2+D1+V2	1	1	0
	29	P56: I2+D1	1	0	0
	30	P57: I2+V2	1	0	0
	31	P58: V2+D1+I2	0	1	0
	32	P59: D1+I2+V2	1	1	0
	33	P60: I3+D1+V2	0	0	0
	34	P61: I3+D1	1	0	0
	35	P62: I3+V2	0	1	0
	36	P63: V2+D1+I3	1	1	0
	37	P64: D1+I3+V2	1	1	0
	38	P65: I1+D2+V2	0	1	0
	39	P66: I1+D2	1	1	0
	40	P67: I1+V2	1	0	0
	41	P68: V2+D2+I1	1	1	0
	42	P69: D2+I1+V2	1	1	0
	43	P70: V2+D2	1	0	0
	44	P71: I2+D2+V2	0	1	0
	45	P72: I2+D2	1	1	1
	46	P73: I2+V2	0	1	1
	47	P74: V2+D2+I2	1	1	1
	48	P75: D2+I2+V2	1	0	1
	49	P76: I3+D2+V2	1	0	1
	50	P77: I3+D2	1	1	1
	51	P78: I3+V2	1	0	1
	52	P79: V2+D2+I3	1	1	0
	53	P80: D2+I3+V2	1	1	1
	54	P81: I1+D3+V2	1	1	0
	55	P82: I1+D3	1	1	1
56	P83: I1+V2	1	0	0	
57	P84: V2+D3+I1	0	1	0	
58	P85: D3+I1+V2	0	0	1	
59	P86: V2+D3	0	1	1	
60	P87: I2+D3+V2	0	1	0	
61	P88: I2+D3	0	0	1	
62	P89: I2+V2	0	1	1	
63	P90: V2+D3+I2	0	1	1	
64	P91: D3+I2+V2	1	1	0	
65	P92: I3+D3+V2	1	0	0	
66	P93: I3+D3	1	1	1	
67	P94: I3+V2	1	1	1	
68	P95: V2+D3+I3	1	1	1	
69	P96: D3+I3+V2	1	1	1	
70	P97: I4+D3+V2	1	1	1	
71	P98: I4+D3	1	1	1	
72	P99: I4+V2	1	1	1	
73	P100: V2+D3+I4	1	1	1	
74	P101: D3+I4+V2	1	1	1	
			<b>0.783783784</b>	<b>0.756756757</b>	<b>0.635135135</b>
			<b>0.725225225</b>		



**Legenda:**  
 V: Variable.  
 D: Dimensión.  
 I: Indicador  
 1: Totalmente de Acuerdo  
 2: De acuerdo  
 3: Indeciso  
 4: En desacuerdo.  
 5: Totalmente en desacuerdo.

Según Oseda (2011):

0	0,5	1
0,53 a menos	Validez nula	
0,54 a 0,59	Validez baja	
0,60 a 0,65	Válida	
0,66 a 0,71	Muy válida	
0,72 a 0,99	Excelente validez	
1.0	Validez perfecta	



51	1	1	2	4	3	5	4	3	2	1	5	1	3	4	5	3	2	5	1	4	1	2	4	3	5	5	1	2	5	3	1	3	3	3	1	2	1	5	1	5	1	4	1	3	1	1	3	5	4	5	1	4	2	2	5	1	3	1	1	1	4	4	178	96	47	82	36	46	46		
52	3	3	1	5	4	3	1	5	4	3	5	5	2	2	4	3	1	3	3	2	5	1	1	5	4	1	4	3	4	3	1	2	5	1	1	5	3	1	4	3	2	5	1	1	4	4	1	1	2	1	3	2	4	3	2	5	5	2	4	3	5	4	3	2	188	96	53	92	42	50	50
53	4	5	3	2	1	1	2	4	1	2	5	3	4	2	4	1	3	3	1	5	4	5	3	5	4	2	4	1	4	5	5	2	2	1	1	3	4	2	2	1	5	5	4	2	1	4	1	1	3	3	4	4	2	2	5	5	2	1	1	3	3	5	4	2	188	100	44	88	39	49	49
54	1	5	4	2	3	3	2	1	2	5	5	2	3	3	2	4	3	5	4	1	3	1	3	5	1	4	1	2	1	3	1	3	4	2	4	3	4	2	5	2	2	1	5	3	2	4	3	1	5	4	2	1	1	1	4	5	1	4	4	5	1	1	4	182	88	47	94	50	44	44	
55	5	3	2	4	4	2	3	5	5	1	2	4	1	4	1	4	2	1	4	1	4	1	2	2	4	3	1	1	4	1	3	5	4	2	1	2	3	2	1	4	5	2	2	1	5	3	2	4	3	1	5	3	4	5	4	2	2	5	3	2	181	89	51	92	41	51	51				
56	3	4	1	5	5	5	5	4	2	4	5	2	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	4	2	2	5	5	4	2	1	4	2	1	1	1	4	4	5	1	4	2	4	1	3	3	5	5	1	1	4	1	5	5	5	2	2	3	3	5	5	226	127	65	99	49	50	50				
57	4	1	3	4	2	4	1	5	5	2	3	2	3	4	2	4	5	2	1	3	1	2	5	2	3	1	1	4	2	2	1	5	4	5	4	5	1	5	1	5	1	5	1	3	4	3	2	4	5	5	3	1	4	5	3	3	4	1	4	3	3	3	1	2	191	88	49	103	53	50	50
58	4	4	5	3	1	1	4	4	1	4	3	1	5	3	4	4	1	1	3	1	5	2	3	3	2	4	4	2	1	2	4	4	5	4	5	4	5	3	4	2	2	4	2	1	5	3	4	4	4	2	1	1	4	2	2	5	1	2	4	4	4	194	90	51	104	57	47	47			
59	2	3	5	1	5	5	1	4	1	4	4	4	3	2	5	5	4	5	4	3	4	2	5	2	4	5	5	2	3	2	5	4	2	2	1	3	5	5	4	3	1	4	3	4	5	1	1	5	1	3	2	1	5	1	5	4	2	2	2	5	4	4	1	2	206	113	54	93	49	44	44
60	3	1	4	2	1	4	5	5	4	3	3	5	5	5	4	5	2	4	5	5	2	5	5	4	4	5	3	4	3	5	3	3	3	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5	2	2	5	4	4	5	2	255	125	59	130	69	61	61						
61	3	2	4	3	4	3	4	3	4	2	1	1	1	5	2	3	2	4	1	3	4	1	3	4	1	4	4	1	2	1	5	2	4	2	1	1	2	3	5	2	3	1	1	3	4	4	2	3	5	4	1	5	2	3	4	2	5	5	4	184	88	45	96	40	56	56					
62	2	2	2	2	4	4	1	3	2	5	2	5	2	4	2	5	4	5	3	3	5	2	5	5	5	2	3	1	5	3	2	3	3	5	3	1	3	1	1	1	1	3	1	1	4	2	5	4	3	5	3	2	5	1	2	4	4	3	5	4	5	3	198	103	47	95	39	56	56		
63	4	3	3	1	5	3	3	2	2	1	2	3	1	5	1	4	3	2	2	4	1	5	3	5	5	1	3	5	2	2	1	5	1	5	1	5	1	4	5	4	3	3	4	5	5	5	4	3	2	4	3	2	2	1	200	92	43	108	58	50	50										
64	3	5	4	1	1	1	3	2	2	5	4	2	2	2	4	5	2	1	3	1	4	1	4	5	1	4	3	2	5	5	1	3	2	2	4	3	5	5	2	4	2	4	3	4	5	1	1	2	5	3	1	1	5	5	1	5	4	1	2	2	190	91	46	99	55	44	44				
65	1	3	3	1	4	5	5	1	3	3	5	3	4	4	2	3	3	3	3	3	4	5	4	3	5	3	5	5	5	2	5	4	4	5	1	4	3	3	2	2	4	4	3	1	4	3	1	4	3	4	2	3	1	4	4	2	4	5	3	5	3	4	214	111	50	103	50	53	53		
66	1	4	4	4	5	1	5	5	5	1	1	2	4	2	4	4	4	5	1	4	5	1	4	4	2	2	1	4	1	3	5	5	5	4	5	3	3	3	1	1	5	4	3	5	5	4	4	4	4	2	3	1	3	1	2	4	4	3	4	1	5	4	5	5	213	103	52	110	59	51	51
67	3	1	3	5	5	2	1	5	3	1	5	4	1	2	2	3	5	5	5	3	4	1	4	4	1	4	3	3	5	1	3	3	1	2	3	2	4	5	1	3	1	2	4	3	4	4	3	2	3	3	4	4	4	5	3	2	5	1	2	4	1	2	5	195	100	46	95	44	51	51	
68	4	5	3	1	1	5	1	3	2	4	2	2	4	2	3	2	1	5	2	5	4	3	2	4	2	4	1	5	3	1	1	2	3	3	2	1	3	2	2	2	5	5	5	1	1	4	5	3	2	2	3	4	2	1	5	5	1	3	4	2	3	180	89	44	91	42	49	49			
69	3	3	1	2	1	3	2	1	2	5	5	5	1	1	5	1	4	2	4	3	2	4	2	1	1	5	1	3	5	1	5	2	3	4	5	3	2	4	3	2	4	4	3	1	5	1	4	3	5	1	1	4	2	3	1	4	5	1	4	5	187	88	45	99	51	48	48				
70	2	5	3	4	5	3	4	3	4	5	5	1	3	2	3	3	4	2	4	4	5	4	4	2	3	5	3	3	5	3	3	5	1	4	2	3	5	1	4	3	5	3	5	5	1	1	5	5	1	5	3	3	4	5	3	2	1	3	1	4	2	2	212	113	55	99	50	49	49		
71	4	3	4	5	3	2	3	3	5	2	5	3	4	5	5	1	2	4	4	5	3	3	5	5	5	2	3	4	5	5	5	3	4	5	5	4	5	3	5	5	5	5	2	4	4	4	5	5	5	4	5	5	2	2	3	1	3	3	3	3	4	5	248	120	57	128	70	58	58		
72	1	5	4	1	4	2	1	5	1	2	3	1	4	5	5	4	3	4	5	5	3	4	2	5	3	2	4	5	4	2	5	3	4	1	2	1	5	1	4	3	4	2	3	1	4	5	3	2	1	2	4	1	4	1	2	2	5	2	4	4	1	193	107	48	86	46	40	40			
73	3	3	1	3	1	2	3	1	3	5	4	1	3	1	3	4	1	5	4	3	3	5	2	3	5	3	2	1	2	4	4	1	4	5	4	4	1	1	3	5	3	5	4	5	1	4	5	4	5	1	1	2	2	4	4	5	5	2	1	2	191	88	40	103	54	49	49				
74	2	3	1	5	3	2	2	5	4	5	2	4	5	3	1	3	3	3	1	4	1	5	5	2	2	1	5	5	2	5	4	3	4	5	4	1	2	5	3	5	4	1	2	5	3	5	4	1	4	3	3	3	4	1	4	3	3	5	205	101	50	104	57	47	47						
75	1	1	5	1	3	4	2	1	2	2	5	5	1	3	4	1	5	3	3	1	2	5	1	5	4	2	4	1	1	5	1	1	4	3	5	2	2	1	1	2	2	1	1	3	5	4	2	4	4	3	3	1	4	3	1	5	5	5	4	4	3	2	5	183	85	41	98	42	56	56	
76	4	4	4	2	2	2	3	4	1	4	2	5	4	1	5	2	5	2	4	2	2	4	1	3	1	1	3	3	1	2	5	1	4	2	5	3	3	5	4	1	5	5	1	3	4	3	3	3	4	4	5	4	1	1	3	5	4	1	3	3	5	4	5	198	89	49	109	54	55	55	
77	5	3	5	2	3	1	4	1	2	3	2	4	4	4	2	1	3	5	3	4	5	4	1	5	3	3	5	1	3	3	5	5	2	5	1	4	2	3	2	5	4	5	2	2	5	2	5	3	4	1	2	3	4	1	3	5	2	4	2	5	4	209	104	46	105	52	53	53			
78	3	5	4	5	3	4	3	4	5	5	5	4	4	5	5	3	5	2	4	5	5	5	4	2	2	3	5	4	5	2	2	5	5	5	4	5	4	5	4	5	2	5	2	5	4	1	5	4	4	4	1	2	3	3	1	1	4	2	2	3	236	127	67	109	65	44	44				
79	4	3	2	3	3	4	5	1	1	2	2	4	1	5	4	4	5	3	5	5	4	1	3	5	5	2	1	2	1	1	2	2	1	4	4	1	2	5	2	3	4	3	3	5	2	3	2	4																							

### ÁLCULO DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE UNA MUESTRA

(Para la estimación de proporciones, bajo el supuesto de que p=q=50%)

MARGEN DE ERROR MÁXIMO ADMITIDO

5.0%

TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

192

Tamaño para un nivel de confianza del 95% ..... 128

Tamaño para un nivel de confianza del 97% ..... 137

Tamaño para un nivel de confianza del 99% ..... 149

[Volver a página de inicio](#)

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]^{96}$$

: El número de ítems	96
: Sumatoria de las Varianzas de los	128.88
: La Varianza de la suma de los ítem	425.35
: Coeficiente de Alfa de Cronbach	

= 0.70434



**SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS**

**Título:** Mejoramiento del diseño estructural de la presa de contratruertes con relleno de tierra Chuspiyoc, Poroy, Cusco – 2021  
**Autores:** Bach. Calla Humpiri & Bach. Bustamante Suma

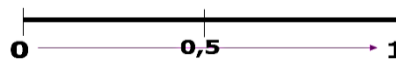
I.- INFORMACION GENERAL:							
UBICACIÓN:							
DISTRITO:	POROY			ALTITUD:	3788		
PROVINCIA:	CUSCO			LATITUD:	13°31'18"		
REGION:	CUSCO			LONGITUD:	72°01'04"		
II.- EMPUJE DE SUELOS							
Para obtener el empuje de suelos se necesita de los resultados obtenidos en laboratorio.							
Muestra de suelos	Und	Angulo de fricción interna	Und	Cohesión	Und	Peso Especifico	Und
alterada inalterada	adimensional	suelto: 30<φ<35 compacto: 35<φ<40 denso: 40<φ<45	Grados	materiales arcillosos: 5<c<10 materiales areno arcillosos 0<c<8 suelos aluviales arenoarcillosos 0<c<10	Kpa	Gravas: 1700 Tierra seca compacta: 1700 Arena natural compacta: 1620	kg/m³
III.- PREDIMENSIONAMIENTO							
El predimensionamiento del cuerpo de la presa es muy importante para el diseño estructural de la presa							
Altura de la presa	Und	Peso específico del concreto	Und	resistencia a la compresión del concreto	Und		
Asumido	metros lineales	Concreto Simple: 2300 Concreto Ciclopeo: 2300 Concreto Armado: 2400	kg/m³	Fc= 210 Fc=280 Fc=350	kg/cm²		
IV.- FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO Y DESLIZAMIENTO							
El factor de seguridad al volteo garantiza la estabilidad de la estructura							
Momentos Resistentes, Momentos Actuantes	Und	Fuerzas Actuantes, Fuerzas Resistentes	Und	Sobrecarga	Und		
Peso propio Peso del relleno Sobrecarga Presión hidrostática Presión hidrodinámica Empuje de Sedimentos	Tn*m	Peso propio Peso del relleno Sobrecarga Presión hidrostática Presión hidrodinámica Empuje de Sedimentos	Tn	Lineales Puntuales Distribuidas	Tn & Tn/m		
V.- DISEÑO DE ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA							
El factor de seguridad al volteo garantiza la estabilidad de la estructura							
Momento de servicio	Und	Momento Ultimo	Und	Cuántía de diseño	Und	Área de acero mínimo	Und
	Tn*m		Tn*m		adimensional		cm²
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	COAQUIRA CALLA GERMAN						
<b>PROFESION</b>	ING. CIVIL						
<b>REGISTRO CIP No:</b>	144663						
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:germancoaquir@ingenieros.com">germancoaquir@ingenieros.com</a>						
<b>TELEFONO:</b>	984814422						
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	CAMI ZUÑIGA LIZBETH ALEJANDRA						
<b>PROFESION</b>	ING. CIVIL						
<b>REGISTRO CIP No:</b>	169172						
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:Alejandra.cami.zu@gmail.com">Alejandra.cami.zu@gmail.com</a>						
<b>TELEFONO:</b>	972710719						
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	VENERO SONCCO SANDRO DANIEL						
<b>PROFESION</b>	ING. CIVIL						
<b>REGISTRO CIP No:</b>	229972						
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:ingenierosvenerosoncco@gmail.com">ingenierosvenerosoncco@gmail.com</a>						
<b>TELEFONO:</b>	967165569						

EXPERTO	EXPERTO	EXPERTO
A	B	C
0	1	1
1	0	1
1	1	1
1	1	0
1	0	0

4	3	3
0.571	0.429	0.429
	<b>0.476</b>	

0.81

**Según Oseda (2011):**



0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Válida
0,66 a 0,71	Muy válida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta

**PANEL FOTOGRAFICO**



Autorización de extracción de muestra de suelo Municipalidad de Poroy.



Autorización de extracción de muestra de suelo en Gerencia de Infraestructura.



Reconocimiento de Campo en la presa de Chuspiyoc



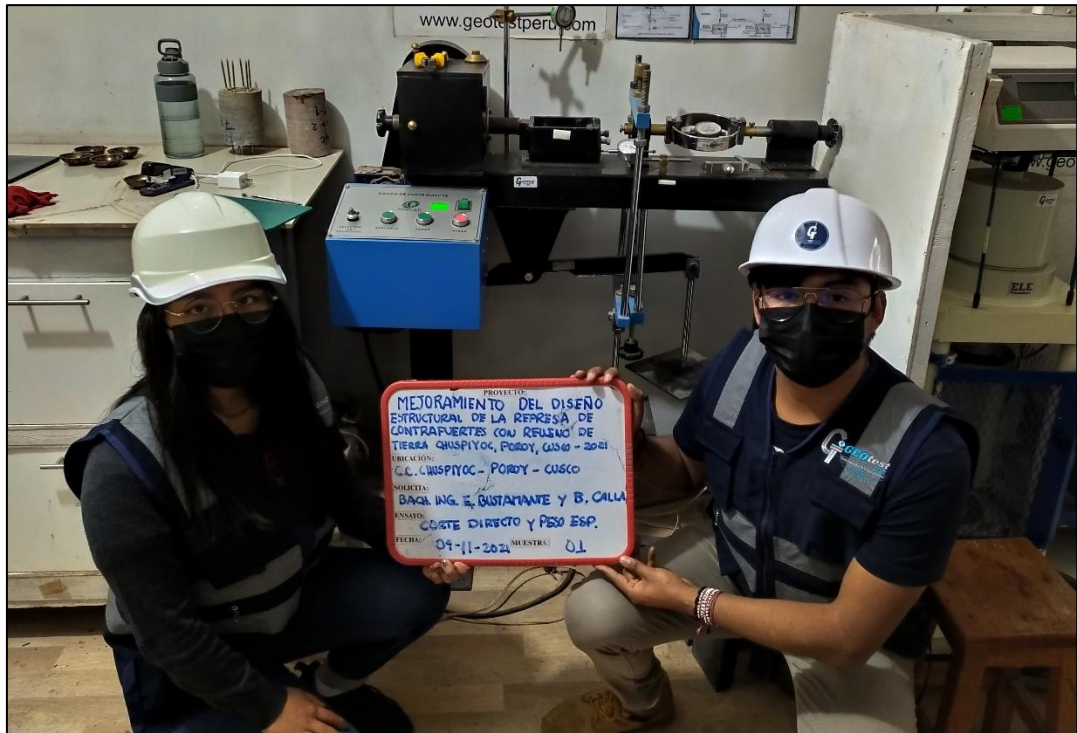
Reconocimiento de Campo en la presa de Chuspiyoc



Calicata en la presa de Chuspiyoc



Calicata en la presa de Chuspiyoc



Ensayo de Corte Directo en laboratorio de suelos



Muestras de Ensayo Corte Directo