



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE PIEDRA PÓMEZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PESO UNITARIO EN UN CONCRETO ESTRUCTURAL PARA PÓRTICOS, TRUJILLO – 2019.

Tesis para optar el título profesional como:
Ingeniera civil

Autores:

Br. Alexandra Estefany Alayo Luján
Br. Miriam Mercedes Polo Alfaro

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

**Trujillo – Perú
2019**

DEDICATORIA

A Dios, por brindarnos entendimiento y por ser el ser supremo que nos brinda la fortaleza espiritual necesaria para poder seguir en la lucha constante del cumplimiento de nuestros objetivos, porque nos ha encaminado por el sendero correcto y ha sido nuestra fortaleza en momentos de dificultad, por brindarnos una vida llena de aprendizajes y experiencias, pero sobre todo de felicidad.

A nuestra familia, porque suponen los cimientos de nuestra formación, por todo el apoyo brindado a lo largo de nuestra vida, por el sacrificio de encaminarnos por el buen camino y haber forjado valores y costumbres de bien, por la paciencia y los consejos para superar cada dificultad que se nos presentaba, pero sobre todo por brindarnos un hogar lleno de amor y habernos convertido en mujeres de bien.

Al asesor, el Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, y al conjunto de docentes que han sido partícipes de nuestro aprendizaje a lo largo de nuestra carrera profesional.

A nuestros amigos, por el apoyo y cariño que nos brindan y por estar junto a nosotras en momentos de dificultad, pero más aún por todas las experiencias que hemos compartido.

A todas las personas que con su arduo trabajo hacen de la Universidad Privada del Norte, una de las mejores y más prestigiosas del Perú.

Las autoras

AGRADECIMIENTO

La presente investigación es el resultado de nuestro esfuerzo, al direccionarlo en la investigación sobre nuevos procesos para obtener concretos especiales, enmarcándolo en los últimos años dentro de los países de América Latina.

Por tal motivo, agradecemos en primer lugar a Dios, nuestro creador, por permitirnos despertar cada mañana y brindarnos la fortaleza espiritual y el don de la sabiduría y entendimiento para poder estudiar con esmero y así lograr nuestros objetivos.

Agradecemos a nuestras familias, quienes a lo largo de toda nuestra vida nos han apoyado y motivado en nuestra formación académica y más que nada por creer en nosotros siempre.

Agradecemos al Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, por impartirnos sus conocimientos en el área, y del mismo modo impulsarnos en el desarrollo de una de las capacidades más importantes para el ser humano: La investigación.

Finalmente, un profundo agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abre sus puertas a los jóvenes y nos prepara para un futuro competitivo.

Las autoras.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE GRÁFICOS	16
INDICE DE ECUACIONES	17
RESUMEN	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad problemática	17
1.2. Formulación del problema.....	24
1.3. Justificación	24
1.3.1. Justificación científica	25
1.3.2. Justificación técnica práctica.....	25
1.3.3. Justificación personal	26
1.4. Limitaciones	26
1.5. Objetivos.....	26
1.5.1. General	26
1.5.2. Específicos.....	26
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	28
2.1. Antecedentes.....	28
2.2. Bases teóricas.....	35
2.2.1. Concreto.....	35
2.2.2. Componentes del concreto	35
2.2.2.1. Aire.....	36
2.2.2.2. Agua.....	36
2.2.2.3. Agregados	38
2.2.2.3.1. Agregado fino	39
2.2.2.3.2. Agregado grueso	39
2.2.2.3.3. Agregados livianos.....	40
2.2.2.3.3.1. Piedra pómez.....	40

a)	Definición -----	40
b)	Composición química -----	41
c)	Propiedades físicas -----	41
d)	Usos -----	41
2.2.2.4.	Cemento -----	42
a)	Definición -----	42
b)	Proceso de fabricación del cemento -----	43
c)	Composición química del cemento -----	43
d)	Tipos de cemento -----	44
2.2.3.	Propiedades del concreto en estado fresco -----	45
2.2.3.1.	Manejabilidad o trabajabilidad -----	45
2.2.3.2.	Segregación -----	48
2.2.3.3.	Exudación o sangrado -----	48
2.2.3.4.	Temperatura -----	49
2.2.4.	Propiedades del concreto endurecido -----	49
2.2.4.1.	Resistencia del concreto -----	49
2.2.4.1.1.	Definición -----	49
2.2.4.1.2.	Factores que inciden en la resistencia -----	50
2.2.4.1.3.	Ensayo de resistencia a la compresión -----	51
2.2.4.1.4.	Resistencia a la compresión en función del tiempo -----	52
2.2.4.1.5.	Tipos de fallas -----	52
2.2.4.2.	Peso unitario del concreto -----	55
2.2.4.2.1.	Definición -----	55
2.2.4.2.2.	Clasificación del concreto según su masa unitaria -----	55
2.2.5.	Diseño de mezcla -----	56
2.2.5.1.	Requisitos de los diseños de mezcla -----	57
2.2.5.2.	Procedimiento del diseño de mezcla -----	57
2.2.5.3.	Indicadores de medición -----	58
2.2.6.	Diseño estructural -----	58
2.2.6.1.	Análisis Estático -----	59
2.2.6.1.1.	Desplazamientos laterales -----	59
2.2.6.1.2.	Pasos para la modelación -----	59

2.3. Hipótesis	60
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA -----	61
3.1. Operacionalización de variables	61
3.1.1. Variable dependiente	61
3.1.2. Variable independiente	62
3.2. Tipo de investigación.....	63
3.2.1. Por el propósito: APLICADA	63
3.2.2. Por el diseño: EXPERIMENTAL	63
3.3. Diseño de la investigación	63
3.4. Unidad de estudio	64
3.5. Población	64
3.6. Muestra	64
3.7. Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos	67
3.7.1. Técnica	67
3.7.2. Instrumentos	68
3.7.3. Validación del instrumento	68
3.7.4. Procedimiento	69
3.7.4.1. Materia prima	70
3.7.4.2. Caracterización de los agregados	72
3.7.4.2.1. Contenido de Humedad del Agregado Grueso y Fino (ASTM C566/NTP 339.185)	72
3.7.4.2.2. Peso Unitario del Agregado Fino y Agregado Grueso (ASTM C29/NTP 400.017)	73
3.7.4.2.3. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (ASTM C128/NTP 400.022)	74
3.7.4.2.4. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (ASTM C127/NTP 400.021)	75
3.7.4.2.5. Granulometría de los agregados (ASTM C136/NTP 400.012).	77
3.7.4.3. Diseño de mezcla	78
3.7.4.4. Ensayos al concreto fresco	87
3.7.4.4.1. Asentamiento (NTP 339.035 / ASTM C 143)	87
3.7.4.4.2. Densidad o peso unitario del concreto (NTP 339.046/ ASTM C138)	87

3.7.4.4.3. Temperatura de la mezcla de concreto (NTP 339.184 / ASTM C1064) --	88
3.7.4.5. Ensayos al concreto endurecido-----	88
3.7.4.5.1. Elaboración y curado de probetas cilíndricas (NTP 339.183 / ASTM C192)-----	88
3.7.4.5.2. Resistencia a Compresión del concreto (NTP 339.034 / ASTM C39) ---	88
3.7.4.6. Análisis estático de un pórtico.-----	89
3.7.4.6.1. Predimensionamiento de elementos estructurales -----	92
3.7.4.6.2. Diseño sísmico -----	92
3.7.4.7. Análisis de precios unitarios-----	100
3.8. Método, instrumento y procedimiento de análisis de datos.....	106
3.8.1. Método para el análisis de datos-----	106
3.8.2. Instrumento para el análisis de datos -----	106
3.8.3. Procedimiento de análisis de datos-----	107
CAPÍTULO IV: RESULTADOS -----	108
4.1. Caracterización de agregados.....	108
4.1.1. Ensayo Granulométrico del Agregado Grueso (NTP 400.012 / NTP 400.012)--	108
4.1.2. Ensayo Granulométrico del Agregado Fino (NTP 400.012 / ASTM C136)-----	110
4.1.3. Contenido de Humedad del Agregado Grueso y Fino (NTP 339.185/ASTM C566) -----	111
4.1.4. Peso Unitario Seco Suelto y Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino (NTP400.017/ ASTM C29) -----	111
4.1.5. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021/ASTM C127) y Agregado Fino (NTP 400.022/ASTM C128)-----	111
4.1.6. Temperatura de la mezcla de concreto (NTP 339.184 / ASTM C1064) -----	112
4.1.7. Peso unitario del concreto en estado fresco (NTP 339.046 /ASTM C138) -----	112
4.1.8. Resistencia a Compresión del concreto (NTP 339.034 / ASTM C39) -----	113
4.2. Análisis Estático.....	113
4.2.1. Carga sísmica de edificaciones-----	113
4.2.2. Fuerza sísmica de la estructura-----	114
4.2.3. Distorsiones de entrepiso de la edificación-----	114
4.2.4. Distorsiones de entrepiso de la edificación-----	115
4.2.5. Fuerzas internas del sismo -----	115

4.3. Análisis de costos	116
4.4. Validación de la hipótesis	117
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	121
5.1. Discusión.....	121
5.1. Conclusiones	142
RECOMENDACIONES	144
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	145
ANEXOS	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requisitos de calidad de agua-----	36
Tabla 2: Clasificación general del agregado según su tamaño-----	38
Tabla 3: Clasificación del agregado según su densidad-----	39
Tabla 4: Composición química de la piedra pómez -----	41
Tabla 5: Abreviaturas para las fórmulas químicas de los óxidos más frecuentes -----	44
Tabla 6: Compuestos químicos del cemento Portland -----	44
Tabla 7: Clasificación del concreto según su resistencia -----	50
Tabla 8: Clasificación del concreto según la masa unitaria -----	56
Tabla 9: Asentamiento recomendado para diversos tipos de elementos estructurales-----	57
Tabla 10: Límites para la distorsión de entrepiso -----	59
Tabla 11: Operacionalización de la variable dependiente resistencia a la compresión-----	61
Tabla 12: Operacionalización de la variable dependiente peso unitario-----	62
Tabla 13: Operacionalización variable independiente -----	62
Tabla 14: Unidad de estudio -----	64
Tabla 15: Valores de la distribución normal estandarizada -----	65
Tabla 16: Coeficiente de variación-----	66
Tabla 17: Distribución de muestra de probetas de concreto-----	67
Tabla 18: Datos de la caracterización de los agregados -----	78
Tabla 19: Elección del asentamiento-----	79
Tabla 20: Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes revenimientos y Tamaño Máximo Nominal del agregado -----	79
Tabla 21: Resistencia a la compresión requerida-----	80
Tabla 22: Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a compresión del concreto-----	81
Tabla 23: Estimación del b/bo -----	82
Tabla 24: Diseño de mezcla patrón -----	83
Tabla 25: Diseño de mezcla con el 5% de piedra pómez -----	84
Tabla 26: Diseño de mezcla con el 10 % de piedra pómez -----	84
Tabla 27: Diseño de mezcla con el 15 % de piedra pómez -----	85
Tabla 28: Diseño de mezcla con el 20 % de piedra pómez -----	85
Tabla 29: Diseño de mezcla con el 25 % de piedra pómez -----	86
Tabla 30: Diseño de mezcla con el 30 % de piedra pómez -----	86
Tabla 31: Dimensiones de los elementos estructurales -----	92
Tabla 32: Peso sísmico total de la estructura -----	93
Tabla 33: Categoría de las edificaciones y factor "U " -----	95
Tabla 34: Factor del suelo "S" -----	95
Tabla 35: Periodos "Tp" y "Tl" -----	96
Tabla 36: Fuerza cortante en la base-----	98
Tabla 37: Distribución fuerza cortante por piso -----	98
Tabla 38: Horas de trabajo de trabajadores para la partida trituración de piedra pómez ----	102

Tabla 39. Horas de trabajo de los trabajadores en la partida lavado de piedra pómez-----	103
Tabla 40: Producción de piedra pómez-----	104
Tabla 41: Costo de transporte de agregados en la ciudad de Trujillo -----	104
Tabla 42. Costo de agregados puestos en obra en la ciudad de Trujillo -----	105
Tabla 43: Costo de Insumos-----	105
Tabla 44. Costos de producción de mezclas de concreto patrón -----	105
Tabla 45. Costos de producción de mezclas con 10% de piedra pómez -----	106
Tabla 46. Porcentaje de humedad de los agregados -----	111
Tabla 47. Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado de los agregados-	111
Tabla 48. Peso específico y absorción de los agregados -----	111
Tabla 49. Temperatura del concreto fresco -----	112
Tabla 50. Peso unitario del concreto en estado fresco-----	112
Tabla 51. Resistencia a la compresión-----	113
Tabla 52. Carga sísmica de edificación-----	113
Tabla 53. Fuerzas sísmicas de la estructura-----	114
Tabla 54. Distorsión de entrepiso en "X" -----	114
Tabla 55. Distorsión de entrepiso en "Y" -----	114
Tabla 56. Desplazamiento de entrepiso en "X" -----	115
Tabla 57. Desplazamiento de entrepiso en "Y" -----	115
Tabla 58. Fuerzas internas del sismo en "X" -----	115
Tabla 59. Fuerzas internas del sismo en "Y" -----	116
Tabla 60. Análisis de costos del concreto patrón (1 m ³)-----	116
Tabla 61. Análisis de costos del concreto con 10% de pómez (1 m ³) -----	116
Tabla 62: Significancia de las diferentes incorporaciones de piedra pómez en la resistencia a la compresión del concreto en diferentes edades -----	117
Tabla 63: Comparaciones múltiples de la muestra patrón con cada porcentaje de incorporación de piedra pómez para evaluar la resistencia a la compresión -----	118
Tabla 64: Porcentaje que aumenta la resistencia a la compresión según la estadística -----	119
Tabla 65: Significancia de las diferentes incorporaciones de piedra pómez en el peso unitario del concreto en estado fresco -----	119
Tabla 66: Comparaciones múltiples de la muestra patrón con cada porcentaje de incorporación de piedra pómez para evaluar el peso unitario del concreto en estado fresco -----	120
Tabla 67: Porcentaje de piedra pómez que disminuye el peso unitario del concreto en estado fresco -----	120
Tabla 68: Contenido de humedad del agregado fino -----	161
Tabla 69: Contenido de humedad del agregado grueso -----	161
Tabla 70: Contenido de humedad de la piedra pómez -----	162
Tabla 71: Peso unitario seco suelto del agregado grueso -----	162
Tabla 72: Peso unitario seco compactado del agregado grueso-----	163
Tabla 73: Peso unitario seco suelto del agregado fino -----	163
Tabla 74: Peso unitario seco compactado del agregado fino -----	164

Tabla 75: Peso unitario seco suelto de la piedra pómez -----	164
Tabla 76: Peso unitario seco compactado de la piedra pómez -----	165
Tabla 77: Peso específico y absorción del agregado fino-----	166
Tabla 78: Peso específico y absorción del agregado grueso-----	167
Tabla 79: Peso específico y absorción de la piedra pómez -----	168
Tabla 80: Control del concreto en estado fresco -----	169
Tabla 81: Resistencia a la compresión del concreto -----	170
Tabla 82: Predimensionamiento de vigas estructurales -----	172
Tabla 83: Carga según tipo de edificación -----	173
Tabla 84: Cálculo de las dimensiones de la columna -----	174
Tabla 85: Comprobación de la dimensión de las columnas por inercia -----	174
Tabla 86: Peso de la estructura del primer piso del Edificio A -----	175
Tabla 87: Peso de la estructura del segundo piso del Edificio A -----	175
Tabla 88: Peso de la estructura del tercer, cuarto, quinto y sexto piso del Edificio A-----	176
Tabla 89: Distorsiones del entre piso en X del Edificio A -----	177
Tabla 90: Distorsiones del entre piso en Y del Edificio A -----	177
Tabla 91: Desplazamiento de entre piso en X del Edificio A -----	177
Tabla 92: Desplazamiento de entre piso en Y del Edificio A -----	178
Tabla 93: Fuerzas internas estructurales del Edificio A-----	178
Tabla 94: Peso sísmico de la estructura del Edificio B-----	180
Tabla 95: Distribución de fuerza cortante por piso del Edificio B -----	181
Tabla 96: Distorsiones de entre piso en X del Edificio B-----	181
Tabla 97: Distorsiones de entre piso en Y del Edificio B-----	181
Tabla 98: Desplazamientos de entre piso en X del Edificio B -----	182
Tabla 99: Desplazamientos de entre piso en Y del Edificio B -----	182
Tabla 100: Fuerzas internas estructurales del Edificio B -----	182
Tabla 101: Peso sísmico de la estructura del Edificio C -----	185
Tabla 102: Distribución de las fuerzas de entre piso del Edificio C -----	185
Tabla 103: Distorsiones de entre piso en X del Edificio C -----	185
Tabla 104: Distorsiones de entre piso en y del Edificio C -----	186
Tabla 105: Desplazamientos de entre piso en X del Edificio C-----	186
Tabla 106: Desplazamientos de entre piso en Y del Edificio C-----	186
Tabla 107: Fuerzas internas estructurales del Edificio C -----	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Características y componentes del concreto	35
Figura 2: Esquema de la ubicación del agua en la pasta de cemento hidratado.	37
Figura 3: Características de la piedra pómez: color y textura	40
Figura 4: Etapas en la fabricación del cemento Portland.	43
Figura 5: Características de la trabajabilidad.	45
Figura 6: Factores que afectan la trabajabilidad.	46
Figura 7: Ensayo para medir la trabajabilidad del concreto	47
Figura 8: Clasificación del concreto según su consistencia.	47
Figura 9: Factores de resistencia del concreto	50
Figura 10: Ensayo de compresión	51
Figura 11: Medidas del molde para el ensayo de resistencia.	51
Figura 12: Resistencia a la compresión en función del tiempo	52
Figura 13: Falla Tipo 1	52
Figura 14: Falla de Tipo 2	53
Figura 15: Falla de Tipo 3	53
Figura 16: Falla de Tipo IV	54
Figura 17: Falla de Tipo V	54
Figura 18: Falla de Tipo VI	55
Figura 19: Diseño de la investigación	63
Figura 20: Técnica de recolección de datos	68
Figura 21: Instrumento de recolección de datos	68
Figura 22: Procedimiento de la investigación	69
Figura 23: Ubicación de la cantera Rubio	70
Figura 24: Ubicación del lugar de extracción de la piedra pómez.	71
Figura 25: Curva de distribución granulométrica óptima del agregado grueso.	77
Figura 26: Curva de distribución granulométrica óptima del Agregado fino	77
Figura 27: Ensayo del cono de Abrams	87
Figura 28: Vista en planta de la edificación.	90
Figura 29: Vista en elevación de una edificación	91
Figura 30: Peso total de la estructura.	93
Figura 31: Zonificación Sísmica de la ciudad de Trujillo	94
Figura 32: Sistemas estructurales.	97
Figura 33: Representación gráfica de las fuerzas cortante por piso	99
Figura 34: Prototipo de edificio modelado en SAP 2000	100
Figura 35: Análisis de precios unitarios de la partida acarreo de piedra pómez.	101
Figura 36: Análisis de precio unitario de la partida trituración de piedra Pómez.	103
Figura 37: Análisis de precios unitarios de la partida lavado de piedra pómez.	104
Figura 38: Procedimiento de análisis de datos	107
Figura 39: Análisis granulométrico del agregado grueso	109
Figura 40: Análisis granulométrico de la piedra pómez.	110
Figura 41: Análisis granulométrico del agregado fino.	111
Figura 42: Tipo de falla en los especímenes del concreto	134
Figura 43: División de áreas tributarias.	173
Figura 44: Peso de la estructura del primer piso del Edificio B.	179

Figura 45: Peso de la estructura del segundo, tercer, cuarto y quinto piso del Edificio B. -	179
Figura 46: Peso de la estructura del sexto piso del Edificio B. -----	180
Figura 47: Peso de la estructura del primero y segundo del Edificio C.-----	184
Figura 48: Peso de la estructura del tercer, cuarto, quinto y sexto piso del Edificio C. ----	185
Figura 49. Ensayos preliminares de resistencia a la compresión. -----	188
Figura 50: Recolección de material (piedra pómez)-----	188
Figura 51: Recolección de material (agregado fino y agregado grueso) -----	188
Figura 52: Procedimiento para elaborar el ensayo granulométrico de la piedra pómez según la norma ASTM C136/ NTP 400.012 -----	188
Figura 53. Procedimiento para elaborar el ensayo de peso unitario seco suelto de la piedra pómez según la norma ASTM C29/ NTP 400.017. -----	188
Figura 54: Procedimiento para elaborar el ensayo de peso unitario seco compactado de la piedra pómez según la norma ASTM C29/ NTP 400.017. -----	188
Figura 55: Procedimiento para elaborar el ensayo de peso específico y absorción – agregado grueso según la norma ASTM C127/ NTP 400.021-----	188
Figura 56: Procedimiento para la elaboración de probetas según la norma ASTM C192/NTP 339.183 -----	188
Figura 57: Asentamiento del concreto según la norma ASTM C143 / NTP 339.035 .-----	188
Figura 58: Procedimiento para elaborar el ensayo de resistencia la compresión según la norma ASTM C39 /NTP339.034-----	188

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de humedad de los agregados.-----	122
Gráfico 2. Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado de los agregados	123
Gráfico 3. Peso específico de los agregados -----	124
Gráfico 4. Porcentaje de absorción de los agregados.-----	125
Gráfico 5. Temperatura del concreto fresco.-----	127
Gráfico 6. Peso unitario del concreto en estado fresco. -----	128
Gráfico 7. Resistencia a la compresión-----	129
Gráfico 8: Peso unitario del concreto en estado fresco vs. Resistencia a la compresión del concreto endurecido. -----	131
Gráfico 9: Temperatura Vs. Resistencia a la compresión-----	132
Gráfico 10. Carga sísmica de edificación. -----	135
Gráfico 11. Fuerzas sísmicas totales de los edificios. -----	135
Gráfico 12. Distorsión de entrepiso en "X". -----	136
Gráfico 13. Distorsión de entrepiso en "Y". -----	136
Gráfico 14. Fuerzas internas del sismo en "X". -----	137
Gráfico 15. Fuerzas internas del sismo en "Y". -----	138
Gráfico 16: Costo de producción de concreto para 1 m ³ -----	139

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de especímenes -----	65
Ecuación 2: Contenido de humedad -----	73
Ecuación 3: Peso unitario -----	74
Ecuación 4: Peso específico de masas -----	75
Ecuación 5: Peso Específico Saturado -----	75
Ecuación 6: Peso Específico Aparente -----	75
Ecuación 7: Porcentaje de Absorción -----	75
Ecuación 8: Peso específico de masa -----	76
Ecuación 9: Pesos específico superficialmente seco -----	76
Ecuación 10: Peso específico aparente -----	76
Ecuación 11: Porcentaje de absorción -----	76
Ecuación 12: Corrección por absorción de agregado grueso -----	82
Ecuación 13: Corrección por absorción de agregado fino -----	82
Ecuación 14: Corrección por humedad del agregado grueso -----	82
Ecuación 15: Corrección por humedad del agregado fino -----	83
Ecuación 16: Aporte de agua del agregado grueso -----	83
Ecuación 17: Aporte de agua del agregado fino -----	83
Ecuación 18: Peso unitario del concreto en estado fresco -----	88
Ecuación 19: Periodo de amplificación sísmica -----	96
Ecuación 20: Fuerza cortante en la base -----	98
Ecuación 21: Rendimiento de acarreo de piedra pómez -----	101
Ecuación 22: Rendimiento de trituración de piedra pómez. -----	102
Ecuación 23: Cálculo de productividad. -----	102
Ecuación 23: Cálculo de productividad. -----	103

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Universidad Privada del Norte - Trujillo, la cual consistió en determinar la influencia del porcentaje de piedra pómez en el aumento de la resistencia a la compresión y peso unitario del concreto. Para desarrollar el estudio, se utilizó un diseño experimental, en su categoría de experimental puro, utilizando un muestreo probabilístico, la técnica fue la observación y para el análisis de datos, la inferencia estadística con una confiabilidad al 95%.

Se aplicó diferentes porcentajes de piedra pómez al concreto convencional reemplazando al agregado grueso en 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%; para disminuir su peso unitario y optimizar la resistencia, obteniendo que el porcentaje óptimo es de 10%, alcanzando un $f'c$ de 277 kg/cm^2 a los 28 días y una disminución de peso unitario de 2360 kg/m^3 , en comparación con un diseño patrón con un $f'c$ de 210 kg/cm^2 y 2420 kg/m^3 en peso unitario.

Además, se realizó 3 modelaciones estructurales sismo estático de un edificio de 6 pisos para evaluar el comportamiento sísmico de la estructura, Edificio A: según el ACI, con un peso específico de 2400 Kg/m^3 y un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$; Edificio B: conformado por un concreto patrón de laboratorio, con un peso específico de 2520 kg/m^3 y un $f'c= 238 \text{ kg/cm}^2$ y Edificio C: conformado por un concreto de 10% de sustitución de piedra pómez, con un peso específico de 2460 kg/m^3 y un $f'c=277 \text{ kg/cm}^2$, obteniendo de éste último resultados de distorsiones entre los valores de 0.003 mm y 0.007 mm, los cuales se encuentran en los parámetros establecidos por la NTP E.030, y mencionando que el Edificio A y B no cumplen con dicha normativa.

Finalmente, se realizó un análisis de costos para 1m^3 de concreto patrón y con 10 % de piedra pómez obteniendo que éste último aumenta su costo en S/.7.24, siendo su costo de producción S/.269.80 y S/.277.04 respectivamente.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El mundo está experimentando una masiva sobrepoblación, es decir, el crecimiento acelerado de la población en los últimos años se ha vuelto un problema para la mayoría de las sociedades del mundo. Según Manrique, Martínez y Ospina (2010) “La población del planeta, alrededor de 6.500 millones de habitantes en los inicios del siglo XXI, no ha sido constante, ha cambiado a través de la historia, crece a diferentes ritmos y variaciones” por lo que repercute en el elevado índice de crecimiento urbanístico en espacios geográficos obligando así a aumentar la demanda de edificaciones, además es impresionante ver como las nuevas y modernas tecnologías constructivas permiten que las estructuras se desarrollen de manera vertical, ahora el cielo ya no es un límite. De la misma manera, existen miles de personas que construyen con materiales precarios, de manera informal y con escasos recursos; sin contar con una orientación y un apoyo técnico en el área estructural, éstas edificaciones están construidas en asentamientos informales ubicados en zonas de riesgo y con escasez de servicios básicos, volviéndolas así más vulnerables ante los distintos fenómenos naturales como terremotos, lluvias, inundaciones y cambios climáticos. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2018) “Alrededor de 1600 millones habitan en edificaciones inadecuadas y 900 millones en asentamientos informales o campamentos tanto en países pobres como ricos. La estadística no incluye a los más desamparados que viven en las calles”

Por otro lado, las investigaciones y estudios que en el transcurrir de los años se ha realizado ha dado origen a una variedad de concretos especiales, siendo uno de ellos los concretos livianos o de baja densidad, los cuales se definen en el ACI 213R (1987) como aquellos con una densidad en estado seco al aire menor a 1.850 kg/m^3 y una resistencia a compresión cilíndrica

superior a 17,2 MPa, presentando como principal característica un reducido peso específico, para lo cual se buscan métodos que consisten en incorporar aire al concreto convencional mediante la aplicación de aditivos o el uso de materiales de baja densidad. Según Bremner (2012), éste tipo de concretos permiten disminuir el peso de la estructura de un 60 a un 70 % de su peso normal, por lo tanto, es necesario la investigación para dar soluciones innovadoras a los desafíos que enfrenta la ingeniería civil

Los primeros edificios que fueron construidos con concretos estructurales de bajo peso unitario tuvieron lugar después de la primera guerra mundial, ya que, en el año 1922, en la ciudad de Kansas en Estados Unidos, se realizó la construcción de la ampliación del gimnasio de la escuela de deportes acuáticos, éste vino a ser el primer edificio construido con concreto de bajo peso unitario a lo largo de la historia. La causa principal para el uso de éste concreto especial fue la baja capacidad portante del suelo, por lo tanto, se buscaba aligerar el peso del edificio (Hou, Caicedo & Falconi; 2016)

En Estados Unidos, Florida, existen condominios que se denominan Sand Key, éstos edificios se utilizan para oficinas y residenciales, por lo tanto, tienen luces grandes y poseen una altura de 14 pisos. Las especificaciones del proyecto piden resistencias a compresión a los 28 días de 62 MPa con un peso unitarios de 1760 Kg/m³ para las losas. Los resultados en los ensayos arrojan resistencias promedio mayores a 82.75 MPa. Todo hormigón liviano de alto desempeño fue colocado mediante bomba con un tubo de 5" (Veliz A. & Vásquez J.; 2018).

En Japón, en el año de 1972 se construye la Torre Nagakin Capsule, la cual fue proyectada en un área total de terreno de 42 951 m², el proyecto se compone de dos torres o núcleos

estructurales de 11 y 13 pisos de altura, a los que adosan 140 cápsulas de 8 tipologías diferentes. Ésta posee una base estructural rígida de hormigón armado, dejando los materiales más ligeros para la construcción de cápsulas. Los núcleos estructurales están contruidos con marcos rígidos de acero y hormigón. De la planta baja a la segunda planta se utilizó hormigón armado, mientras que en los pisos superiores se utilizó hormigón ligero con el fin lograr disminuir las cargas de diseño (Kurokawa K.; 1972)

En Roma, el Coliseo, construido en los años del 75 y el 80 dC, es un gigantesco anfiteatro con un aforo de 50.000 espectadores. Las bases fueron arrojadas con hormigón ligero utilizando lava volcánica triturada, las paredes fueron hechas usando poroso agregado, crushed brick. Las bóvedas y espacios entre las paredes se construyeron utilizando piedra corte poroso-tufa. Después de la caída del Imperio Romano, el uso de hormigón ligero se limitó hasta el siglo 20, cuando un nuevo tipo de fabricación, el esquisto expandido, agregado liviano llegó a estar disponible para uso comercial, ACI 213R (2003).

En Perú, el concreto estructural especial de bajo peso unitario no se viene aprovechando de manera efectiva, y como debería, debido a su carente difusión y bajo conocimiento que se tiene del mismo. (Veliz & Vásquez 2018).

En Trujillo, donde se desarrolla ésta investigación, las edificaciones no solo crecen de manera horizontal, sino también de manera vertical, puesto que en los 10 últimos años se han construido una gran cantidad de estructuras, como por ejemplo las construcciones del proyecto de Villa Bolivariana que consiste en la construcción de edificios que oscilan entre 12 y 20 pisos, o la Torre de la Universidad Privada Antenor Orrego que posee 60 metros de altura, sin

embargo debido a que los suelos tienen una capacidad portante que varía entre 0.6 a 1.8 Kg/cm² lo que indica que Trujillo es una zona con un suelo no apto para construcciones con excesiva carga, se tiene que recurrir a otro tipo de cimentaciones como plateas o pilotes, aumentando de esa manera los costos (Tantaquilla; 2017).

Así mismo existen otras investigaciones realizadas con el mismo interés de estudio, las cuales se detallan en las siguientes líneas:

Soto, Esteban & Yarahuaman (2017) Encontraron en su investigación realizada, que el porcentaje idóneo para generar un concreto liviano y que cumpla con la adecuada resistencia a la compresión para lo cual fue diseñado, es 30% 40% y 50% de piedra pómez, luego continuó con el respectivo análisis estructural para cada tipo de concreto, obteniendo que únicamente el concreto liviano con 30% de piedra pómez, supera al concreto convencional en parámetros sísmicos.

Tupa (2018) Encontró que el concreto estructural ligero estudiado tiene el 0.47% y 11.89% menos volumen de poros permeables para resistencias de 210 Kg/cm² y de 280 Kg/cm² respectivamente. Sin embargo, puede tener 7.6% a 35.63% más en volumen de poros permeables en los diseños de más de 350 Kg/cm² y 500 Kg/cm². Además, el concreto liviano evidencia tener entre 30%, 16%, 12%, y 6% más de la resistencia a la compresión que el concreto normal para diseño de 210 Kg/cm², 280 Kg/cm², 350 Kg/cm² y 500 Kg/cm² respectivamente.

Gallegos (2015) Encontró que se debe lograr una baja proporción de agua - cemento (a/c) en la pasta para obtener mayores resistencias, significa que se necesitan contenidos de cemento

altos para hormigones livianos en comparación con hormigones de peso normal de la misma resistencia, sin embargo es necesario considerar una cantidad adecuada de agua para proporcionar trabajabilidad, una adecuada colocación, consolidación, acabados sin segregación y consistente con los requisitos de resistencia requeridos. Además, concluye que al disminuir el peso de la mampostería logra reducir las dimensiones de los elementos estructurales: vigas y columnas, por lo tanto, disminuye el peso de la estructura y por ende las cargas hacia la cimentación.

El concreto de bajo peso unitario ha sido utilizado en muchas obras desde la segunda mitad del siglo XX, debido a que ciertas aplicaciones son una alternativa de solución con respecto al concreto convencional. Sin embargo, la innovación en esta tecnología ha sido limitada porque su estudio se ha enfocado principalmente a la solución de casos especiales. En consecuencia, la presente investigación pretende ser un aporte a la generalización de nuevo conocimiento sobre el uso de la piedra pómez en la aplicación de concretos especiales de bajo peso unitario y a la vez, realizar un análisis estructural para lograr determinar el comportamiento sísmico de un pórtico.

Por otro lado, en el Perú existen diversas empresas dedicadas a la elaboración de concretos especiales, con el fin de aportar mejoras en la construcción.

La empresa SIKA (2919) tiene como principal actividad la comercialización de productos químicos para la construcción. Así mismo, ésta empresa está comprometida con la calidad, servicio, seguridad y el cuidado medioambiental, sus productos de marca son soluciones comprobadas que crean valor para sus clientes. Los productos que se comercializan con esta empresa tienen la capacidad de modificar las propiedades del concreto, según sea la necesidad

requerida de cada estructura, como por ejemplo los incorporadores de aire, los que permiten reducir el peso unitario de los concretos.

La empresa UNICON (2015) en todo el Perú y sus más de 50 años de historia brindan concretos de calidad, ya sea el convencional o los 20 tipos de concretos especiales con los que cuenta entre ellos el concreto ligero, éstos concretos son caracterizados por sus propiedades de aislamiento térmico, acústico y eléctrico. Ésta empresa distribuye y comercializa concretos que genera beneficios a la actividad de la construcción, agregando valor a sus grupos de interés: accionistas, clientes, proveedores, ambiente, comunidad y gobierno. (UNICON, 2015)

El Perú ocupa el puesto número 42 en tamaño de población a nivel del mundo y el número 8 en América Latina. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018) reveló que entre “el 2007 y el 2017 la población peruana se incrementó en 3 millones 16 mil 621 habitantes”. Por esta razón, el Perú se encuentra en el tercer puesto a nivel internacional de déficit de viviendas.

Tomando éstas cifras poblacionales, la falta del poder adquisitivo, obligó a las personas, la construcción de edificios inadecuadas en condiciones peligrosas e insalubres. Según la estadística del 2012 publicada por el Banco Iberoamericano de Desarrollo (BID, 2012), somos uno de los cuatro países con un mayor valor porcentual, el 72 % de nuestro país se encuentra sin un techo para vivir. Por otro lado, la ubicación sismográfica del Perú hace vulnerable a los habitantes ya que es un país ubicado en una zona de gran peligro sísmico, debido a la subducción de la placa Nazca bajo la placa Sudamericana. Por este motivo es de gran importancia reducir en lo posible las cargas que afectan a las estructuras como edificios,

puentes, entre otras, puesto que éstas son inerciales, una manera efectiva de hacerlo es disminuir el peso de la estructura.

Por las causas anteriormente expuestas, la presente investigación pretende elaborar un concreto de bajo peso unitario utilizando un nuevo material de construcción para aligerar las cargas muertas (Peso estructural) de dicha edificación haciendo uso de un porcentaje idóneo de piedra pómez para su aplicación.

Es de éste modo, que se busca determinar el porcentaje óptimo del uso de la piedra pómez como sustitución al agregado grueso para así lograr obtener un concreto especial que cumpla con las características de diseño en cuanto a la resistencia a la compresión y peso unitario, en consecuencia, la piedra pómez es una alternativa muy resaltante para conseguirlo, tomando como referencia estudios ya realizados y con resultados óptimos.

Siendo conscientes que nuestro Perú, especialmente Trujillo tiene a su alcance este material ígneo, el cual se debe aprovechar en beneficio de los nuevos sistemas aplicados en la industria de la construcción nos planteamos la idea de generar concretos de bajo peso unitario a partir de la sustitución de agregado grueso por este tipo de piedra, ya que la estructura de éste material está compuesto por partículas vítreas y una gran cantidad de poros diminutos que le proporcionan un bajo peso unitario.

Por otra parte, la consecuencia de no llevar a cabo éste estudio radica en que se seguirá con el desconocimiento en la aplicación de este material para la generación de concretos especiales y además se desaprovechará este material dentro de la región, del mismo modo, su uso ayudará

a aliviar el peso de las estructuras proporcionando un mejor comportamiento ante las sollicitaciones sísmicas y de ese modo poder brindar solución a los problemas de ingeniería.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye el porcentaje de piedra pómez sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos, Trujillo – 2019?

1.3. Justificación

La evolución en las nuevas tecnologías de la construcción y el constante desarrollo en variados productos como materiales de construcción, ya sea aditivos químicos, nuevas formas de mezcla de concreto, diferentes aditivos que van a generar el aprovechamiento al máximo en las características tanto físicas como mecánicas de la muestra; todo ello va a generar un conocimiento en la tecnología del concreto convencional; sin embargo; nos preguntamos qué sucede con el uso de la piedra pómez, éste material ígneo, al ser usado en la preparación de un concreto no es nuevo y nunca se ha llegado a ese nivel de estudio y conocimiento sobre su uso, mucho menos a su desarrollo y normatividad; y si a eso le añadimos las propiedades mecánicas y físicas que posee la piedra pómez y los beneficios que le puede aportar a un concreto; y mucho más a la economía de los constructores, estaríamos hablando de un excelente y nuevo material de construcción, y mejor aún si nuestro país es cuna de éste árido en desconocimiento. Por otro lado, si se le agrega a lo anterior descrito, un estudio de análisis estructural para edificaciones, entonces estaríamos resolviendo de manera completa interrogantes sobre el comportamiento de estructuras hechas a base de concreto de bajo peso unitario con piedra pómez.

1.3.1. Justificación científica

La piedra pómez es un árido, que, por condiciones de formación en la naturaleza, contiene compuestos químicos y minerales muy importantes que definitivamente pueden interactuar con el cemento Portland, estamos hablando de uno de ellos, que lo compone en un 73,6% la sílice (SiO_2). Por otro lado, una de las ventajas que posee, a diferencia de los otros materiales es que no requiere de un proceso sofisticado para la culminación del mismo.

Entonces, tomando en cuenta mencionadas propiedades, cómo no considerar siquiera el posible uso de este material para la fabricación de concretos de bajo peso unitario, es así que al encontrarnos en un país altamente sísmico, sería de mucho aporte las conclusiones de un análisis estructural a partir de la aplicación de las características y propiedades del uso del concreto con piedra pómez en una edificación, ya que en la ciudad de Trujillo se requiere reducir cargas en dichas estructuras, debido a la topografía sísmica en la que nos encontramos.

1.3.2. Justificación técnica práctica

Al concluir la investigación, los profesionales dedicados a la construcción tendrán un criterio adecuado para la selección de materiales y su respectivo análisis, así como el dimensionamiento de los agregados, que brinden excelentes características de resistencia, densidad y más que todo optimice el costo de una estructura; por otro lado, aportar con las conclusiones sobre el análisis estructural será de suma importancia para los profesionales dedicados al rubro y de la misma manera rescatar información sobre el comportamiento de la edificación y su viabilidad en la construcción.

1.3.3. Justificación personal

Se justifica el presente estudio de manera personal porque, investigaciones en el Perú para este tipo hay en un pequeño porcentaje, más aun siendo conocedores de los diferentes déficits que existen en nuestro país en el rubro de la construcción de edificaciones y sus materiales, así como su respectivo análisis estructural; por lo cual se generó la motivación e interés suficiente para el desarrollo del mismo.

1.4. Limitaciones

El desarrollo de la presente investigación se ha dificultado por la escasa información sobre la incorporación de piedra pómez al concreto convencional para la generación de un nuevo concreto estructural de baja densidad y que cumpla con las especificaciones; sin embargo, si se ha podido obtener información sobre el uso de ésta metodología constructiva con concretos ligeros en otros países mucho más desarrollados que el nuestro.

Por otro lado, la falta de empresas que comercialicen con la piedra pómez, genera dificultad en el proceso de experimentación de la investigación, puesto que el material ha sido obtenido de las orillas de la playa para su determinado proceso.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Determinar la influencia del porcentaje de piedra pómez sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos, Trujillo – 2019.

1.5.2. Específicos

OE 01: Realizar la caracterización del agregado grueso, fino y liviano con el fin de usarlo en el diseño de mezcla del concreto.

OE 02: Realizar un diseño de mezcla para una resistencia de 210 Kg/cm^2 en un concreto convencional y con sustitución de agregado grueso por diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de piedra pómez, mediante el uso del método ACI 211.

OE 03: Elaborar probetas con concreto convencional y con sustitución de agregado grueso por la piedra pómez en dosificación de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% para someterlas al ensayo de comprensión mediante los equipos de laboratorio según la NTP 339.034/ASTM C39.

OE 04: Determinar el peso unitario del concreto en estado fresco según la NTP 339.046/ASTM C138.

OE 05: Realizar la modelación estructural en el software SAP 2000 de una edificación de seis pisos utilizando parámetros de un concreto teórico convencional, un concreto patrón y un concreto de bajo peso unitario con piedra pómez siguiendo las consideraciones de la norma E.030 Diseño Sismorresistente y la E.060 Concreto Armado.

OE 06: Realizar un análisis de costos para 1 m^3 de concreto elaborado con características del concreto patrón y concreto de bajo peso unitario con piedra pómez.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

“Análisis comparativo entre hormigón convencional y hormigón de baja densidad para emplearlo en estructuras”

Moya; Angamarca & Cáceres (2015), su investigación tuvo como objetivo principal comparar entre un hormigón convencional y un hormigón de baja densidad elaborado con piedra pómez, con una resistencia a la compresión de 180 kg/cm², para emplearlo en estructuras. El proyecto que se realizó se clasificó en 2 etapas en la investigación bibliográfica y experimental, en la primera se realizó una recopilación de documentos existentes que sirvieron como guía, la segunda se desarrolló variaciones en la mezcla de materiales para después verificar sus propiedades en el proceso de endurecido de concreto, esta investigación se realizó en el laboratorio de Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería, los ensayos que se realizaron fueron: abrasión del agregado grueso, peso específico, absorción y densidad seca . Por otra parte, la población y muestra no está definida ya que para ello se establecen mezcla de prueba para obtener la mejor combinación de los materiales y así determinar la cantidad adecuada de piedra pómez y agregado grueso. Finalmente, el autor concluye que la utilización de baja densidad estructural en el Ecuador es innovadora y eficaz para ser empleado en proyectos civiles, el hormigón con piedra pómez que obtuvieron en la investigación cumple con los parámetros de calidad para ser utilizado en elementos estructurales establecidos según los lineamientos del A.C.I. Además, la consistencia obtenida para el hormigón de baja densidad utilizando piedra pómez fue de 4 cm y la resistencia es de 187 kg/cm² y para el concreto convencional se obtuvo una consistencia de 7 cm y la resistencia de 163 kg/cm². (p.12)

“Estudio de aumento de resistencia a la compresión de hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural”

Cañarte (2016), en su investigación tuvo como objetivo realizar un estudio de aumento de resistencia a la compresión y durabilidad del hormigón liviano con piedra pómez de dimensiones 4,76 mm y 9,51 mm como solución estructural y económica de la construcción edilicia. En la metodología de su investigación determinó que es un estudio de tipo experimental con un enfoque cualitativo, donde observó y describió características propias y también realizó los ensayos de caracterización de los agregados. Además, la presente investigación se realizó bajo la modalidad de no probabilística, intencional, en el cual el investigador decide el universo de estudio, la población y el tamaño de la muestra de acuerdo a su criterio técnico, de tal manera que esta investigación estudió a la piedra pómez como elemento principal de un hormigón liviano de carácter estructural y la resistencia a la compresión. Finalmente, determinó que la piedra pómez debe contar con varios procesos de control de calidad para obtener la granulometría óptima para la fabricación del hormigón liviano estructural, asimismo, es importante tener en cuenta que el árido liviano en estado seco tiende a absorber gran cantidad de agua de la mezcla en el proceso de hormigonado y puede causar segregación de la mezcla, esto sucedió en su primer ensayo inicial lo que afectó el resultado de las pruebas de resistencias a la compresión. (p.5)

“Diseño de la mezcla de hormigón alivianado usando piedra pómez de Latacunga. Aplicación en la fabricación de paneles pre fabricados no estructurales”

Gallegos (2015) en su investigación tiene como objetivo encontrar una dosificación de hormigón liviano utilizando agregados livianos de origen volcánico como es la piedra pómez (Chasqui blanco, obtenido en la provincia de Cotopaxi sector Lasso), y arena obtenida en la

Provincia de Pichincha. Su modalidad de investigación es experimental de forma exploratoria y descriptiva. La caracterización de cada material utilizado para la dosificación de Hormigón, así como el curado de cilindros se realizó en el laboratorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, los ensayos que se llevaron a cabo fueron para caracterizar los agregados de mezcla, cuyas resistencias, fluctuaban entre los 60 kg/cm² hasta 180 kg/cm². También determinó el módulo de densidad de diseño y elaboración de paneles con hormigón liviano. Finalmente concluye que, es posible disminuir el peso de la mampostería lo cual permite reducir dimensiones de los elementos estructurales vigas, columnas por lo que disminuye el peso de la estructura y por ende las cargas de cimentación. Además, determina que el hormigón liviano debido a sus densidades bajas presenta propiedades físicas tales como aislamiento térmico, acústico y resistencia al fuego. Una ventaja importante es la reducción de tiempo en construcción por lo tanto hay un menor costo. (p.7)

“Análisis de características físicas y mecánicas del hormigón ligero, con agregados provenientes de piedra pómez.”

Loaiza (2015) realizó una investigación acerca de la utilización de la Piedra Pómez como agregado fino y grueso para la confección de hormigones, cuya característica fundamental es la reducción de su peso. Éste investigador tuvo como objetivo diseñar una dosificación óptima para un hormigón ligero utilizando la piedra pómez como único material, para lograr una mayor resistencia a flexión, en la cual concluyó que el análisis comparativo de las dos metodologías se aprecia que a compresión el hormigón de piedra pómez y arena de río tiene un 2,78% más de resistencia que el hormigón de piedra pómez como único agregado, pero a flexión el hormigón de piedra pómez como único agregado tiene un 92,73% más de resistencia que el hormigón de arena, así mismo, al usar piedra pómez triturada como agregado fino logramos

reducir la densidad del hormigón en un 23,65% de río y piedra pómez. Por otro lado, el hormigón de piedra pómez como agregado grueso tamaño 1/2” y piedra pómez triturada como agregado fino tuvo un costo por metro cúbico de 134.27 dólares; mientras el hormigón de piedra pómez como agregado grueso tamaño 1/2” y arena de río como agregado fino tuvo un costo por metro cúbico de 110,55 dólares (p.p.p. 3,4,77)

“Evaluación comparativa de la respuesta sísmica de la edificación de aulas generales, laboratorios y otros, UAC de concreto armado convencional; con respecto a la respuesta sísmica de la misma edificación simulada de concreto liviano utilizando piedra pómez de la provincia de Canchis”

Soto, Esteban & Yarahumán, (2017) Desarrollaron una investigación, la cual tiene como principal objetivo evaluar y comparar las magnitudes de los parámetros de respuesta sísmica del edificio de Aulas generales, laboratorios y otros, UAC, de concreto convencional, con respecto el mismo edificio simulado de concreto liviano, usando piedra pómez de la provincia de Canchis. Se verificó tal fin con la elaboración de concreto liviano con 30%, 40%, 50%, 60% y 70% de piedra pómez.

Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados convencionales y livianos que se ensayaron fueron: Granulometría, peso específico y peso unitario. Se elaboraron un total de 120 probetas cilíndricas, 90 unidades de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, y 30 probetas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, ambos tipos cumplen la norma ASTM C31. Las probetas descritas fueron usadas para obtener la densidad, la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad del concreto liviano. De esta manera, se determinó que solo el concreto liviano con 30%, 40% y 50% de piedra pómez, cumplieron con la resistencia a la compresión de diseño. Por otra parte, se verifico la irregularidad estructural del edificio con los diferentes

tipos de concreto, se calculó la constante basal estática y el espectro inelástico de pseudoaceleraciones. Con estos datos, se elaboró el modelo en el programa “Etabs 2015”, se asignaron las cargas vivas, cargas muertas, cargas sísmicas tanto estáticas como dinámicas; y se ejecutaron los respectivos análisis.

En base a los resultados de desplazamientos horizontales, derivas inelásticas, fuerzas cortantes y momentos de volteo, se realizó una comparación de cada uno de los edificios simulados con mezclas livianas con respecto a los datos del edificio del concreto convencional. Y se concluyó que únicamente el concreto liviano con 30% de piedra pómez, supera al concreto convencional en los 4 criterios de parámetros de respuesta sísmica considerados, validando de esta manera la hipótesis general. (p. 4)

“Influencia de piedra pómez sobre asentamiento, densidad, absorción y resistencia a compresión en concreto liviano estructural”

Tantaquilla (2017) en su investigación tiene como objetivo obtener concretos livianos estructurales compuesto por un agregado liviano natural como la piedra pómez. Para lograr tal fin se procedió a realizar una mezcla patrón de concreto convencional con agregados naturales de las canteras existentes en Huanchaco - Trujillo y otro concreto liviano con el uso de piedra pómez encontradas en la costa norte del mar peruano, el uso de esta piedra se hizo en diferentes tamaños 12.50 mm (1/2), para el agregado grueso y 2.36mm (N°8), para el agregado fino, para ambos casos el reemplazo de los agregados se dio de acuerdo a los volúmenes que ocupaban en la mezcla en los siguientes porcentajes 20%, 40%, 60%, 80% y 100%. Asimismo, se utilizó el cemento portland Tipo ICo y un aditivo superplastificante EUCO 37 al 1% del contenido del cemento.

Tanto a los agregados livianos y convencionales, se les realizaron los ensayos de caracterización bajo las Normas ASTM, los cuales fueron requeridos para efectuar los diseños de mezcla de concreto bajo la norma ACI 211. Se conformaron probetas de 100 x 200 mm (4 x 8 in) de acuerdo a la norma ASTM C192. Se utilizó 4 réplicas por cada variable para obtener una confiabilidad del 95%. La resistencia a la compresión se realizó de acuerdo a la ASTM C39, la densidad bajo la ASTM C642 y ASTM C567, en cuanto al asentamiento se desarrolló de acuerdo a la ASTM C143. En el caso del concreto convencional, se estudiaron mezclas de concreto con relación a/c de 0.583 para una resistencia de 210 kg/cm², obteniendo resistencias a la compresión promedio de 296 kg/cm² a los 28 días de curado y 323 kg/cm² a los 56 días de curado, la densidad promedio de 2263 kg/m³ y un asentamiento de 7.55.

Por otro lado, el reemplazo óptimo del agregado grueso por piedra pómez se encuentra en el rango de 20% a 60% en volumen, obteniendo valores de resistencia a compresión de 276 kg/cm² a 233 kg/cm² a 28 días de curado y 303 kg/cm² a 259 kg/cm² a 56 días de curado. Asimismo, un asentamiento de 6.4” a 4” y una densidad de equilibrio de 2150 a 1918 kg/m³. En cuanto al agregado fino el reemplazo óptimo puede ser en hasta un 100%, obteniendo un valor de resistencia a compresión de 222 kg/cm² a 28 días de curado y 238 kg/cm² a 56 días de curado. Asimismo, un asentamiento de 5.2” y una densidad de equilibrio de 1956 kg/m³. (p.14)

“Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018.”

Chuquillin (2018) en su investigación tuvo como objetivo determinar cómo influye las perlas de poliestireno sobre el peso unitario, resistencia a la compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas.

Inicialmente se procedió a caracterizar los agregados, tanto el fino como el grueso, bajo las normas NTP. Seguido se procedió a elaborar el diseño de mezcla para un concreto con una resistencia de 210 kg/cm^2 a partir del método ACI 211.

Para este trabajo se buscó obtener un concreto liviano estructural que pueda ser aplicado a losas aligeradas, para lo cual se sustituyó el agregado fino por porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de perlas de poliestireno, en función del volumen.

El asentamiento y el peso unitario se evaluaron al concreto en estado fresco, bajo las normas NTP 339.035 y 339.046, y para la resistencia a la compresión, el concreto en estado endurecido, para lo cual, se hicieron probetas en moldes de 30 cm de altura y un diámetro de 15 cm.

Para el concreto convencional, se obtuvo un asentamiento de 80 mm, un peso unitario de 2430 kg/cm^3 y una resistencia a compresión de 283 kg/cm^2 . Por otro lado, el concreto con porcentajes de poliestireno, presentó reducciones en el peso unitario promedio y la resistencia a la compresión promedio, con respecto al concreto convencional, pero un aumento en el asentamiento promedio del 37.35% entre el concreto convencional y el concreto con perlas de poliestireno. (50%).

El reemplazo óptimo se da en el 40% de perlas de poliestireno, donde se obtiene un asentamiento de 100 mm, un peso unitario de 2160 kg/m^3 y una resistencia a compresión de 242 kg/cm^2 . Se dice que es el óptimo debido que el asentamiento cumple para la construcción de losas aligeradas, puesto que según Rivera (2013), el asentamiento permitido para la construcción de losas está en un rango de 50 mm y 100 mm, el peso unitario es menor al promedio del concreto convencional, por lo cual se considera ligero, y según Lituma y Zhunio (2015), indica que se considera un concreto ligero cuando su peso unitario es menor al del concreto convencional, el cual está en un rango de 2200 kg/m^3 y 2400 kg/m^3 ; y la resistencia a

compresión es estructural, esto según la norma E.060 Concreto Armado (2009), donde indica que la resistencia mínima de un concreto estructural es 210 kg/cm^2 (p.10).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

“El concreto puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados u áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forman un todo y después de tiempo es capaz de soportar esfuerzos de compresión” (Sánchez, 2001, p. 19).

2.2.2. Componentes del concreto

Según Sánchez (2001), el concreto está compuesto por los siguientes materiales:

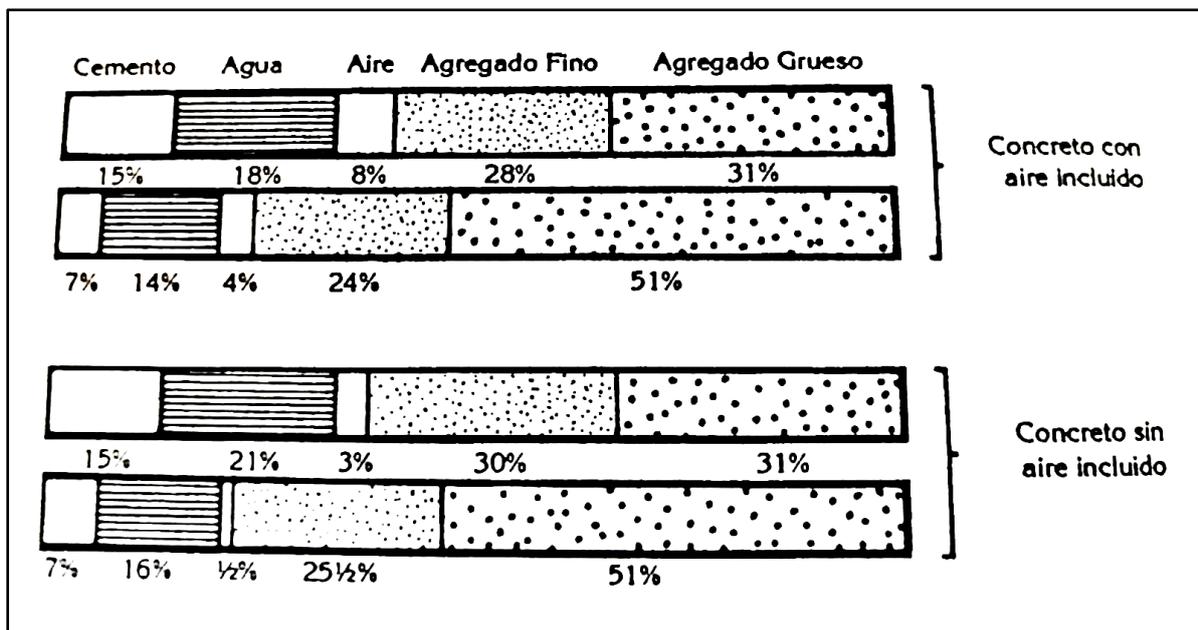


Figura 1: Características y componentes del concreto

Fuente: Sánchez D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores LTDA.

2.2.2.1. Aire

Sánchez (2001) refiere que cuando se elabora el concreto, durante su proceso es normal que quede aire atrapado en su masa, el cual es liberado posteriormente con los procesos de compactación, sin embargo, como la compactación no es perfecta, siempre queda un porcentaje de aire residual en la masa endurecida.

2.2.2.2. Agua

Sánchez (2001) menciona que el agua tiene la propiedad de endurecer y fraguar el cemento, es decir, experimenta una reacción química, entonces, el agua como material dentro del concreto es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que éstas desarrollen sus propiedades aglutinantes, también cuando logra mezclarse con el cemento se produce la pasta la cual puede ser más o menos diluida dependiendo de la cantidad de agua que se agregue. Al endurecer la pasta, como consecuencia del fraguado, parte del agua queda fijada en la estructura y el resto de agua se evapora.

Es importante mencionar que, el agua utilizada para la mezcla debe ser potable y no presentar un pronunciado olor o sabor, sin embargo, se tiene que tener en cuenta que dentro de ella no exista concentraciones de sales, cítricos o azúcares.

Tabla 1:

Requisitos de calidad de agua

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	50000 ppm.
Alcalinidad (NaHCO ₃)	600 ppm.
Sulfatos (Ión SO ₄)	3000 ppm.
Cloruros (Ión Cl ⁻)	1000 ppm.

Fuente: ASTM-C 1602

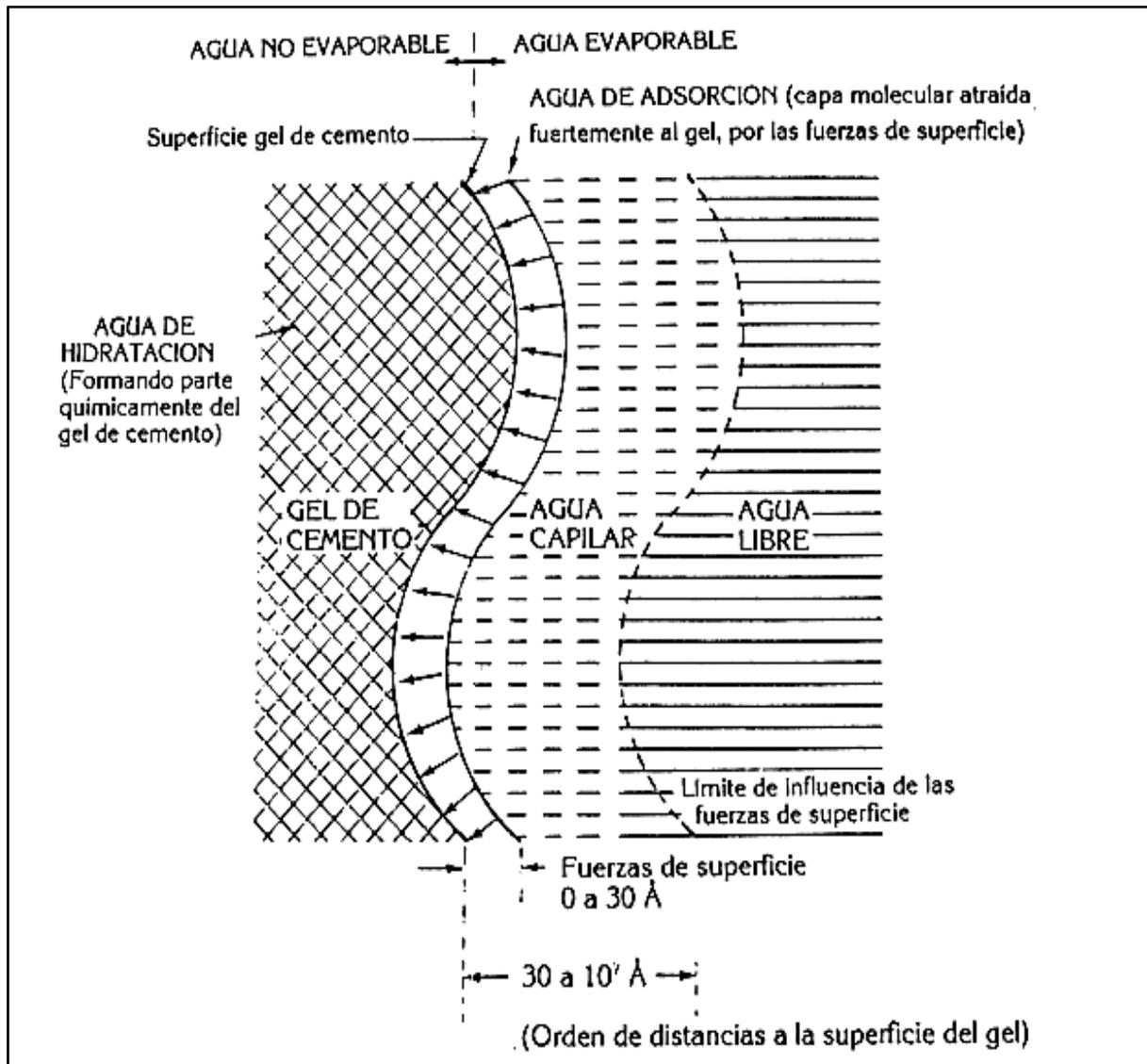


Figura 2: Esquema de la ubicación del agua en la pasta de cemento hidratado.

Fuente: Sánchez D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores LTDA.

2.2.2.3. Agregados

Sánchez (2001) refiere que los agregados son todos aquellos materiales que poseen una resistencia propia, no interfieren ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico, es decir, estos son inertes y garantizan una adherencia suficiente con la pasta del cemento endurecido. Éstos materiales pueden ser artificiales o naturales, dependiendo del origen.

Tabla 2:
Clasificación general del agregado según su tamaño.

Tamaño de las partículas en mm (pulg.)	Denominación más corriente	Clasificación	Clasificación como agregado para concreto
Inferior a 0,002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0,002-0,074 (N°200)	Limo		
Entre 0,074 - 4,76 (N°200)- (N°.4)	Arena	Agregado fino	
Entre 4,76 - 19.1 (N°.4) - (3/4")	Gravilla		
Entre 19.1 - 50.8 (3/4")- (2")	Grava	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
Entre 50.8 - 152.4 (2") - (6")	Piedra		
Superiores a 152.4 (6")	Rajón, piedra bola		

Fuente: Sánchez D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores LTDA.

Tabla 3:

Clasificación del agregado según su densidad.

Tipo de concreto	Peso unitario aprox. Del concreto kg/cm ³	Peso unitario del agregado Kg/cm ³	Ejemplos de utilización	Ejemplo de agregado
Ligero	400 - 800 950 - 1350 1450 - 2000	60 - 480 480 - 1040	Concreto para aislamientos Concreto para rellenos y mampostería no estructural Concreto estructural	Piedra pómez Perlita
Normal	2000 - 2500	1300 - 1600	Concreto estructural y no estructural	Canto rodado, agregados de río
Pesado	2500 - 5600	3400 - 7500	Concreto para protección contra radiación gamma o X, y contrapesas	Piedra barita, magnetita

Fuente: Sánchez D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores LTDA.

2.2.2.3.1. Agregado fino

Rivva (2013), define como agregado fino, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al Tamiz de 9,5 mm (3/8”) y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037.

Este puede ser de arena natural o manufacturada. Sus partículas tienen que ser limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactadas, resistentes y debe estar liberada de material orgánico.

2.2.2.3.2. Agregado grueso

Rivva (2013), define como agregado grueso al material que pasa al Tamiz de 7.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037.

Este material podrá ser de grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales. Además, el agregado grueso debe estar conformado por partículas

limpias, de perfil preferentemente angular, o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura rugosa, libre de limos, humos y material orgánica. (Pág.25)

2.2.2.3.3. Agregados livianos

2.2.2.3.3.1. Piedra pómez

a) Definición

Peñarreta (2015) define que, la piedra pómez o pumita es una roca de origen volcánica de color blanco o gris que contiene una gran cantidad de poros (el volumen es hasta el 80% poros) lo cual hace que su peso unitario sea muy bajo alrededor de 350 kg/cm^3 hasta 800 kg/cm^3 , ésta es de textura rugosa y su forma podría ser redondeada o angular.

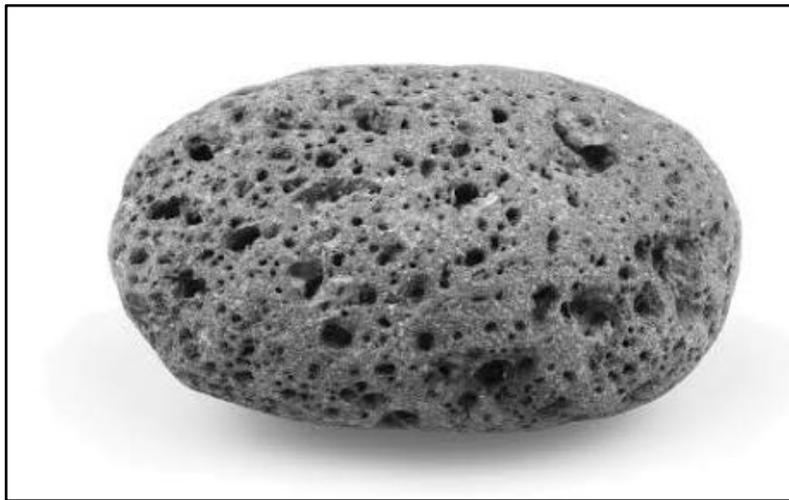


Figura 3: Características de la piedra pómez: color y textura

Fuente: www.ecured.cu

b) Composición química

Tabla 4:

Composición química de la piedra pómez.

Componentes	Cantidad (%)
SiO ₂	71.00
Al ₂ O ₃	12.80
Fe ₂ O ₃	1.75
CaO	1.36
Na ₂ O	3.23
K ₂	3.83
H ₂ O	3.88

Fuente: Peñarreta (2015)

Es necesario mencionar que la piedra pómez no se crea en la naturaleza por igual, sus propiedades químicas, varían según el yacimiento, es decir, el lugar de explotación, pero por lo general está formada por dióxido de silicio (silicato de aluminio amorfo) y óxido de aluminio.

c) Propiedades físicas

Cañarte (2016) menciona que, este material ofrece una serie de propiedades físicas tales como las que se mencionan a continuación:

- Aislante térmico y acústico
- Relativamente refractaria es decir con elevada resistencia al fuego
- Densidad aparente baja
- Muy porosa por su estructura vesicular de permeabilidad variable y de fácil trituración
- Reactividad química relativamente baja

d) Usos

Peñarreta (2015) menciona que, este material es utilizado en el mundo a la construcción de una forma triturada, es decir, se utiliza como agregado liviano para conseguir concretos de baja

densidad y permite mejorar las condiciones térmicas y acústicas de una construcción, además por su alta dureza también se utiliza como abrasivo.

2.2.2.4. Cemento

a) Definición

Gomezjurado (2014), refiere que el cemento es un material aglutinante, el cual tiene dos propiedades importantes: adherencia y cohesión; los mismo que se van a encargar de unir cada uno de los minerales entre sí, para formar un todo compacto. En la industria de la construcción se denomina a un aglutinante más común como cemento Portland, debido a que es éste el más usado.

El cemento Portland, viene a ser la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos, con algunos que contienen sílice, alúmina u óxido de hierro, que son procesados en hornos a muy elevadas temperaturas y mezclados con yeso. Éste término de denominación que se le acredita al cemento fue patentado en 1824 por Joseph Aspdin en Inglaterra, debido a la similitud que tiene el aspecto endurecido de éste material con una piedra que abunda en mencionando lugar. Así mismo, éste término fue acuñado años más tarde por Isaac Johnson.

Éste material, posee dos propiedades muy importantes, fraguar y endurecer en presencia del agua, lo cual va a generar una reacción química a la que conocemos como hidratación.

b) Proceso de fabricación del cemento

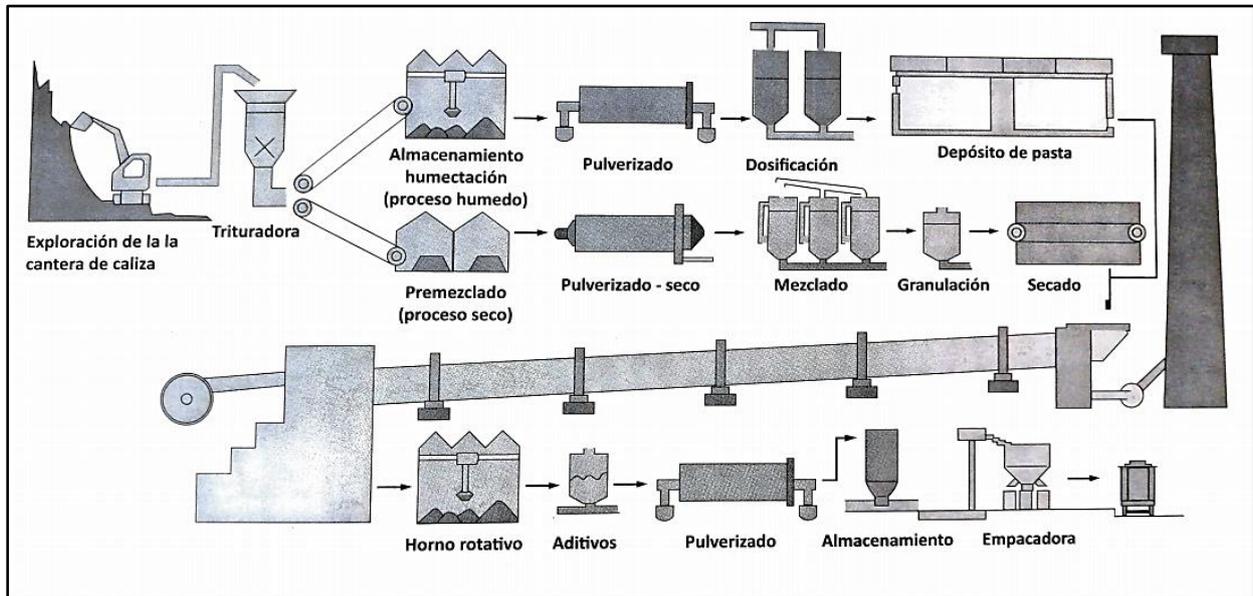


Figura 4: Etapas en la fabricación del cemento Portland.

Fuente: Gomezjurado J. (2014). Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla. ASOCRETO

c) Composición química del cemento

La materia prima, con la que se fabrica el cemento Portland consiste principalmente en cal, sílice, alúmina y óxido de hierro. Éstos compuestos químicos actúan en el horno de producción, con el fin de formar productos mucho más complejos, los mismos que van a generar un estado de equilibrio químico, con la única consideración de un pequeño residuo de cal no combinada, puesto que no ha tenido el suficiente tiempo para poder reaccionar. Para efectos de practicidad, se entiende como química del cemento, la que genera la mezcla de silicatos y aluminatos cálcicos, anhídridos e hidratados.

Tabla 5:

Abreviaturas para las fórmulas químicas de los óxidos más frecuentes.

Nombre del óxido	Fórmula	Abreviatura
Óxido de calcio	CaO	C
Dióxido de silicio	SiO ₂	S
Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	A
Óxido férrico	Fe ₂ O ₃	F
Agua	H ₂ O	H
Óxido de magnesio	MgO	M
Trióxido de azufre	SO ₃	s
Óxido de potasio	K ₂ O	K
Óxido de sodio	Na ₂ O	N
Óxido de litio	Li ₂ O	L
Óxido de fósforo	P ₂ O ₅	P
Óxido de hierro	FeO	f
Óxido de titanio	TiO ₂	T

Fuente: Sánchez D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, (p.35), Colombia: Bhandar Editores LTDA.

Tabla 6:

Compuestos químicos del cemento Portland.

Nombre del compuesto	Composición del óxido	Abreviatura
Silicato tricálcico	3CaOSiO ₂	C ₃ S
Silicato dicálcico	2CaOSiO ₂	C ₂ S
Aluminio tricálcico	3CaOAl ₂ O ₃	C ₃ A
Ferroaluminato tetracálcico	4CaOFe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃	C ₄ AF

Fuente: Sánchez D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, (p.35), Colombia: Bhandar Editores LTDA.

d) Tipos de cemento

Gomezjurado (2014), describe los tipos de concretos más usados:

- **TIPO I:** Usado cuando no se requiere propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **TIPO II:** Usado de manera general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **TIPO III:** Utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales

- **TIPO IV:** Usado para obtener un bajo calor de hidratación
- **TIPO V:** Usado para obtener una alta resistencia a los sulfatos

2.2.3. Propiedades del concreto en estado fresco

Gomezjurado (2014), refiere que la importancia de realizar el control de calidad del concreto en estado fresco radica esencialmente en permitir que se llene de manera adecuada los espacios alrededor del acero u armadura, del mismo modo obtener una mezcla sin grandes burbujas de aire o agua atrapadas. Las propiedades más importantes que se que se puede determinar son:

2.2.3.1. Manejabilidad o trabajabilidad

“Determina el trabajo utilizado en vencer la fricción entre los componentes del concreto, y entre éste y el encofrado, para lograr una compactación adecuada. En otras palabras, es la capacidad que tiene para ser colocado y compactado apropiadamente sin generar segregación” (Gomezjurado, 2014, p. 100).

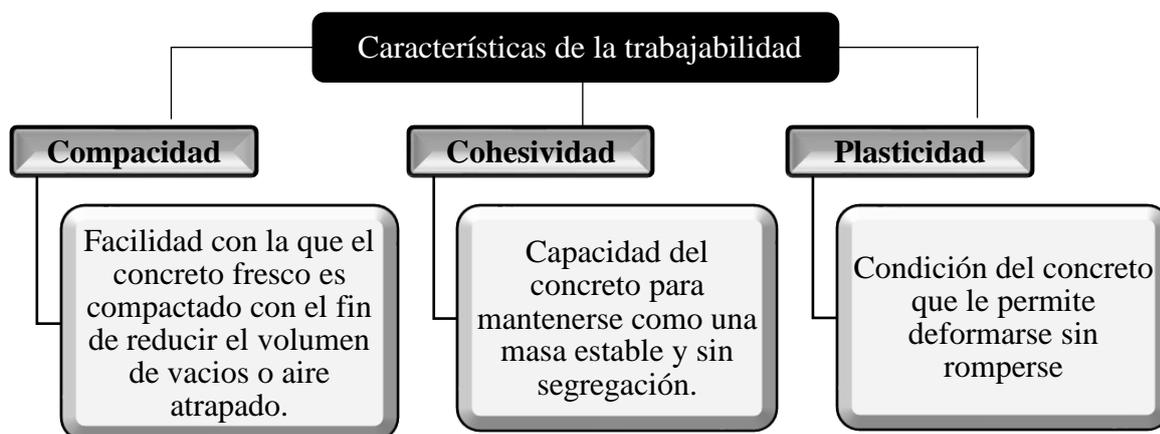


Figura 5: Características de la trabajabilidad.

Fuente: Elaboración propia, Recuperado de Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

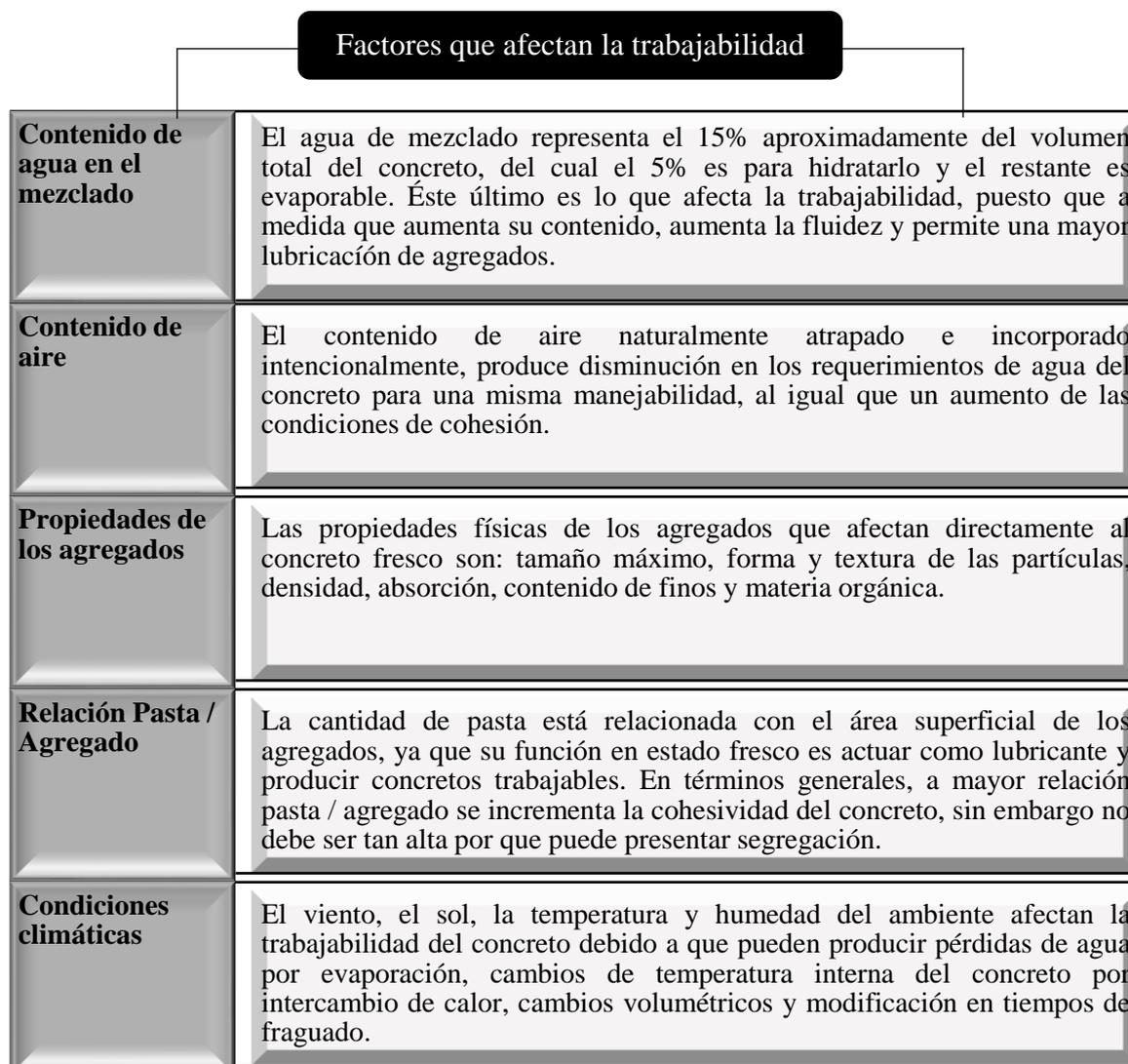


Figura 6: Factores que afectan la trabajabilidad.

Fuente: Elaboración propia, Recuperado de Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

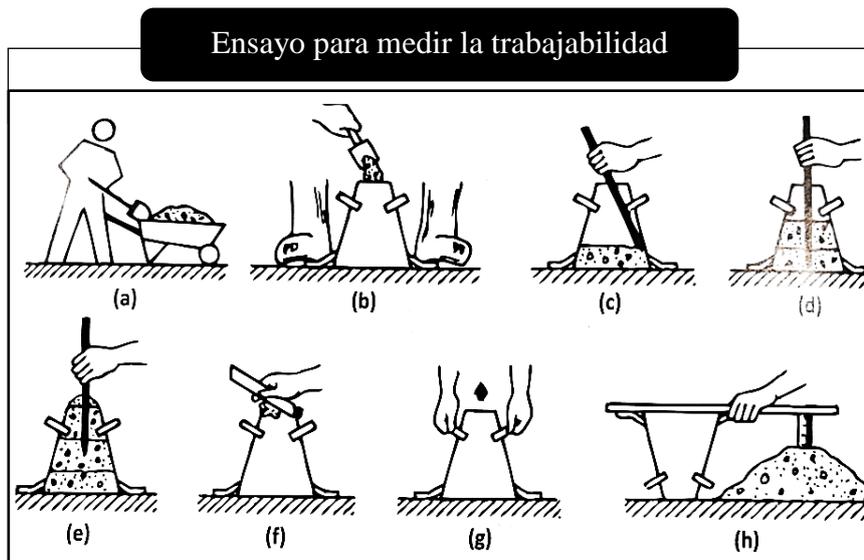


Figura 7: Ensayo para medir la trabajabilidad del concreto

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

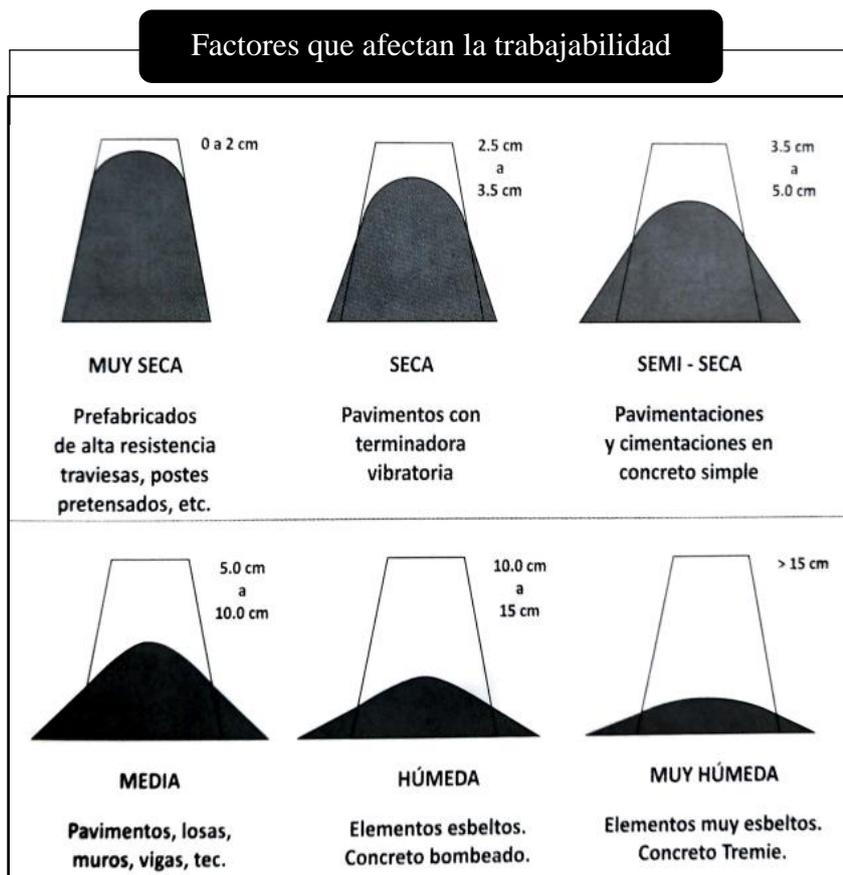


Figura 8: Clasificación del concreto según su consistencia.

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

2.2.3.2. Segregación

Gomezjurado (2014), refiere que la segregación es la tendencia de separación de las partículas gruesas formando una mezcla de agregados no uniforme ni homogénea, esto por su falta de cohesividad. Por otro lado, las causas de la segregación son la diferencia de densidades entre sus compuestos, el tamaño y forma de sus partículas y la distribución granulométrica. Del mismo modo se consideran otros factores como el inadecuado proceso de mezclado, un mal proceso de transporte, una colocación deficiente o exceso de vibración en la compactación.

Para disminuir el proceso de segregación el ACI-304 recomienda:

- Correcta dosificación de los materiales
- Realizar una inspección visual de la mezcla cuando se prueben los agregados.
- Reducir la distancia de acarreo de concreto dentro de las obras.
- No arrojar el concreto desde alturas mayores a 1 metro.
- No transportar el concreto por conductos de cambios bruscos de dirección.
- No descargar el concreto contra un obstáculo.
- No esparcir un montón de concreto con el vibrador.
- No exceder el tiempo de vibración del concreto.
- No utilizar agregado grueso, en el cual su densidad difiera enormemente del fino.

2.2.3.3. Exudación o sangrado

Gomezjurado (2014), refiere que ésta propiedad es como una forma de segregación, en la cual, parte del agua de la mezcla tiende a elevarse a la superficie de una mezcla de concreto recién colocado, debido a que los agregados de la mezcla no pueden retener toda el agua cuando se asientan durante el proceso de fraguado.

La exudación del concreto se ve influenciado por las proporciones de mezcla y las diferentes características de cada uno de los materiales, contenido de aire, el uso de aditivos o minerales, particularmente por la angularidad y gradación de los agregados.

2.2.3.4. Temperatura

Sánchez (2001) refiere que la temperatura del concreto fresco afecta directamente a todas las propiedades del concreto en estado plástico, especialmente al asentamiento y contenido de aire, es por ello que su medición es importante, aunque hoy en día no existe un método normalizado, con un termómetro de bolsillo con precisión de ± 2 °C será suficiente.

La temperatura elevada de los concretos, significan que se va a requerir mayor cantidad de agua para mantener un determinado asentamiento. Por otro lado, ésta temperatura depende del aporte calórico de los agregados, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía añadida en el mezclado y el calor absorbido en el medio ambiente.

La Norma Técnica Peruana 339.114 estipula una temperatura que varía entre 19 °C y 29 °C en clima cálido, por razones de velocidad de hidratación y endurecimiento del cemento, ya que a una mayor temperatura produce una hidratación más rápida, pero menos eficiente, y por lo tanto un fraguado acelerado, generando una estructura física menos uniforme y pobre.

2.2.4. Propiedades del concreto endurecido

2.2.4.1. Resistencia del concreto

2.2.4.1.1. Definición

Gomezjurado (2014) comenta que la resistencia del concreto es una propiedad muy importante, puesto que sirve para ver la habilidad de resistencia de esfuerzos considerando 4 maneras: compresión, tracción, corte y flexión, siendo la primera la más efectiva e importante, puesto que presenta una alta resistencia, lo que no sucede con las últimas tres.

Desde un punto de vista de resistencia a la compresión, se considera lo siguiente:

Tabla 7:

Clasificación del concreto según su resistencia

Concreto de resistencia normal	< 42 Mpa
Concreto de alta resistencia	> 42 Mpa y < 100 Mpa
Concreto de ultra alta resistencia	> 100 Mpa

Fuente: Elaboración propia, recuperado de Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

2.2.4.1.2. Factores que inciden en la resistencia

Gomezjurado (2014) refiere que el concreto es una masa endurecida y heterogénea, cuya resistencia va a depender de los siguientes factores:

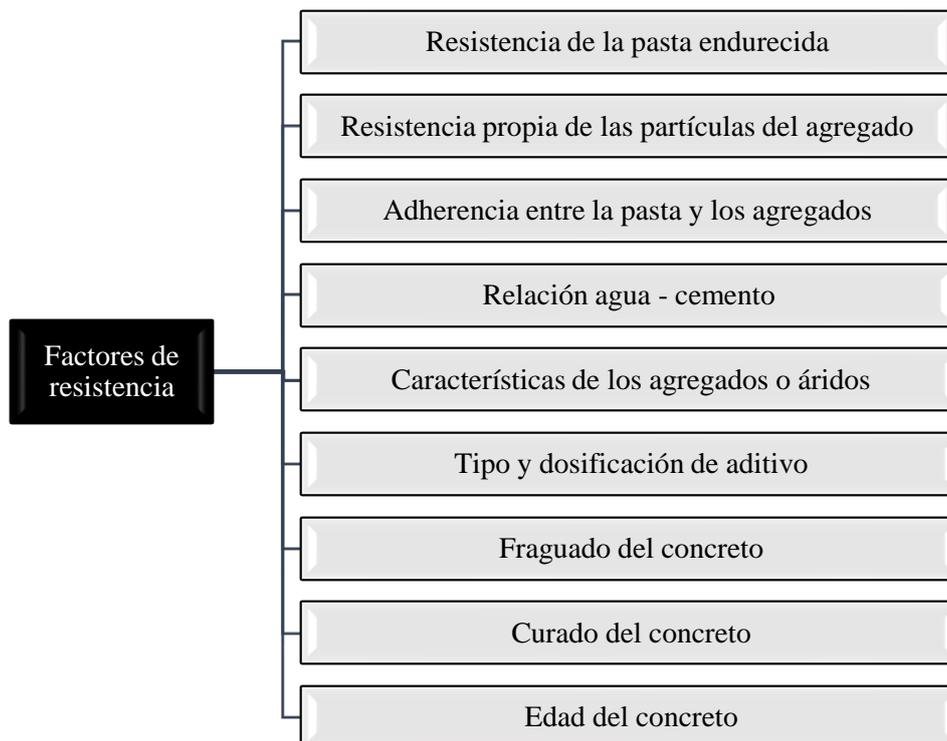


Figura 9: Factores de resistencia del concreto

Fuente: Elaboración propia, recuperado de Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

2.2.4.1.3. Ensayo de resistencia a la compresión

Gomezjurado (2014) refiere que éste ensayo se encuentra normalizado según la NTP 339.034/ASTM C 39 para la elaboración de especímenes y según la NTP 339.034/ASTM C 39 para hacer el ensayo los mismos.



Figura 10: Ensayo de compresión

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

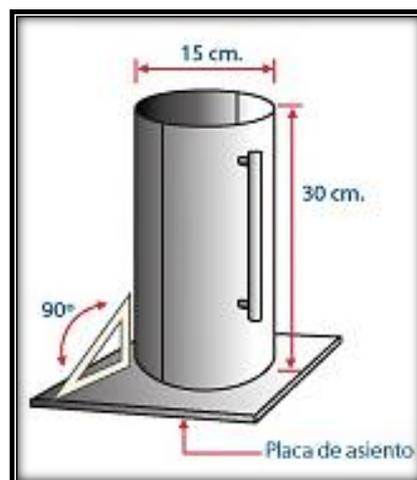


Figura 11: Medidas del molde para el ensayo de resistencia.

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

2.2.4.1.4. Resistencia a la compresión en función del tiempo

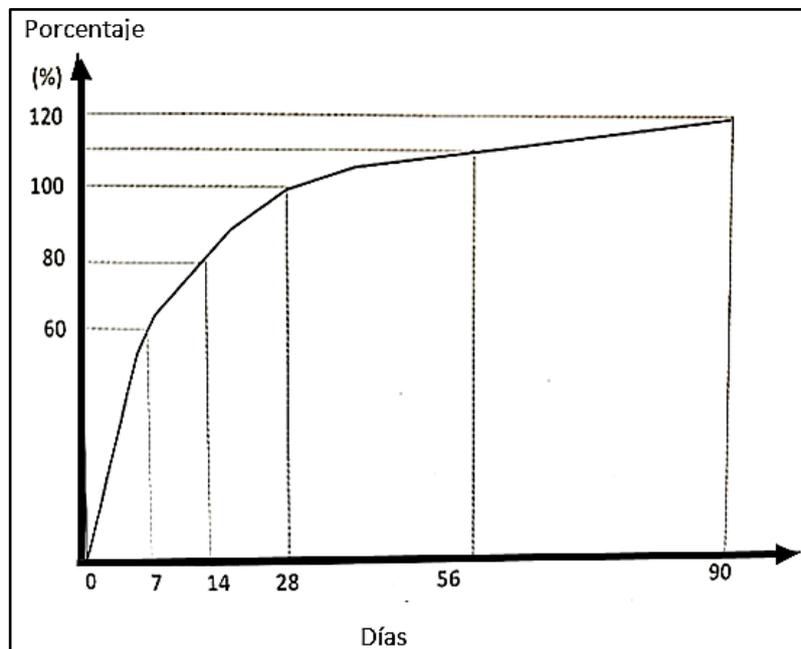


Figura 12: Resistencia a la compresión en función del tiempo

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

2.2.4.1.5. Tipos de fallas

Gomezjurado J. (2014) refiere que la NTP 339.035 considera 6 fallas descritas líneas abajo:

a) Falla tipo I: se muestra como conos razonablemente bien formados en ambos extremos, con fisura a través de los cabezales de menos de 25mm.

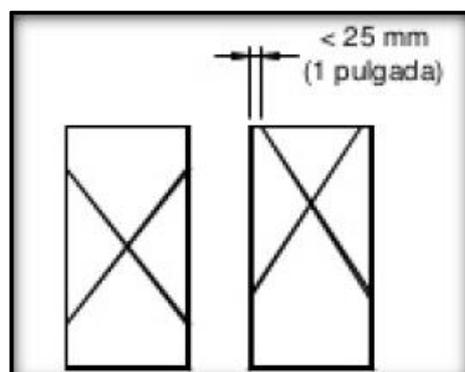


Figura 13: Falla Tipo 1

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

b) **Falla Tipo 2:** conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.

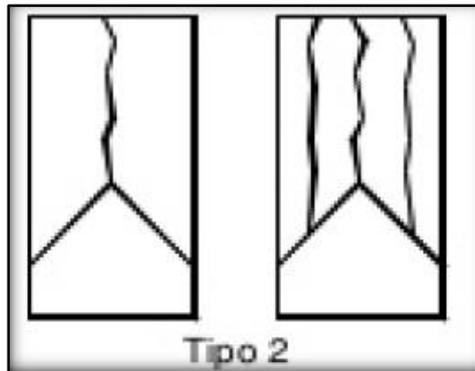


Figura 14: Falla de Tipo 2

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

c) **Falla Tipo 3:** Presenta fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, es decir conos mal formados.

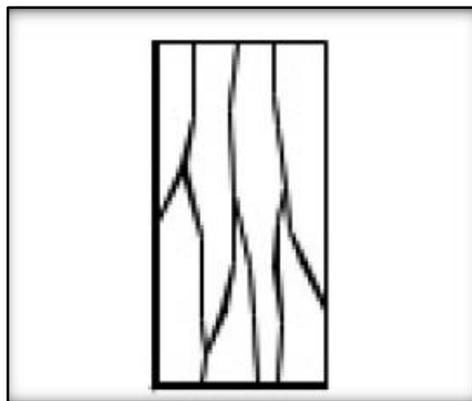


Figura 15: Falla de Tipo 3

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

d) Falla Tipo 4: Presenta fractura diagonal sin fisura a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1.

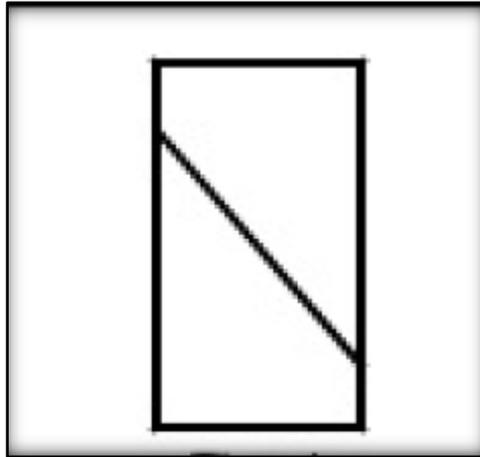


Figura 16: Falla de Tipo IV

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

e) Falla Tipo 5: Produce fracturas en los lados en las partes superiores o inferior (ocurre) comúnmente con cabezales no adheridos.

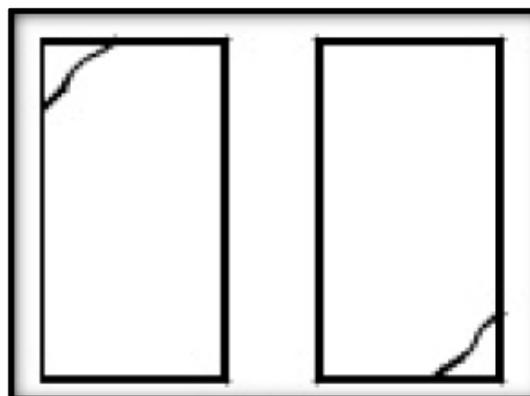


Figura 17: Falla de Tipo V

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

f) **Falla Tipo 6:** similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo.

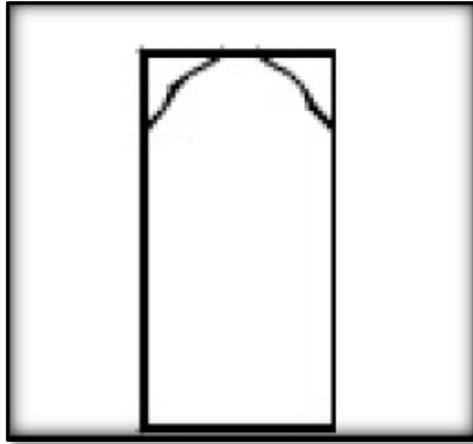


Figura 18: Falla de Tipo VI

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

2.2.4.2. Peso unitario del concreto

2.2.4.2.1. Definición

Gomezjurado (2014) explica que la masa unitaria del concreto endurecido es igual a la masa del concreto recién mezclado, sin considerar el agua evaporable. El único factor de agua que se considera dentro de la mezcla de concreto, es el que reacciona químicamente con el cemento, y el que bajo condiciones normales no se evapora, puesto que permanece retenido dentro de los poros de los diferentes agregados que componen la mezcla.

Se considera que la cantidad de agua evaporable en un 50% de humedad relativa, es del orden 2,5 % de la masa del concreto, dependiendo del contenido inicial de agua, las características de absorción de los agregados y el tamaño de la estructura.

2.2.4.2.2. Clasificación del concreto según su masa unitaria

Gomezjurado (2014) refiere que los concretos convencionales son hechos a base de agregados con masa unitaria normal, sin embargo, a nivel mundial se ha aplicado la investigación de

nuevos materiales, desarrollando y utilizado agregados livianos o pesados. Como anteriormente ya se mencionó, la masa unitaria del concreto va a depender principalmente de la masa unitaria de cada uno de sus agregados que lo componen, clasificación los concretos de la siguiente manera:

Tabla 8:

Clasificación del concreto según la masa unitaria

Masa unitaria (Kg/m ³)	Descripción
500 - 2000	Concreto ligero
2000 - 2500	Concreto normal (convencional)
2600 - 5600	Concreto pesado

Fuente: Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

2.2.5. Diseño de mezcla

Mayta (2014), referencia al diseño de mezcla como la selección de las proporciones de los materiales que van a integrar la unidad cúbica de concreto, que consiste en la selección de los insumos más adecuados y su respectiva combinación, buscando que ésta sea más conveniente y económica, con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada; y que en el estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o especificaciones de las diferentes obras.

Para la elaboración del concreto se tiene en consideración los siguientes ítems según el método ACI-211:

- Elección del asentamiento (Especificado)
- Elección del TMN y TM del Agregado Grueso
- Cálculo del agua de mezcla y el contenido de aire
- Selección de la relación a/c

- Cálculo del contenido de cemento
- Estimación del contenido de agregado grueso
- Estimación del contenido de agregado fino
- Ajustes por humedad de los agregados
- Ajustes en las mezclas de prueba

2.2.5.1. Requisitos de los diseños de mezcla

Mayta (2014), explica que las mezclas de concreto deben cumplir con algunos requisitos de orden básico; la mezcla deberá ser fácilmente trabajable en cada uno de los encofrados, de manera muy especial en cada esquina y ángulo; utilizando los procedimientos de colocación y consolidación disponibles en obra. La mezcla endurecida tendrá las propiedades requeridas por los planos y/o las especificaciones de obra.

2.2.5.2. Procedimiento del diseño de mezcla

“Considera fundamentales los siguientes pasos en el proceso de selección de las proporciones de mezcla para alcanzar las propiedades deseadas en el concreto. Ellos deben efectuarse independientemente del procedimiento de diseño seleccionado” (Mayta, 2014, p.74).

Tabla 9:

Asentamiento recomendado para diversos tipos de elementos estructurales

Tipo De Estructura	Slump Máximo	Slump Mínimo
Zapatas y muros	3”	1”
Cimentaciones simples	3”	1”
Vigas y muros armados	4”	1”
Columnas	4”	2”
Muros y pavimentos	3”	1”
Concreto ciclópeo	2”	1”

Fuente: Recuperado de ACI-211.1 (2015).

2.2.5.3. Indicadores de medición

Según Mayta (2014), para desarrollar la caracterización del concreto, es fundamental la medida de su grado de trabajabilidad, que considera el ensayo ASTM C143, denominado Asentamiento, el cual consiste en medir dicha característica del concreto mediante un ensayo, donde se usa un instrumento llamado Cono de Abrams, el mismo que arrojará los resultados en valores medidos en pulgadas o centímetros.

Del mismo modo, al concreto en estado fresco, también se le mide la temperatura, considerando el ensayo de la norma ASTM C1064, el cual consiste en usar un termómetro calibrado con una variación de $\pm 0,5$ °C, dentro de un rango entre 0°C a 50°C.

Por otro lado, al concreto en estado endurecido, se le va a medir la resistencia a la compresión, uno de los ensayos más importantes, puesto que éste dimensiona la capacidad de carga sobre un área específica, según el ensayo avalado por la norma ASTM C39, dando como resultado, una vez producida la ruptura del espécimen de ensayo, valores medidos en kg/cm^2 o *psi*.

2.2.6. Diseño estructural

Edward (2004), refiere que el diseño estructural de una edificación consiste en determinar en forma general las dimensiones específicas de una estructura, de tal manera que ésta pueda realizar la función para la cual fue diseñada, y resista con adecuados parámetros de seguridad las exigencias a las cuales estarán expuestos.

Éste diseño parte de un conjunto de conocimientos científicos, que van a permitir predecir con cierta seguridad el comportamiento de una estructura de forma y dimensiones dadas, al ser expuesto ante sollicitaciones externas.

2.2.6.1. Análisis Estático

Edward (2004), explica que el objetivo principal del análisis de resistencia estática de las estructuras es la evaluación de un estado de estrés de una estructura sometida a fuerzas constante en el tiempo (estáticos). Esta evaluación del estado de estrés se realiza generalmente con el fin de sondear las características de diseño adoptadas contra el criterio de resistencia.

2.2.6.1.1. Desplazamientos laterales

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, la E.030 de Diseño Sismoresistente, refiere el máximo desplazamiento relativo de entrepisos, calculado según el Art. 16 (16.4), no deberá exceder la fracción de altura de entrepiso que se indica en la Tabla N° 6.

Tabla 10:

Límites para la *distorsión de entrepiso*

Tabla N° 08	
Límites para la distorsión del entre piso	
Material Predominante	($\Delta_i l h_{ei}$)
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada.	0.005

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.30 Diseño Sismorresistente (2015)

2.2.6.1.2. Pasos para la modelación

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, la E.030 de Diseño Sismorresistente, se describe los siguientes pasos para el diseño estructural:

- Peso de edificación
- Peso sísmico de edificación
- Peso sísmico

- Factor zona
- Factor de uso o importancia
- Factor del suelo
- Periodo de amplificación sísmico (c)
- Reducción de fuerza sísmica (r)
- Fuerza cortante en la base
- Distribución fuerza cortante por piso
- Modelación estructural en el programa SAP 2000

2.3. Hipótesis

La utilización del porcentaje de piedra pómez como alternativa para la elaboración de un concreto, influye significativamente sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

Según Carrasco (2009), en su libro “Metodología de la investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación”, describe la operacionalización de la variable como un proceso metodológico, que trata de descomponer deductivamente cada una de las variables que van a componer el problema de investigación, yendo de lo más general a lo más específico. Es decir, es un proceso, en el cual el investigador, explica de la definición que adoptará las categorías y/o variables de estudio, tipos de valores que puede asumir y los cálculos por hacer para obtener los valores de las variables cuantitativas.

3.1.1. Variable dependiente

Tabla 11:

Operacionalización de la variable dependiente resistencia a la compresión

Variable	Definición conceptual	Def. oper.	Dimens.	Indicadores	Ítems
Resistencia a la Compresión	Definición: Se puede definir como la medida máxima de la resistencia a la carga axial de especímenes de concreto, la cual se expresa en Kg/cm ² , Mpa, Lb/pulg ² o psi, a una edad de 3 días, 7 días y 28 días las cuales asume mayor resistencia de acuerdo a tiempo. La resistencia a la compresión f _c es una función de la relación a/c. (Gomezjurado, 2014)	Se estudiará con la elaboración de 63 probetas de concreto con la sustitución de agregado grueso por la piedra pómez	Ensayo de los Agregados	Contenido de Humedad	Porcentaje %
				Granulometría	Módulo de Finura
				Gravedad Específica y Absorción	Gr/cm ³ -%
				Peso Unitario	Kg/m ³
			Diseño de Mezcla	Resistencia de diseño	Kg/cm ²
				Relación a/c	
				Dosificación de concreto	Kg
				Dosificación de piedra pómez	Kg
				Carga Máxima	kg/cm ²
				Área	cm ²
Capacidad de Carga Soportada	Curva carga/edad	(Kg/cm ²)/días			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12:
Operacionalización de la variable dependiente peso unitario.

Var.	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Ítems
Peso unitario	La masa unitaria del concreto endurecido es igual a la masa del concreto recién mezclado, sin considerar el agua evaporable. Gomezjurado (2014)	Se estudiará con la realización de 21 ensayos de peso unitario del concreto en estado fresco sustituyendo el agregado grueso por piedra pómez, éste procedimiento se realizó según la ASTM C29/NTP 400.017.	Peso unitario del concreto en estado fresco	Masa	Kg
				Volumen	m ³

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Variable independiente

Tabla 13:
Operacionalización variable independiente

Var.	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Ítems
Piedra pómez	La piedra pómez o pumita, de origen volcánico posee una textura porosa llamada vesícula, que es producida por la desgasificación en las erupciones volcánicas, de color pálido y la matriz vítrea es metaestable, de baja densidad, que contiene en su mayor cantidad 60 al 75 % sílice (SiO ₂). Peñarrete (2015).	Se diseña una mezcla de concreto de 210 Kg/cm ² sustituyendo el agregado grueso por diferentes porcentajes de piedra pómez.	Porcentaje de piedra pómez	Patrón, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% del peso del agregado grueso	Nominal

Fuente: Elaboración propia

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Por el propósito: **APLICADA**

La presente investigación se denomina **aplicada** debido a que busca emplear conocimientos adquiridos en la elaboración de un concreto ligero utilizando un óptimo porcentaje de piedra pómez para obtener parámetros de diseño que se aplicarán en la modelación estructural de una edificación de 6 niveles, logrando de esa manera adquirir valores que serán constatados con los parámetros de diseño expuestos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.2.2. Por el diseño: **EXPERIMENTAL**

La presente investigación es de tipo **experimental**, porque se tiene el control de la variable independiente, que influirá sobre la variable dependiente, se medirá mediante la elaboración de concreto a través de probetas utilizando diferentes porcentajes de piedra pómez y sometiéndolas a un ensayo de compresión, para luego realizar el análisis estructural de una edificación de 6 niveles.

3.3. Diseño de la investigación



Figura 19: Diseño de la investigación

Fuente: Elaboración Propia

El diseño de investigación es **experimental puro**, debido a que reúne tres requisitos fundamentales: Tener el control o un patrón, tener aleatoriedad, y repeticiones en su elección, así mismo este tipo de diseño permite evaluar más de una variable dependiente.

3.4. Unidad de estudio

La unidad de estudio es una **probeta de concreto** normalizado con un diámetro de 6 pulgadas y una longitud de 12 pulgadas elaborada según la norma NTP 339,034/ ASTM C39. Dicha probeta se diseñará en el laboratorio de Ingeniería civil en la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo, para su mejoramiento se tendrá en cuenta el porcentaje de sustitución de agregado grueso por piedra pómez, la cual ayudará en el mejoramiento de su resistencia y disminución del peso unitario al momento de ser utilizado.

Tabla 14:
Unidad de estudio

	Dimensiones
	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 15 cm • Altura: 30 cm
	Composición
	<ul style="list-style-type: none"> • Cemento Portland tipo I • Agregado grueso y fino • Agua • Porcentaje de piedra pómez

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Población

Todos los tipos de concretos realizados según la normativa peruana NTP 339.034/ ASTM C 39 en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte – Trujillo, 2019.

3.6. Muestra

El tamaño de muestra para las probetas de concreto se hizo de manera **probabilística** ya que todos los elementos de la población tienen una probabilidad mayor de cero de ser seleccionadas de la muestra.

Para calcular el tamaño de la muestra, se empleará el manual de estadística de la Universidad Privada del Norte (2016), que considera variables cuantitativas y asumiendo poblaciones infinitas:

Ecuación 1: Cálculo de especímenes

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

- n_0 = tamaño de muestra
- Z = valor de distribución normal estandarizada para el nivel de confianza fijado por el investigador (Ver. Tabla 15)
- S = desviación estándar de la variable fundamental de estudio o de interés para el investigador.
- E = error del muestreo en porcentaje (%) fijado por el investigador.

Tabla 15:

Valores de la distribución normal estandarizada

Valores de la distribución normal estandarizada			
Error (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral			
Nivel de confianza (1- α)	Error (α)	Valor Z	
		Bilateral	Unilateral
90%	0.1	1.64	1.28
95%	0.05	1.96	1.64
99%	0.01	2.57	2.32
Error (Tipo I): Siempre es unilateral			
Poder (1- β)	Error (β)	Valor Z	
0.80	0.2	0.842	
0.90	0.1	1.282	
0.95	0.05	1.645	
0.99	0.01	2.326	

Fuente: Universidad Privada del Norte, 2016

Tabla 16:

Coefficiente de variación

DISPERSIÓN TOTAL					
Clase de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control (Kg/cm ²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.9	> 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
Clase de operación	Coeficiente de variación V para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> 5.0

Fuente: Pasquel E.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se tomarán lo siguientes valores:

- Z= El nivel de confianza para este proyecto de investigación será de 95% (Z=1.96).
- S= Para el cálculo de la desviación estándar de la variable es 7 kg/cm² para un promedio de resistencia de 200 kg/cm², el valor se ha tomado de un estudio anterior realizado por Tantaquilla (2017) en su investigación denominada *“Influencia de piedra pómez sobre asentamiento, densidad, absorción y resistencia a compresión en un concreto liviano estructural”* (Ver. Anexo N° 19)
- E= El error del muestreo se estimará en 4% del promedio de resistencia del estudio mencionado, teniendo como resultado 8 kg/cm².

Con los datos obtenidos se tendrá que reemplazar los valores en la fórmula y se obtiene como tamaño de la muestra lo siguiente:

$$n_0 = \frac{(1.96)^2 (7 \text{ Kg/cm}^2)^2}{(8 \text{ Kg/cm}^2)^2}$$

$$n_0 = 2.94 \quad \rightarrow \quad n_0 = 3$$

De acuerdo al cálculo obtenido, se concluye que se realizará un total de 63 probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, con un concreto con sustitución de agregado grueso por piedra pómez de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}$, y 21 ensayos de peso unitario de concreto en estado fresco considerando el tamaño de muestra y el número los diferentes porcentajes de sustitución de agregado grueso por piedra pómez, los cuales serán distribuidas según la siguiente tabla:

Tabla 17:
Distribución de muestra de probetas de concreto

Tipos	% de piedra pómez	Muestra			Peso unitario
		Resistencia a la compresión			
		3 días	7 días	28 días	
Patrón	0%	3	3	3	3
	5 %	3	3	3	3
Concreto con sustitución de piedra pómez	10%	3	3	3	3
	15%	3	3	3	3
	20%	3	3	3	3
	25%	3	3	3	3
	30%	3	3	3	3
Sub total de especímenes		21	21	21	21
Total de especímenes		63			21

Fuente: Elaboración propia

3.7. Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos

3.7.1. Técnica

La técnica que se aplicará en la presente investigación es: **la observación**; puesto que el propósito es múltiple, permite al analista determinar que se está haciendo, como se está haciendo, quien lo hace, cuando se lleva a cabo, cuánto tiempo toma, donde se hace y porqué se hace, así mismo implica seleccionar, ver y registrar sistemáticamente la conducta y las

características de nuestra unidad de estudio. Esta técnica se desarrollará en todos y cada uno de los ensayos que se van a realizar, considerando el cumplimiento de las normas ASTM y NTP, según corresponda.

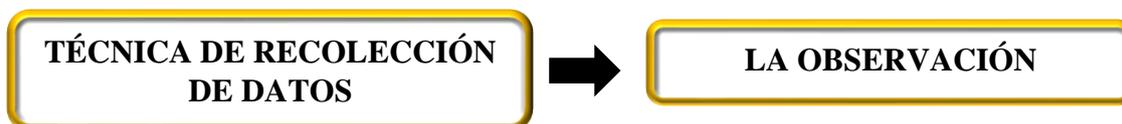


Figura 20: Técnica de recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia

3.7.2. Instrumentos

El instrumento que se utilizará en la presente investigación es: **la guía de observación**, porque consiste en la selección de las ideas más informativas e importantes de una investigación, realizado con el fin de expresar su contenido a través de un análisis documentario y estadístico usando elementos creados en un laboratorio, lo cual permite la generación de resultados y poder tener el control de un estudio realizado, considerando un proceso deductivo, secuencial, probatorio, estadístico y un respectivo análisis de la realidad más objetiva y coherente. En la presente investigación se muestran éstas guías a partir del Anexo N°18.

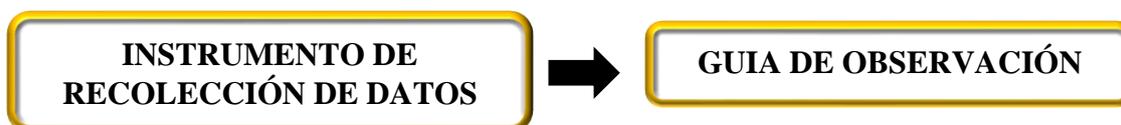


Figura 21: Instrumento de recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia

3.7.3. Validación del instrumento

La validación del instrumento descrito líneas arriba, que servirá para la recolección de los datos obtenidos, lo realizará el ingeniero experto en Tecnología del Concreto, que labora en la Universidad Privada del Norte, el ingeniero Alberto Rubén Vásquez Díaz con CIP. 166128, (Ver Anexo N° 17)

3.7.4. Procedimiento

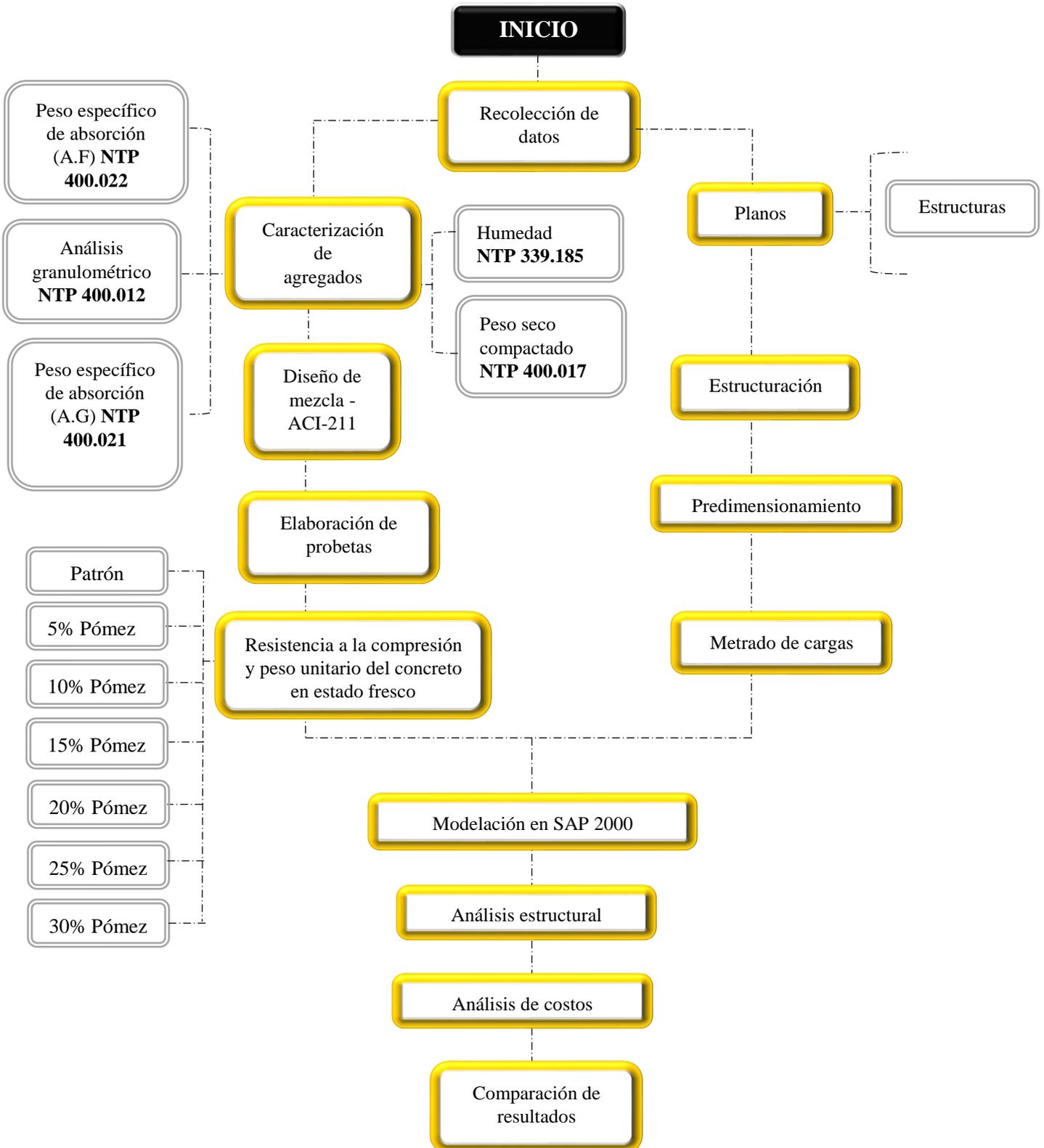


Figura 22: Procedimiento de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.7.4.1. Materia prima

Los agregados que se utilizaron en el desarrollo de la presente investigación fueron extraídos de la cantera Rubio, esto debido al fácil acceso que se tuvo para obtener el material, del mismo modo por la calidad y limpieza del agregado que ésta cantera comercializa. Se encuentra en el sector Huanchaco, siguiendo la ruta demarcada en la Figura 23 tomando como inicio la Panamericana Norte en el Km. 13, Trujillo.



Figura 23: Ubicación de la cantera Rubio

Fuente: Google Eart

De ésta cantera se extrajo agregado grueso y fino con las siguientes características:

- El agregado grueso 1/2" (piedra chancada).
- El agregado fino (arena gruesa).

En cuanto a las piezas de piedra pómez, debido a la falta de comercialización de éste material, fueron extraídas directamente de la playa de Huanchaco –Trujillo, siguiendo la ruta demarcada en la Figura 24, tomando como inicio el Km. 103 de la carretera a Huanchaco, Trujillo.

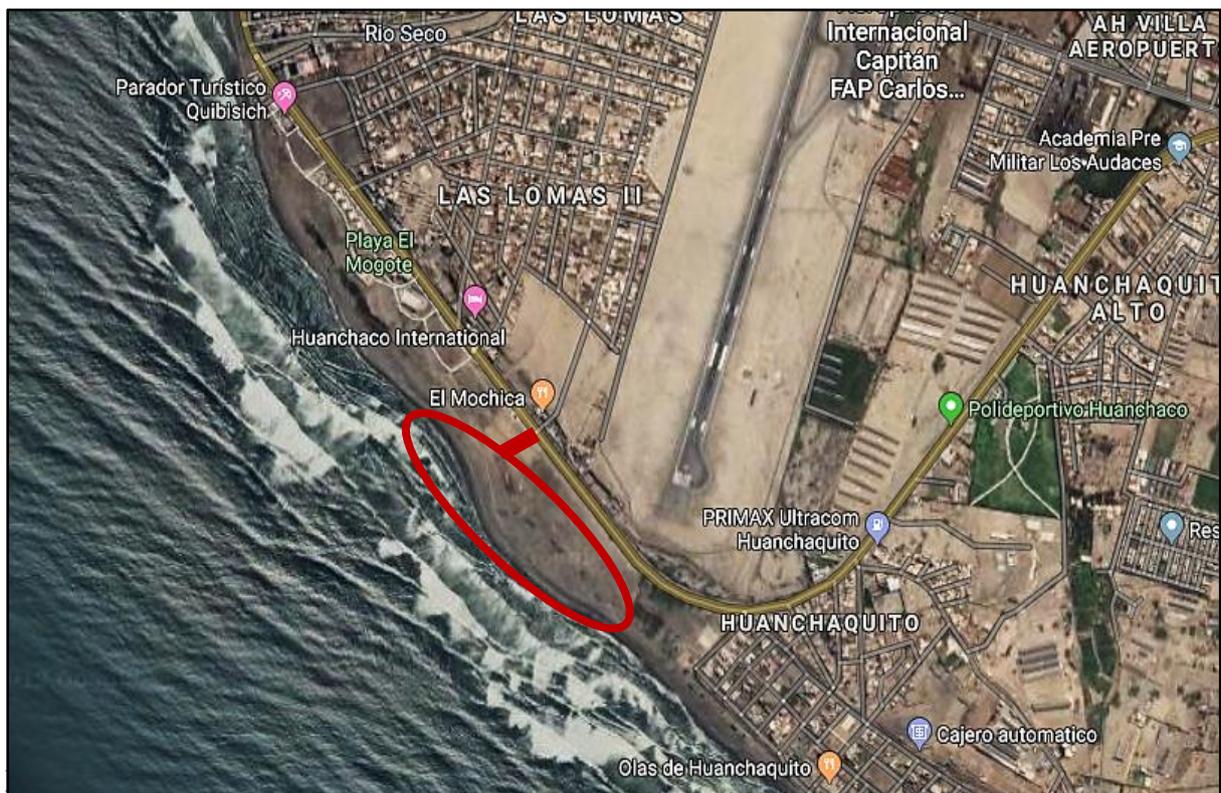


Figura 24: Ubicación del lugar de extracción de la piedra pómez.

Fuente: Google Eart

El cemento que se utilizó, fue Portland del Tipo I, el mismo que fue adquirido de Sodimac, en Plaza Mall de Trujillo, a pocas cuadras de las instalaciones de la Universidad Privada del Norte.

El agua que se utilizó para la ejecución de los ensayos, elaboración del concreto y curado de especímenes es potable utilizada en la Universidad Privada del Norte – Sede San Isidro, de la ciudad de Trujillo.

3.7.4.2. Caracterización de los agregados

Para este estudio se realizó la caracterización de cada agregado, bajo las normas vigentes, y que cumplan las normas ASTM y/o NTP.

3.7.4.2.1. Contenido de Humedad del Agregado Grueso y Fino (ASTM C566/NTP 339.185)

Los agregados pueden tener algún grado de humedad lo cual está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros.

Las partículas pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- Totalmente seco, se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los suelos tengan un peso constante (generalmente 24 horas).
- Parcialmente seco, se logra mediante exposición al aire libre.
- Saturado y Superficialmente seco (SSS). En un estado límite en el que los suelos tienen todos sus poros llenos de agua, pero superficialmente se encuentran secos. Este estado solo se logra en el laboratorio.
- Totalmente Húmedo, todos los suelos están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

El contenido de humedad en los suelos se puede calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula:

Ecuación 2: Contenido de humedad

$$P = [(W - D)/D] * 100$$

Donde:

- P: Es el contenido de humedad [%].
- W: es la masa inicial de la muestra [g].
- D: es la masa final de la muestra seca [g].

3.7.4.2.2. Peso Unitario del Agregado Fino y Agregado Grueso (ASTM C29/NTP 400.017)

- **Peso Unitario Seco Suelto (PUSS):** Se denomina PUSS cuando para determinarla se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una carilla. El concepto PUS es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que éstos se hacen en estado suelto.
- **Peso Unitario Seco Compactado (PUSC):** Se denomina PUSC cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria.
- **Peso Unitario:** Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C29 y NTP 400.017.

Para los cálculos respectivos se hace uso de la siguiente fórmula:

Ecuación 3: Peso unitario

$$PU = (G - T)/V$$

Dónde:

- **PU** = Peso unitario seco suelto del agregado, kg/m^3
- **G** = Peso del recipiente más muestra, kg
- **T** = Peso del recipiente vacío, kg
- **V** = Volumen del molde, m^3

3.7.4.2.3. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (ASTM C128/NTP 400.022).

a) Absorción

Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca

b) Peso específico o densidad relativa

El peso específico de un cuerpo o sustancia, es la relación que existe entre la densidad de un material a la densidad del agua a una temperatura indicada, los valores son adimensionales. Es una constante en el sentido de que es un valor que no cambia para cada sustancia ya que a medida que aumenta su peso también aumentara su volumen ocupado, al igual que sucede con la densidad. Se registra los datos siguientes para proceder con el trabajo de cálculo:

- **V** = Volumen de la fiola cm^3 .
- **Wo** = Peso de la muestra seca en el horno (gr).
- **Va** = Peso del agua añadida al frasco (gr).

Ecuación 4: Peso específico de masas

$$P. \text{ Específico de Masas} = W_o / (V - V_a)$$

Ecuación 5: Peso Específico Saturado

$$P. \text{ Específico Saturado} = 500 / (V - V_a)$$

Ecuación 6: Peso Específico Aparente

$$P. \text{ Específico Aparente} = W_o / ((V - V_a) - (500 - W_o))$$

Ecuación 7: Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ Absorción} = \left(\frac{500 - W_o}{W_o} \right) * 100$$

3.7.4.2.4. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (ASTM C127/NTP 400.021).

- a) **Peso Específico.** Es la relación entre el peso y el volumen del material sólido.
- b) **Absorción.** Se define como el incremento de peso de un árido poroso seco, hasta lograr su condición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables. Tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca.

Los cuatro estados graficados responden a las siguientes características:

- **Seco:** La humedad del agregado es eliminada totalmente mediante secado en estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Los poros permeables se encuentran vacíos. Es un estado obtenido en laboratorio.
- **Seco al aire:** los poros permeables se encuentran parcialmente llenos de agua. Este estado es el que se encuentra habitualmente en la naturaleza.
- **Saturado Superficialmente Seca (SSS):** Los poros se encuentran llenos de agua, luego de permanecer el agregado 24 horas cubierto con agua. En el caso del agregado grueso

para los ensayos de laboratorio, el secado de la superficie se realiza en forma manual mediante una toalla o trapo.

- **Humedad:** es la película superficial de agua que rodea a la partícula, cuando todos los poros se encuentran llenos de agua. Los distintos estados se establecen mediante pesadas y la relación de diferencia entre ellos con respecto al peso de referencia, establece los porcentajes para calcular la absorción y la humedad.

Ecuación 8: Peso específico de masa

$$PeM = 997.5 * \left\langle \frac{A}{B - C} \right\rangle$$

Ecuación 9: Pesos específico superficialmente seco

$$PeSSS = 997.5 * \left\langle \frac{B}{B - C} \right\rangle$$

Ecuación 10: Peso específico aparente

$$PeA = 997.5 * \left\langle \frac{A}{A - C} \right\rangle$$

Ecuación 11: Porcentaje de absorción

$$Abs. (\%) = \left\langle \frac{B - A}{A} \right\rangle * 100$$

Dónde:

- A=Peso muestra seca al horno, en el aire, (g)
- B=Peso muestra SSS, en el aire, (g)
- C=Peso sumergido de la muestra SSS, (g)

Los resultados se reportan:

- Peso específico con aproximación a 10Kg/m³ - Tipo de peso específico.

- % Absorción, con aproximación al 0.1%

3.7.4.2.5. Granulometría de los agregados (ASTM C136/NTP 400.012).

La granulometría de los agregados es uno de los parámetros más importantes empleados para la dosificación del concreto (La mayoría de los métodos de dosificación presentan especificaciones sobre las granulometrías óptimas que deben tener los agregados), puesto que constituye su esqueleto y tiene una gran influencia sobre sus propiedades.

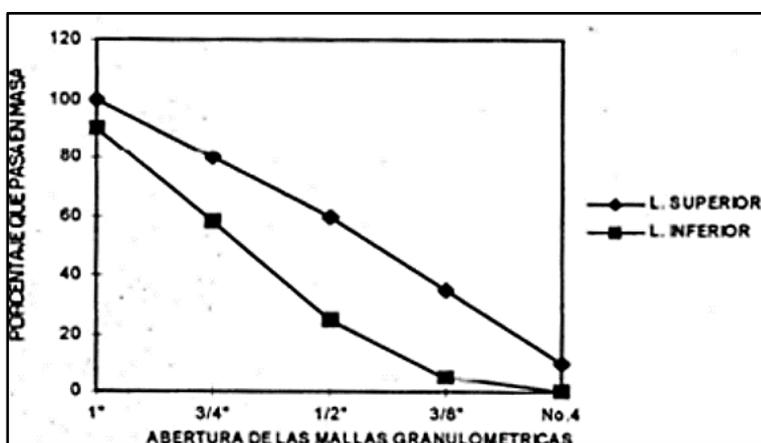


Figura 25: Curva de distribución granulométrica óptima del agregado grueso.

Fuente: Norma NMXC111 "Agregados especificaciones"

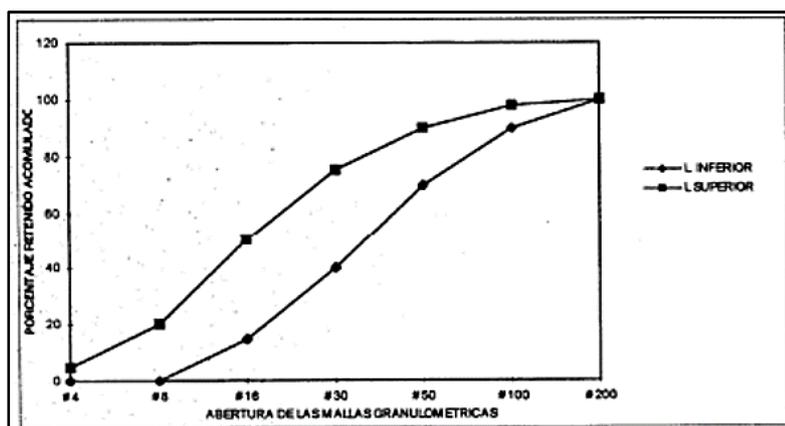


Figura 26: Curva de distribución granulométrica óptima del Agregado fino

Fuente: Norma NMXC111 "Agregados especificaciones"

3.7.4.3. Diseño de mezcla

Para realizar el diseño de mezcla se ha considerado los siguientes datos, los cuales han sido obtenidos durante la caracterización de los agregados correspondientes; arena gruesa, piedra de ½” y piedra pómez.

Tabla 18.
Datos de la caracterización de los agregados.

		Diseño de mezcla (ACI-211)				
		Datos para el diseño				
Material	PeM (Kg/m3)	PUSC (Kg/m3)	MF	%Abs.	% Hum.	TMN
Cemento	3150					
Agua	1000					
Grueso	2600	1740	7.3	2.00	0.8	3/4"
Piedra pómez	1080	770	7.2	35.0	8.7	3/4"
Fino	2230	1850	2.9	2.3	1.7	-

Fuente: Elaboración Propia

a) Parámetros de diseño:

- Resistencia a la compresión específica = 210 kg/cm^2 a 28 días de curado.
- Asentamiento de 4” porque se requiere una mezcla que tenga una consistencia plástica y se utilice en vigas y columnas de una edificación, para ello se tiene en cuenta la siguiente la Tabla 19.

Tabla 19.
Elección del asentamiento

Construcción de concreto	Revenimiento mm (pulg.)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muro de cimentación reforzado.	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

* Se puede aumentar 25 mm (1 pulg.) para los métodos de consolidación manuales, tales como varillado o picado.

Los plastificantes pueden proveer revenimientos mayores.

Fuente: Adaptado de ACI 211.1

b) Procedimiento

- Calcular la cantidad de agua, para ello es necesario saber el TMN del agregado, en este caso es de ¾’’ y el asentamiento que se ha considerado 4’’, por lo tanto, la cantidad de agua que se utilizará será **205 l/m³** y el contenido del aire será 1.5 %.

Tabla 20.
Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes revenimientos y Tamaño Máximo Nominal del agregado.

Revenimiento (asentamiento) (mm)	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto, para los tamaños de agregado indicados*							
	¾ pulg.	½ pulg.	¾ pulg.	1 pulg.	1½ pulg.	2 pulg.**	3 pulg.**	6 pulg.**
Concreto sin aire incluido								
1’’ a 2’’ 25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
3’’ a 4’’ 75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
6’’ a 7’’ 150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
1’’ a 2’’ 25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
3’’ a 4’’ 75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
6’’ a 7’’ 150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Promedio del contenido de aire total recomendado, para el nivel de exposición, porcentaje†								
Exposición leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: Adaptado de ACI 211.1 y ACI 318.

- Definición del f'_{cr} , en este caso se tomará en cuenta la Tabla 21 cuando no hay data histórica para calcular “s”.

Tabla 21.
Resistencia a la compresión requerida.

Resistencia a la compresión especificada, f'_c , kg/cm ²	Resistencia a compresión media requerida, kg/cm ²
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
más de 350	$1.10 f'_c + 50$

Fuente: Adaptado de ACI 318.

El f'_{cr} se define así, recordar que se está diseñando un concreto para una resistencia de 210 kg/cm² ya que este será utilizado en la parte estructural de una edificación, es decir, para los elementos estructurales como columnas, vigas y zapatas para que de esta manera la estructura tenga un buen comportamiento antes las fuerzas externas aminorando así las fallas ante un sismo. Según la Norma E.060 Concreto Armado (2015), nos indica que un concreto es considerado estructural, siempre y cuando su resistencia a compresión no sea menor de 21 MPa (210 kg/cm²).

$$f'_{cr} = 210 + 84 \quad \longrightarrow \quad f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

- Selección de la relación A/C (agua /cemento), se tendrá en cuenta la siguiente Tabla 22.

Tabla 22.

Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a compresión del concreto.

Resistencia a Compresión a los 28 Días, kg/cm ² (MPa)	Relación agua-material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450 (45)	0.38	0.31
400 (40)	0.43	0.34
350 (35)	0.48	0.40
300 (30)	0.55	0.46
250 (25)	0.62	0.53
200 (20)	0.70	0.61
150 (15)	0.80	0.72

Fuente: Adaptado de ACI 211.1 y ACI 211.3

- Según la tabla se observa que el valor de 294 kg/cm² no se encuentra, por lo tanto, se tiene que interpolar los valores entre 250 y 300 kg/cm².

Tener en cuenta que para el a/c se aproxima a 3 dígitos .

Acontinuación se interpola los valores:

$$300 \text{ ————— } 0.55$$

$$294 \text{ ————— } X$$

$$250 \text{ ————— } 0.62$$

$$\frac{300 - 294}{294 - 250} = \frac{0.55 - x}{x - 0.62}$$

$$x = 0.558$$

Por lo tanto, **a/c = 0.558**, con este valor se obtendrá el peso seco del **cemento**.

- Estimación del agregado fino y grueso, para ello se obtiene el coeficiente b/b₀ (intersección de m_f = 2.9 del agregado fino y TMN=3/4 del agregado grueso).

Tabla 23.

Estimación del b/bo.

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino*			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.00 (3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25.00 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2)	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Adaptado de ACI 211.1

$$\blackrightarrow \frac{b}{b_0} = 0.61$$

Este coeficiente b/bo se debe multiplicar por el PUC del agregado grueso a fin de estimar el Peso seco del AG. Después, se hace el balance de volúmenes y se obtiene el peso seco del AF.

- Finalmente, se hace la corrección de pesos por absorción y humedad, utilizando las fórmulas siguientes:

Ecuación 12: Corrección por absorción de agregado grueso

$$\text{Correc Peso AGsss} = \text{Peso AGseco} \times \left(\frac{1 + \%abs}{100} \right)$$

Ecuación 13: Corrección por absorción de agregado fino

$$\text{Correc Peso AFsss} = \text{Peso AFseco} \times \left(\frac{1 + \%abs}{100} \right)$$

Ecuación 14: Corrección por humedad del agregado grueso

$$\text{Correc Peso AGhum} = \text{Peso AGseco} \times \left(\frac{1 + \%hum}{100} \right)$$

Ecuación 15: Corrección por humedad del agregado fino

$$\text{Correc Peso AFhum} = \text{Peso AFseco} \times \left(\frac{1 + \%hum}{100} \right)$$

Ecuación 16: Aporte de agua del agregado grueso

$$\text{Aporte Agua AG} = \text{Peso AGseco} \times \left(\frac{\%hum - \%abs}{100} \right)$$

Ecuación 17: Aporte de agua del agregado fino

$$\text{Aporte Agua AF} = \text{Peso AFseco} \times \left(\frac{\%hum - \%abs}{100} \right)$$

A continuación se presentará los diseños de mezcla considerando todos los datos obtenidos, en ellos se podrá observar que se realizaron 7 diseños de mezclas que serán experimentadas para el presente estudio.

Tabla 24.

Diseño de mezcla patrón

MATERIAL		Peso Seco (Kg/m ³)	Balance Abs.	Peso SSS (Kg/m ³)	Peso Hum. (Kg/m ³)	Peso Hum. (Kg/tanda)
	Cemento	367	0.1165	367	367	11.01
	Agua	205	0.2050	205	221	6.63
A.G.	Piedra 100%	1061	0.4082	1083	1070	32.10
	Pomez 0%	0	0.0000	0	0	0.00
	A.F.	569	0.2553	582	579	17.37
	Aire	1.5%	0.0150	1.5%	1.5%	1.5%
TOTAL		2203	1.0000	2237	2237	67.11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25.
Diseño de mezcla con el 5% de piedra pómez.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DISEÑO DE MEZCLA CON 5% DE PIEDRA POMEZ (ACI-211)				
		MATERIAL	Peso Seco (Kg/m3)	Balance Abs.	Peso SSS (Kg/m3)	Peso Hum. (Kg/m3)
	Cemento	367	0.1165	367	367	11.01
	Agua	205	0.2050	205	227	6.80
A.G.	Piedra 95%	1008	0.3878	1028	1016	30.49
	Pomez 5%	23	0.0217	32	26	0.77
	A.F.	566	0.2539	579	576	17.28
	Aire	1.5%	0.0150	1.5%	1.5%	1.5%
	TOTAL	2170	1.0000	2211	2211	66.34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26.
Diseño de mezcla con el 10 % de piedra pómez.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DISEÑO DE MEZCLA CON 10% DE PIEDRA POMEZ (ACI-211)				
		MATERIAL	Peso Seco (Kg/m3)	Balance Abs.	Peso SSS (Kg/m3)	Peso Hum. (Kg/m3)
	Cemento	367	0.1165	367	367	11.01
	Agua	205	0.2050	205	232	6.97
A.G.	Piedra 90%	955	0.3674	974	963	28.89
	Pomez 10%	47	0.0435	63	51	1.53
	A.F.	563	0.2526	576	573	17.19
	Aire	1.5%	0.0150	1.5%	1.5%	1.5%
	TOTAL	2138	1.0000	2186	2186	65.58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27.

Diseño de mezcla con el 15 % de piedra pómez.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DISEÑO DE MEZCLA CON 15% DE PIEDRA POMEZ (ACI-211)				
		MATERIAL	Peso Seco (Kg/m ³)	Balance Abs.	Peso SSS (Kg/m ³)	Peso Hum. (Kg/m ³)
	Cemento	367	0.1165	367	367	11.01
	Agua	205	0.2050	205	238	7.13
A.G.	Piedra 85%	902	0.3470	920	909	27.28
	Pomez 15%	70	0.0652	95	77	2.30
	A.F.	560	0.2513	573	570	17.10
	Aire	1.5%	0.0150	1.5%	1.5%	1.5%
	TOTAL	2105	1.0000	2161	2161	64.82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28.

Diseño de mezcla con el 20 % de piedra pómez.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DISEÑO DE MEZCLA CON 20% DE PIEDRA POMEZ (ACI-211)				
		MATERIAL	Peso Seco (Kg/m ³)	Balance Abs.	Peso SSS (Kg/m ³)	Peso Hum. (Kg/m ³)
	Cemento	367	0.1165	367	367	11.01
	Agua	205	0.2050	205	243	7.30
A.G.	Piedra 80%	849	0.3266	866	856	25.68
	Pomez 20%	94	0.0870	127	102	3.06
	A.F.	557	0.2499	570	567	17.00
	Aire	1.5%	0.0150	1.5%	1.5%	1.5%
	TOTAL	2072	1.0000	2135	2135	64.05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29.

Diseño de mezcla con el 25 % de piedra pómez.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DISEÑO DE MEZCLA CON 25% DE PIEDRA POMEZ (ACI-211)				
		MATERIAL	Peso Seco (Kg/m3)	Balance Abs.	Peso SSS (Kg/m3)	Peso Hum. (Kg/m3)
	Cemento	367	0.1165	367	367	11.01
	Agua	205	0.2050	205	249	7.46
A.G.	Piedra 75%	796	0.3062	812	802	24.07
	Pomez 25%	117	0.1087	159	128	3.83
	A.F.	554	0.2486	567	564	16.91
	Aire	1.5%	0.0150	1.5%	1.5%	1.5%
TOTAL		2040	1.0000	2110	2110	63.29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30.

Diseño de mezcla con el 30 % de piedra pómez.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DISEÑO DE MEZCLA CON 30% DE PIEDRA POMEZ (ACI-211)				
		MATERIAL	Peso Seco (Kg/m3)	Balance Abs.	Peso SSS (Kg/m3)	Peso Hum. (Kg/m3)
	Cemento	367	0.1165	367	367	11.01
	Agua	205	0.2050	205	254	7.63
A.G.	Piedra 70%	743	0.2858	758	749	22.47
	Pomez 30%	141	0.1305	190	153	4.60
	A.F.	551	0.2473	564	561	16.82
	Aire	1.5%	0.0150	1.5%	1.5%	1.5%
TOTAL		2007	1.0000	2084	2084	62.52

Fuente: Elaboración propia.

3.7.4.4. Ensayos al concreto fresco

Se desarrollará los ensayos de asentamiento y temperatura con el concreto en estado fresco, para cada una de las diferentes dosificaciones de piedra pómez como de la muestra patrón.

3.7.4.4.1. Asentamiento (NTP 339.035 / ASTM C 143)

Para desarrollar éste ensayo se toma una determinada cantidad de concreto recién elaborado y se procede a colocar el instrumento llamado cono de Abrams, compactando la mezcla en tres capas de igual volumen. Después se retira el cono, dejando que el concreto descienda o se asiente. Finalmente, se mide la distancia entre la posición inicial y final del concreto, desde el centro de la superficie superior del concreto (NTP 339.035, 2009).

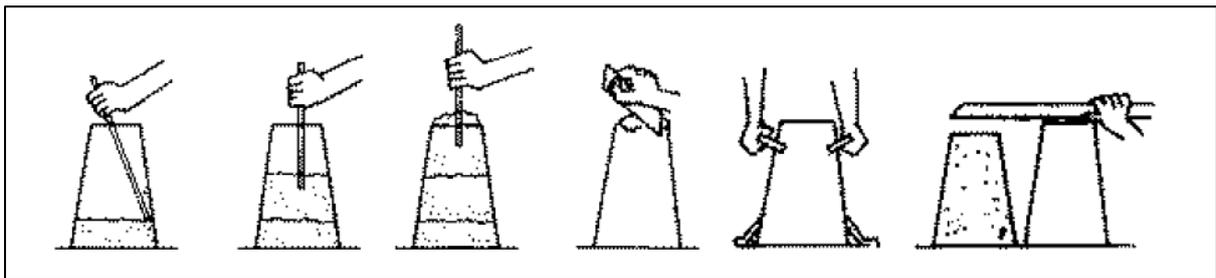


Figura 27: Ensayo del cono de Abrams

Fuente: Silipu H. & Saldaña J. (2019).

3.7.4.4.2. Densidad o peso unitario del concreto (NTP 339.046/ ASTM C138)

El presente ensayo cubre la determinación de la densidad del concreto en estado fresco, a través de fórmulas estipuladas en la normativa.

Ecuación 18: Peso unitario del concreto en estado fresco

$$PU = (G - T)/V$$

Dónde:

- **PU** = Peso Unitario del concreto en estado fresco, kg/m^3
- **G** = Peso del recipiente más muestra, kg
- **T** = Peso del recipiente vacío, kg
- **V** = Volumen del recipiente, m^3

3.7.4.4.3. Temperatura de la mezcla de concreto (NTP 339.184 / ASTM C1064)

Éste ensayo busca determinar la temperatura de la muestra de concreto en estado fresco y puede ser usado para la correspondiente verificación de conformidad con un requerimiento específico

3.7.4.5. Ensayos al concreto endurecido

3.7.4.5.1. Elaboración y curado de probetas cilíndricas (NTP 339.183 / ASTM C192)

En éste ensayo se pretende, de manera ordenada y sintetizada, explicar los pasos que se deben seguir para la elaboración de los especímenes de concreto, del mismo modo, las consideraciones que se deben tener para el curado a lo largo de los 3 días, 7 días y 28 días que se requiere para proceder con el ensayo de Resistencia a la compresión.

3.7.4.5.2. Resistencia a Compresión del concreto (NTP 339.034 / ASTM C39)

En este ensayo se describe los pasos y consideraciones a seguir para obtener la resistencia a la compresión de los especímenes elaborados a diferentes edades (3 días, 7 días y 28 días); así como las características de la máquina que ejecuta el ensayo y los cálculos que se efectúan.

3.7.4.6. Análisis estático de un pórtico.

En la presente investigación se planteó un pórtico de 6 pisos, con una altura de 17.4 m y un área de 162.98 m² en la cual se pretende realizar un modelamiento estructural con la herramienta SAP 2000, para su análisis y diseño se utilizará las normas vigentes de nuestro país, especificadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones como la E.030 “Diseño Sismorresistente” y la E 0.60 "Concreto Armado”.

En el estudio se definirán 3 edificios con los nombres: Edificio A, Edificio B y Edificio C, los cuales tendrán parámetros de concreto diferente:

- **Edificio A:** Edificio conformado por un concreto teórico según el ACI, con un peso específico de 2400 Kg/m³ y una resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- **Edificio B:** Edificio conformado por un concreto patrón de laboratorio, realizado por las autoras de la investigación, con un peso específico de 2520 kg/m³ y una resistencia de $f'c= 238 \text{ kg/cm}^2$ (Ver Anexo 15)
- **Edificio C:** Edificio conformado por un concreto de bajo peso unitario obtenido en el laboratorio, realizado por las autoras de la investigación, con un peso específico de 2460 kg/m³ y una resistencia de $f'c=277 \text{ kg/cm}^2$, es importante resaltar que este concreto tiene un porcentaje de 10% de piedra pómez en cuanto a la dosificación del concreto patrón. (Ver Anexo 15)

Es necesario hacer mención que la resistencia del concreto patrón y el concreto de bajo peso unitario fueron diseñados para obtener un concreto de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, sin embargo, en el laboratorio se obtuvieron las resistencias mencionadas en las líneas anteriores.

El plano de la estructura se muestra a continuación:

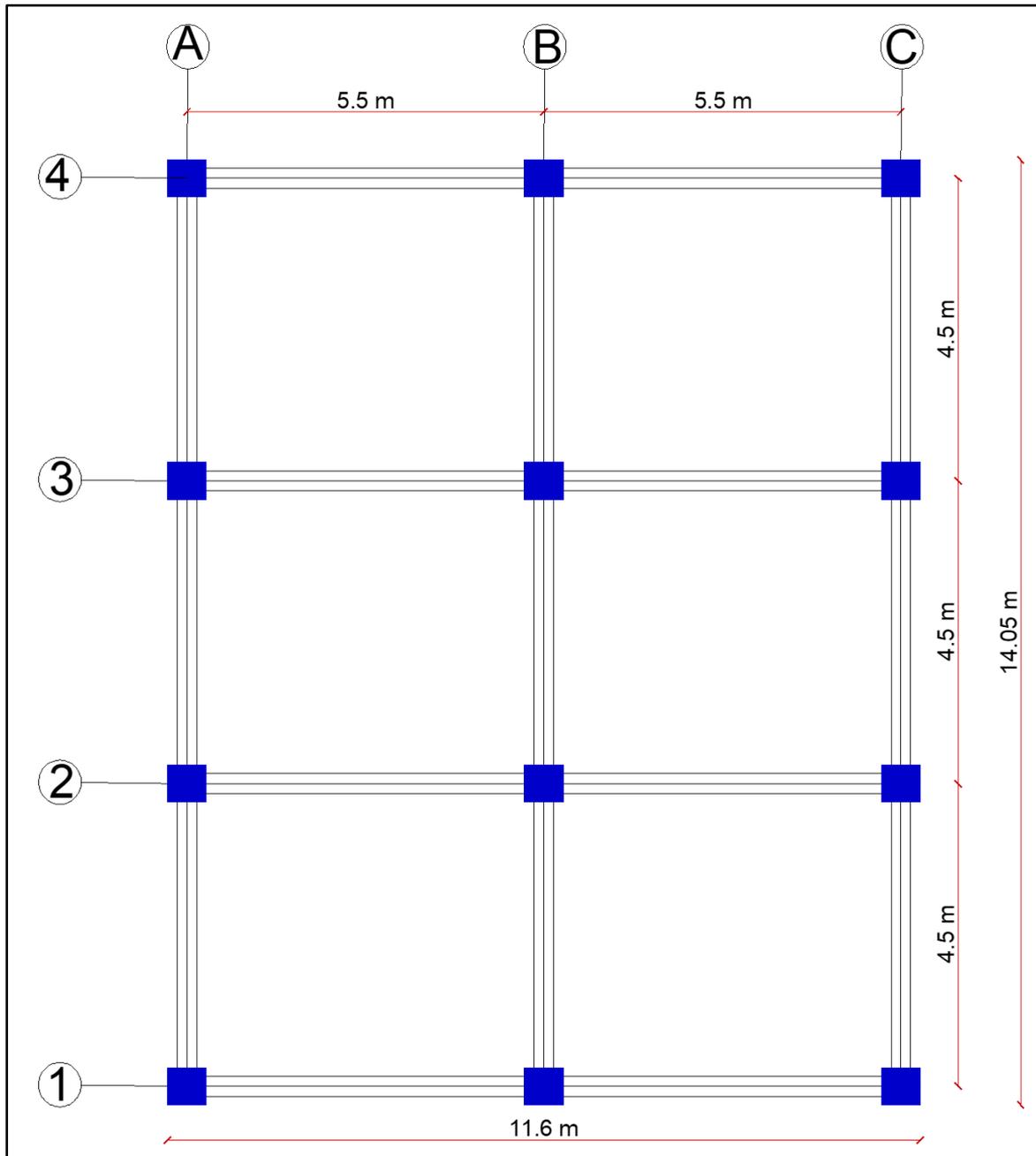


Figura 28: Vista en planta de la edificación.

Fuente: Elaboración propia, dibujado en el programa AUTOCAD 2018

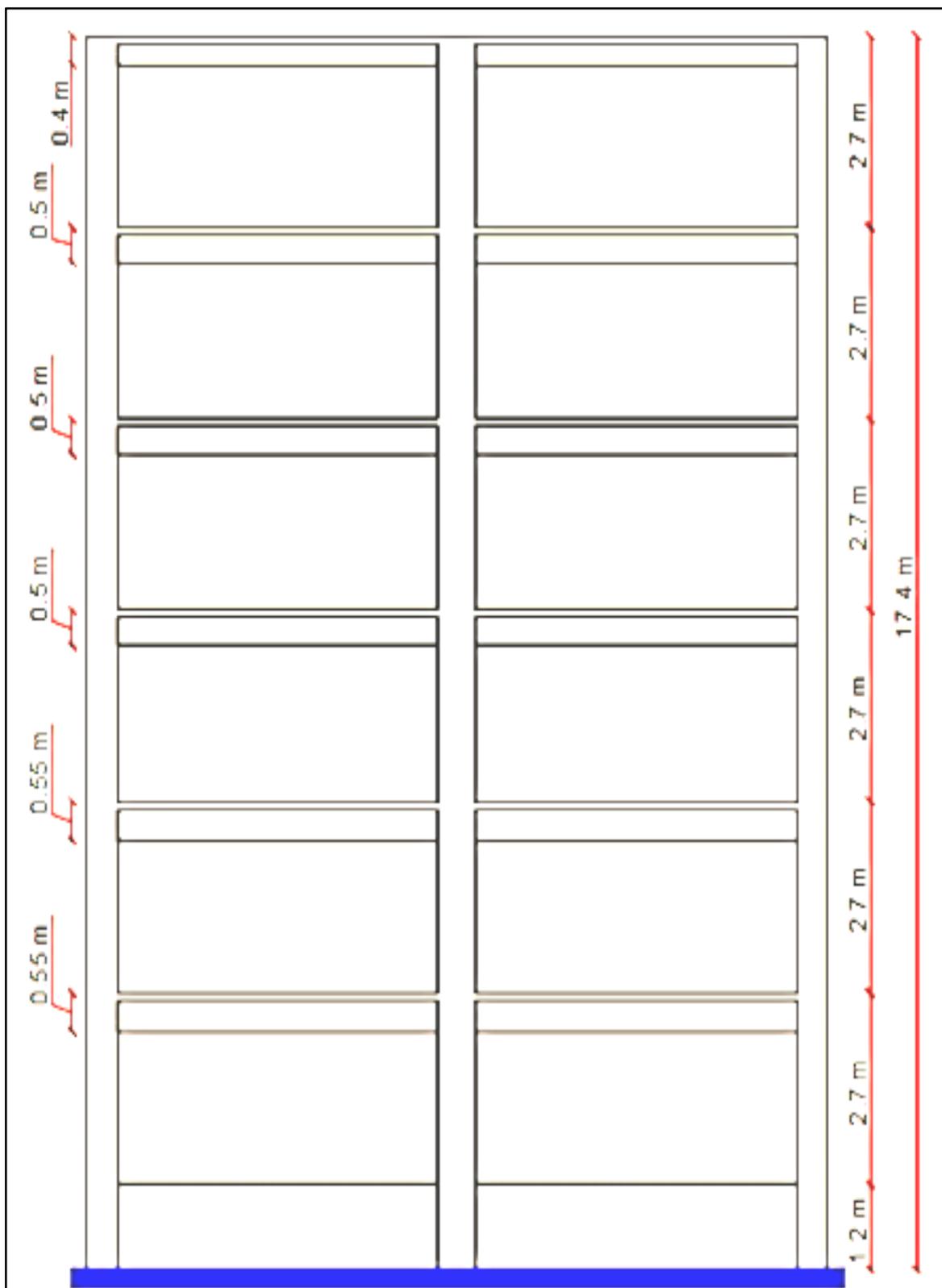


Figura 29: Vista en elevación de una edificación

Fuente: Elaboración propia, dibujado en el programa AutoCAD 2018

3.7.4.6.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

Para obtener las dimensiones de los elementos estructurales se realizó un predimensionamiento siguiendo los parámetros establecidos por el ACI y además este se realizó para el edificio A, en el que se considera un concreto convencional.

Tabla 31:
Dimensiones de los elementos estructurales

Piso	Elemento estructural	Ancho (cm)	Altura (cm)	Sección
1 - 5	Losa aligerada		20	20
6			17	17
1 - 2	Vigas	40	50	40 x 50
3 - 5	Transversales y longitudinales	25	50	25 x 50
6		25	40	25 x 40
1-2	Columnas	60	55	60 x 55
3-6		55	50	55 x 50
	Zapatas	3.5m x3.5m	70	

Fuente: Elaboración propia, referencia ACI

3.7.4.6.2. Diseño sísmico

a) Peso de la estructura

Para obtener el peso del pórtico se considera el peso muerto (Pd) y la carga viva (Pl).

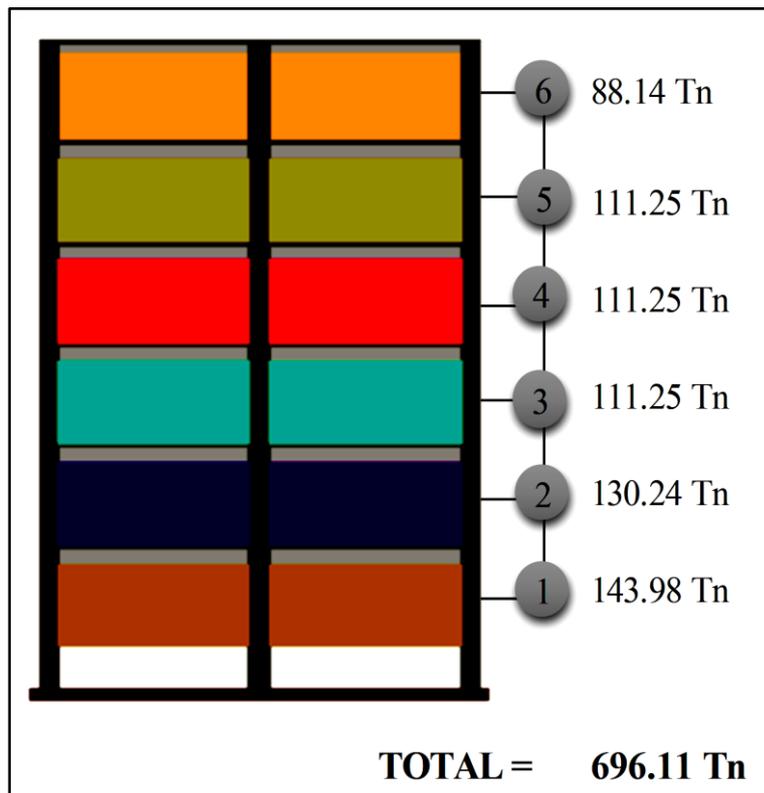


Figura 30: Peso total de la estructura.

Fuente: Elaboración propia

b) Peso sísmico de la estructura

Según la Norma E.030 menciona que para obtener el peso sísmico se considera el 25% de carga viva, ya que esta edificación será destinada para vivienda.

Tabla 32:

Peso sísmico total de la estructura.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Peso Sísmico (Tn)	119.53	105.79	86.8	86.8	86.8	75.92	561.64
Peso Muerto Pd (Tn)	111.38	97.64	78.65	78.65	78.65	71.84	516.81
Peso Vivo PL (Tn)	32.60	32.60	32.60	32.60	32.60	16.30	179.30

Fuente: Elaboración propia, referencia Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

c) Factor Zona (Z)

Se relaciona con la ubicación del pórtico que se pretende realizar el análisis sísmico.

Según el RNE, la zonificación sísmica de Trujillo se encuentra en la zona 4.

- **Ubicación:** Trujillo
- **Zona :**4
- **Factor Zona:** 0.45

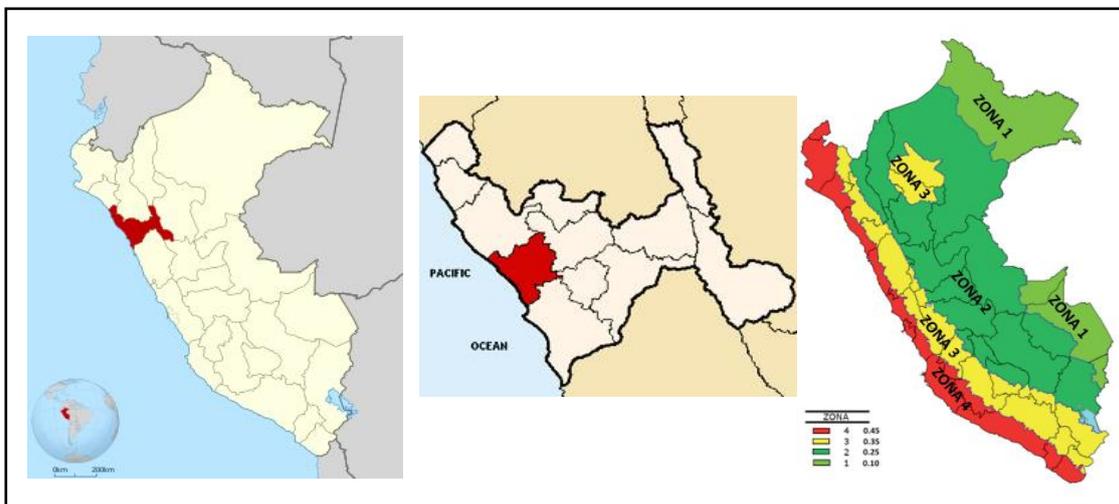


Figura 31: Zonificación Sísmica de la ciudad de Trujillo

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

d) Factor uso o importancia (U)

Este factor se relaciona con la función que cumplirá la estructura, en este caso, como será destinada para una vivienda, entonces, se encuentra en la categoría C del RNE, es decir se considera una edificación común, por lo tanto, el factor de diseño será igual a 1.

Tabla 33:

Categoría de las edificaciones y factor "U "

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes	1.0

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

e) Factor suelo (S)

Tipo de suelo Trujillo: Suelo INTERMEDIO

Tabla 34:

Factor del suelo "S"

Tabla N°3 : Factor de suelo "S"

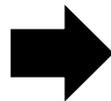
SUELO ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.1
Z3	0.80	1.00	1.15	1.2
Z2	0.80	1.00	1.2	1.4
Z1	0.80	1.00	1.6	2

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

Tabla 35:
Periodos "Tp" y "Tl".

Tabla N° 4 Periodos "Tp" Y "Tl"				
Perfil del suelo				
	S0	S1	S2	S3
Tp (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
TL(S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones



$$S = 1.05$$

PERIODO (Tp, Tl)

$$T_p = 0.6$$

$$T_L = 2.0$$

f) Periodo de amplificación sísmico (C)

Para este dato es necesario utilizar la siguiente fórmula:

Ecuación 19: Periodo de amplificación sísmica

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

Dónde: $C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

T= Período fundamental

$$h_n = 17.40 \text{ m}$$

$$c_t = 35$$

$$T = \frac{17.40}{35}$$

$$T = 0.497 \text{ Seg.}$$

Según las características de sitio, se define el factor de ampliación sísmica por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

 **C = 2.50**

g) Reducción de la fuerza sísmica (R)

Sistema aporricado: **R = 8**

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Figura 32: Sistemas estructurales.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

h) Fuerza cortante en la base

Ecuación 20: Fuerza cortante en la base

$$H = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Tabla 36:

Fuerza cortante en la base

Z	U	C	S	R	P	Cortante Basal (Tn)
0.45	1.00	2.50	1.05	8.00	561.64	82.93

Fuente: Elaboración propia, referencia Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones

i) Distribución fuerza cortante por piso

Tabla 37:

Distribución fuerza cortante por piso

Piso	P. Total (Tn)	Hi (m)	Pi. Hi (Tn x m)	$\frac{Pi \cdot Hi}{\sum(Pi \cdot Hi)}$	$\frac{Pi \cdot Hi \cdot H}{\sum(Pi \cdot Hi)} (Tn)$
6	75.92	17.40	1,320.92	0.235454	19.53
5	86.80	14.70	1,275.96	0.227440	18.86
4	86.8	12.00	1,041.60	0.185665	15.40
3	86.80	9.30	807.24	0.143890	11.93
2	105.79	6.60	698.21	0.124456	10.32
1	119.53	3.90	466.17	0.083095	6.89
TOTAL			5,610.10	1.00	

Fuente: Elaboración propia

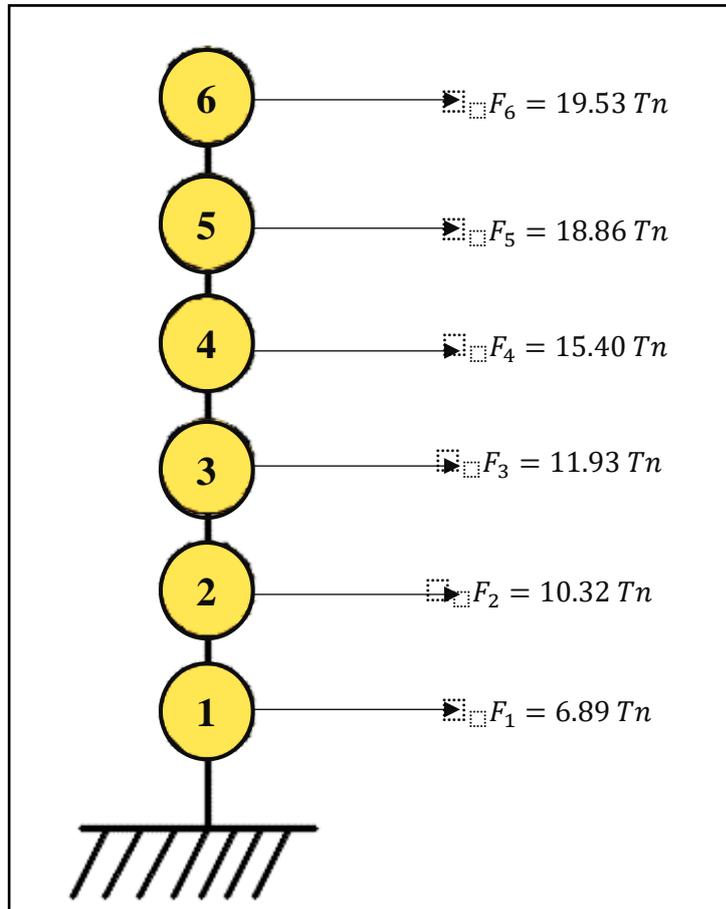


Figura 33: Representación gráfica de las fuerzas cortante por piso

Fuente: Elaboración propia

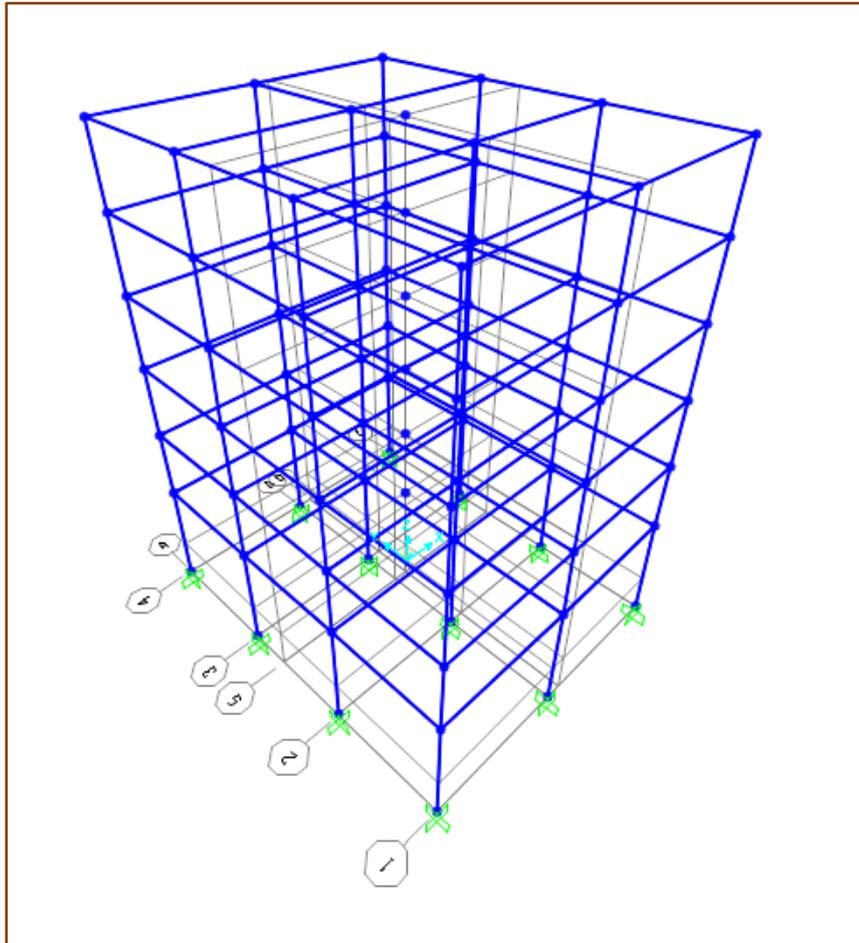


Figura 34: Prototipo de edificio modelado en SAP 2000

Fuente: Elaboración propia

3.7.4.7. Análisis de precios unitarios

a) Acarreo de piedra pómez

El acarreo de piedra pómez hoy en día es un costo adicional para la construcción comparado con los agregados convencionales, ya que este aún no se industrializa, es decir, no existen canteras en la ciudad de Trujillo que exploten este material, sin embargo, si se encuentran en las orillas del mar. Por tal motivo, el rendimiento de esta partida se calcula utilizando la siguiente fórmula.

Ecuación 21: Rendimiento de acarreo de piedra pómez.

$$R = \frac{V_c \cdot 60 \cdot Fe \cdot C_t}{T_c} \cdot n = m^3 / \text{día}$$

Donde:

- V_c = es la capacidad de la cuchara en m^3 .
- Fe = es el factor de eficacia de la máquina, varía entre 70% y 80%.
- C_t = es el coeficiente de esponjamiento del material.
- T_c = tiempo empleado en el ciclo.
- n = es el coeficiente de gestión, acoplamiento y adaptación, varía entre 0.8 y 0.9, es un coeficiente de reducción.

$$R = \frac{0.9 \times 60 \times 0.8 \times 1}{1} \times 0.9 = 38.88 m^3 / \text{día}$$

010104010003 (0102001 01)		Jornada = 8	Mano de Obra	3.34		
ACARREO DE PIEDRA PÓMEZ			Materiales	0.00		
Productividad por m3:	0.2058 hh	0.0000 hm.hp	Equipos	76.23		
Rendimiento DIA:	38.8800	0.00	Subcontratos	0.00		
Precio Unitario:	m3	S/.79.57	Subpartidas	0.00		
	Descripción Recurso	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.34	0.10
	PEON	hh	1.0000	0.2058	16.22	3.34
	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.2058	176.90	36.41
	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	1.0000	0.2058	193.01	39.72

Figura 35: Análisis de precios unitarios de la partida acarreo de piedra pómez.

Fuente:

Precio: Costo hora-hombre de mano de obra en edificaciones (Revista de costos, edición 138 octubre – noviembre 2019)

Precio: Costo hora-maquina. Fuente: Revista de costos, edición 138 octubre – noviembre 2019 (El costo de alquiler indicado de los equipos incluye operario, combustible, consumibles y mantenimiento del equipo)

b) Trituración de piedra pómez

En esta partida se considera la labor de mano de obra, ya que en el acarreo del material se está considerando que las máquinas llevan la piedra pómez hasta donde se encuentra la chancadora artesanal. Para el rendimiento tomar en cuenta la siguiente ecuación:

Ecuación 22. Rendimiento de trituración de piedra pómez.

$$R = \frac{\text{Cantidad de Producción}}{\text{Tiempo}}$$

- Producción: 160 m³/ día de piedra pómez. Fuente: Canteras “Equeinsa”- Arequipa, (2018). Ver Anexo N° 20
- Mano de obra: 8 horas diarias.

Tabla 38.

Horas de trabajo de trabajadores para la partida trituración de piedra pómez.

Trabajadores	Cuadrilla	Tiempo (h)
Operario	1	8
Peones	3	24
		32 h

$$R = \frac{160 \text{ m}^3}{32 \text{ h}} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por lo tanto, el rendimiento total es 40 m³ diario.

Nota: Para el análisis de precios unitarios en esta partida, en la sección de mano de obra, los investigadores establecieron la cuadrilla de mano de obra de acuerdo a información brindada por los trabajadores de la cantera Rubio- Huanchaco.

Productividad por m³.

Ecuación 23. Cálculo de productividad.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de cuadrilla}}{\text{Rendimiento}} \times \text{tiempo}$$

- Operario: $\frac{1}{40} \times 8 = 0.2000$
- Peón: $\frac{3}{40} \times 8 = 0.6000$

Total: 0.8000 por m³

010104030101 (0102001 01)		Jornada = 8	Mano de Obra	14.27	
TRITURACIÓN DE PIEDRA POMÉZ			Materiales	0.00	
Productividad por m3:	0.8000 hh	0.0000 hm.hp	Equipos	0.43	
Rendimiento DIA:	40.0000	0.00	Subcontratos	0.00	
Precio Unitario:	m3	S/.14.70	Subpartidas	0.00	
Descripción Recurso	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	14.27	0.43
PEON	hh	3.0000	0.6000	16.22	9.73
OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	22.70	4.54

Figura 36: Análisis de precio unitario de la partida trituración de piedra Pómez.

Precio: Costo hora-hombre de mano de obra en edificaciones (Revista de costos, edición 138 octubre – noviembre 2019)

Partida: Rendimiento: Cantera “Equeinsa” de pómez en Arequipa.

c) Lavado de piedra pómez

En esta partida considerar la Ecuación 22 y los siguientes datos:

Tabla 39.

Horas de trabajo de los trabajadores en la partida lavado de piedra pómez.

Trabajadores	Cuadrilla	Tiempo (hrs)
Peón	1	8
		8

- Producción: 20.35 m³/día de piedra pómez. Fuente: Cantera “Equeinsa”- Arequipa,
- Mano de obra: 8 horas diarias.

Productividad por m³.

Ecuación 24. Cálculo de productividad.

$$Productividad = \frac{N^{\circ} \text{ de cuadrilla}}{Rendimiento} \times tiempo$$

- Peón: $\frac{1}{20.35} \times 8 = 0.3931$

Total: 0.3931 por m³

010105010110 (0102001 01)		Jornada = 8	Mano de Obra	6.38	
LAVADO DE PIEDRA PÓMEZ			Materiales	0.00	
Productividad por m3:	0.3931 hh	0.0000 hm.hp	Equipos	0.19	
Rendimiento DIA:	20.3500	0.00	Subcontratos	0.00	
Precio Unitario:	m3	S/.6.57	Subpartidas	0.00	
Descripción Recurso	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.38	0.19
PEON	hh	1.0000	0.3931	16.22	6.38

Figura 37: Análisis de precios unitarios de la partida lavado de piedra pómez.

Fuente:

Precio: Costo hora-hombre de mano de obra en edificaciones (Revista de costos, edición 138 octubre – noviembre 2019)

Partida: Rendimiento: Cantera “Equeinsa” en Arequipa.

d) Producción de piedra pómez

Para la producción de este agregado se considera lo siguiente:

Tabla 40:

Producción de piedra pómez.

Costo unitario por m3					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Precio (Incluye IGV 18%) S/.
1.00	Acarreo de piedra pómez	m ³	1	79.57	93.89
2.00	Trituración y zarandero de piedra pómez	m ³	1	14.70	17.35
3.00	Lavado de piedra pómez	m ³	1	6.57	7.75
TOTAL					S/. 118.99

Fuente: Elaboración propia

e) Costo de transportes

Tabla 41:

Costo de transporte de agregados en la ciudad de Trujillo.

Costo: S/.0.02 x Kg					Costo unitario por m3	
Ítem	Descripción	Unidad	PUSS	Precio (Incluye IGV 18%) S/.		
1.00	Transporte de agregado grueso	kg	1590	37.52		
2.00	Transporte de agregado fino	kg	1730	40.83		
3.00	Transporte de piedra pómez	kg	670	15.81		

TOTAL S/. 94.16

Fuente: Transportes de agregados Romero, Trujillo – 2019.

f) Costo de agregados en obra

Tabla 42.

Costo de agregados puestos en obra en la ciudad de Trujillo.

Costo: S/.0.02 x Kg		Costo unitario por m ³			
Ítem	Descripción	Unidad	Costo en cantera (S/.)	Transporte (S/.)	Precio (Incluye IGV 18%) S/.
1.00	Agregado grueso	m ³	15	37.52	52.52
2.00	Agregado fino	m ³	10	40.83	50.83
3.00	Piedra pómez	m ³	118.99	15.81	134.80

Fuente: Cantera Rubio, Trujillo – 2019.

g) Costo de insumos

Tabla 43:

Costo de Insumos

Ítem	Descripción	Unidad	Precio (Incluye IGV 18%)
1.00	Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bls	26.50
2.00	Arena gruesa	m ³	52.52
3.00	Piedra de 1/2"	m ³	50.83
4.00	Piedra pómez	m ³	134.8
5.00	Agua	m ³	2.48

Fuente: Sodimac y Cantera Rubio, Trujillo – 2019.

h) Costos de producción de mezclas de concreto patrón.

Tabla 44.

Costos de producción de mezclas de concreto patrón.

Ítem	MATERIAL	Unidad	Cantidad (kg/m ³)	Cantidad (Para 1 m ³)	Precio Parcial (Incluye IGV 18%)	Precio Total (Incluye IGV 18%)
1	Cemento	bls	346.00	8.14	26.50	215.71
2	Agua	m ³	210.00	0.21	2.48	0.52
3	Piedra de 1/2"	m ³	1158.00	0.73	50.83	37.02
4	Arena gruesa	m ³	545.00	0.32	52.52	16.55
					Total	269.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45.

Costos de producción de mezclas con 10% de piedra pómez.

MATERIAL	Unidad	Cantidad (kg/m³)	Cantidad (m³)	Precio Parcial (Incluye IGV 18%)	Precio Total (Incluye IGV 18%)
Cemento	bls	346.00	8.14	26.50	215.71
Agua	m ³	221.95	0.22	2.48	0.55
Piedra de 1/2"	m ³	1041.83	0.66	50.83	33.31
Piedra pómez	m ³	55.24	0.08	134.80	11.11
Arena gruesa	m ³	538.81	0.31	52.52	16.36
				Total	277.04

Fuente: Elaboración propia.

3.8. Método, instrumento y procedimiento de análisis de datos

3.8.1. Método para el análisis de datos

Los métodos que se van a utilizar para el análisis de datos son:

- La estadística descriptiva, quién se encarga de recolectar, clasificar, ordenar, analizar y representar los datos para obtener las características del grupo, y se apoya de su herramienta de medida central (media, moda y mediana); dispersión (varianza y la desviación típica) , y forma (coeficiente de Pearson).
- La estadística inferencial, ya que infiere en conclusiones generales, permite tomar previsiones, predecir el comportamiento de cierto fenómeno y se apoya en la estadística descriptiva y en la probabilidad. Dentro de las herramientas tenemos el contraste de hipótesis, intervalos característicos y errores.

3.8.2. Instrumentos para el análisis de datos

En la presente investigación, se utilizará el software SPSS (Paquete estadístico para ciencias sociales), debido a que es el más importante de la rama de la estadística, ya que ofrece técnicas de recolección de datos y analítica predictiva para la solución de problemas de investigación.

En este programa verificamos la normalidad de los datos a través de la prueba estadística ANOVA, ya que se encarga de analizar variables cuantitativas y cualitativas, tales como las que tenemos en la investigación, así mismo, por que analiza y compara las medias estadísticas. Para ello se considerará la prueba no paramétrica Tukey, debido a que se evaluará más de 50 datos estadísticos.

3.8.3. Procedimiento de análisis de datos

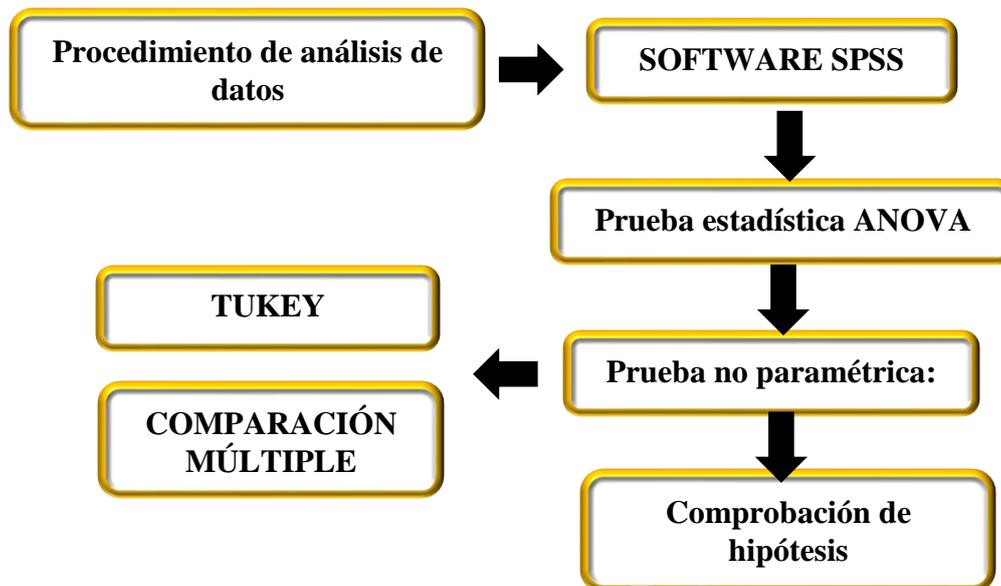


Figura 38: Procedimiento de análisis de datos

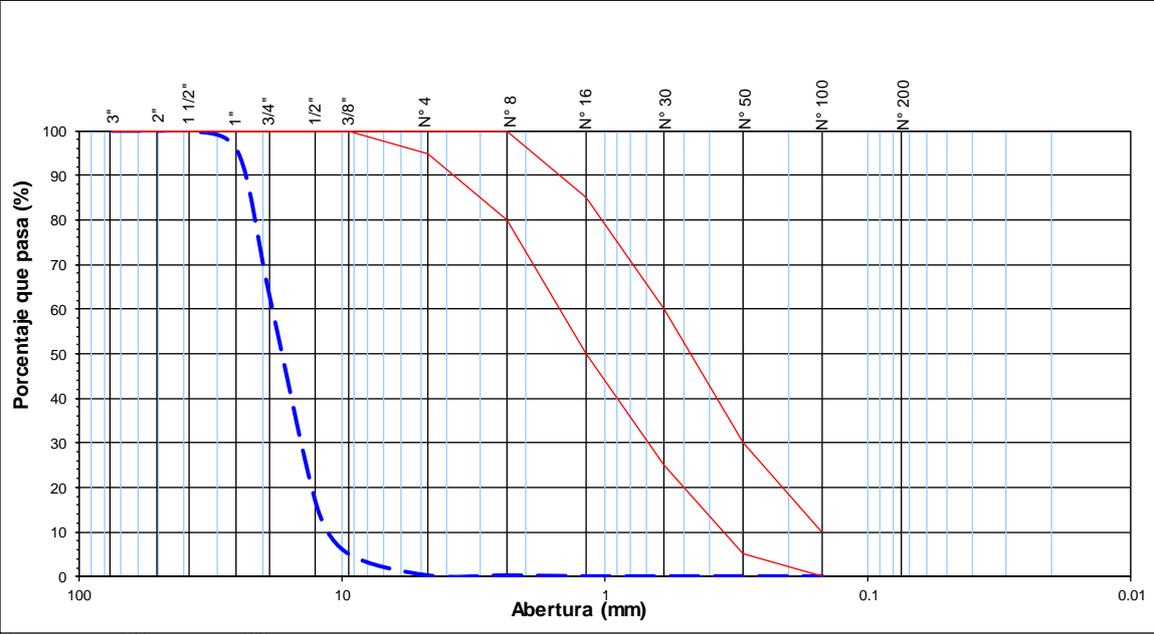
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Caracterización de agregados

4.1.1. Ensayo Granulométrico del Agregado Grueso (NTP 400.012 / NTP 400.012)

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS Análisis Granulométrico de Agregados						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)								
DATOS DE LA MUESTRA								
Identificación : Agregado Grueso		Tamaño Max. :		1"				
Procedencia : Cantera "Rubio"		Tamaño Max. Nominal :		3/4"				
		Peso Inicial Seco :		5000.0		gr.		
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	Muestreo realizado a pie de obra
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
Características Físicas								
1"	25.000	240.00	4.80	4.80	95.20	100	100	Módulo de Finura : 7.30
3/4"	19.000	1600.00	32.00	36.80	63.20	100	100	
1/2"	12.500	2380.00	47.60	84.40	15.60	100	100	
3/8"	9.500	520.00	10.40	94.80	5.20	100	100	
N° 4	4.750	240.00	4.80	99.60	0.40	95	100	
N° 8	2.360	0.00	0.00	99.60	0.40	80	100	
N° 16	1.180	10.00	0.20	99.80	0.20	50	85	
N° 30	0.600	0.00	0.00	99.80	0.20	25	60	
N° 50	0.300	0.00	0.00	99.80	0.20	5	30	
N° 100	0.150	0.00	0.00	99.80	0.20	0	10	
Fondo		10.00	0.20	100.0	0.00	0	5	





**REPORTE DE CONTROL DE
CALIDAD DE AGREGADOS**
Análisis Granulométrico de Agregados

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación : Piedra Pomez
Procedencia : Cantera "Rubio"

Tamaño Max. :
Tamaño Max. Nominal :
Peso Inicial Seco : 960.0 gr.

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	Muestreo realizado a pie de obra
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
Características Físicas								
1"	25.000	80.00	8.33	8.33	91.67	100	100	Módulo de Finura : 7.22
3/4"	19.000	470.00	48.96	57.29	42.71	100	100	
1/2"	12.500	290.00	30.21	87.50	12.50	100	100	
3/8"	9.500	30.00	3.13	90.63	9.38	100	100	
Nº 4	4.750	10.00	1.04	91.67	8.33	95	100	
Nº 8	2.360	0.00	0.00	91.67	8.33	80	100	
Nº 16	1.180	0.00	0.00	91.67	8.33	50	85	
Nº 30	0.600	70.00	7.29	98.96	1.04	25	60	
Nº 50	0.300	10.00	1.04	100.00	0.00	5	30	
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00	0	10	
Fondo		0.00	0.00	100.0	0.00	0	5	

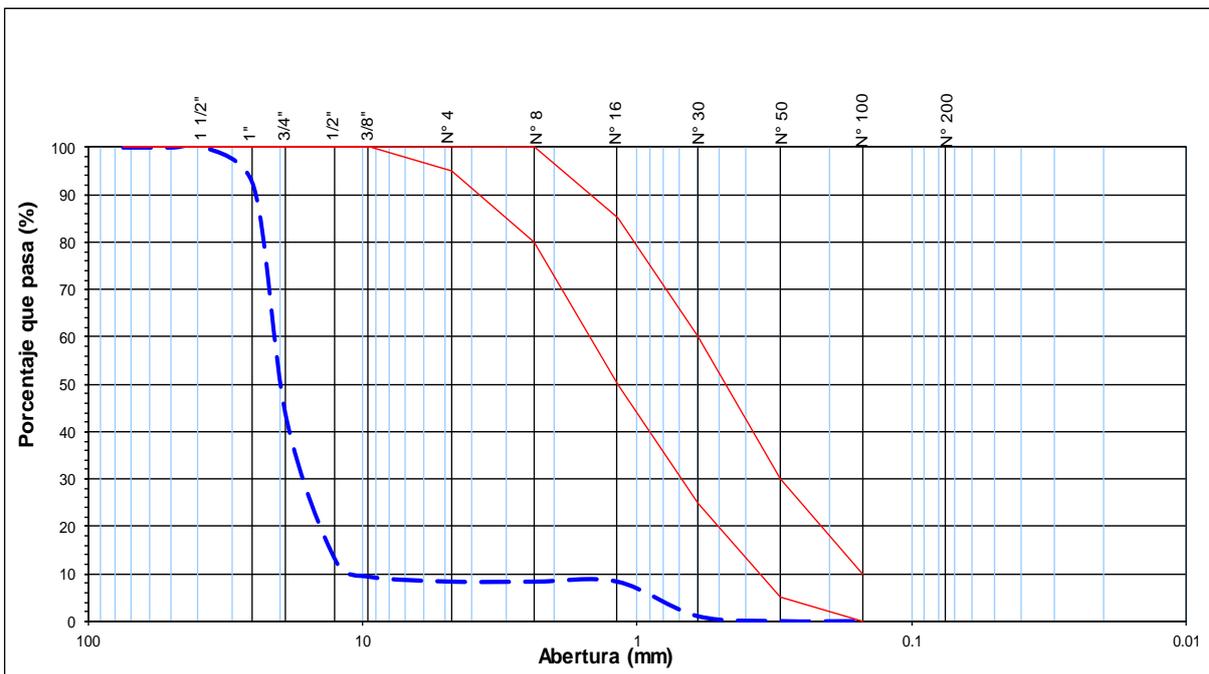


Figura 40: Análisis granulométrico de la piedra pómez.

Fuente: Elaboración propia

Agregado Fino (NTP 400.012 / ASTM C136)

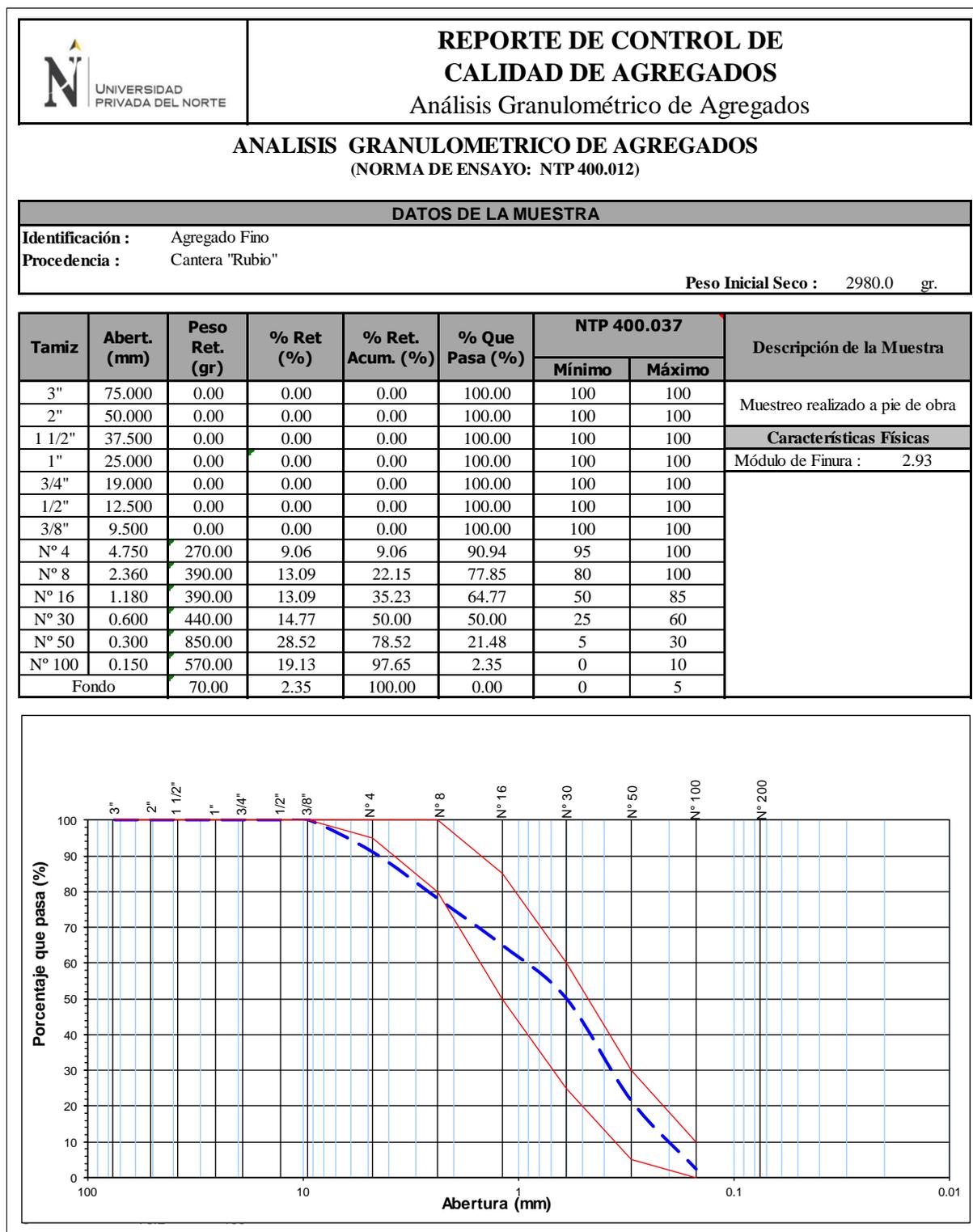


Figura 41: Análisis granulométrico del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Contenido de Humedad del Agregado Grueso y Fino (NTP 339.185/ASTM C566)

Tabla 46.

Porcentaje de humedad de los agregados.

Muestra	Materiales	Humedad (%)
1	Agregado fino	1.68
2	Agregado grueso	0.78
3	Piedra pómez	8.70

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.1.4. Peso Unitario Seco Suelto y Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino (NTP400.017/ ASTM C29)

Tabla 47.

Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado de los agregados.

	Materiales		
	Agregado fino	Agregado grueso	Piedra Pómez
Peso Unitario Seco Suelto (kg/cm³)	1730	1590	670
Peso Unitario Seco Compuesto (kg/cm³)	1850	1740	770

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.1.5. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021/ASTM C127) y Agregado Fino (NTP 400.022/ASTM C128)

Tabla 48.

Peso específico y absorción de los agregados.

Materiales	Peso Específico de Masa (kg/cm ³)	Peso Específico de SSS (Kg/cm ³)	Peso Específico Aparente (Kg/cm ³)	Absorción (%)
Agregado fino	2230	2350	2550	2.3
Agregado grueso	2600	2645	2720	2
Piedra pómez	1080	1450	1725	35

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.1.6. Temperatura de la mezcla de concreto (NTP 339.184 / ASTM C1064)

Tabla 49.

Temperatura del concreto fresco.

Descripción de las probetas	Temperatura (°C)
Patrón	20.3
5% de pómez	20.8
10% de pómez	21.2
15% de pómez	21.5
20% de pómez	21.9
25% de pómez	22.3
30% de pómez	22.5

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.1.7. Peso unitario del concreto en estado fresco (NTP 339.046 /ASTM C138)

Tabla 50.

Peso unitario del concreto en estado fresco.

Descripción de las probetas	Peso unitario del concreto fresco (Kg/m ³)
Patrón	2420
5% de pómez	2400
10% de pómez	2360
15% de pómez	2330
20% de pómez	2310
25% de pómez	2280
30% de pómez	2240

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.1.8. Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034 / ASTM C39)

Tabla 51.

Resistencia a la compresión

Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)			
Muestra	días de curado		
	3 días	7 días	28 días
Patrón	116	183	238
5%	95	155	225
10%	140	200	277
15%	88	138	174
20%	96	142	186
25%	86	138	170
30%	76	118	155

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.2. Análisis Estático

4.2.1. Carga sísmica de edificaciones

Tabla 52.

Carga sísmica de edificación

Piso	Carga Sísmica (Tn)		
	Edificio A	Edificio B	Edificio C
6	75.92	77.89	76.91
5	86.80	88.99	87.89
4	86.80	88.99	87.89
3	86.80	88.99	87.89
2	105.79	108.92	107.36
1	119.53	123.35	121.44
TOTAL	561.64	577.13	569.38

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.2.2. Fuerza sísmica de la estructura

Tabla 53.

Fuerzas sísmicas de la estructura.

Piso	Fuerza Sísmica (Tn)		
	Edificio A	Edificio B	Edificio C
6	19.53	20.05	19.79
5	18.86	19.36	19.11
4	15.40	15.80	15.60
3	11.93	12.25	12.09
2	10.32	10.64	10.48
1	6.89	7.12	7.00
TOTAL	82.93	85.22	84.07

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.2.3. Distorsiones de entrepiso de la edificación

Tabla 54.

Distorsión de entrepiso en "X".

Piso	Distorsión de entre piso en X (mm)		
	Edificio A	Edificio B	Edificio C
6	0.005	0.005	0.004
5	0.007	0.007	0.006
4	0.008	0.008	0.007
3	0.008	0.008	0.007
2	0.007	0.007	0.006
1	0.005	0.005	0.005

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

Tabla 55.

Distorsión de entrepiso en "Y".

Piso	Distorsión de entre piso en Y (mm)		
	Edificio A	Edificio B	Edificio C
6	0.004	0.004	0.003
5	0.005	0.005	0.005
4	0.007	0.007	0.006
3	0.007	0.007	0.006
2	0.006	0.006	0.005
1	0.005	0.005	0.005

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.2.4. Desplazamientos de entrepiso de la edificación

Tabla 56.

Desplazamiento de entrepiso en "X".

Piso	Desplazamiento de entre piso en X (mm)		
	Edificio A	Edificio B	Edificio C
6	113.68	116.73	100.31
5	100.33	103.02	88.53
4	82.48	84.69	72.18
3	60.40	62.03	53.34
2	38.93	39.99	34.88
1	20.78	21.35	18.34

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

Tabla 57.

Desplazamiento de entrepiso en "Y".

Piso	Desplazamiento de entre piso en Y (mm)		
	Edificio A	Edificio B	Edificio C
6	96.06	98.64	84.77
5	86.08	88.39	75.96
4	71.83	73.76	63.38
3	53.54	54.99	47.25
2	35.55	36.52	31.37
1	20.37	21.18	17.98

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.2.5. Fuerzas internas del sismo

Tabla 58.

Fuerzas internas del sismo en "X".

Fuerza Interna	Sismo en "X"		
	Edificio A	Edificio B	Edificio C
N máx. (Tn)	18.45	18.95	18.23
V máx. (Tn)	10.91	11.2	10.74
M máx. (Tn*m)	21.6	22.01	21.1

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

Tabla 59.

Fuerzas internas del sismo en "Y".

Sismo en "Y"			
Fuerza Interna	Edificio A	Edificio B	Edificio C
N máx. (Tn)	20.31	20.73	20.11
V máx. (Tn)	9.43	9.68	9.05
M máx. (Tn*m)	18.63	19.1	18.4

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.3. Análisis de costos

Tabla 60.

Análisis de costos del concreto patrón (1 m³).

MATERIAL	Unidad	Cantidad (m3)	Precio Parcial S/. (IGV 18%)	Precio Total S/. (IGV 18%)
Cemento	bls	8.14	31.27	254.54
Agua	m3	0.21	2.48	0.52
Piedra de 1/2"	m3	0.73	50.83	37.02
Arena gruesa	m3	0.32	52.52	16.55
			TOTAL	S/.308.62

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

Tabla 61.

Análisis de costos del concreto con 10% de pómez (1 m3).

MATERIAL	Unidad	Cantidad (m3)	Precio Parcial S/. (IGV 18%)	Precio Total S/. (IGV 18%)
Cemento	bls	8.14	31.27	254.54
Agua	m3	0.21	2.48	0.52
Piedra de 1/2"	m3	0.66	50.83	33.31
Piedra pómez	m3	0.08	134.80	11.11
Arena gruesa	m3	0.31	52.52	16.36
			Total	S/.315.87

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

4.4. Validación de la hipótesis

Tabla 62:

Significancia de las diferentes incorporaciones de piedra pómez en la resistencia a la compresión del concreto en diferentes edades.

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA3	Entre grupos	8772.476	6	1462.079	18.871	0.000
	Dentro de grupos	1084.667	14	77.476		
	Total	9857.143	20			
DIA7	Entre grupos	14853.619	6	2475.603	20.837	0.000
	Dentro de grupos	1663.333	14	118.810		
	Total	16516.952	20			
DIA28	Entre grupos	35025.238	6	5837.540	38.732	0.000
	Dentro de grupos	2110.000	14	150.714		
	Total	37135.238	20			

Fuente: Recuperado de base de datos de IBM SPSS.

Tabla 63:

Comparaciones múltiples de la muestra patrón con cada porcentaje de incorporación de piedra pómez para evaluar la resistencia a la compresión.

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Día 3	Patrón	5 % de pómez	21.000	7.187	0.117	-3.54	45.54
		10 % de pómez	-24,667*	7.187	0.048	-49.21	-0.13
		15 % de pómez	28,333*	7.187	0.019	3.79	52.87
		20 % de pómez	20.000	7.187	0.148	-4.54	44.54
		25 % de pómez	30,667*	7.187	0.011	6.13	55.21
		30 % de pómez	40,667*	7.187	0.001	16.13	65.21
Día 7	Patrón	5 % de pómez	28.667	8.900	0.070	-1.72	59.06
		10 % de pómez	-17.333	8.900	0.484	-47.72	13.06
		15 % de pómez	45,333*	8.900	0.002	14.94	75.72
		20 % de pómez	41,000*	8.900	0.006	10.61	71.39
		25 % de pómez	44,333*	8.900	0.003	13.94	74.72
		30 % de pómez	65,333*	8.900	0.000	34.94	95.72
Día 28	Patrón	5 % de pómez	12.667	10.024	0.857	-21.56	46.89
		10 % de pómez	-39,333*	10.024	0.020	-73.56	-5.11
		15 % de pómez	63,333*	10.024	0.000	29.11	97.56
		20 % de pómez	52,000*	10.024	0.002	17.77	86.23
		25 % de pómez	67,667*	10.024	0.000	33.44	101.89
		30 % de pómez	82,667*	10.024	0.000	48.44	116.89

Fuente: Recuperado de base de datos de IBM SPSS.

Tabla 64:

Porcentaje que aumenta la resistencia a la compresión según la estadística

DIA 28				
HSD Tukey^a				
Probeta	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
30 % de pómez	3	155.00		
25 % de pómez	3	170.00		
15 % de pómez	3	174.33		
20 % de pómez	3	185.67		
5 % de pómez	3		225.00	
Patrón	3		237.67	
10 % de pómez	3			277.00
Sig.		0.093	0.857	1.000

Fuente: Recuperado de base de datos de IBM SPSS.

Tabla 65:

Significancia de las diferentes incorporaciones de piedra pómez en el peso unitario del concreto en estado fresco.

ANOVA					
PUCF					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	72871.333	6	12145.222	378.412	0.000
Dentro de grupos	449.333	14	32.095		
Total	73320.667	20			

Fuente: Recuperado de base de datos de IBM SPSS.

Tabla 66:

Comparaciones múltiples de la muestra patrón con cada porcentaje de incorporación de piedra pómez para evaluar el peso unitario del concreto en estado fresco.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
HSD Tukey						
(I) probeta		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	5% pómez	11.000	4.626	0.276	-4.79	26.79
	10% pómez	57,667*	4.626	0.000	41.87	73.46
	15% pómez	89,333*	4.626	0.000	73.54	105.13
	20% pómez	107,333*	4.626	0.000	91.54	123.13
	25% pómez	134,667*	4.626	0.000	118.87	150.46
	30% pómez	174,000*	4.626	0.000	158.21	189.79

Fuente: Recuperado de base de datos de IBM SPSS.

Tabla 67:

Porcentaje de piedra pómez que disminuye el peso unitario del concreto en estado fresco.

PUCF							
HSD Tukey^a							
Probeta	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
30% pómez	3	2241.33					
25% pómez	3		2280.67				
20% pómez	3			2308.00			
15% pómez	3				2326.00		
10% pómez	3					2357.67	
5% pómez	3						2404.33
Patrón	3						2415.33
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.276

Fuente: Recuperado de base de datos de IBM SPSS.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. Discusión

En la presente investigación, se estudió un nuevo agregado denominado piedra pómez, la cual cumplió la función de sustituir el agregado grueso en diferentes porcentajes (5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%) para obtener un nuevo concreto especial de bajo peso unitario y, del mismo modo, lograr aumentar la resistencia a la compresión, además de ello, se realizó un análisis estructural de un pórtico de 6 pisos y finalmente el análisis de costos del concreto para 1 m³.

Para el desarrollo de los objetivos, se realizó la caracterización de los agregados, así como también los ensayos que permiten obtener los resultados de las variables planteadas, las cuales cumplen con las desviaciones estándar establecidas por las diferentes normativas.

La importancia de la granulometría de los agregados radica, que de estos dependerán las propiedades de los diferentes tipos de concretos, mayor estabilidad volumétrica, resistencia, y por esto conviene que los agregados ocupen la mayor masa del concreto, compatible con la trabajabilidad, es por ello que las normas establecen límites entre los cuales se debe encontrar las curvas granulométricas, para considerar que el agregado sea adecuado para la elaboración del concreto, tal como lo muestra la figura 39 y 41. En cuanto a la piedra pómez se realizó una evaluación a través de las propiedades del agua, es decir, se hizo un lavado y se procedió a la determinación de sólidos en suspensión obteniendo un valor de 2347 ppm. y para cloruros 242 ppm., siendo estos valores, menores a los establecidos por la Norma ASTM C-1602 (Ver Tabla 1). Por lo tanto se concluye que la piedra pómez cumple con éstos parámetros, siendo de ésta manera un agregado óptimo para el diseño de mezcla, según se observa en la Figura 40.

Los dominios para las arenas empleada en concretos estructurales, según la NTP 400.037 recomiendan que los valores límites del módulo granulométrico más convenientes estén

comprendidos entre 2.30 a 3.1, ya que éstos producen concretos de buena trabajabilidad y reducen la segregación y son las más favorables para los concretos de alta resistencia. En el caso de la muestra de agregado fino con la que se trabajó, se obtuvo un valor de 2.9, concluyendo así que el material fino es apto para el concreto.

En cuanto al agregado grueso, se tiene un módulo de finura de 7.3; un tamaño máximo de 1” y un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ”; respecto a la la piedra pómez, se obtuvo un módulo de finura de 7.2 y en cuanto a su tamaño máximo es igual al del agregado grueso convencional, es por eso que se considera adecuado para reemplazarlo por agregado grueso, además la misma norma nos indica que los agregados se podrán utilizar, siempre y cuando, estos, permitan obtener el concreto de la calidad requerida, y en el caso de la investigación cumplieron satisfactoriamente para la resistencia diseñada.

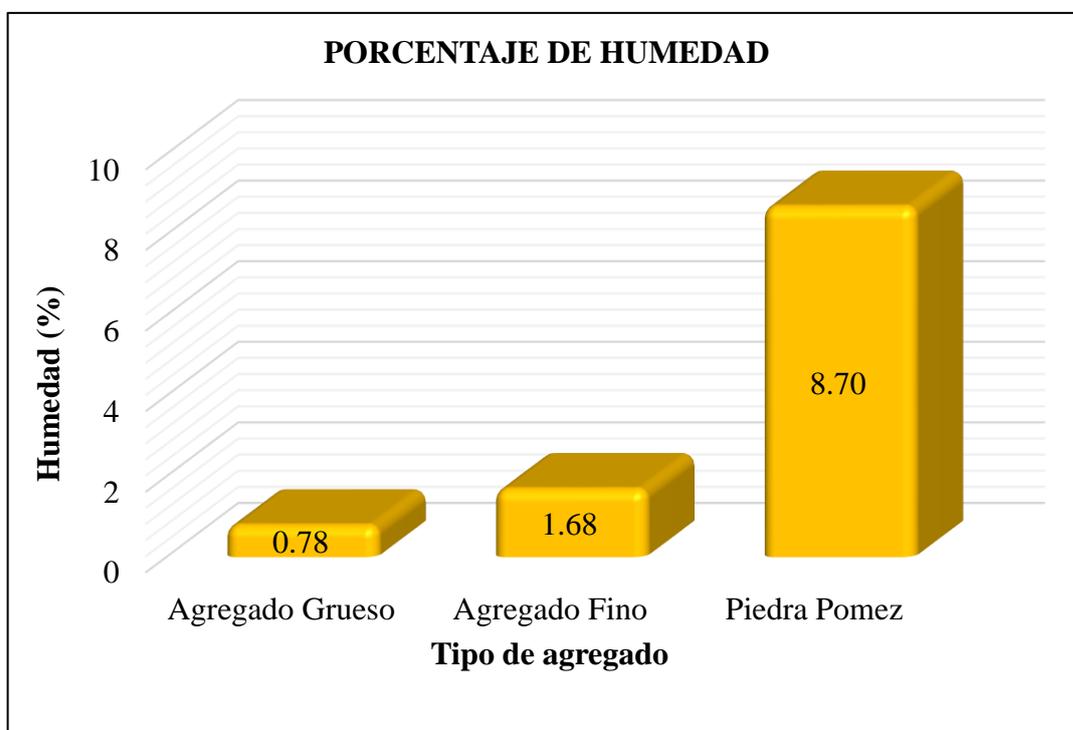


Gráfico 1. Porcentaje de humedad de los agregados.

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración propia

El contenido de humedad de los agregados se muestra en el Gráfico 1, teniendo como resultado 0.78%, 1.68%, 8.70% para el agregado grueso, agregado fino y piedra pómez respectivamente, se observa que en los valores de los agregados convencionales son relativamente bajos, clasificándolos en un estado aproximadamente seco, mientras que el valor de la piedra pómez es mucho mayor debido al comportamiento higroscópico de absorber y liberar agua; del mismo modo, el material presenta una superficie muy rugosa.

Pasquel (1993), presenta que la humedad de los agregados finos debe estar alrededor de los 1.13 % a 2% ya que este retiene mayor cantidad de agua.

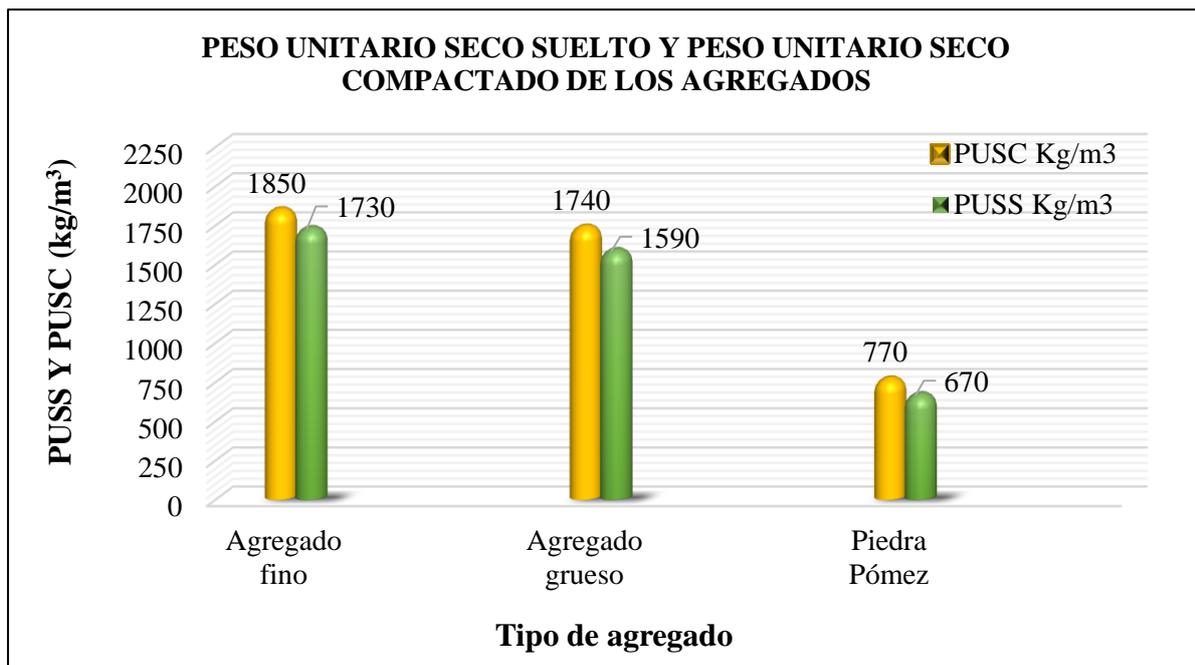


Gráfico 2. Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado de los agregados
Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración propia

Calderón & Gamarra (2016), nos hablan sobre el tema de vacíos y contención de aire, pues explica que los materiales poseen una característica de adsorción de aire, este aire se aloja en algunos huecos y/o vacíos que posee el material y concluyen que mientras más suelto esté el material, más aire va a retener y por ende tiende a pesar menos, tal como se observa en la

Gráfica 2, el peso unitario seco suelto y compactado de los agregados fino y grueso son 1730 kg/m³, 1590 kg/m³ y 1850 kg/m³, 1740 kg/m³ respectivamente, de acuerdo con la NTP 400.017 en agregados normales, el peso unitario compacto varia de entre 1500 kg/cm³ y 1900 kg/cm³, lo cual se puede observar que los valores obtenidos se encuentra en los rango establecidos. Por otra parte, se observa que éstos valores duplican al peso unitario seco suelto y compactado de la piedra pómez: 670 kg/m³ y 770kg/m³ respectivamente, debido a que éstos presentan una mejor distribución de sus partículas dentro del molde. En consecuencia, el peso unitario de la piedra pómez es un indicador para obtener un concreto de baja densidad.

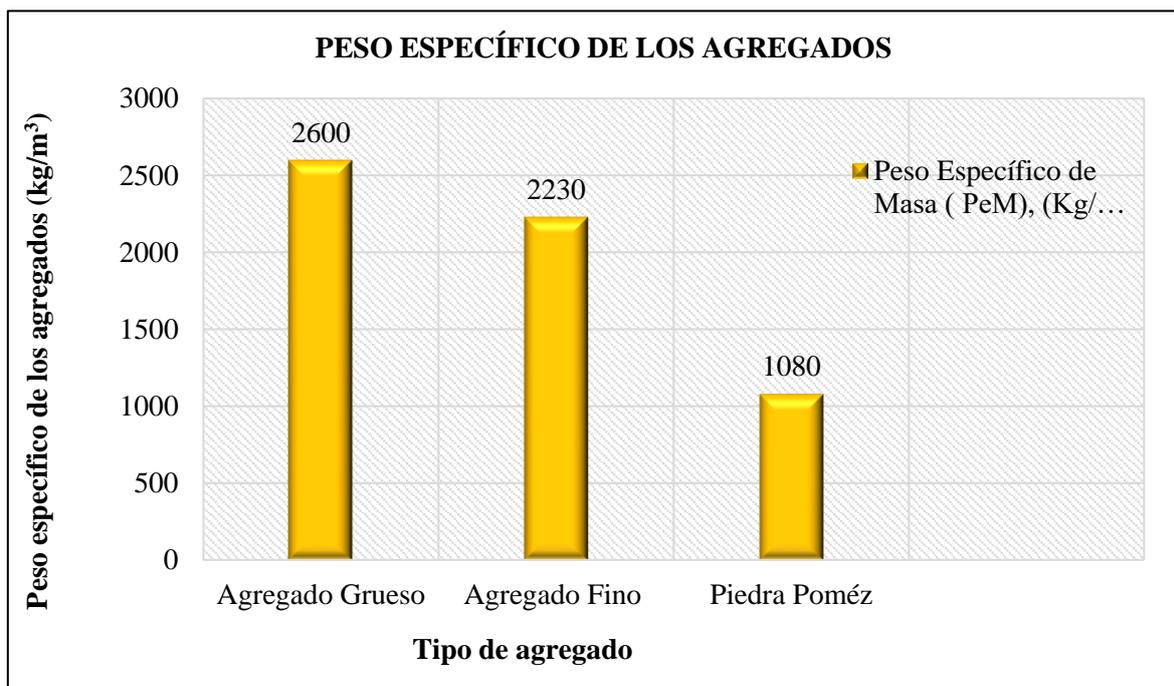


Gráfico 3. Peso específico de los agregados

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración propia

Partiendo de la definición del peso específico, que según la norma ASTM C 127, se define como la relación de masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, se puede concluir que para el caso del peso específico de nuestro agregado fino este se encuentra dentro del rango

aceptable de $2\,400\text{ kg/m}^3$ a $2\,900\text{ kg/m}^3$, rango recomendado por el Ing. Abraham Polanco Rodríguez en su “Manual de práctica de laboratorio de concreto”. De la misma manera al comparar nuestros resultados con lo que refiere Rodríguez (2014) donde clasifica como agregados de peso normal a aquellos cuyo peso específico rondan sus valores entre 2500 kg/m^3 a 2700 kg/m^3 , por lo que podemos concluir que nuestro agregado fino está considerado como un agregado de peso normal por estar dentro del rango antes especificado, puesto que el valor obtenido es 2230 kg/m^3 , tal como se observa en el Gráfico 3.

En cuanto refiere al peso específico del agregado grueso convencional, el valor obtenido es 2600 kg/m^3 y de la piedra pómez es 1080 kg/m^3 como se observa en el Gráfico 3. Según la NTP 400.021. el valor del peso específico para el agregado grueso normal oscila entre 2500 kg/m^3 y 2750 kg/m^3 , lo cual ayuda determinar que el valor obtenido es un agregado de calidad.

De la misma manera, Pasquel (1993), considera agregados ligeros a aquellos que tienen un peso específico menor a 2500 kg/m^3 , ubicando a la piedra pómez como un material adecuado para la elaboración de concreto de bajo peso unitario.

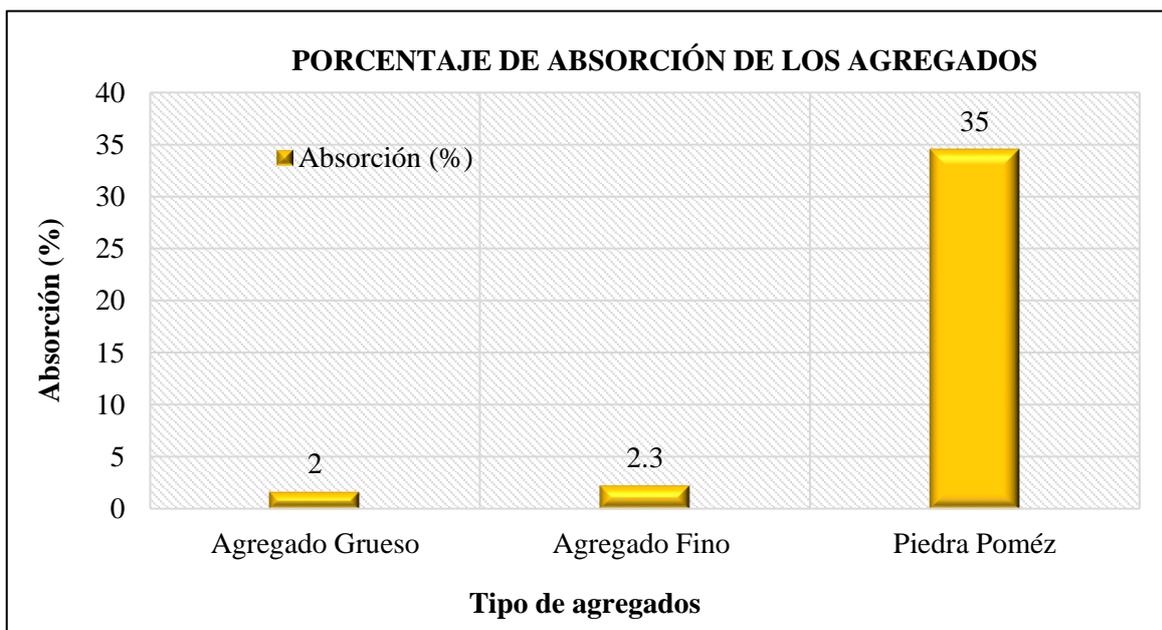


Gráfico 4. Porcentaje de absorción de los agregados.

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración propia

Para el caso de la absorción de los agregados convencionales la NTP 400.021 estipula que los valores deben oscilar entre 1% y 5%.

En el caso del agregado fino, podemos determinar que satisface los requisitos establecidos por la cual nos dice que, para estar dentro de un rango aceptable, el material debe tener una absorción menor al 5%, y nuestro material presenta una absorción de 2.3% lo mismo ocurre para el agregado grueso convencional ya que se ha obtenido un valor de 2 % según el Gráfico 4, por lo que está dentro del rango aceptable para producir concreto de buena calidad. En cuanto a la piedra pómez tiene un valor de 35%, esto se explica debido a la cantidad de poros que compone su estructura.

Estos rangos resultan de suma importancia conocerlos ya que el peso específico de los agregados, tanto de las arenas como de las gravas, están relacionadas directamente con el buen comportamiento del material y a la vez relacionados inversamente con su absorción. Estos datos se utilizan en ciertos cálculos para proporcionar información con respecto a las mezclas que se vayan a aplicar en campo.

En cuanto a los ensayos del concreto en estado fresco se obtuvieron los resultados influenciado por los diferentes porcentajes de sustitución de agregado por piedra pómez a la mezcla patrón, detallados en las líneas posteriores:

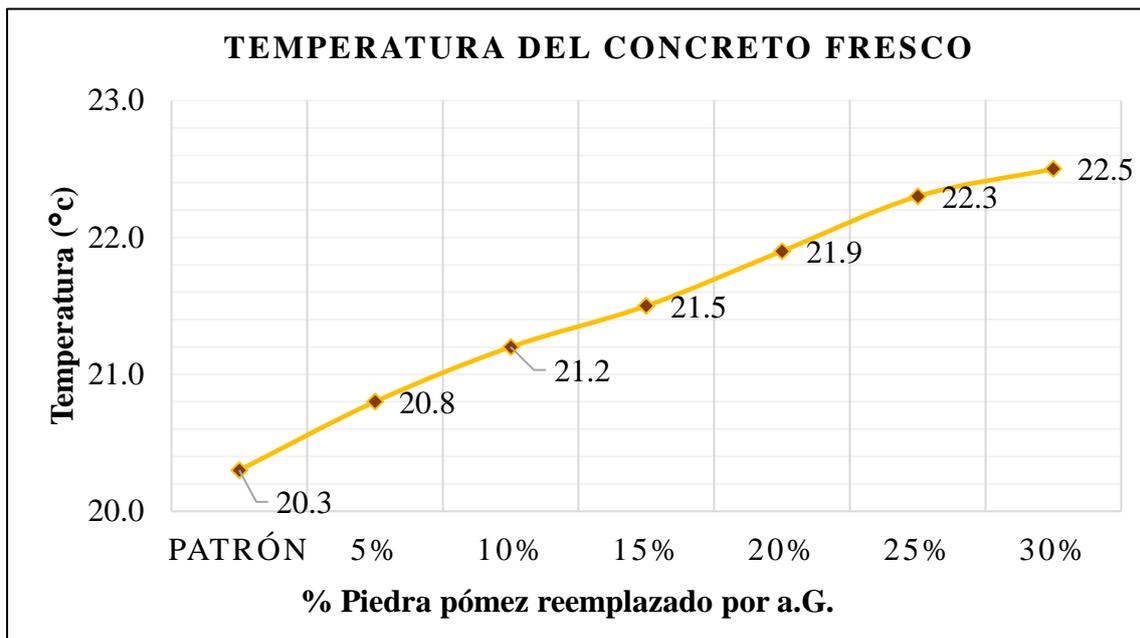


Gráfico 5. Temperatura del concreto fresco.

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración propia

Con referencia a la temperatura, Sánchez (2001) menciona que ésta afecta directamente a todas las propiedades del concreto en estado plástico, especialmente al asentamiento y contenido de aire, es por ello que su medición es importante, puesto que mientras más baja la temperatura del concreto fresco, será mejor para todas sus cualidades. El calor aumenta la demanda de agua y acelera el fraguado, por lo tanto, el concreto será más difícil de compactar y su resistencia será más baja. Por otro lado, la temperatura también depende del aporte calórico de los agregados, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía añadida en el mezclado y el calor absorbido en el medio ambiente, es así que el Gráfico 5, muestra los valores obtenidos en éste ensayo: 20.3°C, 20.8 °C, 21.2 °C, 21.5 °C, 21.9 °C, 22.3 °C, y 22.5 °C según el diseño de mezcla patrón, y sus incorporaciones de piedra pómez con 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% respectivamente. La NTP 339.114 estipula una temperatura que varía entre 19 °C y 29°C en clima cálido, por razones de velocidad de hidratación y endurecimiento del cemento, ya que a una mayor temperatura produce una hidratación más rápida, pero menos eficiente, y por lo tanto se concluye que los valores obtenidos están dentro del rango establecido.

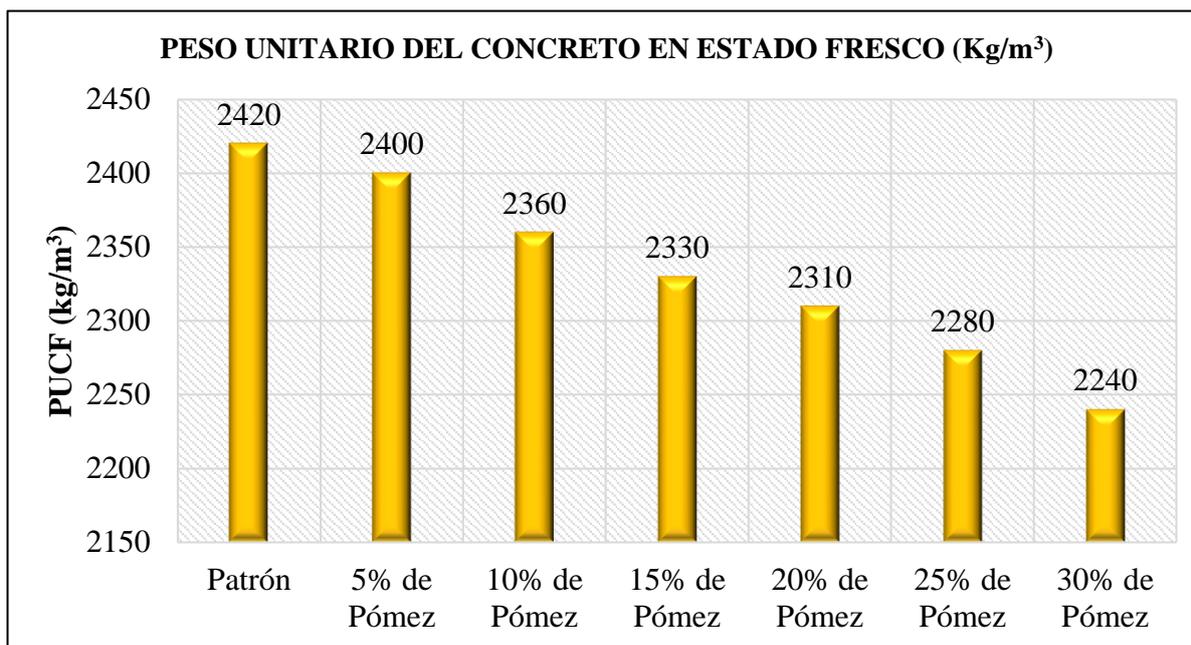


Gráfico 6. Peso unitario del concreto en estado fresco.

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración propia

En relación al peso unitario de la mezcla en estado fresco, se puede apreciar en la Gráfica 6 la tendencia descendente de los valores resultantes del peso unitario del concreto en estado fresco de la siguiente manera: 2420 kg/m³, 2400 kg/m³, 2360 kg/m³, 2330 kg/m³, 2310 kg/m³, 2280 kg/m³, 2240 kg/m³ de la mezcla de concreto patrón, y con sustitución del agregado grueso por la piedra pómez en 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% respectivamente. Este comportamiento se justifica por la presencia de poros que tiene la piedra pómez, puesto que manifiesta una relación inversamente proporcional, es decir, a mayor porcentaje de sustitución del agregado grueso, menor será la densidad de la mezcla, esto se debe que el peso específico de la piedra pómez. Gomezjurado (2014), clasifica al concreto según su peso unitario (Ver Tabla 7), lo cual indica que nuestros valores se encuentran dentro del rango de un concreto normal o convencional (2000 kg/m³ a 2500 kg/m³).

Es importante mencionar que en la investigación se está utilizando el termino de obtener un concreto de bajo peso unitario, más no un concreto ligero ya que la NTP 400.017 define que

los concretos ligeros tienen una densidad menor a 1800 kg/m^3 , en los datos obtenidos el peso unitario es mayor al cual estipula la norma.

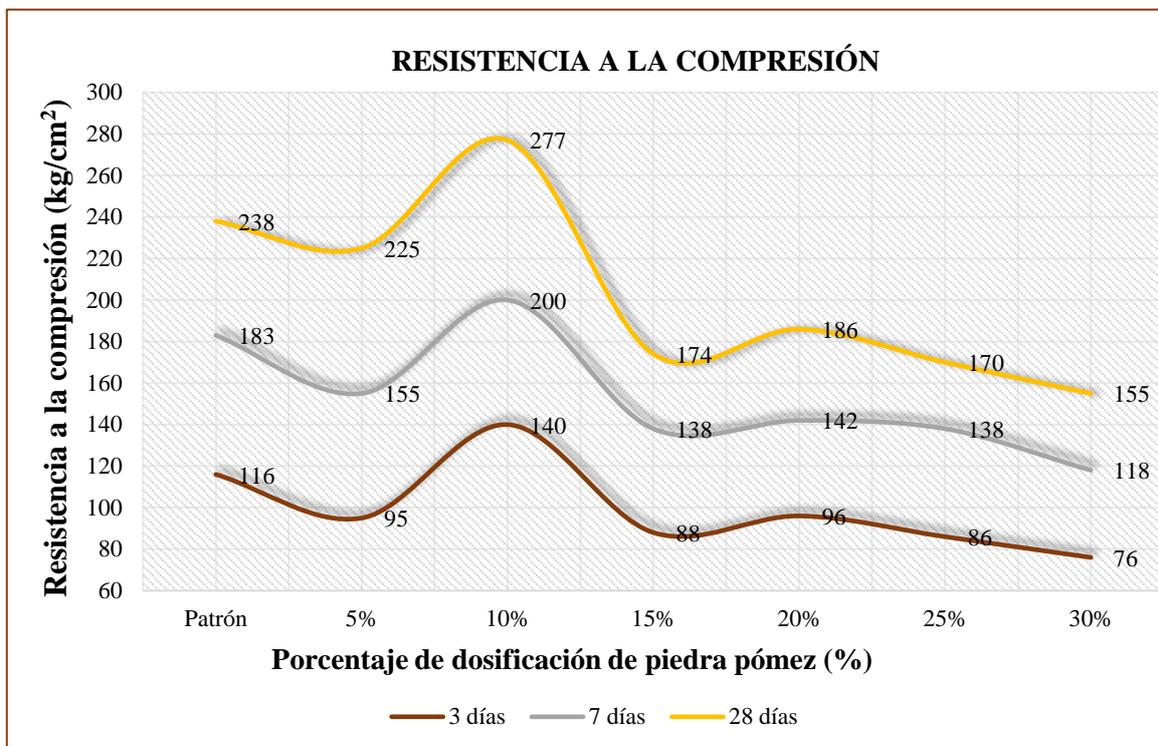


Gráfico 7. Resistencia a la compresión

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración propia

La resistencia a la compresión no sólo se ve influenciada por la relación a/c, sino que también se ve afectado por su edad, comúnmente conocido como tiempo de curado o simplemente curado. Cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica, que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla. Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final. Pero no todo termina ahí, el agua y el cemento aún no han terminado su reacción exotérmica y necesitan más agua para finalizarlo, por ello se les somete al tiempo de curado, y

de esa manera poder aprovechar al máximo las propiedades que la composición del cemento lo permite. El curado tiene como objeto evitar el secado prematuro del concreto, cuando la reacción exotérmica entre el agua y el cemento se interrumpe, el concreto se ve afectado en cuanto a sus diversas propiedades, como la resistencia a la compresión, el aumento de la permeabilidad del oxígeno, mayor absorción de agua por capilaridad, entre otros.

Según diversas investigaciones, el tiempo de curado óptimo es de 28 días a 56 días, para que el concreto logre el 100% de su resistencia a la compresión que su composición lo permite, en cambio disminuirá al 60% y 80% si el curado se da en 7 y 14 días aproximadamente según Gomezjurado (2014) (Ver Figura12).

Los resultados que se muestran en el Gráfico 7, han sido tomados a 3 días, 7 días y 28 días de curado. Como se puede apreciar, al reemplazar el agregado grueso por la piedra pómez al 10%, aumenta la resistencia a la compresión a 277 Kg/cm^2 , es decir, en un 32% más con respecto al diseño inicial para una resistencia de 210 kg/cm^2 , esto debe a la composición química de la piedra pómez que esta formada por SiO_2 en un 71%, Al_2O_3 en 12.8%, Fe_2O_3 en 1.75% y CaO en 1.36%, esto se debe a que la piedra pómez es un material puzolánico, el mismo que ha sido resultado del enfriamiento del lava, según Páez & Ahumada (2006). Por lo tanto, los compuestos químicos de la piedra pómez son los mismos que posee el cemento. Estos silíceos no poseen por sí mismo un alto poder cementante, sin embargo, al encontrarse con un tamaño de partícula muy pequeña y alta reactividad pueden reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) producida durante la hidratación del silicato tricálcico (C_3S) y el silicato dicálcico (C_2S), logrando de ese modo a una temperatura ambiente generar compuestos de propiedades cementantes. Es por esta razón, que la resistencia a la compresión haya aumentado por la formación de estos nuevos compuestos cementantes. Sin embargo, la presente

investigación no pretende profundizar en el análisis de estas reacciones químicas, presentándole como un futuro tema de investigación.

Otro punto importante que se puede apreciar en la gráfica es la decreciente resistencia a la compresión en función al aumento de porcentaje de piedra pómez, esto es consecuencia de la gran cantidad de vacios que posee, siendo aproximadamente un 80% del volumen total, según Peñarreta (2015).

Además, se ve que la resistencia es mayor a los 28 días de edad, esto indica la importancia y la influencia directa del curado en la resistencia a la compresión.

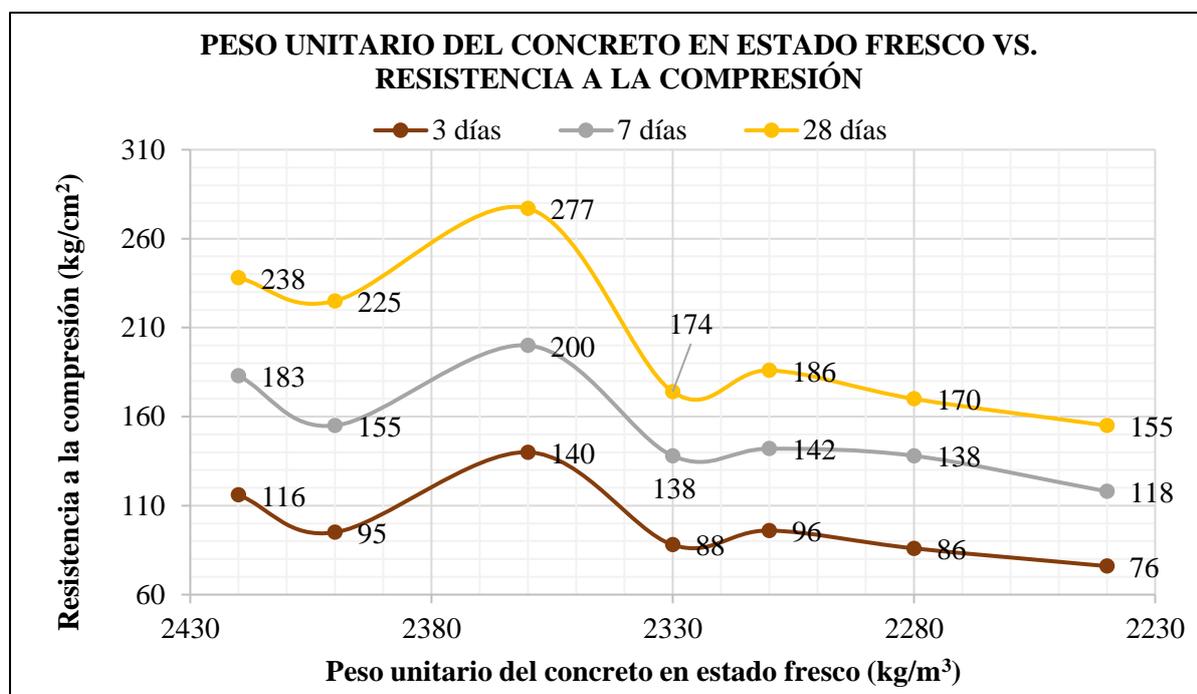


Gráfico 8: *Peso unitario del concreto en estado fresco vs. Resistencia a la compresión del concreto endurecido.*

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

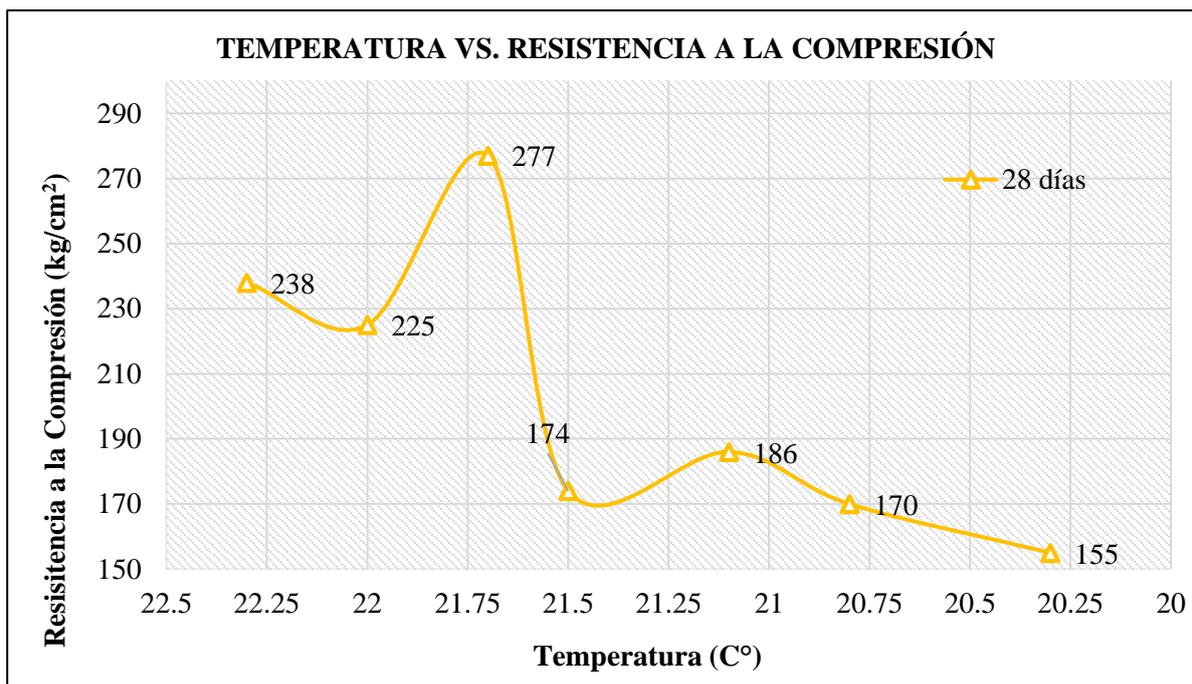


Gráfico 9: Temperatura Vs. Resistencia a la compresión

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

Debido a la alta porosidad de la piedra pómez y a su baja densidad, mucho menor al del agregado convencional utilizado en el diseño patrón, hace que mientras más agregado grueso convencional sea reemplazado, el peso unitario del concreto en estado fresco, disminuya (Ver Gráfico 8). Además que, a mayor dosificación, el contenido de aire en el concreto va a aumentar. Si bien es cierto gran cantidad del agua va ocupar los poros de la piedra pómez, pero esto no se va a dar completamente y va a quedar gran cantidad de vacíos, aumentando así, el contenido de aire en el concreto fresco. Si el agua se llena en los poros de la piedra pómez, va haber menos agua para la reacción con el cemento, de esta manera el calor de hidratación del cemento va aumentar. Es por ello que a mayor sea la dosificación de reemplazo del agregado grueso convencional con la piedra pómez, la temperatura del concreto aumenta (Gráfico 9). Si el agua es menor, entonces; el concreto será cada vez menos trabajable y por lo tanto el asentamiento o slump será menor, a mayor dosificación de pómez, sin embargo en la presente

investigación, todos los diseños de mezcla se realizaron para cumplir un slam de 4” requerido para elementos estructurales como columnas y vigas.

En comparación con los resultados obtenidos de Tanquilla (2017), en su investigación sobre la influencia de la piedra pómez sobre la resistencia a la compresión del concreto, determina que el reemplazo óptimo del agregado grueso por piedra pómez se encuentra en el rango de 20% a 60% en volumen, obteniendo valores de resistencia a compresión de 276 kg/cm² a 233 kg/cm² a 28 días de curado y 303 kg/cm² a 259 kg/cm² a 56 días de curado, éste investigador trabajo con dosificaciones de 20%, 40%, 60%, 80% y 100%, mientras que en la presente investigación se obtuvo una resistencia de 277 kg/cm², pero con un porcentaje de dosificación del 10% de piedra pómez, puesto que las autoras determinaron trabajar con el 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% para así optimizar la resistencia a la compresión y disminuir el peso unitario del concreto.

Durante el ensayo de compresión se realizó una evaluación a los especímenes para determinar el tipo de falla que presentan, del cual se obtuvo que la mayor parte de probetas presentan la falla tipo IV y tipo III, tal como se observa en la Figura 42. Éstas fallas indican un cabeceo irregular, presentando una textura áspera debido a la presencia de piedra pómez, ya que ésta, al estar conformada por una gran cantidad de poros, tiende a absorber el agua proporcionando al espécimen una superficie rugosa.

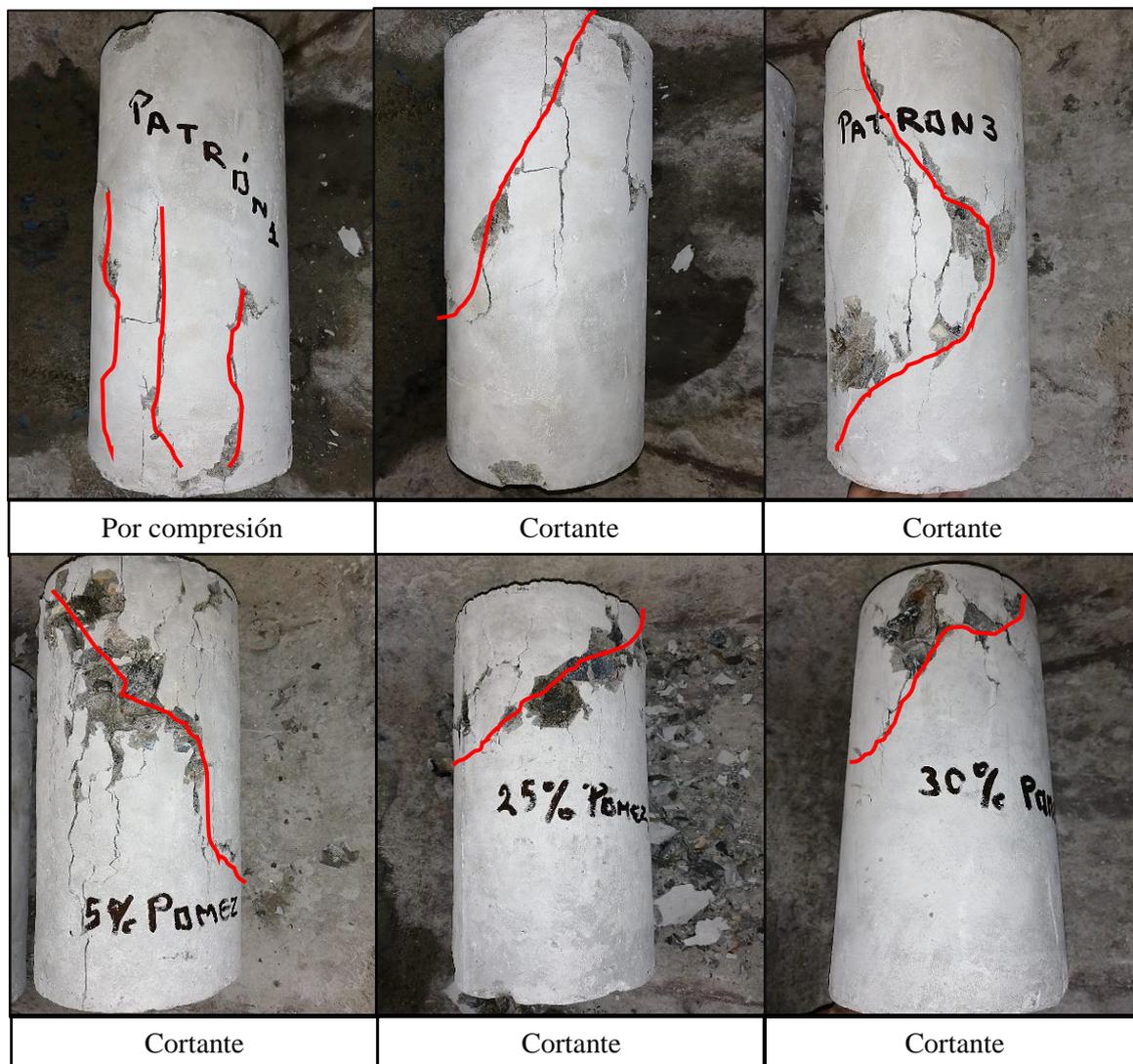


Figura 42: Tipo de falla en los especímenes del concreto

Luego de obtener un porcentaje óptimo, que maximice la resistencia a la compresión y reduzca el peso unitario del concreto, se realizó el modelo estructural de tres edificios con características de concreto diferentes, considernado la adición de 100 Kg/m^3 para convertirlo en un conereo estructural, según lo establece le E.060 de Concreto Armado.

- **Edificio A:** Edificio conformado por un concreto teórico según el ACI, con un peso específico de 2400 Kg/m^3 y una resistencia de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Edificio B:** Edificio conformado por un concreto patrón de laboratorio, realizado por las autoras de la investigación, con un peso específico de 2520 kg/m^3 y una resistencia de $f'c= 238 \text{ kg/cm}^2$
- **Edificio C:** Edificio conformado por un concreto de bajo peso unitario obtenido en el laboratorio, realizado por las autoras de la investigación, con un peso específico de 2460 kg/m^3 y una resistencia de $f'c=277 \text{ kg/cm}^2$, es importante resaltar que este concreto tiene un porcentaje de 10% de piedra pómez en cuanto a la dosificación del concreto patrón.

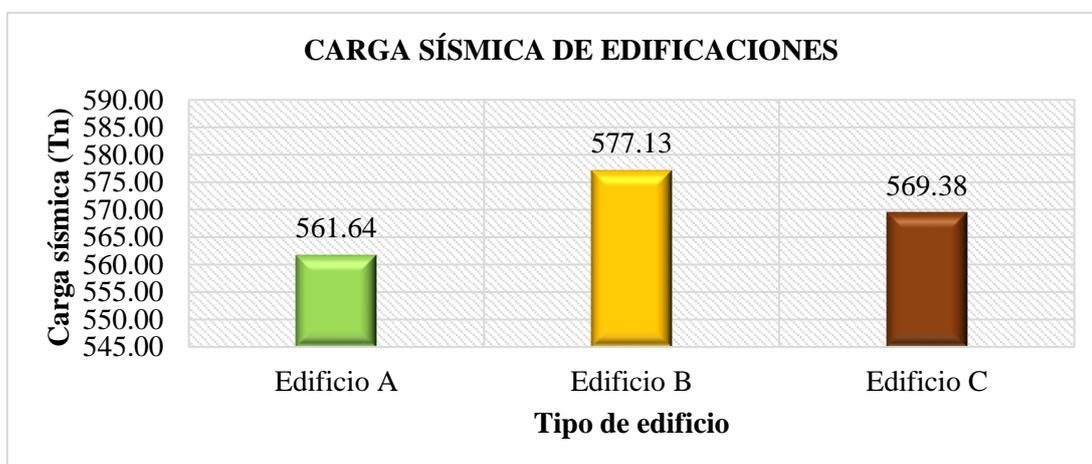


Gráfico 10. Carga sísmica de edificación.

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

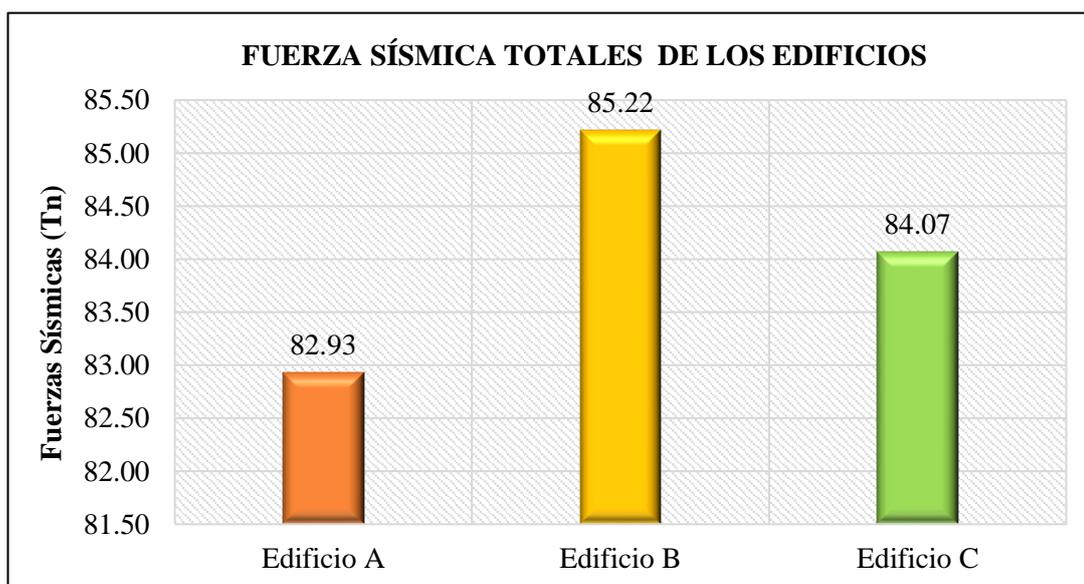


Gráfico 11. Fuerzas sísmicas totales de los edificios.

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

Las cargas sísmicas de la edificación mantienen una relación directamente proporcional con el peso específico del concreto estructural, es decir que a mayor densidad del concreto estructural, mayor será la carga sísmica del edificio, tal como se observa en el Gráfico 10: 561.64 tn., 577.13 tn. y 569.38 tn. del edificio A, edificio B y edificio C respectivamente, lo cual influirá en sus fuerzas sísmicas, teniendo como resultado 82.93 tn para el Edificio A, 85.22 tn. para el Edificio B y 84.07 tn. para el Edificio C según se observa en el gráfico 11.

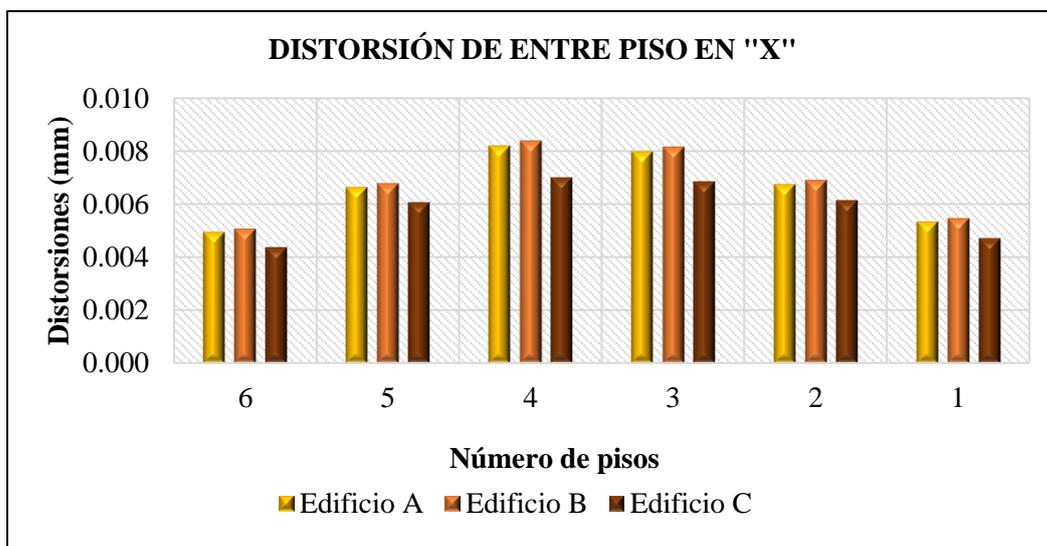


Gráfico 12. Distorsión de entrepiso en "X".

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

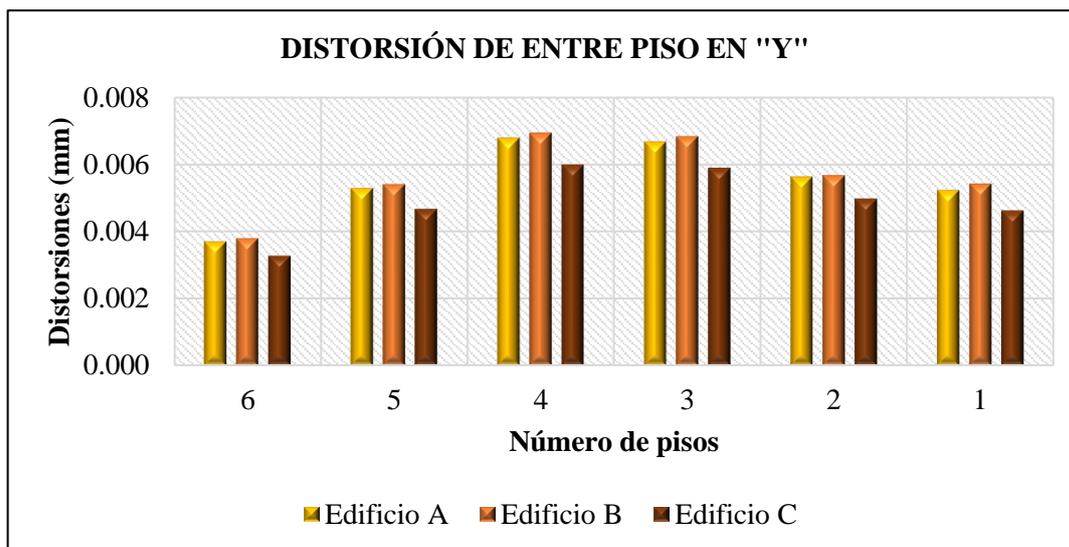


Gráfico 13. Distorsión de entrepiso en "Y".

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

La NTP E.030 Diseño Sismorresistente indica que la máxima deriva de entrepiso que deben cumplir las edificaciones es 0,007 mm. como máximo, para sistemas de edificación aporticado. Como se puede observar en el Gráfico 13 y 14, las distorsiones de entrepiso evaluados en X no cumplen para el edificio A y B en el piso 4 (0.008 mm) y 3 (0.008 mm), mientras que el edificio C cumple con todas las distorsiones de entrepiso. Con respecto a Y, cumple en las tres edificaciones, siendo la menor distorsión en el sexto piso del edificio C con un valor de 0.003 mm. En cuanto a los desplazamientos en X e Y, se presentan los mayores valores en el sexto piso del edificio B (116.73 mm. y 98.64 mm. respectivamente), según el gráfico 12 y 13. Por lo tanto concluimos que el Edificio C es capaz de controlar adecuadamente los niveles de daño estructural en sus instalaciones, es decir, la estructura será capaz de mantener los niveles de daño estructural y no estructural dentro de los niveles admisibles en cuanto a eventos sísmicos. Además controlará las demandas máximas de rotación plástica y la distorsión de entrepiso ya que tiene mayor rigidez lateral.

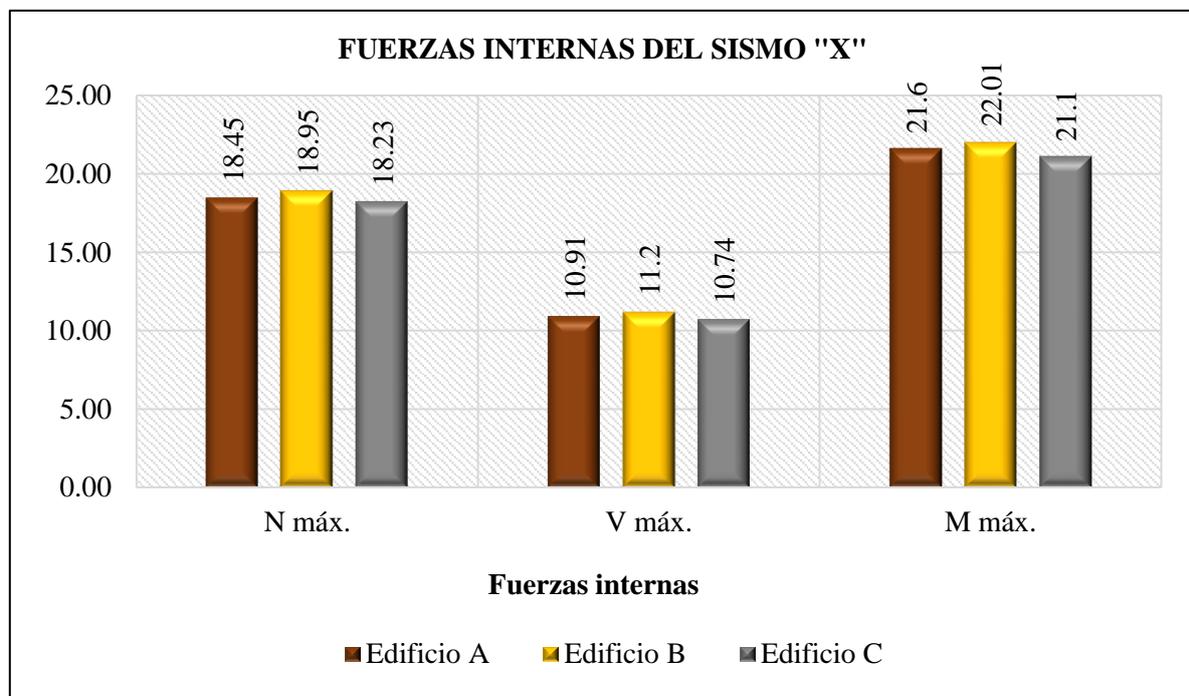


Gráfico 14. Fuerzas internas del sismo en "X".

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

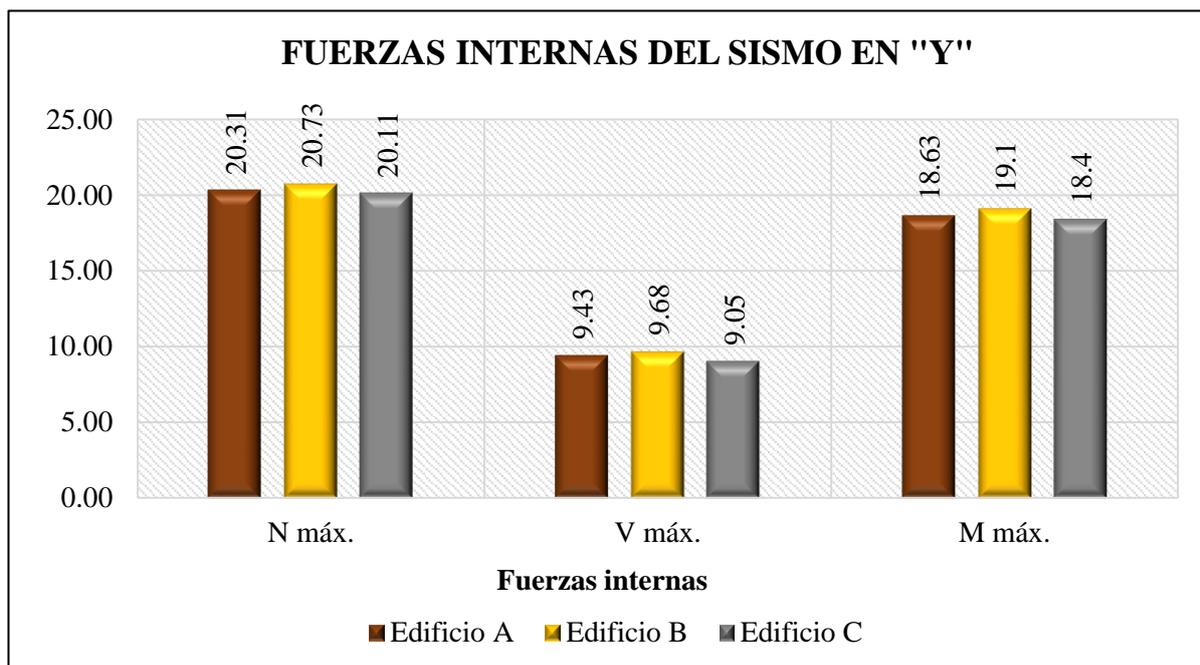


Gráfico 15. Fuerzas internas del sismo en "Y".

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

Según el Gráfico 14 y 15, muestran las fuerzas internas del sismo en X y el sismo en Y, obteniendo que el Edificio C, presenta menor valor en cuanto a Fuerza Axial (En Sismo X 18.23 Tn y en Sismo Y 20.11 Tn) , Cortante (En Sismo X 10.74 Tn y en Sismo Y 9.05 Tn) y Momento (En Sismo X 21.1 Tn*m y en Sismo Y 18.4 Tn*m), después de haber realizado las verificaciones respectivas de acuerdo a los parámetros exigidos por la NTE E-060, se determinó que no hay necesidad de modificar las dimensiones de los elementos estructurales, prevaleció la cuantía mínima, por lo que no hubo diferencia significativa en la cantidad de acero colocado en cada uno de los elementos para los 3 edificios.

Moya; Angamarca & Cáceres (2015), en su investigación determinan que el hormigón con piedra pómez que obtuvieron en la investigación cumple con los parámetros de calidad para ser utilizado en elementos estructurales establecidos según los lineamientos del A.C.I, al igual que lo corrobora la presente investigación con los valores obtenidos.

Soto, Esteban & Yarahumán, (2017), comentan en sus conclusiones que los resultados de desplazamientos horizontales, derivas inelásticas, fuerzas cortantes y momentos de volteo, se realizó una comparación de cada uno de los edificios simulados con mezclas livianas con respecto a los datos del edificio del concreto convencional. Y se concluyó que únicamente el concreto liviano con 30% de piedra pómez, supera al concreto convencional en los 4 criterios de parámetros de respuesta sísmica considerados, validando de esta manera la hipótesis general, sin embargo, en éste caso se diseñó con 10% de piedra pómez, obteniendo buenas respuestas sísmicas.

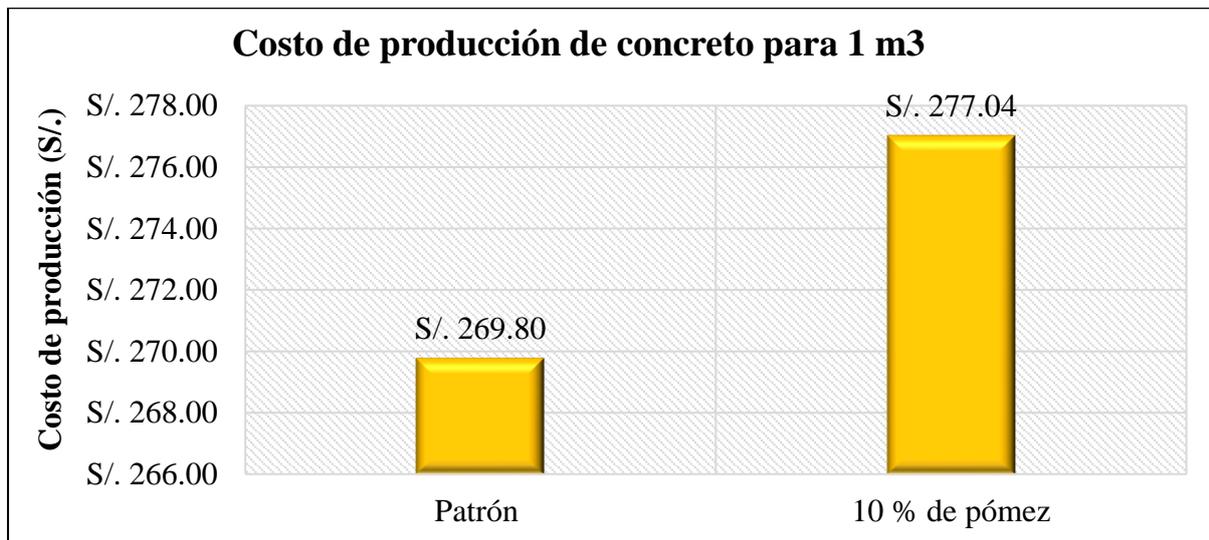


Gráfico 16: Costo de producción de concreto para 1 m³

Fuente: Recuperado de base de datos. Elaboración Propia.

Loaiza (2015) concluye en su investigación que el hormigón de piedra pómez como agregado grueso tamaño 1/2'' y piedra pómez triturada como agregado fino tuvo un costo por metro cúbico de 134.27 dólares; mientras el hormigón de piedra pómez como agregado grueso tamaño 1/2'' y arena de río como agregado fino tuvo un costo por metro cúbico de 110,55 dólares, demostrando que el costo del concreto con pómez es mucho mayor, al igual que en la

presente investigación, el concreto con piedra pómez tiene un costo por m^3 de S/. 277.04 y el concreto patrón, S/. 269.80 por m^3 , tal como se observa en el Gráfico 16, difiriendo S/ 7.24 el m^3 .

Para el análisis estadístico de datos se realizó con el software IBM SPSS, mediante la prueba estadística ANOVA, ésta prueba sirve para contrastar de la muestra patrón y las diferentes incorporaciones de piedra pómez de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% para la resistencia a la compresión y peso unitario, tomando los siguientes puntos importantes:

- Acepta H_0 si: $p\text{-valor} \geq 0,05$
- Rechaza la H_0 si: $p\text{-valor} < 0,05$

Considerando, entonces que:

- H_0 = La utilización del porcentaje de piedra pómez como alternativa para la elaboración de un concreto, no influye significativamente sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos.
- H_1 = La utilización del porcentaje de piedra pómez como alternativa para la elaboración de un concreto, influye significativamente sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos.

Según los resultados que se muestran en las Tablas, 43, 44, 45, 46, 47 y 48 tanto para el ensayo de resistencia a la compresión y peso unitario se tiene una significancia de 0.000, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis planteada o alternativa.

La significancia indica que tan alejado está un dato con respecto a un punto de control, es decir, si se tiene un valor muy alejado, se escapa del 95 % de confianza con el que se trabaja, por lo que pasa a ser un valor influyente debido a que su valor tiende a cero. En éste sentido la

hipótesis es comprobada que la utilización del porcentaje de piedra pómez como alternativa para la elaboración de un concreto, influye significativamente sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos. Por otro lado, de acuerdo a la prueba de Tukey y comparaciones múltiples, determina que el porcentaje más influyente es el 10% en las variables dependientes.

5.2. Conclusiones

Se logró determinar la influencia del porcentaje de piedra pómez en el aumento de la resistencia a la compresión del concreto, sustituyendo el agregado grueso por la piedra pómez para obtener un concreto de bajo peso unitario, en cuanto a resistencia, solo el 10 % de piedra pómez logra superar a los valores de la muestra patrón (238 kg/cm^2) y aumentar la resistencia de compresión proyectados a los 28 días de curado, obteniendo un resultado de 277 kg/cm^2 , éste último se ve expresado en la disminución del peso unitario del concreto en estado fresco (2360 kg/m^3), mientras más sea la dosificación de piedra pómez, en reemplazo del agregado grueso convencional, menor es el peso unitario.

Se logró determinar las características físico mecánicas de los agregados (grueso, fino y piedra pómez), con el fin de usar los valores en el diseño de mezcla según los parámetros y requerimientos del ACI-211, para ello realizamos los ensayos de: Análisis granulométrico (Según la NTP 400.012), Contenido de humedad (Según la NTP 339.185), Peso específico de absorción del Agregado fino y grueso (Según la NTP 400.022 y NTP 400.021 respectivamente), Peso seco suelto y compactado (Según la NTP 400.017).

Se logró formular un diseño de mezcla con una resistencia de 210 Kg/cm^2 para un concreto convencional y con sustitución de agregado grueso por la piedra pómez mediante el uso del método ACI-211, en el cual se hizo uso de los valores obtenidos en los ensayos de caracterización de agregados, para obtener la dosificación adecuada en kg/m^3 de cada uno de los materiales para el concreto.

Se logró elaborar probetas con concreto convencional y con concreto sustituido en el agregado grueso por la piedra pómez en dosificaciones de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30 % para someterlas al ensayo de compresión mediante los equipos de laboratorio, obteniendo que el

porcentaje más óptimo y que logra influenciar de manera positiva en la resistencia a la compresión es 10 % de piedra pómez, para ello se hizo uso de la NTP 339.034/ASTM C39.

Se logró determinar el peso unitario en estado fresco del concreto según la Norma NTP 339.046 / ASTM C138, en el cual verificamos que a mayor porcentaje de piedra pómez sustituyendo al agregado grueso, menor será el peso unitario: Probeta patrón 2420 kg/m³, 5% de pómez 2400 kg/m³, 10% de pómez 2360 kg/m³, 15% de pómez 2330 kg/m³, 20% de pómez 2310 kg/m³, 25% de pómez 2280 kg/m³ y la de 30% de pómez 2240 kg/m³.

Se logró realizar la modelación estructural en el software SAP 2000 de una edificación de seis pisos utilizando parámetros del concreto de bajo peso unitario con sustitución de 10% de piedra pómez y de la norma E.030 Diseño sismorresistente obteniendo las distorsiones evaluadas en Sismo X y Sismo Y del edificio, teniendo como resultados que todos los valores son menores que el 0.007 mm, tal cual lo establece el Reglamento Nacional de Edificaciones: E03- Diseño Sismorresistente.

Se logró realizar el análisis de costos para 1 m³ de concreto patrón y con el 10% de piedra pómez, determinando que éste último es el más costoso, con una diferencia de 7.24 Nuevos soles con respecto al concreto patrón.

RECOMENDACIONES

- Realizar un control de calidad a la piedra pómez, tanto físico como mecánico en un laboratorio, para obtener mayor confiabilidad en los resultados y de ese modo poder utilizarlo en cualquier diseño de mezcla, más aún si se busca obtener un concreto de baja densidad.
- En el caso de que el espécimen de concreto presente una forma rugosa e irregular, se recomienda capear las probetas según la ASTM C 617-98, para evitar obtener resultados erróneos de resistencia a la compresión.
- Para futuras investigaciones, realizar una modelación estructural con el 10% de piedra pómez, cuyos datos de fuerzas internas se efectúen en el cálculo de acero de los elementos estructurales y así determinar el costo total de la estructura en comparación a un concreto convencional.
- Se recomienda a empresas dedicadas a la obtención de concreto que trabajen en investigaciones de concretos especiales utilizando diferentes recursos que nos muestra la naturaleza, optando por el uso de agregados livianos como la arcilla expandida, la pizarra expandida, la piedra pómez, entre otros, sin perjudicar al medio ambiente, considerando que los agregados convencionales pueden, en algún momento llegar a escasear, ya que la industria de la construcción está en constante crecimiento.
- Se recomienda que, en futuros estudios relacionadas con el tema de investigación, logren incorporar aditivos para utilizar mayor proporción de piedra pómez y que la resistencia estructural de un edificio tenga mayor confiabilidad y mejor comportamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Concrete Institute 213R (2003) Guide for Structural Lightweight – Aggregate concrete. Recuperado a partir de <http://www.uomisan.edu.iq/library/admin/book/68340626265.pdf>.
- Benites J. (2000).” Estudio de componentes del concreto de alto comportamiento “Universidad Nacional Autónoma de México”
- BID (2012, 14 de mayo) Estudio del BID: América Latina y el Caribe encaran creciente déficit de vivienda. BID NOTICIAS. Recuperado a partir de <https://www.iadb.org/es/noticias/estudio-del-bid-america-latina-y-el-caribe-encaran-creciente-deficit-de-vivienda#>
- Bremner T. (2012, 13 de junio) *Concreto liviano mejora la sismorresistencia. El Comercio.* Recuperado a partir de <https://www.elcomercio.com/tendencias/construir/concreto-liviano-mejora-sismorresistencia.html>
- Calderón E. (2015). Universidad Privada Antenor Orrego. *Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso.* (En línea). Recuperado el 20 de Setiembre del 2016, desde: <http://es.slideshare.net/EduardoCalderonAlayo/lab07-gravedad-especifica-y-aborcin-de-agregados-gruesos>
- Calderón E. (2016). “Laboratorio peso unitario de agregados grueso y fino”. Recuperado 21 de septiembre del 2016. Disponible en la página web: <http://es.slideshare.net/EduardoCalderonAlayo/lab04pesounitariodeagregadofinoygruesoupao>
- Cañarte G. (2016). *Estudio de aumento de resistencia a la compresión de hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural.* Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- Carrasco, S. (2009). Metodología de investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Lima: San Marcos.

Chuquillin (2018). *Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas*, Trujillo 2018. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

COVENIN. (1998). “Agregado fino, determinación de la densidad y absorción” recuperado el 21 de septiembre del 2016 y disponible en: http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652014000200006

Edward L. W. (2004) *Análisis Estático y Dinámico de Estructuras*. California, USA. Marrison.

Gallegos A. (2015). *Diseño de la mezcla de hormigón alivianado usando piedra pómez de Latacunga, aplicación a la fabricación de paneles prefabricados no estructurales*. Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.

Gomezjurado J. (2014). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezcla*. Colombia: Asociación colombiana de productores de Concreto, ASOCRETO

Hou E., Caicedo J. & Falconi A. (2016). *Hormigones livianos de alto desempeño*. Revista Tecnológica ESPOL. Volumen XX (20).

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018) En el último decenio la población del Perú se incrementó en 3 millones 16 mil 621 habitantes. *INEI*. Recuperado a partir de <https://www1.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-el-ultimo-decenio-la-poblacion-del-peru-se-incremento-en-3-millones-16-mil-621-habitantes-10847/>

Kurokawa K. (1972). Torre Nagakin Capsule. *WikiArquitectura*. Recuperado a partir de <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/torre-nagakin-capsule/>

Loaiza A. (2015) *Análisis de características físicas y mecánicas del hormigón ligero, con agregados provenientes de piedra pómez*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Samborondon, Ecuador.

Norma Técnica Peruana E060 (2009). Concreto Armado

NTP339.185. (2013). Método Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima.

NTP400.012. (2013). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima.

NTP400.017. (2013). Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad y los vacíos en los agregados. Lima.

NTP400.021. (2013). Peso específico y absorción del agregado grueso. Lima.

NTP400.022. (2013). Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Lima.

NTP400.37. (2014). Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima, Perú.

Manrique F., Martínez A. y Ospina J. (2010, 15 de septiembre). *Crecimiento poblacional y políticas públicas. Apuntes del Cenes*. Recuperado a partir de <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/cenes/article/view/231>.

Mayta J. (2014). *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. Recuperado el 20 de agosto del 2018 de, <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/403>

Moya J.; Angamarca M. & Cáceres R. (2015). *Análisis comparativo entre hormigón convencional y hormigón de baja densidad para emplearlo en estructuras*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

ONU (2018). *Millones de personas viven sin techo o en casas inadecuadas, un asalto a la dignidad y la vida*. Recuperado a partir de <https://news.un.org/es/story/2018/07/1437721>.

Pasquel (1993) Tecnología del Concreto. Edición 1 Lima – Perú.

Peñarreta A. (2015) Diseño de la mezcla de hormigón alivianado usando piedra pómez de Lacatunga, aplicación a la fabricación de paneles prefabricados no estructurales. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPS, Sangolquí, Ecuador.

Paez, J.N & Ahumada, L., (2006). Uso del SiO₂ obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. Revista Academia Colombiana de Ciencias, 30 (117) 581 – 594. Bogotá.

Polanco A. (2015) “Manual De Practica De Laboratorio De Concreto” recuperado el 20 de septiembre del 2016 y disponible en: http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LAB_DE_CONCRETO.pdf

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2015) *E.30 Diseño Sismorresistente*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú.

Rivva E. (2013). *Diseño de mezclas*. Perú: Nueva edición.

Rodríguez N. (2014) tesis “Estudio De Calidad De Agregados De Las Canteras Santa Rosa – Sector Yanuyacu, Provincia De Jaén Departamento De Cajamarca, Del Mes De Agosto A Noviembre Del 2014” recuperado el 21 de septiembre del 2016 y disponible en: <http://es.slideshare.net/rodnix/tesis-al-100>

Sánchez D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores LTDA.

SIKA (2019). *Mercado de construcción*. Perú. Recuperado a partir de: <https://per.sika.com/es/group.html>

Soto H.; Esteban J.; & Yarahuan A. (2017). *Evaluación comparativa de la respuesta sísmica de la edificación de aulas generales, laboratorios y otros, Uac de concreto armado convencional; con respecto a la respuesta sísmica de la misma edificación simulada de concreto liviano utilizando piedra pómez de la Provincia de Canchis*. Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.

Tantaquilla, C. (2017). *Influencia de piedra pómez sobre asentamiento, densidad, absorción y resistencia a compresión en concreto liviano estructural*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

Tupa A. (2018). *Concreto estructural liviano con escoria y ceniza volcánicas del distrito de Yura*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

UNICON (2015). *Concreto Liviano*. UNICON. Recuperado a partir de:
<https://www.unicon.com.pe/>

Veliz, A., & Vásquez, J. (2018). *Obtención de concreto ligero estructural mediante el uso de aditivos*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

ANEXOS

Anexo N° 01: Norma NTP 339.185 “Contenido de humedad del agregado grueso y fino”

NORMA TÉCNICA **NTP 339.185**
PERUANA **2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para
contenido de humedad total evaporable de agregados por
secado**

AGGREGATES. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

2002-05-16
1ª Edición

R.0048-2002/INDECOPI-CRT.Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 08 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregados, secado, contenido de humedad

PARA USO EXCLUSIVO DE CONSTRUCCIONES E COMERCIO CÁMARGO DORREA S.A. SUCURSAL PERU

Anexo N° 02: Norma NTP 400.017 “Peso Unitario del Agregado Fino y Agregado Grueso”

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.017
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso
unitario del agregado**

AGGREGATE. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate

**1999-04-21
2ª Edición**

R.0021-99/INDECOPI-CRT.Pública el 99-04-29

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Hormigón, Método de ensayo, Probetas cilíndricas, curado de la probeta

Anexo N° 03: Norma NTP 400.022 “Peso Específico y Absorción del Agregado Fino”

NORMA TÉCNICA	NTP 400.022
PERUANA	2002

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino

AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate

2002-05-16
2ª Edición

R.0048-2002/INDECOPI-CRT.Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 05 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Absorción, agregado, agregado fino, peso específico

PARA USO EXCLUSIVO DE CONSTRUCCIONES E COMERCIO CAMARGO CORREA S.A. SUCURSAL PERU

Anexo N° 05: Norma NTP 400.012 “Granulometría de los agregados”

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.012
2001**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado
fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

**2001-05-31
2ª Edición**

R.0071-2001/INDECOPI-CRT. Publicada el 2001-06-17

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

Anexo N° 06: Norma NTP 339.035 “Asentamiento”

NORMA TÉCNICA	NTP 339.035
PERUANA	2009
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú	
 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland CONCRETE. Standard test method for measure slump of Portland cement concrete Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143- 2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International 2009-12-23 3ª Edición	
R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20	Precio basado en 09 páginas
I.C.S.: 91.100.10	ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad	

Anexo N° 07: Norma NTP 339.184 “Temperatura de la mezcla de concreto”

NORMA TÉCNICA **NTP 339.184**
PERUANA **2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prensa 138, San Isidro (Lima 41) Apartado 143

Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo
normalizado para determinar la temperatura de mezclas de
hormigón (concreto)**

CONCRETE. Standard test method for determining temperature of freshly mixed cement concrete

2002-05-16
1ª Edición

R.0048-2002/INDECOPI-CRT. Publicada el 2002-05-30
I.C.S.: 91.100.30

Precio basado en 05 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Hormigón, hormigón (concreto), temperatura, mezcla fresca, cemento Portland

Anexo N° 08: Norma NTP 339.046 “Densidad o peso unitario del concreto”

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.046
2008**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145
Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)

CONCRETE. Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C138 / C138M - 08 Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA.
-Reimpreso por autorización de ASTM International

**2008-09-03
2ª Edición**

R.005-2008/INDECOPI-CNB. Publicada el 2008-09-26

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Contenido de aire, contenido de cemento, concreto, rendimiento relativo, peso unitario, rendimiento, hormigón, método de ensayo, densidad, método gravimétrico

Anexo N° 10: Norma NTP 339.034 “Resistencia a la compresión del concreto”

NORMA TÉCNICA	NTP 339.034
PERUANA	2008
Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145	Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

CONCRETE . Standard Test method for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C39/C39M-05e1 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. –Reimpreso por autorización de ASTM International

2008-01-02
3ª Edición

R.001-2008/INDECOPI-CRT. Publicada el 2008-01-25
I.C.S.: 91.100.30

Precio basado en 18 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

Anexo N° 11: Ficha técnica del Cemento Portland tipo I

		CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima Carretera Panamericana Norte Km. 686 Pacasmayo - La Libertad Teléfono 317 - 6000		 G-CC-F-04 Versión 03	
Cemento Portland Tipo I Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150 Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017					
COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA		Requisito NTP 334.009 / ASTM C150	
MgO	%	2.3	Máximo 6.0		
SO3	%	2.7	Máximo 3.0		
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5		
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5		
PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA		Requisito NTP 334.009 / ASTM C150	
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12		
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80		
Superficie Específica	cm ² /g	3750	Mínimo 2800		
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA		
Resistencia Compresión :					
Resistencia Compresión a 3 días	MPa (Kg/cm ²)	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)		
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (Kg/cm ²)	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)		
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (Kg/cm ²)	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)		
Tiempo de Fraguado Vicat :					
Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45		
Fraguado Final	min	267	Máximo 375		
<p>Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017. La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017. (*) Requisito opcional.</p>					
 Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas Superintendente de Control de Calidad					
Solicitado por :			Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.		
<small>Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.</small>					

Anexo N° 12: Contenido de Humedad

Tabla 68:

Contenido de humedad del agregado fino

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185)		
Nombre y Apellidos : -Alexandra Estefany Alayo Lujan. -Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha : 26/09/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación : Agregado fino Procedencia : Cantera "Rubio"				
N° Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	W individual (%)	W promedio (%)
1	500.00	491.56	1.72	1.68
2	500.00	491.70	1.69	
3	500.00	491.90	1.65	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69:

Contenido de humedad del agregado grueso

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185)		
Nombre y Apellidos : -Alexandra Estefany Alayo Lujan. -Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha : 26/09/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación : Agregado grueso Procedencia : Cantera "Rubio"			TM : TMN :	
N° Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	W individual (%)	W promedio (%)
1	2000.00	1982.60	0.88	0.78
2	2000.00	1987.20	0.64	
3	2000.00	1983.50	0.83	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70:

Contenido de humedad de la piedra pómez.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185)		
Nombre y Apellidos : -Alexandra Estefany Alayo Lujan. -Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha : 26/09/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación : Piedra pómez		TM :		
Procedencia : Cantera "Rubio"		TMN :		
N° Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	W individual (%)	W promedio (%)
1	1000.00	920.00	8.70	8.70
2	1000.00	920.00	8.70	
3	1000.00	920.00	8.70	

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 13: Peso unitario seco suelto y compactado del agregado

Tabla 71:

Peso unitario seco suelto del agregado grueso

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSS AGREGADO GRUESO (ASTM C-29 / NTP 400.017)					
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha : 28/09/2019					
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m3)	PUSS Kg/m3	PUSS Prom. (Kg/m3)	Cont. Vacios (Kg/m3)	Cont. Vacios Prom(%)
1	14.500	3.355	0.00693	1609.152	1590	37	38
2	14.300	3.355	0.00693	1580.276		39	
3	14.395	3.355	0.00693	1593.992		38	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72:
Peso unitario seco compactado del agregado grueso.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO GRUESO (ASTM C-29 / NTP 400.017)					
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Fecha : 28/09/2019			
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m ³)	PUSC Kg/m ³	PUSC Prom. (Kg/m ³)	Cont. Vacíos (Kg/m ³)	Cont. Vacíos Prom(%)
1	15.395	3.355	0.00693	1738	1740	32	32
2	15.290	3.355	0.00693	1723		33	
3	15.450	3.355	0.00693	1746		32	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73:
Peso unitario seco suelto del agregado fino

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSS AGREGADO FINO (ASTM C-29 / NTP 400.017)			
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.			Feccha: 28/09/2019		
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m ³)	PUSS Kg/m ³	PUSS Prom. (Kg/m ³)
1	15.472	3.355	0.00693	1749	1730
2	15.466	3.355	0.00693	1749	
3	15.128	3.355	0.00693	1700	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74:
Peso unitario seco compactado del agregado fino

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO FINO (ASTM C-29 / NTP 400.017)			
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Feccha: 21/05/2019			
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m ³)	PUSC Kg/m ³	PUSC Prom. (Kg/m ³)
1	16.165	3.355	0.00693	1850	1850
2	16.235	3.355	0.00693	1860	
3	16.125	3.355	0.00693	1844	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75:
Peso unitario seco suelto de la piedra pómez.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSS AGREGADO GRUESO (PIEDRA POMÉZ) (ASTM C-29 / NTP 400.017)					
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha : 28/09/2019					
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m ³)	PUSS Kg/m ³	PUSS Prom. (Kg/m ³)	Cont. Vacíos (Kg/m ³)	Cont. Vacíos Prom(%)
1	8.000	3.355	0.00693	670.661	670	74	74
2	8.115	3.355	0.00693	687.265		73	
3	7.905	3.355	0.00693	656.944		74	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76:

Peso unitario seco compactado de la piedra pómez.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO GRUESO PIEDRA POMÉZ (ASTM C-29 / NTP 400.017)					
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Fecha : 28/09/2019			
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m ³)	PUSC Kg/m ³	PUSC Prom. (Kg/m ³)	Cont. Vacíos (Kg/m ³)	Cont. Vacíos Prom(%)
1	8.655	3.355	0.00693	765	770	70	70
2	8.700	3.355	0.00693	772		70	
3	8.765	3.355	0.00693	781		70	

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 14: Peso específico y absorción

Tabla 77:

Peso específico y absorción del agregado fino.

		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C-128 / NTP 400.022)	
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Feccha: 02/10/2019	
DATOS DE LA MUESTRA			
Identificación: Agregado Fino Procedencia: Cantera "Rubio"			
DATOS DEL LABORATORIO			
Peso de arena SSS, (g)		S	500
Peso del frasco lleno de agua hasta la marca de calibración, (g)		B	661
Peso de frasco + arena + agua, (g)		C	979
Peso de arena seca al horno, (g)		A	489
Peso Específico de Masa (PeM), (Kg/ m3)			
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)
1	$997.5 \times (A / B + S - C)$	2680.10	2230
Peso Específico de SSS (PeSSS), (Kg/ m3)			
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)
1	$997.5 \times (S / B + S - C)$	2740.38	2350
Peso Específico Aparente (PeA), (Kg/ m3)			
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)
1	$997.5 \times (A / B + A - C)$	2852.50	2550
Absorción (Ab) del agregado Fino, (%)			
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 0.1%)
1	$(S - A / A) \times 100$	2.25	2.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78:

Peso específico y absorción del agregado grueso.

		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127/ NTP 400.021)		
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Feccha: 02/11/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación: Agregado Grueso		TM: 1		
Procedencia: Cantera "Rubio"		TMN: 3/4		
DATOS DEL LABORATORIO				
		M1	M2	
Peso muestra seca al horno, en el aire, (g)	A	1970	1962	
Peso muestra SSS, en el aire, (g)	B	2000	2000	
Peso sumergido muestra SSS, (g)	C	1252	1238	
Peso Específico de Masa (PeM), (Kg/ m3)				
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	$997.5 \times (A / (B - C))$	2625.70	2630	2600
2		2568.76	2570	
Peso Específico de SSS (PeSSS), (Kg/ m3)				
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	$997.5 \times (B / (B - C))$	2665.69	2670.00	2645
2		2618.11	2620.00	
Peso Específico Aparente (PeA), (Kg/ m3)				
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	$997.5 \times (A / (A - C))$	2735.35	2740.00	2720
2		2702.46	2700.00	
Absorción (Ab) del agregado grueso, (%)				
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 0.1%)	
1	$(B - A) / A * 100$	1.52	1.50	2
2		1.92	1.90	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79:

Peso específico y absorción de la piedra pómez.

		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA PIEDRA PÓMEZ (ASTM C-127/ NTP 400.021)		
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Feccha: 02/11/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación: Piedra pomez		TM: 1		
Procedencia: Cantera "Rubio"		TMN: 3/4		
DATOS DEL LABORATORIO				
		M1	M2	
Peso muestra seca al horno, en el aire, (g)	A	1490	1487	
Peso muestra SSS, en el aire, (g)	B	2000	2000	
Peso sumergido muestra SSS, (g)	C	625	628	
Peso Específico de Masa (PeM), (Kg/ m3)				
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	$997.5 \times (A / (B - C))$	1080.53	1080	1080
2		1081.11	1080	
Peso Específico de SSS (PeSSS), (Kg/ m3)				
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	$997.5 \times (B / (B - C))$	1450.38	1450.00	1450
2		1454.08	1450.00	
Peso Específico Aparente (PeA), (Kg/ m3)				
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	$997.5 \times (A / (A - C))$	1717.24	1720.00	1725
2		1726.75	1730.00	
Absorción (Ab) del agregado grueso, (%)				
N° Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 0.1%)	
1	$((B - A) / A) * 100$	34.23	34.20	35
2		34.50	35.00	

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 15: Control del concreto en estado fresco y endurecido

Tabla 80:

Control del concreto en estado fresco

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CONTROL DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO						
Nombre y Apellidos: -Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.								
DATOS Y RESULTADOS								
Descripción de probeta	T° (°C)	Slump (")	Peso molde (Kg)	P molde + concr. (Kg)	Volumen molde (m3)	PUCF (Kg/m3)	Rend. (Y)	Rend. Rel (Ry)
Patrón	20.5	4"	3.355	20.090	0.007	2415	0.029	0.953
	20.2			20.100		2416	0.029	0.953
	20.3			20.092		2415	0.029	0.953
	20.3	4"	3.355	20.094	0.007	2420	0.029	0.953
5% Pómez	21.0	4"	3.355	20.012	0.007	2404	0.029	0.958
	20.8			20.030		2406	0.029	0.957
	20.7			20.010		2403	0.029	0.958
	20.8	4"	3.355	20.017	0.007	2400	0.029	0.957
10 % Pómez	21.3	4"	3.355	19.690	0.007	2357	0.029	0.977
	21.2			19.710		2360	0.029	0.975
	21.0			19.680		2356	0.029	0.977
	21.2	4"	3.355	19.693	0.007	2360	0.029	0.976
15% Pómez	21.5	4"	3.355	19.530	0.007	2334	0.030	0.986
	21.7			19.460		2324	0.030	0.991
	21.4			19.430		2320	0.030	0.992
	21.5	4"	3.355	19.473	0.007	2330	0.030	0.990
20% Pómez	21.9	4"	3.355	19.350	0.007	2308	0.030	0.997
	22.0			19.310		2302	0.030	1.000
	21.8			19.390		2314	0.030	0.995
	21.9	4"	3.355	19.350	0.007	2310	0.030	0.997
25% Pómez	22.3	4"	3.355	19.080	0.007	2269	0.030	1.014
	22.4			19.190		2285	0.030	1.007
	22.1			19.210		2288	0.030	1.006
	22.3	4"	3.355	19.160	0.007	2280	0.030	1.009
30% Pómez	22.5	4"	3.355	18.890	0.007	2242	0.031	1.027
	22.6			18.850		2236	0.031	1.030
	22.5			18.920		2246	0.031	1.025
	22.5	4"	3.355	18.887	0.007	2240	0.031	1.027

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81:
Resistencia a la compresión del concreto.

RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO											
DATOS Y RESULTADOS											
Descripción de probeta	N°	Edad (días)	Fuerza (Kg)	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø Prom (cm)	AREA (cm ²)	f _c (Kg/cm ²)	f _c (Aprox. 1Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)	% f _c
Patrón	1	3	19708.43	15.10	14.78	14.94	175.304	112.4245	112	116	55
	2	3	21026.44	14.80	14.90	14.85	173.198	121.4012	121		
	3	3	19830.79	14.70	14.90	14.80	172.034	115.2728	115		
	4	7	29868.23	15.21	15.03	15.12	179.553	166.3474	166	183	87
	5	7	34256.95	14.85	15.20	15.03	177.304	193.2101	193		
	6	7	32964.84	14.98	14.78	14.88	173.898	189.5637	190		
	7	28	38382.12	14.98	14.90	14.94	175.304	218.9464	219	238	113
	8	28	48375.34	15.06	15.12	15.09	178.842	270.4928	270		
	9	28	39157.1	14.75	15.1	14.93	174.952	223.8164	224		
5% Pómez	1	3	15904.63	15.22	15.10	15.16	180.505	88.1120	88	95	45
	2	3	18032.59	15.00	15.00	15.00	176.715	102.0436	102		
	3	3	16689.03	14.90	14.95	14.93	174.952	95.3921	95		
	4	7	23841.64	14.80	14.92	14.86	173.431	137.4702	137	155	74
	5	7	29440.56	15.15	15.00	15.08	178.486	164.9459	165		
	6	7	27913.57	14.78	14.91	14.85	173.081	161.2743	161		
	7	28	38382.12	14.98	14.90	14.94	175.304	218.9464	219	225	107
	8	28	41536.98	15.06	15.12	15.09	178.842	232.2558	232		
	9	28	39157.1	14.75	15.1	14.93	174.952	223.8164	224		
10% Pómez	1	3	27891.97	15.03	14.89	14.96	175.773	158.6814	159	140	67
	2	3	24369.46	15.20	15.15	15.18	180.862	134.7406	135		
	3	3	22365.23	14.82	15.05	14.94	175.186	127.6653	128		
	4	7	35075.52	15.25	15.15	15.20	181.458	193.2979	193	200	114
	5	7	38039.56	14.90	14.78	14.84	172.965	219.9266	220		
	6	7	34569.33	15.23	15.40	15.32	184.215	187.6580	188		
	7	28	49670.38	14.97	14.88	14.93	174.952	283.9088	284	277	132
	8	28	47860.38	15.31	14.89	15.10	179.079	267.2590	267		
	9	28	50047.67	15.10	15.08	15.09	178.842	279.8437	280		
15% Pómez	1	3	16554.36	15.03	14.12	14.58	166.843	99.2214	99	88	42
	2	3	15562.62	15.25	14.95	15.10	179.079	86.9038	87		
	3	3	13965.23	15.10	15.33	15.22	181.817	76.8094	77		
	4	7	26174.54	15.45	15.30	15.38	185.661	140.9805	141	138	66
	5	7	22654.09	14.85	14.50	14.68	169.140	133.9370	134		
	6	7	26001.15	15.50	15.45	15.48	188.084	138.2424	138		
	7	28	30596.58	14.78	14.80	14.79	171.801	178.0929	178	174	83
	8	28	29943.97	14.71	14.98	14.85	173.081	173.0052	173		
	9	28	29903.18	14.85	14.90	14.88	173.782	172.0733	172		
20% Pómez	1	7	15588.23	14.80	15.44	15.12	179.553	86.8167	87	96	46
	2	7	18246.23	15.10	15.05	15.08	178.486	102.2277	102		
	3	7	17936.9	15.20	15.25	15.23	182.056	98.5242	99		
	4	14	27117.03	15.40	15.30	15.35	185.057	146.5330	147	142	68
	5	14	24136.98	14.85	15.00	14.93	174.952	137.9636	138		
	6	14	26585.02	15.47	15.50	15.49	188.327	141.1642	141		
	7	28	31432.75	14.79	14.71	14.75	170.873	183.9537	184	186	88
	8	28	35226.36	14.80	15.50	15.15	180.267	195.4126	195		
	9	28	31564	14.98	15.10	15.04	177.658	177.6669	178		
25% Pómez	1	3	14788.05	14.80	15.44	15.12	179.553	82.3602	82	86	41
	2	3	15402.32	14.95	15.20	15.08	178.486	86.2942	86		
	3	3	16006.55	15.20	15.25	15.23	182.056	87.9211	88		
	4	7	26017.56	15.45	15.55	15.50	188.692	137.8838	138	138	66
	5	7	26053.05	14.90	15.25	15.08	178.486	145.9668	146		
	6	7	24785.2	15.47	15.50	15.49	188.327	131.6073	132		
	7	28	29877.69	14.70	14.95	14.83	172.615	173.0883	173	170	81
	8	28	29378.02	15.05	15.10	15.08	178.486	164.5955	165		
	9	28	31564.35	15.13	15.43	15.28	183.374	172.1315	172		
30% Pómez	1	3	14089.23	15.35	15.15	15.25	182.654	77.1361	77	76	36
	2	3	13997.98	14.90	15.25	15.08	178.486	78.4261	78		
	3	3	12932.65	15.23	15.19	15.21	181.697	71.1769	71		
	4	7	20374.3	14.75	15.10	14.93	174.952	116.4566	116	118	56
	5	7	21956.32	15.30	15.25	15.28	183.254	119.8139	120		
	6	7	20985.55	15.10	15.15	15.13	179.672	116.7992	117		
	7	28	27868.84	15.35	15.10	15.23	182.056	153.0786	153	155	74
	8	28	29388.22	15.40	14.98	15.19	181.220	162.1690	162		
	9	28	27868.84	15.49	15.32	15.41	186.386	149.5222	150		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Diseño sismo estático

1. Predimensionamiento de elementos estructurales

a) Losa aligerada

$$e = \frac{Ln}{25}$$

Donde:

Ln = Luz libre

$$e = \frac{490 \text{ cm}}{25} \quad \rightarrow \quad e \approx 19.6 \text{ cm}$$

Por lo tanto, $\left[\begin{array}{l} e = 0.20 \text{ m (pisos 1 - 5)} \\ e = 0.17 \text{ m (piso 6)} \end{array} \right.$

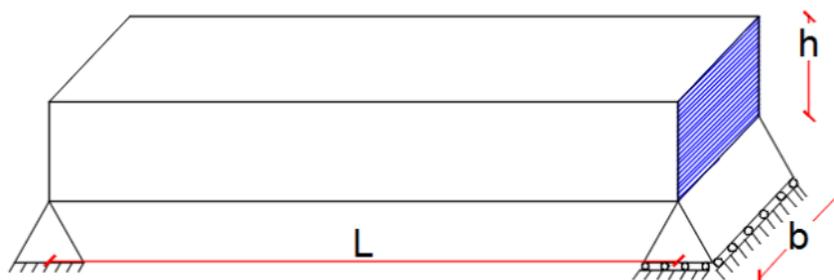
b) Vigas

Es importante tener en cuenta las siguientes formulas:

$$h = \left(\frac{1}{10} \text{ a } \frac{1}{12} \right) L$$

$$b = \left(\frac{1}{2} \text{ a } \frac{2}{3} \right) h$$

Nota: Para elegir el peralte, se considera el denominador de acuerdo a la ubicación sísmica de la edificación, es decir, se utiliza el menor denominador para aquellas que se encuentran más propensas a movimientos sísmicos.



Donde:

L_n = Luz libre entre columnas.

Tabla 82:

Predimensionamiento de vigas estructurales.

Piso	Ubicación	L_n (m)	h (cm)		h (cm) elegido	b (cm)		b (cm) elegido	Sección b * h
			$L_n/12$	$L_n/10$		h/2	2*h/3		
1 y 2	Transversal	5.50	45.83	55.00	55	27.50	36.67	40	40 x 55
	Longitudinal	4.50	37.50	45.00		27.50	36.67		
3,4 y 5	Transversal	5.50	45.83	55.00	50	25.00	33.33	25	25 X 50
	Longitudinal	4.50	37.50	45.00		25.00	33.33		
6	Transversal	5.50	45.83	55.00	40	20.00	26.67	25	25 X 40
	Longitudinal	4.50	37.50	45.00		20.00	26.67		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°1 se muestra las dimensiones de vigas transversal y longitudinal, estas fueron elegidas según la carga que reciben de los demás pisos, se puede observar que, a menor piso, mayor carga, por lo tanto, el peralte y la base de la viga es mayor.

c) Columnas

$$\boxed{\text{Área}_{columna} = \frac{P_s}{0.45 f_c}} \rightarrow \text{Columna centrada}$$

$$\boxed{\text{Área}_{columna} = \frac{P_s}{0.35 f_c}} \rightarrow \text{Columna excéntrica}$$

Tener en cuenta:

$$\boxed{P_s = PAN}$$

Donde:

P_s = Carga de servicio.

P = Carga según edificación

A = Área tributaria.

N= Número de pisos.

Tabla 83:
Carga según tipo de edificación,

CATEGORIA		P
A	EDIFICACIONES ESENCIALES	1500 kg/m ²
B	EDIFICACIONES IMPORTANTES	1250 kg/m ²
C	EDIFICACIONES COMUNES	1000 kg/m ²

Fuente: Norma E.030 Diseño Sismorresistente

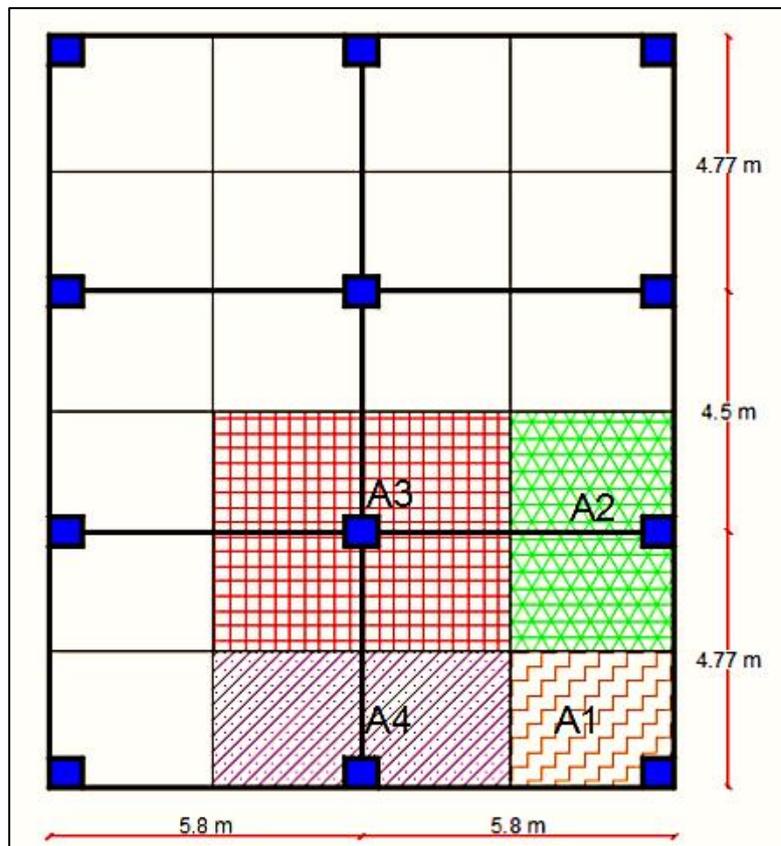


Figura 43: División de áreas tributarias.

Tabla 84:
Cálculo de las dimensiones de la columna.

Nombre	Vert. (m)	Hrz. (m)	Área Tributaria (m ²)
A1	2.39	2.9	6.92
A2	4.64	2.9	13.44
A3	4.64	5.8	26.88
A4	2.39	5.8	13.83

Tipos de columnas	Área tributaria (m)	b x D	Si b=D	b = D (calculado)
Esquinera	6.92	1000.00	32	45 x 45
Externa	13.44	1097.27	33	45 x 45
Central	26.88	1706.86	41	45 x 45
Externa	13.83	1129.22	34	45 x 45

Fuente: Elaboración propia.

Comprobación:
Tabla 85:
Comprobación de la dimensión de las columnas por inercia

$$I_{column} \geq 1.2 I_{viga}$$

	ELEMENTO ESTRUCTURAL	b (cm)	h (cm)	Inercia (cm ⁴)	
1	COLUMNA	45.00	45.00	341718.75	NO CUMPLE
	VIGA	40.00	55.00	554583.33	
2	COLUMNA	45.00	45.00	341718.75	SI CUMPLE
	VIGA	25.00	50.00	260416.67	
3	COLUMNA	45.00	45.00	341718.75	SI CUMPLE
	VIGA	25.00	40.00	133333.33	

	ELEMENTO ESTRUCTURAL	b (cm)	h (cm)	Inercia (cm ⁴)	
1	COLUMNA	60.00	55.00	831875.00	SI CUMPLE
	VIGA	40.00	55.00	554583.33	
2	COLUMNA	55.00	50.00	572916.67	SI CUMPLE
	VIGA	25.00	50.00	260416.67	
3	COLUMNA	55.00	50.00	572916.67	SI CUMPLE
	VIGA	25.00	40.00	133333.33	

Fuente: Elaboración propia.

2. Peso de la estructura para el edificio A

Tabla 86:

Peso de la estructura del primer piso del Edificio A.

1 PISO						
Descripción	Peso Losa (kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)
Peso Losa Aligerada	0.30	4.90	3.95	6.00		34.84

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (tn/m3)	Peso (Kg)
Columnas	12	0.60	0.55	3.90	2.40	37.07

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect, (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)
Vigas Eje X	8	0.40	0.55	4.90	2.40	20.70
Vigas Eje Y	9	0.40	0.55	3.95	2.40	18.77

Sobre Carga (Kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)
0.2	11.6	14.05	32.60

1er Piso (Tn)	
Pd	111.38
PL	32.60
TOTAL	143.98

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87:

Peso de la estructura del segundo piso del Edificio A.

2 PISO						
Descripción	Peso Losa (kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)
Peso Losa Aligerada	0.30	4.90	3.95	6.00		34.84

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)
Columnas	12	0.60	0.50	2.70	2.40	23.33

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect, (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)
Vigas Eje X	8	0.40	0.55	4.90	2.40	20.70
Vigas Eje Y	9	0.40	0.55	3.95	2.40	18.77

Sobre Carga (Kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)
0.2	11.6	14.05	32.60

2do Piso (Tn)	
Pd	97.64
PL	32.60
TOTAL	130.24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88:
Peso de la estructura del tercer, cuarto, quinto y sexto piso del Edificio A.

3, 4 Y 5 PISO						
Descripción	Peso Losa (Kg/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)
Peso Losa Aligerada	0.30	4.90	3.95	6.00		34.84

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Columnas	12	0.55	0.50	2.70	2.40	21.38

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect, (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Vigas Eje X	8	0.25	0.50	4.90	2.40	11.76
Vigas Eje Y	9	0.25	0.50	3.95	2.40	10.67

Sobre Carga (Kg/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)
0.2	11.6	14.05	32.60

3, 4 y 5 Piso (Tn)	
Pd	78.65
PL	32.60
TOTAL	111.25

6 PISO						
Descripción	Peso Losa (Kg/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)
Peso Losa Aligerada	0.28	4.90	3.95	6.00		32.52

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Columnas	12	0.55	0.50	2.70	2.40	21.38

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect, (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Vigas Eje X	8	0.25	0.40	4.90	2.40	9.41
Vigas Eje Y	9	0.25	0.40	3.95	2.40	8.53

Sobre Carga (Kg/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)
0.1	11.6	14.05	16.30

6 Piso (Tn)	
Pd	71.84
PL	16.30
TOTAL	88.14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89.

Distorsiones del entre piso en X del Edificio A.

Distorsión de entre piso en X

Piso	Distorsión del extremo A	Distorsión del extremo B	Distorsión del extremo C	Distorsión del extremo D	Distorsión de entrepiso	Cumple
6	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	SI
5	0.006	0.007	0.007	0.006	0.007	SI
4	0.007	0.009	0.009	0.007	0.008	NO
3	0.007	0.009	0.009	0.007	0.008	NO
2	0.006	0.007	0.007	0.006	0.007	SI
1	0.005	0.006	0.006	0.005	0.005	SI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 90.

Distorsiones del entre piso en Y del Edificio A.

Distorsión de entre piso en Y

Piso	Distorsión del extremo A	Distorsión del extremo B	Distorsión del extremo C	Distorsión del extremo D	Distorsión de entrepiso	Cumple
6	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	SI
5	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	SI
4	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	SI
3	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	SI
2	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	SI
1	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	SI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 91.

Desplazamiento de entre piso en X del Edificio A.

Desplazamiento de entre piso en X

Piso	Desplazamiento del extremo A	Desplazamiento del extremo B	Desplazamiento del extremo C	Desplazamiento del extremo D	Desplazamiento entre piso
6	103.750	123.610	123.610	103.750	113.680
5	91.440	109.210	109.210	91.440	100.325
4	75.080	89.870	89.870	75.080	82.475
3	54.910	65.880	65.880	54.910	60.395
2	35.320	42.530	42.530	35.320	38.925

1	18.770	22.790	22.790	18.770	20.780
---	--------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia.

Tuvu 74.

Desplazamiento de entre piso en Y del Edificio A.

Desplazamiento de entre piso en Y

Piso	Desplazamiento del extremo A	Desplazamiento del extremo B	Desplazamiento del extremo C	Desplazamiento del extremo D	Desplazamiento entre piso
6	89.380	89.380	102.740	102.740	96.060
5	80.100	80.100	92.050	92.050	86.075
4	66.850	66.870	76.800	76.800	71.830
3	49.850	49.850	57.230	57.230	53.540
2	33.120	33.120	37.970	37.970	35.545
1	19.010	19.010	21.720	21.720	20.365

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 93.

Fuerzas internas estructurales del Edificio A.

Fuerza Interna	Modelo Empotrado	
	Sismo X	Sismo Y
N máx.	18.45 Tn	20.31 Tn
V máx.	10.91 Tn	9.43 Tn
M máx.	21.6 Tn x m	18.63 Tn x m

Fuente: Elaboración propia.

1 PISO						
Descripción	Peso Losa (kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)
Peso Losa Aligerada	0.30	4.90	3.95	6.00		34.84

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (tn/m3)	Peso (Kg)
Columnas	12	0.60	0.55	3.90	2.52	38.92

Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect. (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)
Vigas Eje X	8	0.40	0.55	4.90	2.52	21.73
Vigas Eje Y	9	0.40	0.55	3.95	2.52	19.71

Sobre Carga (Kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)
0.2	11.6	14.05	32.60

1er Piso (Tn)	
Pd	115.20
PL	32.60
TOTAL	147.80

Figura 44: Peso de la estructura del primer piso del Edificio B.

Fuente: Elaboración propia.

2 PISO														
Descripción	Peso Losa (kg/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)								
Peso Losa Aligerada	0.30	4.90	3.95	6.00		34.84								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)								
Columnas	12	0.60	0.50	2.70	2.52	24.49								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect. (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)								
Vigas Eje X	8	0.40	0.55	4.90	2.52	21.73								
Vigas Eje Y	9	0.40	0.55	3.95	2.52	19.71								
Sobre Carga	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)											
0.2	11.6	14.05	32.60											
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">2do Piso (Tn)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pd</td> <td>100.77</td> </tr> <tr> <td>PL</td> <td>32.60</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>133.37</td> </tr> </tbody> </table>							2do Piso (Tn)		Pd	100.77	PL	32.60	TOTAL	133.37
2do Piso (Tn)														
Pd	100.77													
PL	32.60													
TOTAL	133.37													
3, 4 Y 5 PISO														
Descripción	Peso Losa (Kg/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)								
Peso Losa Aligerada	0.30	4.90	3.95	6.00		34.84								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)								
Columnas	12	0.55	0.50	2.70	2.52	22.45								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect. (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)								
Vigas Eje X	8	0.25	0.50	4.90	2.52	12.35								
Vigas Eje Y	9	0.25	0.50	3.95	2.52	11.20								
Sobre Carga (Kg/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)											
0.2	11.6	14.05	32.60											
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">3, 4 y 5 Piso (Tn)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pd</td> <td>80.84</td> </tr> <tr> <td>PL</td> <td>32.60</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>113.44</td> </tr> </tbody> </table>							3, 4 y 5 Piso (Tn)		Pd	80.84	PL	32.60	TOTAL	113.44
3, 4 y 5 Piso (Tn)														
Pd	80.84													
PL	32.60													
TOTAL	113.44													

Figura 45: Peso de la estructura del segundo, tercer, cuarto y quinto piso del Edificio B.

Fuente: Elaboración propia.

6 PISO						
Descripción	Peso Losa (Kg/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)
Aligerada	0.28	4.90	3.95	6.00		32.52
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Columnas	12	0.55	0.50	2.70	2.52	22.45
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect, (m)	Peso Concr. (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Vigas Eje X	8	0.25	0.40	4.90	2.52	9.88
Vigas Eje Y	9	0.25	0.40	3.95	2.52	8.96
Sobre Carga (Kg/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)			
0.1	11.6	14.05	16.30			
					6 Piso (Tn)	
					Pd	73.81
					PL	16.30
					TOTAL	90.11

Figura 46: Peso de la estructura del sexto piso del Edificio B.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 94.

Peso sísmico de la estructura del Edificio B.

Peso Sísmico (Tn)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TOTAL
	123.35	108.92	88.99	88.99	89.0	77.89	577.13
Peso Muerto Pd (Tn)	115.20	100.77	80.84	80.84	80.84	73.81	532.30
Peso Vivo PL (Tn)	32.60	32.60	32.60	32.60	32.60	16.30	179.30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 95.

Distribución de fuerza cortante por piso del Edificio B.

Piso	P. Total	Hi	Pi. Hi	$\frac{P_i \cdot H_i}{\sum(P_i \cdot H_i)}$	$\frac{P_i \cdot H_i \cdot H}{\sum(P_i \cdot H_i)}$
6	75.92	17.40	1,320.92	0.235454	19.53
5	86.80	14.70	1,275.96	0.227440	18.86
4	86.8	12.00	1,041.60	0.185665	15.40
3	86.80	9.30	807.24	0.143890	11.93
2	105.79	6.60	698.21	0.124456	10.32
1	119.53	3.90	466.17	0.083095	6.89
			5,610.10	1.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 96.

Distorsiones de entre piso en X del Edificio B.

Distorsión de entre piso en X

Piso	Distorsión del extremo A	Distorsión del extremo B	Distorsión del extremo C	Distorsión del extremo D	Distorsión de entrepiso	Cumple
6	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	SI
5	0.006	0.007	0.007	0.006	0.007	SI
4	0.008	0.009	0.009	0.008	0.008	NO
3	0.007	0.009	0.009	0.007	0.008	NO
2	0.006	0.008	0.008	0.006	0.007	SI
1	0.005	0.006	0.006	0.005	0.005	SI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 97.

Distorsiones de entre piso en Y del Edificio B.

Distorsión de entre piso en Y

Piso	Distorsión del extremo A	Distorsión del extremo B	Distorsión del extremo C	Distorsión del extremo D	Distorsión de entrepiso	Cumple
6	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	SI
5	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	SI
4	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	SI
2	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	SI

2	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	SI
1	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	SI

Fuente: Elaboración propia.

Desplazamientos de entre piso en X del Edificio B.

Desplazamiento de entre piso en X

Piso	Desplazamiento del extremo A	Desplazamiento del extremo B	Desplazamiento del extremo C	Desplazamiento del extremo D	Desplazamiento entre piso
6	106.530	126.920	126.920	106.530	116.725
5	93.900	112.140	112.140	93.900	103.020
4	77.100	92.280	92.280	77.100	84.690
3	56.400	67.660	67.660	56.400	62.030
2	36.290	43.690	43.690	36.290	39.990
1	19.280	23.410	23.410	19.280	21.345

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 99.

Desplazamientos de entre piso en Y del Edificio B.

Desplazamiento de entre piso en Y

Piso	Desplazamiento del extremo A	Desplazamiento del extremo B	Desplazamiento del extremo C	Desplazamiento del extremo D	Desplazamiento entre piso
6	91.780	91.780	105.500	105.500	98.640
5	82.250	82.250	94.520	94.520	88.385
4	68.650	68.650	78.860	78.860	73.755
3	51.200	51.200	58.780	58.780	54.990
2	34.030	34.030	39.010	39.010	36.520
1	19.540	19.540	22.320	23.320	21.180

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 100.

Fuerzas internas estructurales del Edificio B.

Fuerza Interna	Modelo Empotrado	
	Sismo X	Sismo Y
N máx.	18.95 Tn	20.73 Tn

V máx.	11.2 Tn	9.68 Tn
M máx.	22.01 Tn	19.10Tn x m

Fuente: Elaboración propia.

1 PISO														
Descripción	Peso Losa (kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)								
Peso Losa Aligerada	0.30	4.90	3.95	6.00		34.84								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (tn/m3)	Peso (Kg)								
Columnas	12	0.60	0.55	3.90	2.46	37.99								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect, (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)								
Vigas Eje X	8	0.40	0.55	4.90	2.46	21.22								
Vigas Eje Y	9	0.40	0.55	3.95	2.46	19.24								
Sobre Carga (Kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)											
0.2	11.6	14.05	32.60											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1er Piso (Tn)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pd</td> <td>113.29</td> </tr> <tr> <td>PL</td> <td>32.60</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>145.89</td> </tr> </tbody> </table>							1er Piso (Tn)		Pd	113.29	PL	32.60	TOTAL	145.89
1er Piso (Tn)														
Pd	113.29													
PL	32.60													
TOTAL	145.89													
2 PISO														
Descripción	Peso Losa (kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)								
Peso Losa Aligerada	0.30	4.90	3.95	6.00		34.84								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)								
Columnas	12	0.60	0.50	2.70	2.46	23.91								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect, (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)								
Vigas Eje X	8	0.40	0.55	4.90	2.46	21.22								
Vigas Eje Y	9	0.40	0.55	3.95	2.46	19.24								
Sobre Carga	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)											
0.2	11.6	14.05	32.60											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">2do Piso (Tn)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pd</td> <td>99.21</td> </tr> <tr> <td>PL</td> <td>32.60</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>131.81</td> </tr> </tbody> </table>							2do Piso (Tn)		Pd	99.21	PL	32.60	TOTAL	131.81
2do Piso (Tn)														
Pd	99.21													
PL	32.60													
TOTAL	131.81													

Figura 47: Peso de la estructura del primero y segundo del Edificio C.

Fuente: Elaboración propia.

3, 4 Y 5 PISO														
Descripción	Peso Losa (Kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)								
Peso Losa Aligerada	0.30	4.90	3.95	6.00		34.84								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)								
Columnas	12	0.55	0.50	2.70	2.46	21.92								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect, (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)								
Vigas Eje X	8	0.25	0.50	4.90	2.46	12.05								
Vigas Eje Y	9	0.25	0.50	3.95	2.46	10.93								
Sobre Carga (Kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)											
0.2	11.6	14.05	32.60											
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">3, 4 y 5 Piso (Tn)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pd</td> <td>79.74</td> </tr> <tr> <td>PL</td> <td>32.60</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>112.34</td> </tr> </tbody> </table>							3, 4 y 5 Piso (Tn)		Pd	79.74	PL	32.60	TOTAL	112.34
3, 4 y 5 Piso (Tn)														
Pd	79.74													
PL	32.60													
TOTAL	112.34													
6 PISO														
Descripción	Peso Losa (Kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad		Peso (Kg)								
Aligerada	0.28	4.90	3.95	6.00		32.52								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)								
Columnas	12	0.55	0.50	2.70	2.46	21.92								
Descripción	Cantidad	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Long. Efect, (m)	Peso Concr. (Kg/m3)	Peso (Kg)								
Vigas Eje X	8	0.25	0.40	4.90	2.46	9.64								
Vigas Eje Y	9	0.25	0.40	3.95	2.46	8.75								
Sobre Carga (Kg/m2)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (kg)											
0.1	11.6	14.05	16.30											
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">6 Piso (Tn)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pd</td> <td>72.83</td> </tr> <tr> <td>PL</td> <td>16.30</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>89.13</td> </tr> </tbody> </table>							6 Piso (Tn)		Pd	72.83	PL	16.30	TOTAL	89.13
6 Piso (Tn)														
Pd	72.83													
PL	16.30													
TOTAL	89.13													

Figura 48: Peso de la estructura del tercer, cuarto, quinto y sexto piso del Edificio C.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 101.

Peso sísmico de la estructura del Edificio C.

Peso Sísmico (Tn)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TOTAL
	121.44	107.36	87.89	87.89	87.9	76.91	569.38
Peso Muerto Pd (Tn)	113.29	99.21	79.74	79.74	79.74	72.83	524.55
Peso Vivo PL (Tn)	32.60	32.60	32.60	32.60	32.60	16.30	179.30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 102.

Distribución de las fuerzas de entre piso del Edificio C.

Piso	P. Total	Hi	Pi. Hi	$\frac{P_i \cdot H_i}{\sum(P_i \cdot H_i)}$	$\frac{P_i \cdot H_i \cdot H}{\sum(P_i \cdot H_i \cdot H)}$
6	76.91	17.40	1,338.15	0.235408	19.79
5	87.89	14.70	1,291.98	0.227286	19.11
4	87.89	12.00	1,054.68	0.185540	15.60
3	87.89	9.30	817.38	0.143794	12.09
2	107.36	6.60	708.58	0.124654	10.48
1	121.44	3.90	473.62	0.083319	7.00
			5,684.39	1.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 103.

Distorsiones de entre piso en X del Edificio C.

Distorsión de entre piso en X

Piso	Distorsión del extremo A	Distorsión del extremo B	Distorsión del extremo C	Distorsión del extremo D	Distorsión de entrepiso	Cumple
5	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004	SI
5	0.005	0.007	0.007	0.005	0.006	SI
4	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	SI
2	0.006	0.007	0.007	0.006	0.007	SI

2	0.005	0.007	0.007	0.005	0.006	SI
1	0.004	0.005	0.005	0.004	0.005	SI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 104.

Distorsiones de entre piso en y del Edificio C.

Distorsión de entre piso en Y

Piso	Distorsión del extremo A	Distorsión del extremo B	Distorsión del extremo C	Distorsión del extremo D	Distorsión de entrepiso	Cumple
6	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	SI
5	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	SI
4	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	SI
1	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	SI
2	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	SI
1	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	SI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 105.

Desplazamientos de entre piso en X del Edificio C.

Desplazamiento de entre piso en X

Piso	Desplazamiento del extremo A	Desplazamiento del extremo B	Desplazamiento del extremo C	Desplazamiento del extremo D	Desplazamiento entre piso
6	91.540	109.070	109.070	91.540	100.305
5	80.690	96.360	96.360	80.690	88.525
4	66.250	78.100	78.100	66.250	72.175
3	48.460	58.150	58.150	48.600	53.340
2	31.180	38.570	38.570	31.180	34.875
1	16.560	20.110	20.110	16.560	18.335

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 106.

Desplazamientos de entre piso en Y del Edificio C.

Desplazamiento de entre piso en Y

Piso	Desplazamiento del extremo A	Desplazamiento del extremo B	Desplazamiento del extremo C	Desplazamiento del extremo D	Desplazamiento entre piso
6	78.870	78.870	90.660	90.660	84.765
5	70.680	70.680	81.230	81.230	75.955
4	58.990	58.990	67.770	67.770	63.380
3	43.990	43.990	50.500	50.500	47.245
2	29.230	29.230	33.510	33.510	31.370
1	16.780	16.780	19.170	19.170	17.975

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 107.

Fuerzas internas estructurales del Edificio C.

Fuerza Interna	Modelo Empotrado	
	Sismo X	Sismo Y
N máx.	18.23Tn	20.11 Tn
V máx.	10.74 Tn	9.05 Tn
M máx.	21.10 Tn	18.40 Tn x m

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17: Validación del instrumento



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE JUICIO EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: ALBERTO RUBEN VASQUEZ DIAZ

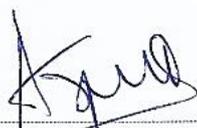
ESPECIALIDAD: INGENIERO CIVIL – CIP 166128

DNI: 40385695

Por medio de la presente hacemos constar que se ha realizado la revisión de instrumentos elaborado por las estudiantes de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Privada del Norte quien está realizando un trabajo de investigación titulado: **"INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE PIEDRA PÓMEZ EN EL AUMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PESO UNITARIO EN UN CONCRETO ESTRUCTURAL PARA PÓRTICOS, TRUJILLO – 2019.**

Una vez indicadas las correcciones pertinentes consideramos que dichos instrumentos son válidos para su aplicación:

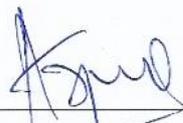
Trujillo, 26 de septiembre del 2019



ING. VASQUEZ DIAZ ALBERTO RUBEN

DNI: 40385695

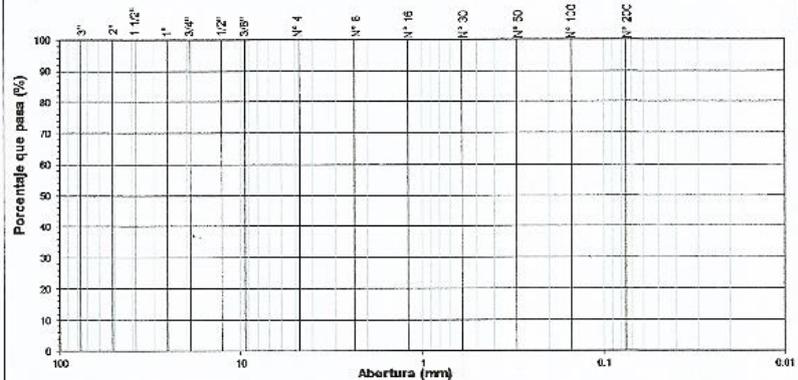
		CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185)		
Nombre y Apellidos :		Fecha :		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación :		TM :		
Procedencia :		TMN :		
Nº Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	W individual (%)	W promedio (%)
OBSERVACIÓN:				
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio		
Nombre:		Nombre:		
Fecha:		Fecha:		



 ING. VASQUEZ DIAZ ALBERTO RUBEN
 CIP: 166128
 FECHA :29/11/2019

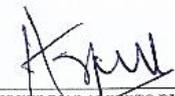
	REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS Análisis Granulométrico de Agregados						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)							
Nombres y Apellidos : _____ Fecha : _____							
DATOS DE LA MUESTRA							
Identificación : _____ Tamaño Max. : _____ Procedencia : _____ Tamaño Max. Nominal : _____ Peso Inicial Seco : _____							
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret. (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Mínimo Máximo	Descripción de la Muestra
3"	75.000						Características Físicas Módulo de Firmeza : _____
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						
Nº 4	4.750						
Nº 8	2.360						
Nº 16	1.180						
Nº 30	0.600						
Nº 50	0.300						
Nº 100	0.150						
Fozlo							

Curva Granulométrica
 (Agregado grueso) - (Cantora "Ken", Av. Carretera Industrial Laredo Km 4)



OBSERVACIONES:

Responsable de Elaboración	Coordinador de Laboratorio
Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____

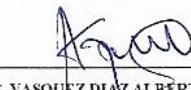

ING. VASQUEZ DIAZ ALBERTO RUBEN
 CIP: 166128
 FECHA: 29/11/2019

Ensayo		Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m ³)	PUSS Kg/m ³	PUSS Prom. (Kg/m ³)	Cont. Vacios (Kg/m ³)	Cont. Vacios Prom(%)

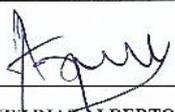
Ensayo		Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m ³)	PUSC Kg/m ³	PUSC Prom. (Kg/m ³)	Cont. Vacios (Kg/m ³)	Cont. Vacios Prom(%)

OBSERVACIÓN:

Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:	

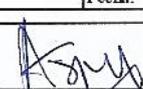

 ING. VASQUEZ DIAZ ALBERTO RUBEN
 CIP: 166128
 FECHA :29/11/2019

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSS AGREGADO FINO (ASTM C-29 / NTP 400.017)			
Nombre y apellidos			Fecha:		
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m3)	PUSS Kg/m3	PUSS Prom. (Kg/m3)
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO FINO (ASTM C-29 / NTP 400.017)			
Nombre y apellidos			Fecha:		
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m3)	PUSC Kg/m3	PUSC Prom. (Kg/m3)
OBSERVACIÓN: _____ _____					
Responsable de Elaboración			Coordinador de Laboratorio		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		

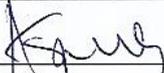


 ING. VASQUEZ DIAZ ALBERTO RUBEN
 CIP: 166128
 FECHA :29/11/2019

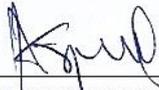
		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C-128 / NTP 400.022)	
Nombre y apellidos :		Fecha:	
DATOS DE LA MUESTRA			
Identificación:			
Procedencia:			
DATOS DEL LABORATORIO			
Peso de arena SSS, (g)		S	
Peso del frasco lleno de agua hasta la marca de calibración, (g)		B	
Peso de frasco + arena + agua, (g)		C	
Peso de arena seca al horno, (g)		A	
Peso Específico de Masa (PeM), (Kg/ m ³)			
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m ³)
	$997.5 \times (A / B + S - C)$		
Peso Específico de SSS (PeSSS), (Kg/ m ³)			
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m ³)
	$997.5 \times (S / B + S - C)$		
Peso Específico Aparente (PeA), (Kg/ m ³)			
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m ³)
	$997.5 \times (A / B + A - C)$		
Absorción (Ab) del agregado Fino, (%)			
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 0.1%)
	$(S - A / A) \times 100$		
OBSERVACIÓN:			
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:	


 ING. VASQUEZ DIAZ ALBERTO RUBEN
 CIP. 166128
 FECHA :29/11/2019

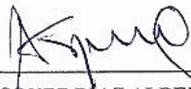
		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127/ NTP 400.021)		
Nombre y apellidos :		Fecha:		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación:		TM:		
Procedencia:		TMN:		
DATOS DEL LABORATORIO				
			M1	M2
Peso muestra seca al horno, en el aire, (g)	A			
Peso muestra SSS, en el aire, (g)	B			
Peso sumergido muestra SSS, (g)	C			
Peso Específico de Masa (PeM), (Kg/ m³)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m ³)	Promedio (kg/m ³)
	$997.5 \times (A / (B - C))$			
Peso Específico de SSS (PeSSS), (Kg/ m³)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m ³)	Promedio (kg/m ³)
	$997.5 \times (B / (B - C))$			
Peso Específico aparente (PeA), (Kg/ m³)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m ³)	Promedio (kg/m ³)
	$997.5 \times (A / (A - C))$			
Absorción (Ab) del agregado grueso, (%)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 0.1%)	
	$((B-A) / A) * 100$			
OBSERVACIÓN:				
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio		
Nombre:		Nombre:		
Fecha:		Fecha:		


 ING. VASQUEZ DIAZ ALBERTO RUBEN
 CIP: 166428
 FECHA :29/11/2019

		DISEÑO DE MEZCLA (ACI-211)				
Nombres y Apellidos :						
fcc :		Asentamiento				
fcr :		Exposición:				
MATERIAL	PeM (Kg/m ³)	PUSC (Kg/m ³)	mf	%Abs.	% Hum.	TMN
CEMENTO						
AGUA						
GRUESO						
PIEDRA POMEZ						
FINO						
MATERIAL	Peso Seco (Kg/m ³)	Balance Abs.	Peso SSS (Kg/m ³)	Peso Hum. (Kg/m ³)	Peso Hum. (Kg/tanda)	
Cemento						
Agua						
A.G. Piedra	0%					
Pomez	0%					
A.F.						
Aire						
TOTAL						
OBSERVACIÓN:						
Responsable de Elaboración			Coordinador de Laboratorio			
Nombre:			Nombre:			
Fecha:			Fecha:			

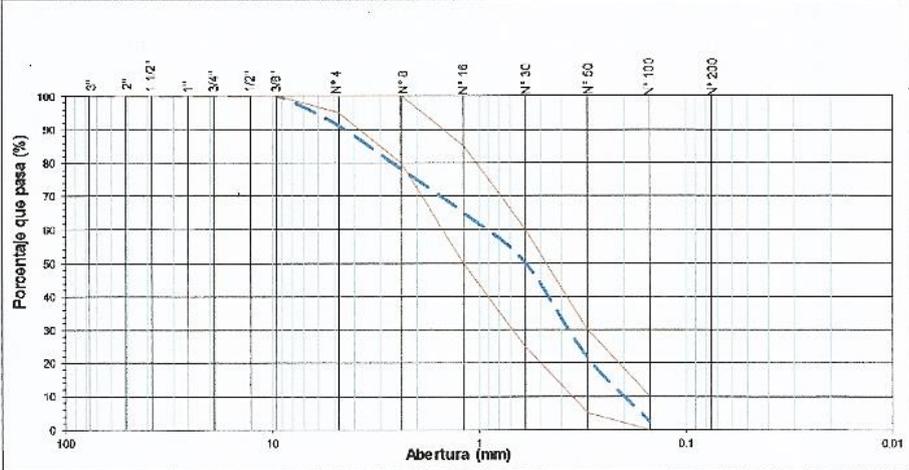

 ING. VASQUEZ DIAZ ALBERTO RUBEN
 CIP: 166128
 FECHA :29/11/2019

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CONTROL DEL CONCRETO EN ESTADO						
Nombre y Apellidos:								
DATOS Y RESULTADOS								
Descripción de probeta	T° (°C)	Slump (")	Peso molde (Kg)	P molde + concr. (Kg)	Volumen molde (m3)	PUCF (Kg/m3)	Rend. (Y)	Rend. Rel (Ry)
Patrón								
5% Pómez								
10% Pómez								
15% Pómez								
20% Pómez								
25% Pómez								
30% Pómez								
OBSERVACIÓN:								
<hr/> <hr/>								
Responsable de Elaboración					Coordinador de Laboratorio			
Nombre:					Nombre:			
Fecha:					Fecha:			



 ING. VASQUEZ DÍAZ ALBERTO RUBEN
 CIP: 166128
 FECHA :29/11/2019

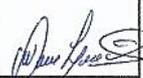
 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS Análisis Granulométrico de Agregados</p>							
<p>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)</p>								
<p>Nombres y Apellidos - Alexandra Estefany Alayo Luján. Fecha : 26/09/2019 - Miriam Mercedes Polo Alfaro.</p>								
<p>DATOS DE LA MUESTRA</p>								
<p>Identificación : Agregado Fino Procedencia : Cantera "Rubio" Peso Inicial Seco : 2980.0 gr.</p>								
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	Muestreo realizado a pie de obra
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	Características Físicas
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Finura : 2.93
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
N° 4	4.750	270.00	9.06	9.06	90.94	95	100	
N° 8	2.360	390.00	13.09	22.15	77.85	80	100	
N° 16	1.180	390.00	13.09	35.23	64.77	50	85	
N° 30	0.600	440.00	14.77	50.00	50.00	25	60	
N° 50	0.300	850.00	28.52	78.52	21.48	5	30	
N° 100	0.150	570.00	19.13	97.65	2.35	0	10	
Fondo		70.00	2.35	100.00	0.00	0	5	



OBSERVACIONES:

Responsable de Elaboración	Coordinador de Laboratorio	Firma
Nombre - Alexandra Estefany Alayo Luján. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.	Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco	
Fecha: 26/09/2019	Fecha: 26/09/2019	

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185)		
Nombre y Apellidos : -Alexandra Estefany Alayo Lujan. -Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha : 26/09/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación : Agregado grueso		TM :		
Procedencia : Cantera "Rubio"		TMN :		
N° Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	W individual (%)	W promedio (%)
1	2000.00	1982.60	0.88	0.78
2	2000.00	1987.20	0.64	
3	2000.00	1983.50	0.83	
OBSERVACIÓN:				
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio		Firma
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro		Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco.		
Fecha: 26/09/2019		Fecha: 26/09/2019		

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

		CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185)		
Nombre y Apellidos : -Alexandra Estefany Alayo Lujan. -Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha : 26/09/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación : Agregado fino Procedencia : Cantera "Rubio"				
N° Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	W individual (%)	W promedio (%)
1	500.00	491.56	1.72	1.68
2	500.00	491.70	1.69	
3	500.00	491.90	1.65	
OBSERVACIÓN:				
Responsable de Elaboración Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro Fecha: 26/09/2019		Coordinador de Laboratorio Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco. Fecha: 26/09/2019		Firma 

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

		CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185)		
Nombre y Apellidos : -Alexandra Estefany Alayo Lujan. -Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha : 26/09/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación : Piedra pómez Procedencia : Cantera "Rubio"		TM : TMN :		
N° Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	W individual (%)	W promedio (%)
1	1000.00	920.00	8.70	8.70
2	1000.00	920.00	8.70	
3	1000.00	920.00	8.70	
OBSERVACIÓN:				
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio		Firma
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro Fecha: 26/09/2019		Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco. Fecha: 26/09/2019		

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO GRUESO (ASTM C-29 / NTP 400.017)					
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Fecha : 28/09/2019			
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m3)	PUSC Kg/m3	PUSC Prom. (Kg/m3)	Cont. Vacios (Kg/m3)	Cont. Vacios Prom(%)
1	14.500	3.355	0.00693	1609.152	1590	37	38
2	14.300	3.355	0.00693	1580.276		39	
3	14.395	3.355	0.00693	1593.992		38	
OBSERVACIÓN:							
Responsable de Elaboración				Coordinador de Laboratorio		Firma	
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco			
Fecha: 28/09/2019				Fecha: 28/09/2019			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO GRUESO (ASTM C-29 / NTP 400.017)					
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Fecha : 28/09/2019			
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m3)	PUSC Kg/m3	PUSC Prom. (Kg/m3)	Cont. Vacios (Kg/m3)	Cont. Vacios Prom(%)
1	15.395	3.355	0.00693	1738	1740	32	32
2	15.290	3.355	0.00693	1723		33	
3	15.450	3.355	0.00693	1746		32	
OBSERVACIÓN:							
Responsable de Elaboración				Coordinador de Laboratorio		Firma	
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco			
Fecha: 28/09/2019				Fecha: 28/09/2019			

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO FINO (ASTM C-29 / NTP 400.017)			
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Allaro.		Fecha:		28/09/2019	
Ensayo	Peso Rect+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m3)	PUSC Kg/m3	PUSC Prom. (Kg/m3)
1	15.472	3.355	0.00693	1749	1730
2	15.466	3.355	0.00693	1749	
3	15.128	3.355	0.00693	1700	
OBSERVACIÓN:					
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio		Firma	
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan - Miriam Mercedes Polo Allaro.		Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco			
Fecha: 28/09/2019		Fecha: 28/09/2019			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO FINO (ASTM C-29 / NTP 400.017)			
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Allaro.		Fecha:		21/05/2019	
Ensayo	Peso Rect+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m3)	PUSC Kg/m3	PUSC Prom. (Kg/m3)
1	16.165	3.355	0.00693	1850	1850
2	16.235	3.355	0.00693	1860	
3	16.125	3.355	0.00693	1844	
OBSERVACIÓN:					
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio		Firma	
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan - Miriam Mercedes Polo Allaro.		Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco			
Fecha: 28/09/2019		Fecha: 28/09/2019			

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO GRUESO (PIEDRA POMÉZ) (ASTM C-29 / NTP 400.017)					
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Fecha : 28/09/2019			
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m ³)	PUSC Kg/m ³	PUSC Prom. (Kg/m ³)	Cont. Vacíos (Kg/m ³)	Cont. Vacíos Prom(%)
1	8.000	3.355	0.00693	670.661	670	74	74
2	8.115	3.355	0.00693	687.265		73	
3	7.905	3.355	0.00693	656.944		74	
OBSERVACIÓN: _____ _____							
Responsable de Elaboración				Coordinador de Laboratorio		Firma	
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco			
Fecha: 28/09/2019				Fecha: 28/09/2019			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PUSC AGREGADO GRUESO PIEDRA POMÉZ (ASTM C-29 / NTP 400.017)					
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Fecha : 28/09/2019			
Ensayo	Peso Rec+agreg suelto (G) (kg)	Peso Recip (T) (kg)	Vol molde (V) (m ³)	PUSC Kg/m ³	PUSC Prom. (Kg/m ³)	Cont. Vacíos (Kg/m ³)	Cont. Vacíos Prom(%)
1	8.655	3.355	0.00693	765	770	70	70
2	8.700	3.355	0.00693	772		70	
3	8.765	3.355	0.00693	781		70	
OBSERVACIÓN: _____ _____							
Responsable de Elaboración				Coordinador de Laboratorio		Firma	
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan - Miriam Mercedes Polo Alfaro.				Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco			
Fecha: 28/09/2019				Fecha: 28/09/2019			

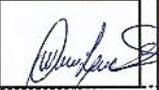
Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127/ NTP 400.021)		
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Luján. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha: 02/11/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación: Agregado Grueso		TM: 1		
Procedencia: Cantera "Rubio"		TMN: 3/4		
DATOS DEL LABORATORIO				
		M1		M2
Peso muestra seca al horno, en el aire, (g)		A	1970	1962
Peso muestra SSS, en el aire, (g)		B	2000	2000
Peso sumergido muestra SSS, (g)		C	1252	1238
Peso Especifico de Masa (PeM), (Kg/ m3)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	997.5 x (A / (B -C))	2625.70	2630	2600
2		2568.76	2570	
Peso Especifico de SSS (PeSSS), (Kg/ m3)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	997.5 x (B / (B -C))	2665.69	2670.00	2645
2		2618.11	2620.00	
Peso Especifico Aparente (PeA), (Kg/ m3)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	997.5 x (A/ (A -C))	2735.35	2740.00	2720
2		2702.46	2700.00	
Absorción (Ab) del agregado grueso, (%)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 0.1%)	
1	((B-A)/ A)*100	1.52	1.50	2
2		1.92	1.90	
OBSERVACIÓN:				
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio		Firma
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Luján - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco.		
Fecha: 02/11/2019		Fecha: 02/11/2019		

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C-128 / NTP 400.022)	
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha: 02/10/2019	
DATOS DE LA MUESTRA			
Identificación: Agregado Fino Procedencia: Cantera "Rubio"			
DATOS DEL LABORATORIO			
Peso de arena SSS, (g)		S	500
Peso del frasco lleno de agua hasta la marca de calibración, (g)		B	661
Peso de frasco + arena + agua, (g)		C	979
Peso de arena seca al horno, (g)		A	489
Peso Específico de Masa (PeM), (Kg/ m3)			
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)
1	$997.5 \times (A / B + S - C)$	2680.10	2230
Peso Específico de SSS (PeSSS), (Kg/ m3)			
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)
1	$997.5 \times (S / B + S - C)$	2740.38	2350
Peso Específico Aparente (PeA), (Kg/ m3)			
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)
1	$997.5 \times (A / B + A - C)$	2852.50	2550
Absorción (Ab) del agregado Fino, (%)			
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 0.1%)
1	$(S - A / A) \times 100$	2.25	2.3
OBSERVACIÓN:			
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio	
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco.	
Fecha: 02/10/2019		Fecha: 02/10/2019	
			

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA PIEDRA PÓMEZ (ASTM C-127/ NTP 400.021)		
Nombre y apellidos : - Alexandra Estefany Alayo Lujan. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Fecha: 02/11/2019		
DATOS DE LA MUESTRA				
Identificación: Piedra pomez		TM: 1		
Procedencia: Cantera "Rubio"		TMN: 3/4		
DATOS DEL LABORATORIO				
		M1		M2
Peso muestra seca al horno, en el aire, (g)		A	1490	1487
Peso muestra SSS, en el aire, (g)		B	2000	2000
Peso sumergido muestra SSS, (g)		C	625	628
Peso Especifico de Masa (PeM), (Kg/ m3)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	$997.5 \times (A / (B - C))$	1080.53	1080	1080
2		1081.11	1080	
Peso Especifico de SSS (PeSSS), (Kg/ m3)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	$997.5 \times (B / (B - C))$	1450.38	1450.00	1450
2		1454.08	1450.00	
Peso Especifico Aparente (PeA), (Kg/ m3)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 10 kg/ m3)	Promedio (kg/m3)
1	$997.5 \times (A / (A - C))$	1717.24	1720.00	1725
2		1726.75	1730.00	
Absorción (Ab) del agregado grueso, (%)				
Nº Muestra	Formula	Resultado	Resultado (Aprox. 0.1%)	
1	$((B - A) / A) * 100$	34.23	34.20	35
2		34.50	35.00	
OBSERVACIÓN:				
Responsable de Elaboración		Coordinador de Laboratorio		Firma
Nombre: - Alexandra Estefany Alayo Lujan - Miriam Mercedes Polo Alfaro.		Nombre: Wesley John Leonardo Carrasco.		
Fecha: 02/11/2019		Fecha: 02/11/2019		

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CONTROL DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO						
Nombre y Apellidos: -Alexandra Estefany Alayo Luján. - Miriam Mercedes Polo Alfaro.								
DATOS Y RESULTADOS								
Descripción de probeta	Tº (°C)	Slump (")	Peso molde (Kg)	P molde + coner. (Kg)	Volumen molde (m³)	PUCF (Kg/m³)	Rend. (Y)	Rend. Rel (Ry)
Patrón	22.4	4"	3.355	20.090	0.007	2415	0.029	0.953
	22.0			20.100		2416	0.029	0.953
	22.5			20.092		2415	0.029	0.953
	22.3	4"	3.355	20.094	0.007	2420	0.029	0.953
5% Pómez	22.1	4"	3.355	20.012	0.007	2404	0.029	0.958
	21.8			20.030		2406	0.029	0.957
	22.0			20.010		2403	0.029	0.958
	22.0	4"	3.355	20.017	0.007	2400	0.029	0.957
10 % Pómez	21.5	4"	3.355	19.690	0.007	2357	0.029	0.977
	21.7			19.710		2360	0.029	0.975
	21.9			19.680		2356	0.029	0.977
	21.7	4"	3.355	19.693	0.007	2360	0.029	0.976
15% Pómez	21.7	4"	3.355	19.530	0.007	2334	0.030	0.986
	21.4			19.460		2324	0.030	0.991
	21.5			19.430		2320	0.030	0.992
	21.5	4"	3.355	19.473	0.007	2330	0.030	0.990
20% Pómez	21.3	4"	3.355	19.350	0.007	2308	0.030	0.997
	21.0			19.310		2302	0.030	1.000
	21.0			19.390		2314	0.030	0.995
	21.1	4"	3.355	19.350	0.007	2310	0.030	0.997
25% Pómez	21.0	4"	3.355	19.080	0.007	2269	0.030	1.014
	20.8			19.190		2285	0.030	1.007
	20.7			19.210		2288	0.030	1.006
	20.8	4"	3.355	19.160	0.007	2280	0.030	1.009
30% Pómez	20.5	4"	3.355	18.890	0.007	2242	0.031	1.027
	20.2			18.850		2236	0.031	1.030
	20.3			18.920		2246	0.031	1.025
	20.3	4"	3.355	18.887	0.007	2240	0.031	1.027
OBSERVACIÓN:								
Responsable de Elaboración			Coordinador de Laboratorio			Firma		
Nombre:	- Alexandra Estefany Alayo Luján - Miriam Mercedes Polo Alfaro.			Nombre:	Wesley Jonh Leonardo Carrasco			
Fecha:	15/10/2019			Fecha:	15/10/2019			

Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO									
Nombres y Apellidos: - Alexandra Estefany Akyo Luján - Miriam Mercedes Polo Alfaro							Fecha: ----				
DATOS Y RESULTADOS											
Descripción de probeta	Nº	Edad (días)	Fuerza (Kg)	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø Prom (cm)	AREA (cm ²)	f _c (Kg/cm ²)	f _c (Aprox. 1Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)	% f _c
Patrón	1	3	19708.43	15.10	14.78	14.94	175.304	112.4215	112	116	55
	2	3	21026.44	14.80	14.90	14.85	173.198	121.4012	121		
	3	3	19830.79	14.70	14.90	14.80	172.034	115.2728	115		
	4	7	29868.23	15.21	15.03	15.12	179.553	166.3474	166	183	87
	5	7	34256.95	14.85	15.20	15.03	177.304	193.2101	193		
	6	7	32064.84	14.98	14.78	14.88	173.898	189.5657	190		
	7	28	38382.12	14.98	14.90	14.94	175.304	218.9464	219	238	113
	8	28	48375.34	15.06	15.12	15.09	178.842	270.4928	270		
	9	28	39157.1	14.75	15.1	14.93	174.952	223.8164	224		
5% Pomez	1	3	15904.03	15.22	15.10	15.16	180.505	88.1120	88	95	45
	2	3	18032.59	15.00	15.00	15.00	176.715	102.0436	102		
	3	3	16689.03	14.90	14.95	14.93	174.952	95.3921	95		
	4	7	23841.64	14.80	14.92	14.86	173.431	137.4702	137	155	74
	5	7	29440.56	15.15	15.00	15.08	178.486	164.9159	165		
	6	7	27913.57	14.78	14.91	14.85	173.681	161.2743	161		
	7	28	38382.12	14.98	14.90	14.94	175.304	218.9464	219	225	107
	8	28	41536.98	15.06	15.12	15.09	178.842	252.2558	232		
	9	28	39157.1	14.75	15.1	14.93	174.952	223.8164	224		
10% Pomez	1	3	27891.97	15.03	14.89	14.96	175.773	158.6814	159	140	67
	2	3	24369.46	15.20	15.15	15.18	180.862	134.7406	135		
	3	3	22365.23	14.82	15.05	14.94	175.186	127.6653	128		
	4	7	35075.52	15.25	15.15	15.20	181.458	193.2979	193	200	114
	5	7	38039.56	14.90	14.78	14.84	172.965	219.9266	220		
	6	7	34569.33	15.23	15.40	15.32	184.215	187.6580	188		
	7	28	49670.38	14.97	14.88	14.93	174.952	283.9088	284	277	132
	8	28	47860.38	15.31	14.80	15.10	179.079	267.2590	267		
	9	28	50047.67	15.10	15.08	15.09	178.842	279.8437	280		
15% Pomez	1	3	16554.36	15.03	14.12	14.58	166.843	99.2214	99	88	42
	2	3	15562.62	15.25	14.95	15.10	179.079	86.9038	87		
	3	3	13965.23	15.10	15.33	15.22	181.817	76.8094	77		
	4	7	26174.54	15.45	15.30	15.38	185.661	146.9805	141	138	66
	5	7	22654.09	14.85	14.50	14.68	169.140	133.9370	134		
	6	7	26001.15	15.50	15.45	15.48	188.084	138.2424	138		
	7	28	30596.58	14.78	14.80	14.79	171.801	178.0929	178	174	83
	8	28	29943.97	14.71	14.98	14.82	173.081	173.0052	173		
	9	28	29903.18	14.85	14.90	14.88	173.782	172.0733	172		
20% Pomez	1	7	15588.23	14.80	15.44	15.12	179.553	86.8167	87	96	46
	2	7	18246.23	15.10	15.05	15.08	178.486	102.2277	102		
	3	7	17936.9	15.20	15.25	15.23	182.056	98.5242	99		
	4	14	27117.03	15.10	15.30	15.35	185.057	146.5330	147	142	68
	5	14	24136.98	14.85	15.00	14.93	174.952	137.9636	138		
	6	14	26585.02	15.47	15.50	15.49	188.327	141.1642	141		
	7	28	31432.75	14.79	14.71	14.75	170.873	183.9537	184	186	88
	8	28	35226.36	14.80	15.50	15.15	180.267	195.4126	195		
	9	28	31564	14.98	15.10	15.04	177.658	177.6669	178		
25% Pomez	1	3	14788.05	14.80	15.44	15.12	179.553	82.3602	82	86	41
	2	3	15402.32	14.95	15.20	15.08	178.486	86.2942	86		
	3	3	16006.55	15.20	15.25	15.23	182.056	87.9211	88		
	4	7	26017.56	15.45	15.55	15.50	188.602	137.8838	138	138	66
	5	7	26053.05	14.90	15.25	15.08	178.486	145.9668	146		
	6	7	24785.2	15.47	15.50	15.49	188.327	131.6073	132		
	7	28	29877.69	14.70	14.95	14.83	172.615	173.0883	173	170	81
	8	28	29378.02	15.05	15.10	15.08	178.486	164.5955	165		
	9	28	31564.35	15.15	15.43	15.28	183.374	172.1315	172		
30% Pomez	1	3	14089.23	15.35	15.15	15.25	182.654	77.1361	77	76	36
	2	3	13997.98	14.90	15.25	15.08	178.486	78.4261	78		
	3	3	12932.65	15.23	15.19	15.21	181.697	71.1769	71		
	4	7	20374.3	14.75	15.10	14.93	174.952	116.4566	116	118	56
	5	7	21956.32	15.30	15.25	15.28	183.251	119.8139	120		
	6	7	26985.55	15.10	15.15	15.13	179.672	116.7992	117		
	7	28	27868.84	15.35	15.10	15.23	182.056	153.0786	153	155	74
	8	28	29388.22	15.40	14.98	15.19	181.220	162.1690	162		
	9	28	27868.84	15.49	15.32	15.41	186.386	149.5222	150		

OBSERVACIÓN:

Responsable de Elaboración

Nombre: - Alexandra Estefany Akyo Luján

- Miriam Mercedes Polo Alfaro

Fecha: 15/11/2019

Coordinador de Laboratorio

Nombre: Wesley Joth Leonardo Casaco

Fecha: 15/11/2019

Firma

Coordinador de Laboratorio
Wesley Joth Leonardo Casaco

Anexo N° 19: Cálculo de tamaño de muestra

Probeta	Código	Aditivo (%)	Tamaño de piedra pómez (Malla Retenida)	Días de curado	Fuerza (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
1	Patrón'	0	Convencional	3	82.47	105.00	108
2	Patrón'	0	Convencional	3	84.09	107.06	
3	Patrón'	0	Convencional	7	119.55	152.21	154
4	Patrón'	0	Convencional	7	122.35	155.78	
5	Patrón'	0	Convencional	28	186.14	236.60	237
6	Patrón'	0	Convencional	28	187.25	238.41	
7	P-1%	1	Convencional	3	118.50	150.87	151
8	P-1%	1	Convencional	3	118.19	150.99	
9	P-1%	1	Convencional	7	157.15	200.09	202
10	P-1%	1	Convencional	7	160.22	203.99	
11	P-1%	1	Convencional	14	192.10	242.22	237
12	P-1%	1	Convencional	14	184.02	232.10	
13	P-1.5%	1.5	Convencional	14	163.82	206.50	207
14	P-1.5%	1.5	Convencional	14	161.80	204.07	
15	P-2%	2	Convencional	14	166.25	209.68	210
16	P-2%	2	Convencional	14	161.20	203.31	
17	P-1%-3/8	1	3/8"	14	162.81	205.30	205
18	P-1%-3/8	1	3/8"	14	162.71	203.40	
19	P-1%-1/2	1	1/2"	14	135.64	171.00	171
20	P-1%-1/2	1	1/2"	14	136.55	172.23	
21	P-1%-3/4	1	3/4"	14	115.44	145.50	146
22	P-1%-3/4	1	3/4"	14	118.98	150.06	
23	P-1%-16	1	N°16	14	163.22	205.70	206
24	P-1%-16	1	N°16	14	158.67	200.00	
25	P-1%-30	1	N°30	14	157.06	198.00	198
26	P-1%-30	1	N°30	14	158.07	199.36	
27	P-1%-50	1	N°50	14	148.87	187.60	188
28	P-1%-50	1	N°50	14	141.20	178.08	
29	P-1%-100	1	N°100	14	154.93	195.30	195
30	P-1%-100	1	N°100	14	146.65	184.96	

Figura 49. Ensayos preliminares de resistencia a la compresión.

Fuente: Tantaquilla (2017)

Anexo N° 20:



EQUEINSA CANTERA AREQUIPA

Parque Ecológico Chilina ASA-Arequipa
Arequipa, Perú
Teléfono: (0973) 519 375

PROCESO DE EXPLOTACIÓN Y EXTRACCIÓN DE AGREGADOS

Proceso	RENDIMIENTO (m3/día)	PRODUCCIÓN
Zarandeo mecánico (arena fina)	40	180.22
Chancado y zarandeo de agregados (arena) - artesanal	25.45	85
Chancado y zarandeo de agregados (piedra)	35.5	150.55
Chancado y zarandeo de agregados (piedra pómez)	40	160
Lavado de agregado (piedra)	40	40
Lavado de agregado (piedra pómez)	20.35	20.35

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio de la producción diaria de agregados durante el periodo del 2016 al 2019.

Anexo N° 21: Panel fotográfico



Figura 50: Recolección de material (piedra pómez)



Figura 51: Recolección de material (agregado fino y agregado grueso)



Figura 52: Procedimiento para elaborar el ensayo granulométrico de la piedra pómez según la norma ASTM C136/ NTP 400.012



Figura 53. Procedimiento para elaborar el ensayo de peso unitario seco suelto de la piedra pómez según la norma ASTM C29/ NTP 400.017.



Figura 54: Procedimiento para elaborar el ensayo de peso unitario seco compactado de la piedra pómez según la norma ASTM C29/ NTP 400.017.



Figura 55: Procedimiento para elaborar el ensayo de peso específico y absorción – agregado grueso según la norma ASTM C127/ NTP 400.021



Figura 56: Procedimiento para la elaboración de probetas según la norma ASTM C192/NTP 339.183



Figura 57: Asentamiento del concreto según la norma ASTM C143 / NTP 339.035 .



Figura 58: Procedimiento para elaborar el ensayo de resistencia la compresión según la norma ASTM C39 /NTP339.034