

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

EAP de Ingeniería Civil



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

“EVALUACIÓN DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210° REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA”

Para optar el título profesional de ingeniero Civil

Autor

HUÁNUCO ALBORNOZ, KATTIA YBETH

Asesores:

- LEON TRUJILLO, GUSTAVO
- JACHA ROJAS, JOHNNY
- CHOQUEVILCA CHINGUEL, JOSUE
- DAVILA HERRERA, MARLON JERRY

Huánuco – Perú

2017

DEDICATORIA

A Dios quien guía cada paso de mi vida por el buen camino y me ayuda a seguir adelante siempre.

Con todo mi amor a mis padres por brindarme este regalo de ser profesional y poder alcanzar mis metas, expectativas y sueños, a ustedes por siempre mi agradecimiento.

AGRADECIMIENTO

A mi alma máter la Universidad de Huánuco, en especial a la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, desde allí partió los conocimientos sobre la carrera de Ingeniería.

A los docentes de diversas asignaturas quienes impartieron sus conocimientos para el fortalecimiento de mi formación profesional y que hoy me permite ser un profesional con una misión de contribuir con los conocimientos adquiridos al desarrollo de la sociedad, región y el país.

INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCION	15
CAPITULO I	17
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:	19
1.2.1. PROBLEMAS ESPECIFICOS:	19
1.3. OBJETIVO GENERAL:	19
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	19
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:	20
1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÒRICA	20
1.5.2. JUSTIFICACIÓN EPISTEMOLÒGICA	20
1.5.3. JUSTIFICACIÓN LEGAL	20
1.5.4. JUSTIFICACIÓN METODOLÒGICA	21
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN:	21
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN:	21
CAPITULO II	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:	22
2.1.1. NACIONALES	22
2.1.2. INTERNACIONALES	23
2.2. BASES TEÓRICAS:	25
2.2.1. CONCRETOS REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES	25
2.2.2. FIBRAS NATURALES	27
2.2.3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS NATURALES.	27
2.2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS FIBRAS NATURALES	29
2.2.5. FIBRA DE LECHUGUILLA	30
2.2.6. DEFINICIÓN DE CONCRETO	31
2.2.7. COMPOSICION DEL CONCRETO	31
2.2.8. CONCRETO REFORZADO	31
2.2.9. CEMENTO	32
2.2.10. AGREGADOS	39
2.2.11. AGREGADOS FINO, GRUESO Y GLOBAL.	48
2.2.12. AGUA	54
2.2.13. ADICIONES	56
2.2.14. PROPIEDADES DEL CONCRETO	56
2.2.15. CONCRETO EN ESTADO FRESCO	56
2.2.16. CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	66
2.2.17. DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO	70

2.2.18.	REQUISITOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS _____	70
2.2.19.	PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO DE MEZCLA _____	71
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES: _____	75
2.4.	HIPÓTESIS: _____	78
2.4.1.	HIPOTESIS GENERAL _____	78
2.4.2.	HIPOTESIS ESPECÍFICOS _____	79
2.5.	VARIABLES: _____	79
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE: _____	79
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE: _____	79
2.5.3.	VARIABLE INTERVINIENTE: _____	79
2.6.	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES) _____	80
CAPITULO III _____		81
3.1.	METODO Y DISEÑO _____	81
3.1.1	METODO DE LA INVESTIGACION: _____	81
3.1.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACION: _____	83
3.2.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION _____	89
3.2.1.	TIPO: _____	89
3.2.2.	NIVEL DE INVESTIGACION: _____	89
3.3.	POBLACION Y MUESTRA _____	90
3.3.1.	POBLACION: _____	90
3.3.2.	MUESTRA: _____	91
3.4.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION _____	93
3.4.1.	PARA LA RECOLECCION DE DATOS (DETALLAR LAS TECNICAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS) _____	94
3.4.2.	PARA LA PRESENTACION DE DATOS (CUADROS Y/O GRAFICOS) _____	95
3.4.3.	PARA EL ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS DATOS _____	96
3.5.	EJECUCION DE LA INVESTIGACION: _____	98
3.5.1.	ETAPA 1 : SELECCIÓN DE LOS MATERIALES _____	98
3.5.2.	ETAPA 2 : MARCO NORMATIVO DE LOS ENSAYOS _____	100
3.5.3.	ETAPA 3 : INVESTIGACION DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES _____	102
3.5.4.	ETAPA 4 : DISEÑO DE MEZCLAS _____	128
3.5.5.	ETAPA 5 : ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO _____	137
3.5.6.	ETAPA 6 : ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO _____	146
CAPITULO IV _____		159
RESULTADOS _____		159
4.1.	GENERALIDADES: _____	159
4.2.	ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO: _____	159
4.2.1.	TRABAJABILIDAD _____	159
4.3.	ENSAYO AL CONCRETO ENDURECIDO _____	163
4.3.1.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION _____	163
4.4.	CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS: _____	199
4.4.1.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL: _____	199
4.4.2.	CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS _____	201
CAPITULO V _____		204
DISCUSIÓN DE RESULTADOS _____		204
5.1.	CONCLUSIONES: _____	204

5.1.1.	TRABAJABILIDAD	205
5.1.2.	RESISTENCIA A LA COMPRESION:	206
5.2.	RECOMENDACIONES	207
5.3.	REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	209
VI.	ANEXOS	213
6.1.	MATRIZ DE CONSISTENCIA	214
6.2.	HOJA DE DATOS Y RESULTADOS DE LA FIBRA DE LECHUGUILLA	220
6.3.	HOJAS DE DATOS Y RESULTADOS DEL AGREGADO FINO	223
6.4.	HOJAS DE DATOS Y RESULTADOS DEL AGREGADO GRUESO	233
6.5.	HOJAS DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE MEZCLA	244
6.5.1.	HOJA DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO DE 210º	245
6.5.2.	HOJA DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO DE 210º REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA	251
6.6.	HOJAS DE DATOS Y RESULTADOS DEL CONCRETO FRESCO	257
6.6.1.	HOJA DE CÁLCULO DEL CONCRETO DE 210º EN ESTADO FRESCO	258
6.6.2.	HOJA DE CÁLCULO DEL CONCRETO DE 210º REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA EN ESTADO FRESCO	263
6.6.3.	HOJA DE COMPARACIÓN DE RESULTADO DEL CONCRETO DE 210º Y EL CONCRETO DE 210º REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA EN ESTADO FRESCO	268
6.7.	HOJAS DE DATOS Y RESULTADOS DEL CONCRETO ENDURECIDO	270
6.7.1.	HOJA DE CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO DE 210º	271
6.7.2.	HOJA DE CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO DE 210º REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA	301
6.7.3.	HOJAS DE COMPARACIÓN DE RESULTADO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO DE 210º CON LAS RESISTENCIA DEL CONCRETO DE 210º REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA	331
6.8.	NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP) Y (ASTM)	333

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 Propiedades mecánicas típicas de las fibras naturales.	29
TABLA 2.2 Materias primas usuales para la obtención de los óxidos componente.....	35
TABLA 2.3 Porcentaje típico de los óxidos componentes del cemento.	35
TABLA 2.4 Porcentaje típicos de los compuestos químicos principales del cemento.	36
TABLA 2.5 Requisitos físicos del cemento.	38
TABLA 2.6 Requisitos químicos del cemento.	39
TABLA 2.7 Requisitos granulométricos del agregado fino.	50
TABLA 2.8 Límites máximos de sustancias perjudiciales.....	50
TABLA 2.9 Requisitos granulométricos del agregado grueso	53
TABLA 2.10 Límites máximos de sustancias perjudiciales permisibles del agregado grueso.....	54
TABLA 2.11 Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.	55
TABLA 2.12 Trabajabilidad y revenimiento de concretos con tamaño	58
TABLA 2.13 Factores que influyen en la trabajabilidad del concreto.	60
TABLA 2.14 Grados de consistencia de la mezcla de concreto.....	62
TABLA 2.15 Factor de compactación en función del asentamiento del concreto.	64
TABLA 2.16 Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras.....	72
TABLA 2.17 Volumen unitario de agua.....	72
TABLA 2.18 Contenido de aire atrapado.....	73
TABLA 2.19 Operacionalización de variable.....	80
TABLA 3.1 .Faja N° 6-7	86
TABLA 3.2 Población que conforma los diseños de mezcla.	90
TABLA 3.3 Conformación de probetas por edades.	91
TABLA 3.4 Cantidad de probetas del diseño de mezcla.....	92
TABLA 3.5 Normas de los ensayos y requisitos técnicos de las propiedades de los materiales del concreto.....	101
TABLA 3.6 Normas de los ensayos del concreto en estado fresco.	101
TABLA 3.7 Normas de los ensayos del concreto en estado endurecido.	102
TABLA 3.8 Resultados de los ensayos de las propiedades físicas del cemento portland Tipo I “Andino”.	102
TABLA 3.9 Resultados de los ensayos de las propiedades químicas del cemento portland Tipo I “Andino”.	103
TABLA 3.10 Cantidad de muestra en función del tamaño del agregado.	105
TABLA 3.11 Resultado promedio del ensayo de peso específico y absorción del agregado.....	108
TABLA 3.12 Resultado promedio que se obtendrá del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.	110
TABLA 3.13 Resultado promedio del ensayo de P.V.C y P.V.S del agregado fino	112

TABLA 3.14 Resultado promedio que se obtendrá del ensayo de P.V.C y P.V.S del agregado grueso	112
TABLA 3.15 Resultado promedio del ensayo de contenido de humedad de la arena y piedra.	113
TABLA 3.16 Resultado promedio del ensayo granulométrico del agregado fino.	116
TABLA 3.17 Resultado promedio del ensayo granulométrico del agregado fino.	116
TABLA 3.18 Resultado promedio del ensayo granulométrico del agregado grueso.....	117
TABLA 3.19 Resultado promedio del ensayo granulométrico del agregado grueso.....	119
TABLA 3.20 Resultado promedio del ensayo granulométrico de la piedra. .	119
TABLA 3.21 Resultado promedio del ensayo granulométrico de la piedra. .	120
TABLA 3.22 Resultado promedio del ensayo de pH del agregado grueso ..	121
TABLA 3.23 Resultado promedio del ensayo pH del agregado fino	121
TABLA 3.24 Análisis comparativo del agua potable SEDA Huánuco	122
TABLA 3.25 Densidad relativa y absorción.	125
TABLA 3.26 Resultado promedio del ensayo de P.U.C y P.U.S de la fibra de lechuguilla.	127
TABLA 3.27 Diseño de la mezcla del concreto de 210° por el método del ACI concreto sin aire incorporado	129
TABLA 3.28 Diseño de la mezcla del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla por el método del ACI concreto sin aire incorporado	133
TABLA 4.1 Resumen del ensayo de asentamiento del concreto de 210° y el concreto incorporado fibra de lechuguilla, con respecto a las relación $a/c=0.5502$	160
TABLA 4.2 Resumen del ensayo de peso unitario del concreto para 0.369 kg de fibra de lechuguilla, con respecto a las relaciones $a/c=0.5502$	162
TABLA 4.3 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, en mezcla de concreto de 210° de relación $a/c=0.5502$	163
TABLA 4.4 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, en mezclas de relación $a/c=0.5502$ con fibra de lechuguilla	164
TABLA 4.5 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades con respecto con el concreto que tiene fibra de lechuguilla en mezclas de relación $a/c=0.5502$ con fibra de lechuguilla	164
TABLA 4.6 Resistencia a la compresión del concreto de 210° y del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla, expresadas como porcentaje de la resistencia del concreto de 210° de relación $a/c=0.5502$	165
TABLA 4.7 Resumen porcentual de las propiedades evaluadas del concreto.	199
TABLA 4.8 Trabajabilidad del concreto de 210° y el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla	200
TABLA 4.9 Cuadro de resumen de resistencias	200

TABLA 5.1 Variación del asentamiento del concreto de 210° y el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.	205
TABLA 5.2 Variación del peso unitario del concreto de 210° y el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.	206
TABLA 5.3 Resistencia a la compresión por edades del concreto de 210° y el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla	207

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1 Ubicación geográfica de la cantera de Churubamba	84
GRÁFICO 3.2 Banco del hormigón.	85
GRÁFICO 3.3 Cemento andino tipo I.....	85
GRÁFICO 3.4 Ubicación geográfica del banco de arena Churubamba.	99
GRÁFICO 3.5 Inmediaciones del banco de hormigón, rio Huallaga – Huánuco.	99
GRÁFICO 3.6 Fibra de Lechuguilla.....	100
GRÁFICO 3.7 Extracción y preparación de las muestras.	105
GRÁFICO 3.8 Reducción a tamaño de prueba del agregado fino, mediante cuarteo manual.....	106
GRÁFICO 3.9 Ensayo del peso específico y absorción de la arena haciendo uso del picnómetro.	108
GRÁFICO 3.10 Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso haciendo uso de la canastilla.	110
GRÁFICO 3.11 Ensayo del peso volumétrico suelto del agregado fino.	111
GRÁFICO 3.12 Ensayo del peso volumétrico suelto del agregado grueso.	112
GRÁFICO 3.13 Ensayo granulométrico del agregado fino	115
GRÁFICO 3.14 Ensayo granulométrico del agregado grueso.....	118
GRÁFICO 3.15 Ensayo de absorción	124
GRÁFICO 3.16 Ensayo de proporción óptima de impermeabilizante.	125
GRÁFICO 3.17 Ensayo del peso unitario compactado de fibra de lechuguilla	127
GRÁFICO 3.18 Ensayo del peso unitario suelto de la fibra de lechuguilla	127
GRÁFICO 3.19 Mezcladora de 35 lt de capacidad.....	137
GRÁFICO 3.20 Secuencia de mezclado de los componentes del concreto.	139
GRÁFICO 3.21 Elaboración de los especímenes (probetas) de concreto.	140
GRÁFICO 3.22 Realización del ensayo de asentamiento del concreto.	142
GRÁFICO 3.23 Realización del ensayo de temperatura del concreto.	144
GRÁFICO 3.24 Realización del curado de probetas de concreto.....	147
GRÁFICO 3.25 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° de la compresión de la edad de los 3 días.....	148
GRÁFICO 3.26 . Ensayo de la resistencia del concreto de 210° de la compresión de la edad de los 7 días.	149
GRÁFICO 3.27 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° de la compresión de la edad de los 14 días	150
GRÁFICO 3.28 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° de la compresión de la edad de los 28 días.....	152
GRÁFICO 3.29 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla de la compresión de la edad de los 3 días.	154
GRÁFICO 3.30 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla de la compresión de la edad de los 7 días	155
GRÁFICO 3.31 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla de la compresión de la edad de los 14 días.	156
GRÁFICO 3.32 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla de la compresión de la edad de los 28 días	158

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Tipos de fibras naturales.....	27
FIGURA 2.2 Desarrollo de la resistencia a la compresión en porcentaje de la resistencia a los 28 días, para los cementos sin adiciones.....	34
FIGURA 2.3 Distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno.	43
FIGURA 2.4 Condiciones de humedad de los agregados.	46
FIGURA 2.5 El agua que es buena para beber es buena para el concreto.	55
FIGURA 2.6 Parámetros de la reología del concreto fresco.....	59
FIGURA 2.7 Medios para evaluar la trabajabilidad del concreto en estado fresco.....	61
FIGURA 2.8 Etapas de fraguado del concreto, utilizando las agujas de penetración.....	66
FIGURA 2.9 Representación de la zona de interface o transición en un concreto sin adiciones.	69
FIGURA 2.10 Diagrama de factores que influyen en la resistencia a la compresión del concreto.	70
FIGURA 3.1 Secuencia de la ejecución de trabajo de investigación.....	98
FIGURA 3.2 Curva granulométrica del agregado fino de la M – 01	116
FIGURA 3.3 Curva granulométrica del agregado fino de la M – 02	116
FIGURA 3.4 Curva granulométrica del agregado fino de la M – 03	117
FIGURA 3.5. Curva granulométrica de la M -01 del agregado grueso	119
FIGURA 3.6 Curva granulométrica de la M -02 del agregado grueso	119
FIGURA 3.7 Curva granulométrica de la M -03 del agregado grueso	120
FIGURA 3.8 Secuencia y tiempo de mezclados empleados.	138
FIGURA 3.9 Secuencia de actividades para la elaboración de especímenes de concreto.	141
FIGURA 3.10 Secuencia de actividades para el ensayo de asentamiento del concreto. Fuente: Elaboración propia.	143
FIGURA 3.11 Secuencia de actividades para el ensayo de peso unitario y rendimiento del concreto.	145
FIGURA 4.1 Asentamiento del concreto de 210° con relación a/c=0.55502..	159
FIGURA 4.2 Asentamiento del concreto en el tiempo de la incorporación de la fibra de lechuguilla, con la relación a/c=0.55502.....	160
FIGURA 4.3 Temperatura promedio del concreto de 210°	161
FIGURA 4.4 Temperatura promedio del concreto para la dosis de 0.369 kg de lechuguilla	161
FIGURA 4.5 Peso unitario del concreto de 210° respecto a la relación a/c=0.5502.....	162
FIGURA 4.6 Peso unitario del concreto para dosis de fibra 0.369 kg (0.5 % del peso del concreto) con respecto a la relación a/c=0.5502.	162

FIGURA 4.7 Resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, en mezcla de concreto de 210° de relación a/c=0.5502.	163
FIGURA 4.8 Resistencia a la compresión del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla para diferentes edades, en mezcla del concreto de 210° de relación a/c=0.5502.....	164
FIGURA 4.9 Resistencia a la compresión del concretoe 210° con fibra de lechuguilla ,con respecto a la relación a/c=0.5502, presentada en diversas edades.....	165
FIGURA 4.10 Resultados de temperatura , slump y peso unitario.	202
FIGURA 4.11 Resultados de slump	202
FIGURA 4.12 Resultados de peso unitario.....	203
FIGURA 4.13 Resultados de temperatura	203
FIGURA 4.14 Comparación de resultados de resistencia del concreto de 210° y resistencia mecánica del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla	204

RESUMEN

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional tiene como objetivo evaluar la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto de 210^o, debido a la incorporación de la fibra de lechuguilla en la mezclas de concreto.

Para esto primeramente se preparó el diseño de mezclas del concreto de 210^o (sin la fibra mencionado) de relación $a/c=0.5502$, y para un asentamiento de cono de 3" a 4"; luego sin variar los componentes iniciales del concreto de 210, se incorporó la fibra de lechuguilla (0.5 % del peso del concreto), obteniéndose así los diseños de mezclas experimentales. Todas las variantes hacen un total de 02 diseños de mezcla.

En cada una de las mezclas se efectuaron ensayos para evaluar la trabajabilidad y resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos de los ensayos, son sometidos a un análisis comparativo entre las mezclas experimentales respecto a las mezcla del concreto de 210^o.

Finalmente se concluye que la fibra de lechuguilla ocasiona lo siguiente: Presenta trabajabilidad el concreto de 210^o y aumenta la resistencia el concreto a un 30 %.

ABSTRACT

This sufficiency professional work aims to evaluate workability and compressive strength of 210 °, due to the incorporation of lechuguilla fiber concrete in concrete mixtures.

For this first prepared the mix design of 210 ° (without the mentioned fiber) concrete relationship $a/c = 0.5502$, and for a settlement of cone 3 "to 4"; then without changing the initial components of the 210 concrete, fiber of lechuguilla joined (0.5% of the weight of the concrete), thus obtaining the designs of experimental mixtures. All variants make a total of 02 mix designs.

In each of the mixtures trials were carried out to assess the workability and compressive strength. The results of the trials, are subjected to a comparative analysis between experimental mixtures respect to 210 ° concrete mixture.

It is finally concluded that lechuguilla fiber causes the following: presents concrete 210 th workability and increases the resistance concrete to 30%.

INTRODUCCION

Hoy en día, desde que las fibras de asbesto fueron relacionadas con potenciales de peligro para la salud (Coutts, 1998), se inició la búsqueda de posibles sustitutos que le proporciona al concreto las propiedades tan favorables que el asbesto le daba, y que además fuesen competitivos en calidad y precio. Las fibras de acero, de vidrio y más recientemente las de polipropileno, son alternativas viables para reforzar al concreto. Sin embargo, existe otro grupo conocido como Fibras Naturales (FN) o vegetales que han sido motivo de diversos estudios para su posible aplicación en este propósito.

En el Perú, especialmente en la ciudad de Huánuco, no es frecuente el empleo de la fibra de lechuguilla, debido al desconocimiento sobre su uso. La presente investigación tiene como objetivo realizar la evaluación de la trabajabilidad y la resistencia del concreto de 210^o reforzado con fibra de lechuguilla).

El estudio contribuirá a formalizar y mejorar la calidad de producción del concreto en nuestro medio, ya que los usuarios tendrán el conocimiento e información necesaria sobre las posibilidades y limitaciones que ofrece el uso de la fibra de lechuguilla en el concreto.

El desarrollo de este Trabajo de Suficiencia Profesional está conformado por cinco capítulos: En el capítulo 1 se hace mención al problema de

investigación, en donde se describen los problemas, objetivos, justificación, limitación y viabilidad del proyecto.

En el capítulo 2 se desarrolla las consideraciones teóricas de la tecnología del concreto, elaborado con el propósito de describir la terminología a emplear, para facilitar la comprensión del lector de los capítulos posteriores y también se describe la hipótesis y variables del proyecto.

En el capítulo 3 se expone la metodología de la investigación, comprende el planteamiento del enfoque, tipo y nivel de investigación, diseño, población, muestra y desarrollo experimental del proyecto (ETAPAS DE EJECUCION).

En el capítulo 4 se presentan los resultados y análisis obtenidos de las propiedades del concreto en estado fresco (trabajabilidad) y endurecido (resistencia a la compresión), debido a la incorporación de la fibra de lechuguilla en la mezcla del concreto de 210°.

En el capítulo 5, parte final de la investigación se hace mención a la discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos respectivamente.

CAPITULO I

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

El concepto de usar fibras, para intentar mejorar el comportamiento mecánico y estructural de los materiales de construcción, es muy antiguo.

Desde el siglo pasado, se ha estudiado el hormigón reforzado con fibras, con el objetivo de contar con un material estructural moldeable, homogéneo e isotrópico.

Las fibras se han utilizado para reforzar materiales frágiles. La paja por ejemplo fue usada para reforzar los ladrillos de arcilla cocidos al sol, y el pelo de caballo se utiliza para reforzar las molduras de yeso. En tiempos más recientes, a gran escala se utilizó comercialmente las fibras de asbesto (hoy prohibido), para fabricados de cemento.

Considerables investigaciones, desarrollo, y aplicaciones de FRC (siglas en ingles de Fiber Reinforced Concrete) se están llevando a cabo en todo el mundo. Intereses industriales y oportunidades potenciales de negocios se ponen de manifiesto por los continuos nuevos desarrollos en materiales de construcción reforzados con fibra, con gran éxito, sobre todo en la construcción de losas industriales y pavimentos.

Actualmente el tema del agregado de fibras al hormigón, ha sido exhaustivamente estudiado, es así que el ACI, el ASTM, el US Army Corps of EGINEERING, la BSI, entre otros, han publicado numerosas normas y métodos de experimentación a este respecto.

En el Perú, especialmente en la ciudad de Huánuco, no es frecuente el empleo de la fibra de lechuguilla, debido al desconocimiento sobre su uso y potencialidades y a la gran informalidad que existe en las construcciones, ya que al no ser un producto de gran disponibilidad y consumo en el mercado local, son relativamente pocos los profesionales que tienen la oportunidad de emplearlos e investigar para mejorar las propiedades del concreto ,debido a estas razones la informalidad alcanzada en la fabricación y utilización del concreto es del 77% respecto su producción total .

En las construcciones realizadas en nuestra Ciudad podemos observar que generalmente solo se emplea el concreto tradicional, sin embargo, por investigaciones y referencias podemos saber que en otros países y también en la Capital de nuestro país se puede ver que existen otros tipos de concreto que son reforzadas con fibra que pueden ser utilizadas, teniendo en cuenta las referencias de estos tipos de concreto surge la necesidad de realizar una evaluación de un diseño de mezcla de concreto que sea accesible para nosotros ya sea en los materiales que se emplea y el proceso de su preparación.

Principalmente en las construcciones informales unos de los problemas generales en la fabricación del concreto son:

- La reducción de la resistencia del concreto, debido a la modificación sin ningún control de la relación agua/cemento en busca de mejorar la trabajabilidad y la resistencia del concreto.
- Las fisuras y grietas que presentan las construcciones.

A través del empleo de la fibra de lechuguilla, buscaremos contrarrestar estos efectos negativos en las construcciones informarles de la ciudad de Huánuco, es decir buscaremos mejorar la trabajabilidad sin alterar la resistencia mecánica final del concreto, con la finalidad de minimizar fisuras y realizar una adecuada planificación sobre las

operaciones del concreto en obra (transporte, colocación, consolidación y acabado).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿En que medida la fibra de lechuguilla afecta la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210°?

1.2.1. PROBLEMAS ESPECIFICOS:

- ¿De que manera afecta las cantidades de cemento, agregado ,agua y fibra de lechuguilla en las muestras de concreto de 210°?
- ¿De que manera afecta la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla?
- ¿En que medida se diferencia la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210° y del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla?

1.3. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar las cantidades adecuadas de cemento , agregados, agua y fibra de lechuguilla en las muestras del concreto de 210°.
- Evaluar el efecto de la fibra de lechuguilla en la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

- Comparar la trabajabilidad y resistencia a la compresión entre las muestras de concreto de 210° y muestras del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

La metodología utilizada para la evaluación de la trabajabilidad y la resistencia de compresión genera un mayor control o validez interna del experimento, ya que es de carácter experimental.

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÒRICA

Los concretos constituidos con materiales apropiados convenientemente proporcionados y bien consolidados, aseguran la durabilidad de las construcciones de mejor calidad y concreto relativamente trabajables y resistentes teniendo un comportamiento favorable.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN EPISTEMOLÒGICA

La investigación planteada contribuirá a entender las implicaciones del uso de la fibra de lechuguilla en las mezclas convencionales de concreto. Disminuyendo así, el desconocimiento sobre el uso y potencialidades de la fibra de lechuguilla y llegar así a todas las construcciones informales y no informales en la ciudad de Huánuco y obtener un concreto de calidad con menos fisuras.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN LEGAL

Hoy en día, a pesar que se tiene un sin número de investigaciones y avances en el área del concreto, todavía es muy común ver muchas construcciones con una aplicación muy deficiente de esta tecnología, debido tal vez a una gran desinformación o a la falta de una guía de aplicación de otros tipos de concreto que sea de fácil aplicación por las personas dedicadas a la construcción sobre los cuidados necesarios para lograr un concreto que sea resistente, sino también, durable. En nuestra ciudad se observa la deficiencia en las

construcciones, por ello considero que es muy importante evaluar otras opciones de concreto para determinados usos

Por todo lo descrito anteriormente surge la necesidad de realizar la evaluación de la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de e 210^o reforzado con fibra de lechuguilla.

1.5.4. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La ventaja del concreto de alta resistencia es que el concreto de 210^o tiene una resistencia de 210 kg/cm², y el nuevo material con fibra de lechuguilla puede alcanzar más de resistencia a la compresión, además que aumenta su durabilidad, tiempo de vida y calidad y reduce el uso de secciones estructurales de concreto.

Conociendo las propiedades de la trabajabilidad y la resistencia a la compresión debido al uso de la fibra de lechuguilla. Los ingenieros inmersos en la construcción tomarán mejores decisiones en la aplicación final de este producto, tales como:

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN:

El trabajo de investigación se limita por las siguientes razones:

- Poca información bibliográfica sobre el método práctico para la elaboración del concreto.
- Debido a las limitaciones de equipos en el laboratorio no se podrán realizar todos los ensayos, pero sí se realizarán los más importantes y necesarios que se mencionaran más adelante.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN:

- Los agregados se obtendrán de la cantera Churubamba del río de la ciudad de Huánuco.
- La materia prima para la elaboración del concreto es accesible y relativamente económica.

- El material bibliográfico se conseguirá de la biblioteca de la Universidad de Huánuco, y adicionalmente se tomará información de los portales de internet que también están disponibles.
- Los ensayos se realizarán en la Universidad de Huánuco.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

Históricamente, las fibras naturales vegetales o simplemente fibras naturales eran usadas empíricamente para reforzar varios materiales de construcción, o bien para la producción de material textil. Sin embargo, es hasta años recientes que los científicos se han dedicado a estudiar el uso de este tipo de fibras como retuerzo en el concreto.

Para este trabajo se tomó en consideración los datos de la tesis “Concreto Base Cemento Portland reforzados con fibras naturales (Agave Lechuguilla) , como materiales para construcción en México” de Cesar Juárez, tomando como dato incorporar 0.5 % de fibra de lechuguilla , ya que se obtuvo un buen resultado

Investigadores nacionales y extranjeros han realizado estudios sobre las características y funciones de la fibra de lechuguilla, los más destacados son:

2.1.1. NACIONALES

Annel Jussarha Ruiz Rodríguez, para optar el grado de Ingeniero, sustento la investigación que lleva por título “Resistencia a compresión del mortero cemento – arena incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar”.

En el presente trabajo se ha realizado la comparación de la resistencia a compresión incorporando ceniza de cáscara de arroz,

afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar en valores de 0.5%, 1% y 1.5% con respecto al peso del concreto, realizando el ensayo a compresión correspondiente para edades de curado de 03, 07 y 14 días. Llegando a determinar que para cada tipo de ceniza incorporada, los resultados han variado notoriamente, cabe decir que se ha logrado incrementar la resistencia con respecto al mortero cemento – arena sin la incorporación de ningún tipo de aditivo en los siguientes porcentajes, con ceniza de cáscara de arroz, incremento la resistencia incorporando 0.5%, para el caso de ceniza de afrecho de cebada, con 0.5% de incorporación y para el caso de ceniza de bagazo de caña de azúcar con 1% de incorporación, pero entre los tres porcentajes máximos mencionados la resistencia máxima total se ha logrado con la incorporación de 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar. **(Rodríguez, 2015)**

2.1.2. INTERNACIONALES

César Juárez, para optar el grado de Doctor en ingeniería con especialidad en materiales, sustento la investigación que lleva por título “Concreto Base Cemento Portland reforzados con fibras naturales (Agave Lechuguilla) , como materiales para construcción en México”.

La investigación pretende encontrar materiales de construcción materiales de construcción que sean económicos y durables. Las fibras de acero, vidrio y poliméricas, son alternativas viables pero costosas. Las fibras naturales pueden ser una posibilidad real para los países en desarrollo, ya que están disponibles en grandes cantidades y representan una fuente renovable continua.

La fibra natural es afectada principalmente por la alcalinidad de la matriz cementante del concreto. La durabilidad del compuesto dependerá entonces de la protección que tenga la fibra y de las

características de impermeabilidad propias de la matriz cementante, **(Cesar Juárez, 2002)**

Los aspectos más relevantes que se desprenden de esta investigación, son la comprobación de que los concretos reforzados con fibras naturales de lechuguilla tienen el potencial para ser usados como materiales de construcción económicos, y que es necesario seguir investigando para asegurar una vida útil apropiada de estos nuevos materiales en México. A continuación se presentan las principales conclusiones del trabajo de investigación realizado.

En el primer objetivo se estableció producir un material compuesto a base de concreto y fibras naturales de lechuguilla que posea propiedades mecánicas adecuadas para ser utilizado como elemento constructivo.

1. Las fibras de lechuguilla tienen las propiedades físico mecánicas, tal como su resistencia última a la tensión y su flexibilidad, que les permite ser consideradas como posible refuerzo en el concreto.
2. El tratamiento protector con parafina, le permite a la fibra mantener un porcentaje aceptable de su resistencia última a la tensión, después de haber estado expuesta durante un año a un ambiente húmedo y alcalino, lo que resulta sumamente crítico.
3. Las fibras largas tratadas con parafina y con 0.5% en volumen del concreto, tienen la capacidad para soportar mayores cargas de tensión y flexión en comparación con el concreto simple.
4. La fibra de lechuguilla permite un comportamiento dúctil del concreto después del agrietamiento de la matriz.

El segundo objetivo buscó obtener un concreto reforzado con fibras naturales que fuera resistente a las variaciones de humedad y temperatura, así como, a la exposición a los ambientes agresivos.

5. La resistencia inicial del concreto con fibras disminuye cuando se expone tanto a ciclos de humedecimiento y secado, como a los ambientes agresivos de cloruros y sulfatos.
6. El ambiente estable sin cambios de humedad y temperatura no afecta al concreto con fibras.
7. La ceniza volante agregada a la mezcla produce una matriz más densa e impermeable, lo que minimiza el efecto de las pruebas de deterioro acelerado en el concreto.
8. El concreto con ceniza volante reforzado con fibras tratadas con parafina, es viable para fabricar elementos constructivos resistentes al ambiente natural.

El tercer objetivo pretendió ofrecer una alternativa pertinente y factible para el desarrollo de la vivienda en las comunidades de las zonas áridas y semiáridas del país, mediante la aplicación de este material compuesto.

9. Si la fibra se protege con parafina y se utiliza ceniza volante en la mezcla del concreto, este material compuesto puede ser aplicado en la fabricación de elementos constructivos, tales como láminas acanaladas para las viviendas rurales, prefabricados para aplicaciones arquitectónicas o bien como cimbras perdidas.
10. Es necesario mejorar aún más la durabilidad del concreto con fibras para que sea viable en el desarrollo de la infraestructura en las zonas rurales, tal como tuberías, tanques de almacenamiento y caminos.

2.2. BASES TEÓRICAS:

2.2.1. CONCRETOS REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES

El concreto es uno de los materiales con mayor utilización en la industria de la construcción. Para su elaboración se requiere principalmente de materiales naturales no renovables extraídos del

suelo y de las corrientes superficiales de los ríos, así como también de cemento y agua, las cuales se dosifican de manera adecuada para obtener el producto deseado, (**Cesar Juárez, 2004**).

La pasta del concreto está compuesta del cemento y agua en relación idónea que define la resistencia a compresión que se desea obtener. Mientras que los agregados a más de aportar resistencia a la compresión, hace más económicas las mezclas por cuanto representa en volumen aproximadamente el 70% de la mezcla del concreto.

La incorporación de fibras al concreto ha proporcionado un comportamiento dúctil a los elementos de construcción diseñados para esfuerzos a flexión, compresión y retracción.

Las ventajas al incorporar fibras a los concretos son en estado endurecido, es el incremento de la tenacidad y de la resistencia al impacto; en estado fresco, permite controlar la contracción plástica en el periodo de fraguado. Como referencia adicional la incorporación de fibra al concreto controla la aparición de fisuras durante el tiempo de vida útil del elemento y ofrece mayor resistencia a la fatiga.

Debe considerarse el tipo de fibra, la geometría, el volumen, el ancho. La adecuada selección de la fibra, bien sea de origen vegetal o industrial, mejora el comportamiento mecánico y se puede disminuir el agrietamiento por contracción térmica del concreto.

Se ha verificado que la longitud de la fibra es directamente proporcional a la resistencia del concreto.

La clasificación de las fibras permite agruparlas en sintéticas de origen orgánico como el polipropileno y el carbón; sintéticas de origen inorgánico como las provenientes del maquinado del acero (limalla, viruta) o de origen natural, como las provenientes de las cortezas vegetales y residuos de agricultura.

2.2.2. FIBRAS NATURALES

Las fibras naturales son materiales lignocelulósicos que se encuentran ampliamente distribuidos por la biosfera en forma de árboles, plantas y cultivos<z<, (**Morales, 2015**).

Su uso está ganando importancia en aplicaciones industriales, tecnología de tejidos textiles, composites, pasta celulósica y papel, ingeniería civil y actividades de construcción.

Para (**Maya y Sabu, 2008**) cuando se quema o se someten a compostaje la emisión de CO, es inferior a la emitida por las fibras sintéticas. Las fibras naturales se subdividen en función de su origen, es decir, si provienen de plantas, animales o minerales, tal como se aprecia en la figura 2.1

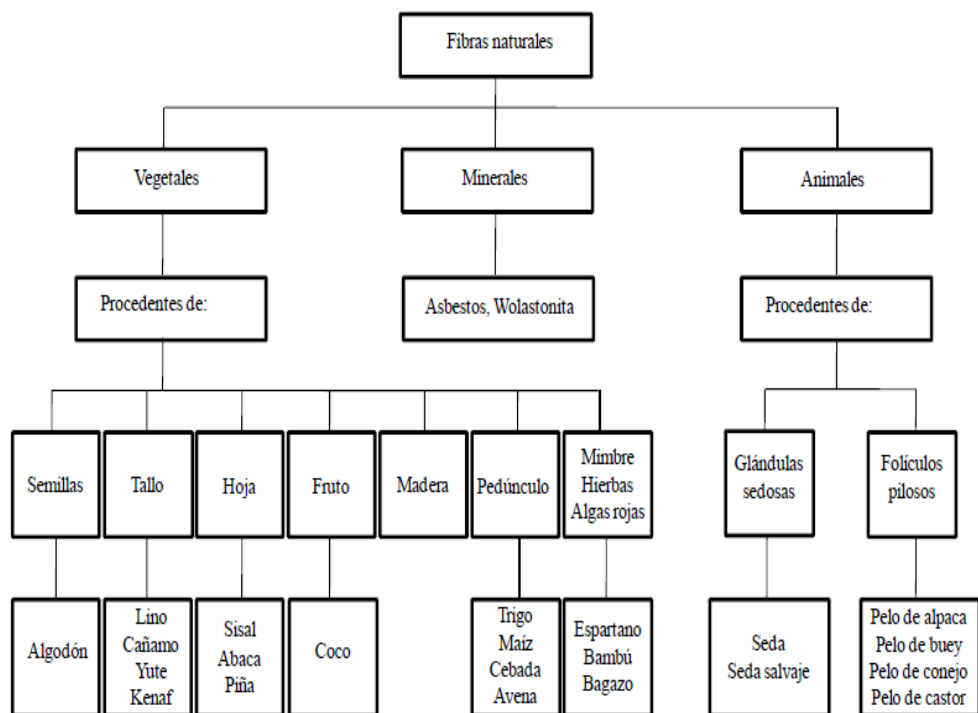


Figura 2.1 Tipos de fibras naturales.

2.2.3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS NATURALES.

Las fibras naturales vegetales están compuestas mayoritariamente por tres polímeros estructurales celulosa, hemicelulosa y lignina

además en menor medida por una serie de compuestos de bajo peso molecular solubles en agua, proteínas y sales minerales.

Las proporciones de estos compuestos varían de una planta a otra en respuesta a las condiciones del entorno, como consecuencia de esta variabilidad, las propiedades y características físicas de las fibras no son homogéneas.

La lignina forma una matriz amorfa en la pared vegetal, los enlaces inter- polímeros que pueden ser directos, enlaces éter entre OH alcohólicos de los polisacáridos y fenólicos de la lignina, o a través de puens formados por los ácidos p-hidroxicinámicos.

Estos últimos son precursores de la lignina pero en muchas plantas herbáceas se encuentran también en forma libre, incluidos en la fracción extraíble y formando puentes lignina-polisacáridos.

La composición química de las fibras son las variables más importantes para determinar las principales propiedades de las fibras en general, la tensión y el módulo de young aumentan a medida que crece el contenido en celulosa de la fibra (**Maya y Sabu, 2008; Satyanarayana et al., 1986**).

Tabla 2.1 Propiedades mecánicas típicas de las fibras naturales.

Tipo de fibra	Longitud mm	Diámetro mm	Densidad Absoluta g/cm ³	Módulo de Elasticidad Gpa	Resistencia Última a Mpa	Elongación a la Ruptura %	Absorción de Agua %
Yute	1800-3000	0.10-0.20	1.02-1.04	26-32	250-350	1.5-1.9	62
Lino	500	-	-	100	1000	1.8-2.2	-
Bambú	2500-3500	0.05-0.40	1.52	33-40	350-500	-	40-45
Caña de azúcar	50-300	0.20-0.40	1.20-1.30	15-19	170-290	-	70-75
Sisal	-	0.10-0.50	-	13-26	280-568	3-5	60-70
Henequén	-	0.36	1.40	-	91-307	2.3-7.6	163.10
Pasto de elefante	-	0.45	-	5	178	3.6	-
Plátano	-	0.43	0.298	1.4	92	5.9	276
Musamba	-	0.82	-	0.9	83	9.7	-
Coco	50-350	0.10-0.40	1.12-1.15	19-26	120-200	10-25	130-180

Fuente: Bledzki y Gassan, 1999; Luo y Netravali, 1999; Herrera y Valadez, 2004.

2.2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS FIBRAS NATURALES

Las características de las fibras las hacen especialmente atractivas para el desarrollo de nuevos materiales compuestos: baja densidad, gran abundancia, carácter renovable, biodegradabilidad y bajo costo.

Además, es de destacar la ausencia de riesgos para la salud en el proceso de su manipulación y el hecho de que su poca rigidez puede ser una ventaja durante el procesamiento, pues las fibras se pueden doblar en lugar de romperse, como pasa con otros tipos de fibras sintéticas, **(Carvajal, 2015)**.

No obstante, existen dificultades intrínsecas en la utilización en las fibras de celulosa como agente reforzante en nuevos materiales compuestos, como por ejemplo, la dificultad de lograr una buena dispersión de las fibras en el seno de la matriz, su gran capacidad de absorción de agua y baja resistencia a la degradación biológica y una limitada resistencia térmica si se les compara con las fibras artificiales o sintéticas.

2.2.5. FIBRA DE LECHUGUILLA

La lechuguilla es una planta fibrosa sumamente rústica y resistente, que prospera perfectamente en los terrenos secos, áridos y montañosos donde ninguna otra planta útil daría resultado. Su aspecto es de un pequeño maguey cuyas hojas por lo general alcanzan una longitud de 0.20 a 0.50 m, éstas nacen del tronco o cuello de la raíz. Las hojas jóvenes son de color blanquecino o verde claro, se agrupan formando en el centro de la mata un cono apretado de hojas suaves que se denomina cogollo. Una vez que la lechuguilla ha florecido, principia la reproducción por hijos, que se manifiesta por la aparición de pequeños renuevos que salen de la raíz, después de lo cual muere la planta madre, **(Cesar Juárez, 2004)**.

La extracción de la fibra de lechuguilla llamada ixtle se ha venido realizando a través de los años desde 1741, haciéndolo a mano, siendo el método tradicional se considera siempre como un trabajo dilatado. Una vez extraída la fibra se deja secar al sol, para después venderse a las compañías ixtleras las cuales, dependiendo de su calidad la exportan o la venden para fabricar cordelería, costales, cepillos y otros artículos.

La planta prospera generalmente en suelos calizos, los cuales se pueden encontrar tanto en sierras como en terrenos planos. La altitud donde se localiza la planta varía entre 200 y 2000 m sobre el nivel del mar. La lechuguilla se adapta a suelos con profundidad desde 0.10 a 1 m, y de 20 a 85% de piedra. Los requerimientos de precipitación pluvial para que la lechuguilla se adapte varían entre los 200 y 500 mm anuales, los cuales generalmente ocurren en forma muy irregular o son de poca duración y torrenciales. En lo que respecta a la temperatura, varía de 0 a 12°C en invierno y de 43 a 46°C en primavera o verano. Así también, Maiti sugiere en sus comentarios que debido a la gran potencialidad de este recurso natural y las condiciones ecológicas de las áreas donde se localiza la lechuguilla, es imperante efectuar

estudios para definir cuales ecosistemas ofrecen mayor rendimiento de fibra y de mayor calidad.

Y concluye señalando, que la planta de lechuguilla tiene un gran futuro en las zonas áridas, por lo que el trabajo interdisciplinario permitirá una mejor utilización de este recurso.

2.2.6. DEFINICIÓN DE CONCRETO

Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos, (***Instituto de Construcción y Gerencia, 2017***).

2.2.7. COMPOSICION DEL CONCRETO

Una mezcla de concreto está constituida por: cemento, agregados pétreos fino y grueso, agua y aditivos, (***Instituto de Construcción y Gerencia, 2017***).

En la actualidad se realizan investigaciones para emplear como adiciones materiales reciclados de manera de dar utilidad a los mismos y reducir la deposición de desechos sólidos.

2.2.8. CONCRETO REFORZADO

El concreto que contiene cemento, agua agrados finos y gruesos y fibras discretas discontinuas es llamado concreto reforzado con fibras, (***Juarez Alvarado, 2004***).

El uso de fibras como refuerzo del concreto ha tenido un auge importante.

Sin embargo, esta técnica no es nueva en el mundo de la construcción; de hecho, se remonta muchos años antes de la aparición del cemento *Pórtland* y del concreto, cuando se utilizaban materiales como pasto, fique, junco y hasta pelo animal que eran agregados al adobe con el fin de evitar la fisuración y mejorar la resistencia a tensión.

El aspecto más importante del desempeño mecánico para el concreto reforzado con fibras es el comportamiento a la tensión. Sin embargo, es complicado realizar ensayos uniaxiales de resistencia a la tensión, especialmente si se busca conocer la respuesta del material después de la carga máxima. Las propiedades en estado fresco tienen influencia de la geometría de las fibras y la dosificación de las mismas.

La manejabilidad del concreto reforzado con fibras depende de la dosificación en volumen de las fibras, la geometría, el estado superficial y el enlace entre ellas, las dimensiones de los agregados y su cantidad relativa.

El ensayo de asentamiento con el cono de Abrams al concreto reforzados con fibras presenta ciertas dificultades, ya que la matriz del concreto en la mayoría de casos es muy cohesiva y no fluye libremente.

El ensayo adecuado para determinar la fluidez en este tipo de concreto es por medio del cono invertido, en el cual se utiliza una vibración interna.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada componente básico que conforma la mezcla de concreto.

2.2.9. CEMENTO

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009), el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

Cemento Portland = Clinker Portland + Yeso

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

2.2.9.1. TIPOS DE CEMENTO

Los cementos portland sin adición, constituidos por clinker portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Acorde con la norma NTP 334.009 presenta la siguiente clasificación:

- **Tipo I:** Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **Tipo II:** Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

La norma establecida por la “*American Society for Testing and Materials*” (ASTM C595), especifica las características de los cementos adicionados, los que contienen además de los compuestos mencionados, escorias, puzolanas y materiales calizos que modifican el comportamiento. Entre los tipos de cementos y el porcentaje añadido, tenemos:

- **Tipo IS:** Contenido de escoria entre 25% y 70%.
- **Tipo ISM:** Contenido de escoria menor a 25%

- **Tipo IP:** Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
- **Tipo IPM:** Contenido de escoria menor a 15%
- **Tipo I (CO):** Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso. (ver figura N°2.2).

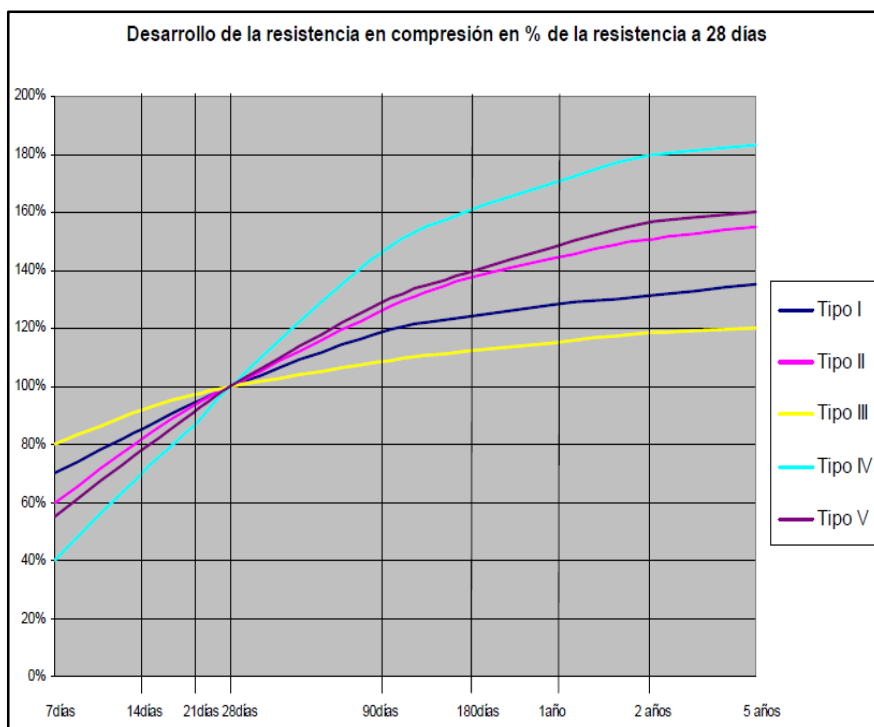


Figura 2.2 Desarrollo de la resistencia a la compresión en porcentaje de la resistencia a los 28 días, para los cementos sin adiciones.

Fuente: ICG, 2013.

2.2.9.2. COMPOSICION QUIMICA DEL CEMENTO

2.2.9.2.1. OXIDOS COMPONENTES

El cemento está conformado por el óxido de calcio (CaO), óxido de sílice (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de hierro (Fe₂O₃), siendo el total de éstos del 95% al 97%. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el

anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia (Torre, 2004), (ver tabla N°2.2 y 2.3).

Tabla 2.2 Materias primas usuales para la obtención de los óxidos componente.

Proporción	Oxido Componente	Procedencia Usual
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, Pirita
5%	Óxidos de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y	Minerales Varios

Pasquel, 1998.

Tabla 2.3 Porcentaje típico de los óxidos componentes del cemento.

Oxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	58% - 67%	C
SiO ₂	16% - 26%	S
Al ₂ O ₃	4% - 8%	A
Fe ₂ O ₃	2% - 5%	F
SO ₃	0.1% - 2.5%	
MgO	1% - 5%	
K ₂ O y Na ₂ O	0% - 1%	
Mn ₂ O ₃	0% - 3%	
TiO ₂	0% - 0.5%	
P ₂ O ₅	0% - 1.5%	
Pérdida x Calcinación	0.5% - 3%	

FUENTE: Torre, 2004

2.2.9.2.2. COMPUESTOS QUIMICOS

Kosmatka et al. (2004) señala que en la fabricación del clinker de cemento portland, durante la calcinación, el calcio se combina con otros componentes de la mezcla cruda para formar cuatro compuestos principales:

- Silicato tricálcico $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S}$
- Silicato dicálcico $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$
- Aluminato tricálcico $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$
- Ferro aluminato tetracálcico $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF}$

Estos compuestos conforman el 90% al 95% de la masa del cemento. A su vez durante la molienda, se añaden yeso (4% hasta 6%), de representación química: (ver tabla N°2.4).

- Sulfato de calcio dihidratado (yeso) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{CSH}_2$

Tabla 2.4 Porcentaje típicos de los compuestos químicos principales del cemento.

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C_3S	30% a
Silicato dicálcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C_2S	15% a
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	4% a 12%
Ferro aluminato	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8% a 13%
Cal libre	CaO		
Magnesia libre	MgO		

FUENTE: Torre, 2004.

2.2.9.2.3. PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS QUÍMICO PRINCIPALES

Los compuestos químicos según Torre (2004) tienen las siguientes propiedades:

- Silicato tricálcico (C3S), conocido también como alita.**
 - Se hidrata y endurece rápidamente.

- Es el más importante de los compuestos del cemento.
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado.
- Determina la resistencia inicial del cemento.
- Libera gran cantidad de calor de hidratación es equivalente a 120 cal/gr. este compuesto tiene mucha importancia en el calor de hidratación de los cementos.
- Contribuye una buena estabilidad de volumen.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo.

b) Silicato dicálcico (C2S), conocido también como belita.

- Contribuye con las resistencias a edades mayores a una semana.
- Por su porcentaje en el clinker es el segundo en importancia.
- Se hidrata y endurece con lentitud.
- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo.
- El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S.
- Su contribución a la estabilidad de volumen es regular,

c) Aluminato Tricálcico (C3A)

- Es el primero en hidratarse, o sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).
- Libera gran cantidad de calor durante los primeros días de la hidratación.
- Incide levemente en la resistencia mecánica.
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo).

- Tiene mala estabilidad de volumen.
- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y químicos
- Calor de hidratación equivalente a 207 cal /gr.

d) Ferro Aluminato Tetra cálcico (C4AF)

- Reduce la temperatura de formación del clinker.
- Rápida velocidad de hidratación.
- El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr (moderado).
- En la resistencia mecánica no está definida su influencia.
- La estabilidad de volumen es mala.
- Infiere en el color final del cemento.

2.2.9.2.4. REQUISITOS CALIDAD DEL CEMENTO

Las normas NTP 334.009 y ASTM C595 señalan que los cementos portland indicados en la sección anterior, deberán satisfacer los requisitos físicos-químicos, obligatorios y opcionales prescritos en la norma, estos requerimientos exigidos por la norma, tiene como finalidad proveer un producto que cumpla con los estándares de calidad. (ver tabla N°2.5 y 2.6)

Tabla 2.5 Requisitos físicos del cemento.

Requisitos Físicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Resistencia a la Compresión mín						
3 días	120	100	80	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280*	280*	210	280*	250	250
Tiempo de fraguado, minutos						
Inicial, mínimo	45	45	45	45	45	45
Final, máximo	375	375	375	420	420	420
Expansión en autoclave, %	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Resistencia a los Sulfatos	--	--	0.04*	0.1	0.10*	--
% máximo de expansión			14 días	6meses	6meses	
Calor de Hidratación, máx, KJ/Kg						

7 días	--	290*	--	--	290*	--
28 días	--	--	--	--	330*	--
* Opcionales						

Fuente: NTP 334.009.

Tabla 2.6 Requisitos químicos del cemento.

Requisitos Químicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Oxido de Magnesio (MgO), máx, %	6	6	6	--	6	6
Trióxido de Azufre (SO ₃), máx, %	3.5	3	2.3	--	4	4
Pérdida por Ignición, máx, %	3	3	3	--	5	8
Residuo Insoluble, máx, %	0.75	0.75	0.75	--	--	--
Aluminato tricálcico (C ₃ A), máx, %	--	8	5	--	--	--
Álcalis equivalentes						
(Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), máx, %	0.6*	0.6*	0.6*	--	--	--
* Opcionales						

Fuente: NTP 334.009.

2.2.10. AGREGADOS

Se define como agregados al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural y artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en los límites fijados por la norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto.

Sabemos que el concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocida como agregado el cual ocupa del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa). Por su peso pueden clasificarse en normal, liviano y pesado. Por su limpieza en sucio y limpio. Por su granulometría en agregado fino, agregado grueso, o agregado integral también conocido como hormigón.

La calidad del agregado es importante desde que aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del volumen de concreto es ocupada por éste. Desde los estudios iniciales de Gilkey en 1923, se dejó de considerar al agregado como un material inerte de relleno cuyá aplicación permitía disminuir únicamente el costo de la unidad cúbica del concreto.

Hoy se sabe que el agregado debido a sus propiedades físicas, químicas y térmicas tiene influencia determinante sobre las propiedades del concreto, especialmente su resistencia y durabilidad (Rivva López, 2010a).

2.2.10.1. CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS

Según **Pasquel (1998)**, la clasificación de agregados que detallaremos a continuación no son necesariamente las únicas ni las más completas, pero responden a la práctica usual en tecnología del concreto, a su vez la clasificación se encuentra enmarcada en la norma NTP 400.011.

2.2.10.1.1. SEGÚN SU PROCEDENCIA

Pueden ser naturales o artificiales. Los agregados naturales son formados por procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, estos agregados son los de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto.

Los agregados artificiales provienen de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto, algunos agregados de este tipo los constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílíce etc.

2.2.10.1.2. SEGÚN SU TAMAÑO

Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM # 4).

Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo.

2.2.10.1.3. SEGÚN SU DENSIDAD

Entendiendo densidad como la Gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con $G_e = 2.5$ a 2.75 , ligeros con $G_e < 2.5$ y pesados con $G_e > 2.75$. Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso.

2.2.10.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Pasquel (1998) considera que las propiedades físicas de mayor importancia son la de peso específico, peso unitario, humedad, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.

Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para

compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos a las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas:

a. Peso específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas NTP 400.021 y 400.022 establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. En la Figura 2.3 se muestra gráficamente la distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno, estableciéndose las siguientes expresiones para la determinación en laboratorio del peso específico:

- **Peso específico de masa seca.**

$$P_{em} = \frac{A}{B - C} = \frac{A}{V_{ag} * D_a}$$

- **Peso específico saturado superficialmente seco.**

$$P_{esss} = \frac{B}{B - C} = \frac{B}{V_{ag} * D_a}$$

- **Peso específico aparente.**

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C} = \frac{A}{V_s * D_a}$$

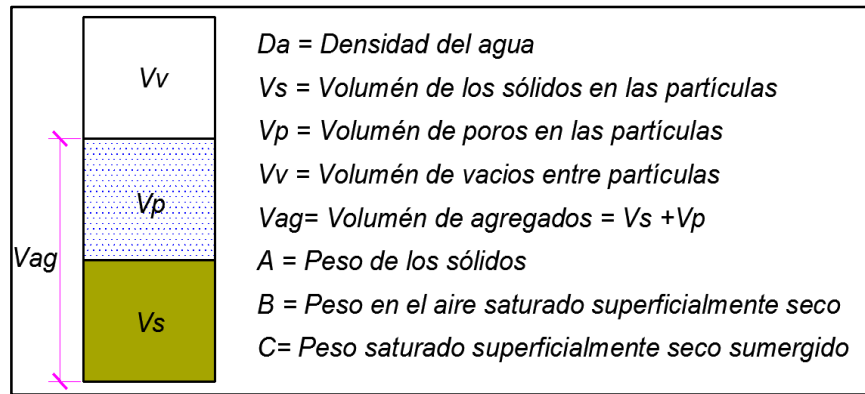


Figura 2.3 Distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno.

Fuente: Pasquel, 1998.

Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 kg/m³, (**Pasquel, 1998**).

b. 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 la determinación del peso unitario suelto y compactado se encuentra en la norma NTP 400.017. El valor obtenido para el peso unitario compactado, es el que se emplea en algunos métodos de diseños de mezclas para estimar las proporciones; por otro lado, el peso unitario suelto se emplea para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. La expresión para calcular esta propiedad es la siguiente:

$$\text{Peso Unitario} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Volumen total}}$$

c. Porcentaje de Vacíos

Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

La misma norma NTP 400.017 indicada anteriormente establece la fórmula para calcularlo, empleando los valores de peso específico masa y peso unitario:

$$\%Vacíos = \frac{P_{em} * D_a - P.U}{P_{em} * D_a} * 100\%$$

Donde:

P_{em}: Peso específico de la masa

D_a: Densidad del agua

P.U: peso unitario seco

d. Absorción

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

Las normas NTP 400.021 y 400.022 establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$\%Absorción = \frac{\text{Peso S.S.S.} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}}$$

e. Humedad

La estructura interna de una partícula de agregado se constituye de materia sólida y de vacíos que pueden contener o no agua. El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenido en el agregado y el peso del agregado sólido seco, expresado en porcentaje. Según la norma NTP 339.185 la humedad se expresa de la siguiente manera:

$$\%Humedad = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100\%$$

Las condiciones de humedad de los agregados se muestran en la Figura 2.4 y son:

- **Secados al horno:** son completamente absorbentes.
- **Secados al aire:** están secos en la superficie de la partícula pero contienen cierta humedad interior, siendo por lo tanto algo absorbentes.
- **Saturados y superficialmente secos (sss):** no absorben ni ceden agua a la mezcla de concreto.
- **Húmedos:** contienen un exceso de humedad en la superficie (agua libre).

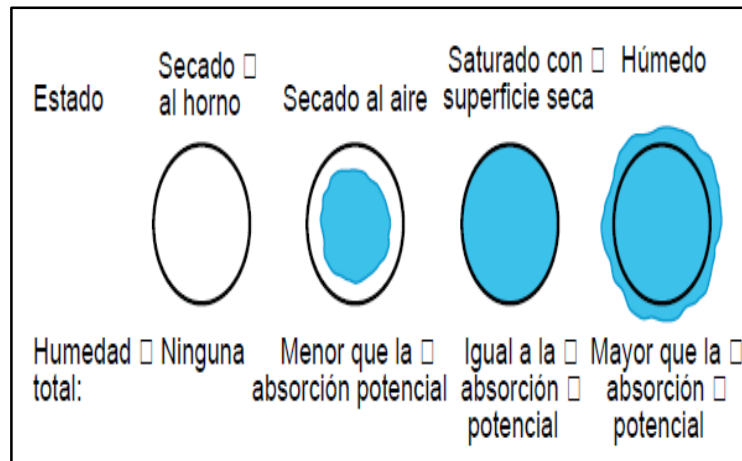


Figura 2.4 Condiciones de humedad de los agregados.

Fuente: Kosmatka et al., 2004.

Hay que diferenciar entre absorción y contenido de humedad, ya que la absorción es un valor constante del agregado y el contenido de humedad es variable en función de la exposición del agregado al intemperismo (sol, lluvia, viento, etc.).

Cualquier cantidad de agua que se encuentre en la superficie de los agregados, contribuirá a aumentar el agua de la mezcla y ocupará un volumen, además del de las partículas del agregado.

Cuando el agregado está expuesto a la lluvia, se acumula una cantidad considerable de humedad en la superficie de las partículas y a excepción de la parte superior del apilamiento de los agregados, esa humedad se conserva durante mucho tiempo. Esto ocurre especialmente cuando se trata del agregado fino.

El contenido de humedad del agregado cambia con el clima, y varía también de una pila a otra, por lo que es necesario determinar con frecuencia dicho valor. El agregado grueso retiene mucho menos agua que la arena, tiene un contenido de humedad menos variable y, por lo tanto, presenta menos dificultades.

f. Porosidad

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados.

Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas.

No hay un método estándar en ASTM para evaluarla, sin embargo, existen varias formas de determinación por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de estimarla es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado en el párrafo anterior, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas.

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15% aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%.

En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15 al 50%.

g. Granulometría

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices.

Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados.

Durante el proceso de análisis granulométrico es importante conocer los parámetros siguientes:

- **Módulo de finura**

En la búsqueda de caracterizaciones numéricas que representen la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se definió hace muchos años el Módulo de Fineza.

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz No 100 y esta cantidad se divide entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acum. ret. (3", 11/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Debe tenerse muy en claro que el módulo de finura es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto.

- **Tamaño máximo**

La NTP 400.011 lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado.

- **Tamaño máximo nominal**

La NTP 400.011 lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado.

2.2.11. AGREGADOS FINO, GRUESO Y GLOBAL.

2.2.11.1. AGREGADO FINO

La NTP 400.011 sostiene que son partículas provenientes

de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 3/8”

2.2.11.1.1. REQUISITO GRANULOMETRICO

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.7. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.35 y 3.15.
- En la apreciación del módulo de fineza, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

Tabla 2.7 Requisitos granulométricos del agregado fino.

Malla	% Que Pasa
3/8"	100
Nº4	95 - 100
Nº8	80 - 100
Nº16	50 - 85
Nº30	25 - 60
Nº50	10 - 30
Nº100	02 - 10

Fuente: NTP 400.037.

2.2.11.1.2. LIMITES DE SUSTANCIAS PERJUDICIALES

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder los límites fijados por la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Límites máximos de sustancias perjudiciales permisibles del agregado fino.

Sustancias Perjudiciales	% Máx.
Lentes de arcilla y partículas desmenuzables	3.0%
Material más fino que la Malla Nº200:	
a) Concretos sujetos a abrasión	3.0%
b) Otros concretos	5.0%
Carbón:	
a) Cuando la apariencia superficial del	0.5%
b) Otros Concretos	1.0%

Fuente: NTP 400.037

2.2.11.2. AGREGADO GRUESO

La NTP 400.011 señala que los agregados gruesos son partículas retenidas en el tamiz N°4 (4.75 mmm), provenientes de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

2.2.11.2.1. REQUISITO GRANULOMETRICO

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.9. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 11/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".
- El tamaño nominal máximo del agregado grueso no deberá ser mayor de:
 - Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
 - Un tercio del peralte de las losas; o
 - Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de presfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura; se podrá con autorización de la Inspección reducir el tamaño nominal máximo del agregado grueso,

siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.

Tabla 2.9 Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso N° ASTM	Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que Pasa por los Tamices Normalizados												
		100mm (4")	90mm (3 1/2")	75mm (3")	63mm (2 1/2")	50mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25.0mm (1")	19.0mm (3/4")	12.5mm (1/2")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N° 4)	2.36mm (N° 8)	1.18mm (N° 16)
1	90 a 37.5mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5mm (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25.0mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5					
357	50 a 4.75 mm (2" a N° 4)				100	95 a 100	35 a 70	10 a 30	0 a 5					
4	37.5 a 19.0 mm (1 1/2" a 3/4")					100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	37.5 a 4.75 mm (1 1/2" a N° 4)					100	95 a 100	35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	25.0 a 9.5 mm (1" a 1/2")						90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	0 a 5			
57	25.0 a 4.75 mm (1" a N° 4)						95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	19.0 a 4.75 mm (3/4" a N° 4)						100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	12.5 a 4.75 mm (1/2" a N° 4)							100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a N° 8)								100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	

Fuente: NTP 400.037

2.2.11.2.2. LIMITE DE SUSTANCIAS PERJUDICIALES

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder los límites fijados por la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10 Límites máximos de sustancias perjudiciales permisibles del agregado grueso.

Sustancias Perjudiciales	% Máx.
Arcilla	0.25%
Partículas desmenuzables	5.0%
Material más fino que la Malla N°200	1.0%
Carbón:	
a) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5%
b) Otros Concretos	1.0%

Fuente: NTP 400.037.

2.2.12. AGUA

El agua en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto (**Pasquel,1998**). (ver figura N°2.5)



Figura 2.5 El agua que es buena para beber es buena para el concreto.

Fuente: Kosmatka et al., 2004.

2.2.12.1. REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA

La Norma NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los límites señalados en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11 Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.

Descripción	Límite Permissible	
Sólidos en suspensión	5000 ppm	Máximo
Materia Orgánica	3 ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000 ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600 ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1000 ppm	Máximo
pH	5 a 8	

Fuente: NTP 339.088.

2.2.13. ADICIONES

A la par de los aditivos, existen materiales y/o sustancias de comportamiento inerte a la reacción agua-cemento, que se añaden al concreto.

Con la finalidad de obtener alguna característica ventajosa, como lo es la adición de calizas molidas usadas para favorecer la plasticidad de las mezclas, (*Cesar Juárez, 2004*).

En el caso específico de este estudio, se utilizó como adición fibras de lechuguilla.

2.2.14. PROPIEDADES DEL CONCRETO

El concreto puede presentarse en estado fresco o endurecido, en estos dos estados presentan características o propiedades típicas, las cuales determinan su desempeño.

Las propiedades a largo plazo de concreto endurecido: resistencia, estabilidad de volumen y durabilidad se ven afectados seriamente por su grado de compactación, en consecuencia es de vital importancia que la trabajabilidad o manejabilidad del concreto fresco, permitan un adecuado mezclado, transporte, colocado, compactado y acabado, sin que el concreto presente segregación ni exudación excesiva que puedan perjudicar en el desarrollo de las propiedades del concreto endurecido (*Neville & Brooks, 2010*).

2.2.15. CONCRETO EN ESTADO FRESCO

2.2.15.1. TRABAJABILIDAD

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto.

Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas de proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido en la masa.

El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar excesivamente, ni exudarse durante estas operaciones. La exudación es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales Sólidos – cemento, arena y piedra dentro de la masa.

Debido a la tendencia del concreto recién mezclado a segregarse y exudar, es importante transportar y colocar cada carga lo más cerca posible de su posición final. El aire incluido mejora la trabajabilidad y reduce la tendencia del concreto fresco de segregarse y exudar.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad. Por lo general la trabajabilidad se ha medido por muchos años con el método del “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto.

Tabla 2 12 Trabajabilidad y revenimiento de concretos con tamaño Máximo de agregado entre ¾" a 1 ½".

GRADO DE TRABAJABILIDAD	REVENIMIENTO		USO CONVENIENTE DEL CONCRETO
	mm	in	
Muy baja	0 - 25	0 - 1	En caminos vibrados por maquinarias de poder. En el final mas trabajable de este grupo, el concreto se puede compactarse en ciertos con maquinas manuales.
Baja	25 - 50	.1 - 2	En caminos vibrados con maquinas manuales. En el final mas trabajable de este grupo, el concreto se puede compactar manualmente en caminos usando agregado de forma redonda o irregular. Cimentaciones de concreto en masa sin vibracion o secciones reforzadas ligeramente con vibracion.
Media	50 - 100	.2 - 4	En el final menos trabajable de este grupo, se encuentran las losas planas compactadas manualmente que usan agregados triturados, concreto reforzado normal, compactado manualmente y secciones muy reforzadas con vibracion
Alta	100 - 75	.4 - 7	Para secciones con refuerzo aglomerado. Normalmente no es adecuado para ser vibrado

La reología, que es la ciencia que estudia el flujo o desplazamiento de los materiales, ha establecido los siguientes conceptos, como se observa en la Figura 2.6, que permiten enfocar con más precisión el comportamiento reológico del concreto en estado fresco y por consiguiente su trabajabilidad:

a. Estabilidad

Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas. Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluadas con métodos standard que permiten comparar dichas características entre varios diseños, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos.

b. Compactabilidad

Es la facilidad con que el concreto o mortero fresco es compactado o consolidado para reducir el volumen de vacíos y por lo tanto el aire atrapado.

c. Movilidad

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúa en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte.

La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento, la cohesión es la fuerza de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, y la resistencia interna al corte la provee la habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

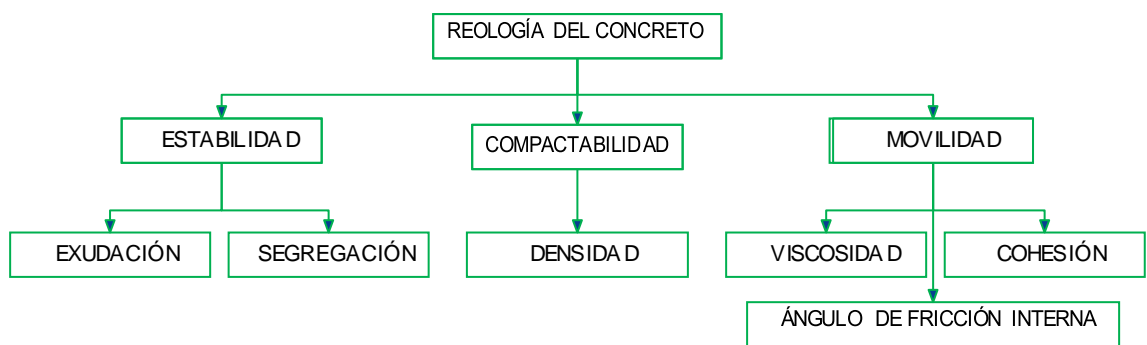


Figura 2.6 Parámetros de la reología del concreto fresco.

Fuente: ACI 309R.

2.2.15.2. FACTORES QUE GOBIERNAN LA TRABAJABILIDAD

Los factores que gobiernan la trabajabilidad del concreto, descritos en la Tabla 2.13, son los mismos que gobiernan su reología, (Portugal, 2007).

Tabla 2.13 Factores que influyen en la trabajabilidad del concreto.

Factores Internos					Factores Externos	
Cemento	Agua	Agregados	Fibra	Dosificación	Medioambiente	Condiciones Obra
*Tipo	*Cantidad	*Forma	*Tipo	*Relación	*Temperatura	*Encofrados
*Cantidad		*Textura	*Cantidad	agua/cemento	*Velocidad de viento	*Acero de refuerzo
*Finura		*Granulometría		*Relación	*Humedad relativa	*Método de compactación
*Composición		*Tamaño máximo		finos/gruesos		
*Calor de hidratación						

Fuente: Portugal, 2007.

2.2.15.3. MEDIOS PARA EVALUAR LA TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Para preparar mezclas de concreto que satisfagan las condiciones de obra, deben tomarse en cuenta las características que presenta el concreto en estado fresco, (ver figura N°2.7), las cuales son verificables por medios accesibles, y en conjunto se complementan para ofrecer una perspectiva global de su trabajabilidad. Dichas características son:

- A) Homogeneidad y uniformidad
- B) Consistencia
- C) Temperatura de la mezcla
- D) Estabilidad
- E) Compactabilidad

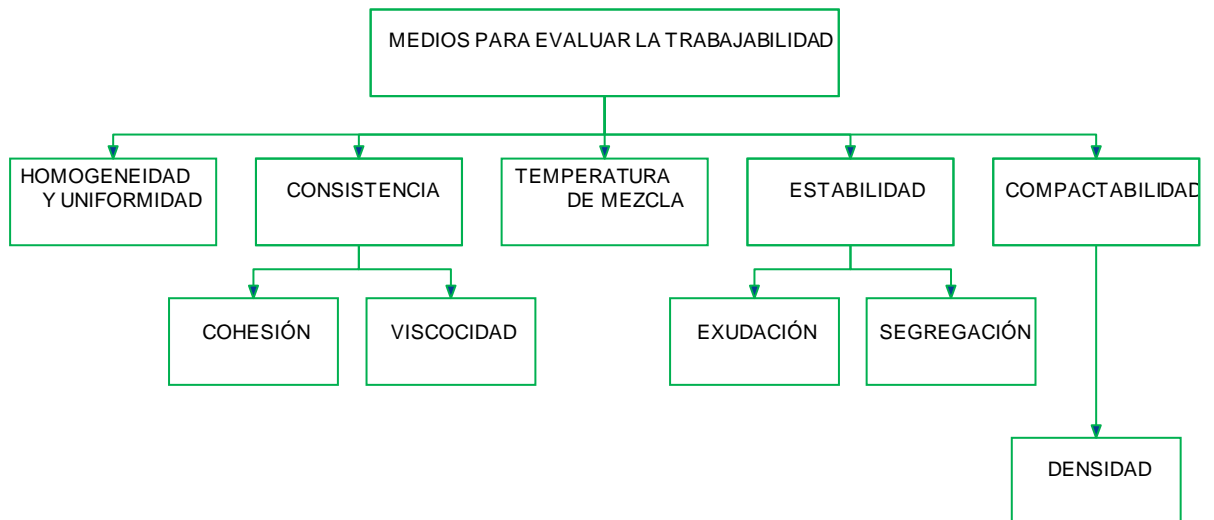


Figura 2.7 Medios para evaluar la trabajabilidad del concreto en estado fresco.

Fuente: Elaboración propia.

A. HOMOGENEIDAD Y UNIFORMIDAD

Torre (2004) señala que la homogeneidad es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa, (339.036, 2011).

Es posible considerar la homogeneidad del concreto fresco desde dos puntos de vista:

➤ Homogeneidad del mezclado

Corresponde a la homogeneidad “en el seno de la bachada”, esta depende esencialmente, del acto de mezclado, que involucra la forma y la secuencia como se administran los ingredientes, y las características y condiciones del funcionamiento del equipo mezclador y el tiempo de revoltura, principalmente.

➤ Homogeneidad de producción (uniformidad)

Se refiere a la uniformidad del concreto de bachada a bachada, la cual, es más bien un reflejo de la eficacia del proceso de producción, incluyendo su calibración rutinaria, y el control de calidad.

Para evaluar la homogeneidad y uniformidad al término del mezclado, se toman dos muestras de concreto fresco en diferentes porciones de la bachada, ya sea después del 10%, o bien, antes del 90% de la descarga, según lo establecido en la norma ASTM C94 y haciendo uso del método de muestreo descrito en la norma NTP 339.036 (ASTM C172).

B. CONSISTENCIA (COHESION Y VISCOSIDAD)

Riwa López (2010b) advierte que la consistencia de concreto se relaciona principalmente con en el grado de movilidad alcanzado por las mezclas de concreto para diferentes condiciones de humedad; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede ser muy consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica.

El comité ACI 309R clasifica al concreto por el asentamiento de la mezcla fresca (ver Tabla 2.16). El método de determinación empleado es conocido como método del cono de asentamiento (NTP 339.035).

Tabla 2.14 Grados de consistencia de la mezcla de concreto.

Tipo de Consistencia	Asentamiento	
	pulg	cm
Seca	0 - 1	0 - 2.5
Semiplástica	1 - 3	2.5 - 7.5
Plástica	3 - 5	7.5 - 12.5
Semifluida	5 - 7½	12.5 - 19.0
Fluida	>7½	>19.0

Fuente: ACI 309.

C. TEMPERATURA DE MEZCLA

La variación de la temperatura del concreto al ser mezclado, puede ser una causa importante de cambios en la consistencia de las mezclas y un obstáculo para lograr una adecuada uniformidad en la calidad del concreto. La temperatura de una mezcla de concreto recién elaborada, depende básicamente de la temperatura de cada uno de sus componentes y de las respectivas cantidades en que se emplean, de manera que puede ser calculada con razonable aproximación conociendo dichas temperaturas y cantidades.

Bajo condiciones de clima cálido, se requiere una mayor cantidad de agua para una determinada consistencia o asentamiento. De los experimentos realizados por Soroka, 1993, citado por **Ortiz (2005)**, indica que un aumento de 10°C en la temperatura del hormigón tiene como consecuencia la disminución en el asentamiento inicial de aproximadamente 25 mm; de igual forma, por cada 10°C de aumento en la temperatura del concreto, se necesitarán de 4 a 6 kg/m³ de agua para mantener un mismo asentamiento.

Ortiz (2005) afirma que el efecto de la temperatura en la demanda de agua es principalmente producido por su efecto en la velocidad de la hidratación del cemento, evaporación del agua de amasado y la absorción de los áridos de esta agua.

En ningún caso la temperatura del concreto al ser colocado será mayor a 32°C ni menor de 13°C. El concreto deberá así mantener su temperatura mínima no menos de tres días para lograr conseguir al final del periodo de protección las propiedades deseadas para el concreto.

D. ESTABILIDAD

Un concreto trabajable, en estado fresco, no debe presentar segregación ni exudación excesiva, que eventualmente originen fisuras por retracción plástica.

E. COMPACTIBILIDAD (DENSIDAD)

La compactidad, íntimamente ligada a la densidad, depende de los mismos factores que ésta, sobre todo del método de consolidación empleado. Estos métodos de consolidación tienen por objeto introducir, en un volumen determinado, la mayor cantidad posible de áridos y, al mismo tiempo, que los huecos dejados por éstos se rellenen con la pasta de cemento, eliminando por completo las burbujas de aire.

Existe un parámetro denominado "Factor de compactación", que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre la densidad del concreto compactado. La Tabla 2.15 muestra los factores de compactación para diferentes grados de consistencia, cuando este valor esté más cerca de la unidad, obtendremos el diseño más eficiente en cuanto a la compactibilidad.

Tabla 2.15 Factor de compactación en función del asentamiento del concreto.

Tipo de Consistencia	Asentamiento		Factor de compactación
	pulg	cm	
Seca	0 - 1	0 - 2.5	0.75
Semiplastica	1 - 3	2.5 - 7.5	0.85
Plástica	3 - 5	7.5 - 12.5	0.90
Semifluida	5 - 7½	12.5 - 19.0	–
Fluida	>7½	>19.0	0.95

Fuente: ACI 309R.

F. TIEMPO DE FRAGUADO

El Instituto del Concreto (1997) manifiesta que cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica (flujo de calor de dentro hacia fuera de la reacción) que determina la paulatina rigidización de la mezcla.

Al seguir el proceso de rigidización del concreto, por el método de las agujas de penetración NTP 339.082 (ASTM C403), se obtiene una evolución como la que se presenta en la Figura 2.17. En el cual se distinguen tres etapas principales:

➤ **El lapso anterior al fraguado**

Durante el cual, el concreto se manifiesta como una mezcla relativamente blanda y moldeable, en función de la consistencia con que se elabora.

➤ **El lapso de fraguado**

En cuyo curso la mezcla aumenta progresivamente de consistencia, para convertirse en una masa rígida que ya no es moldeable, pero que aún no adquiere resistencia mecánica apreciable.

➤ **El lapso posterior al fraguado**

Corresponde a la etapa del endurecimiento propiamente dicho.

Por razones de utilidad práctica, se considera que la primera etapa, es aquella en que el concreto puede ser moldeado o remoldeado; en la segunda etapa, el concreto se halla en curso de rigidización y ya no puede ser moldeado o remoldeado, sin riesgo de causarle daño permanente. En la tercera etapa, al concreto debe dársele el curado adecuado para asegurar con esto, que el concreto satisfaga los requisitos de resistencia y

durabilidad exigidos por la obra , (*Instituto del Concreto, 1997*)
,(ver Figura 2.17).

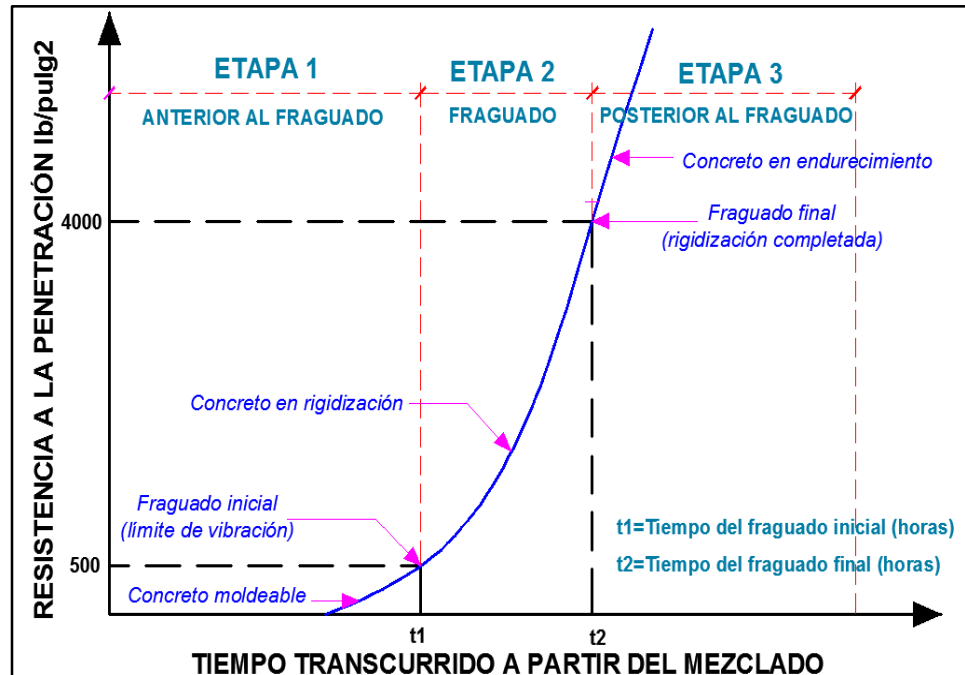


Figura 2.8 Etapas de fraguado del concreto, utilizando las agujas de penetración.

Fuente: Instituto del Concreto, 1997.

2.2.16. CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

2.2.16.1. RESISTENCIA A LA COMPRESION

El concreto presenta una alta resistencia a los esfuerzos de compresión y muy poca a los de tracción, razón por la cual, la resistencia a la compresión simple es la propiedad a la que se le da mayor importancia.

Desde el punto de vista de la resistencia a la compresión se considera un concreto de resistencia normal cuando no supera los 420 kg/cm².

Por otra parte se considera que un concreto es de alta resistencia cuando esta es superior a 420 kg/cm² e inferior a 1000 kg/cm², a 28 días. Cuando tiene

resistencias superiores a 1000 kg/cm² se considera como de ultra alta resistencia (**Concreto, 1997**).

2.2.16.1.1. NATURALEZA DE LA RESISTENCIA EN LA COMPRESION

El concreto es una masa endurecida que por su propia naturaleza es discontinua y heterogénea. El cemento hidratado, es en sí mismo una masa semicristalina discontinua, con un elevado grado de porosidad, que contiene agua libre y agua no evaporable.

Adicionalmente, esta agua libre al exudar y evaporarse, deja micro poros y canales capilares continuos en el gel de cemento, los cuales se convierten posteriormente en medios para el intercambio de humedad en el concreto y el ambiente que lo rodea.

Por otra parte la presencia de agregados incide notablemente en la heterogeneidad, debido a la diversidad de tamaños, textura superficial y geometría de las partículas. Todo esto es lo que hace imposible lograr una adherencia perfecta entre la pasta de cemento y cada una de las partículas de agregado, sin embargo la adición de microsílíce en este sistema, incrementa la adherencia en la zona de transición.

La heterogeneidad y naturaleza discontinua del concreto sin embargo son ventajosas, debido a que proporcionan la “cuasiductibilidad” y los mecanismos de disipación de energía

esenciales para un material de sometido a cargas estáticas y dinámicas.

En resumen la resistencia a la compresión del concreto se rige principalmente por la resistencia e interacción de sus fases constituyentes:

- La resistencia de la pasta hidratada y endurecida (matriz).
- La resistencia de las partículas del agregado.
- La resistencia de la interface matriz – agregado.

Los concretos de alta resistencia suelen tener una zona interfacial que varía entre 10 a 50 μm , esta zona contiene una más alta porosidad y un alto volumen de hidróxido de calcio, como se muestra en la Figura 2.18, en los concretos sin adiciones minerales esta zona es consecuentemente frágil y más permeable que la pasta fuera de la zona de transición, a pesar de ser esta zona delgada esta suele ser una porción importante que varía entre una cuarta a tercera parte del volumen de pasta en el mortero o concreto.

En los concretos con adiciones minerales finas esta zona suele llenarse de estas formando una zona más densa, así mismo la mayor acumulación de los cristales de hidróxido de calcio proporcionan un fuente para la combinación con las puzolanas adicionadas,

el uso de microsílíce densifica notablemente esta zona creando los mecanismos de alta adherencia entre los agregados y las pasta cementicia,(ver Figura 2.9).

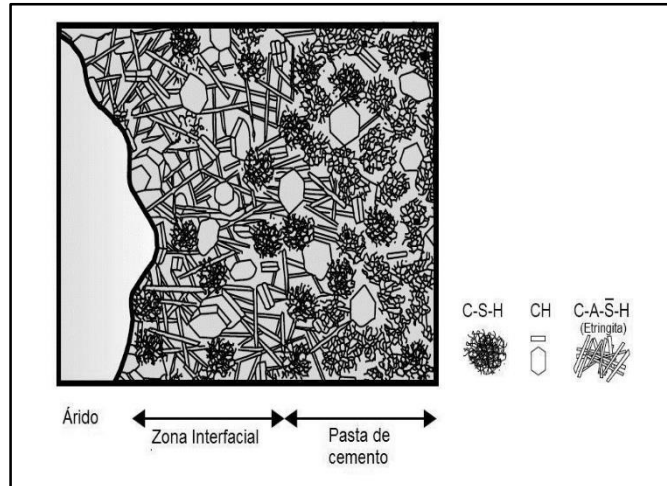


Figura 2.9 Representación de la zona de interfase o transición en un concreto sin adiciones.

Fuente: Portugal, 2007.

2.2.16.1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

En general, es factor más importante que afecta la resistencia a la compresión del concreto es la relación agua/cemento, además de éste factor se pueden observar otros más en la figura 2.10.

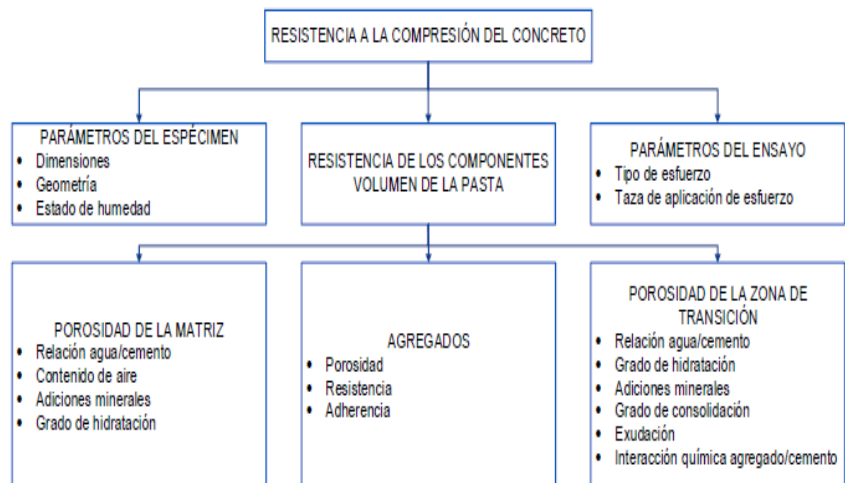


Figura 2.10 Diagrama de factores que influyen en la resistencia a la compresión del concreto.

Fuente: Portugal, 2007.

2.2.17. DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica del concreto, conocida usualmente como diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas; y que en el endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o especificaciones de la obra.

2.2.18. REQUISITOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

Las mezclas de concreto según (Lopez, 2010) deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- La mezcla deberá ser fácilmente trabajable en los encofrados y especialmente en sus esquinas y ángulos, así como alrededor del acero de refuerzo y elementos embebidos, utilizando los procedimientos de colocación y consolidación disponibles en obra; sin que se presente segregación del agregado grueso, o exudación excesiva en la superficie del concreto, y sin pérdida de uniformidad de la mezcla.
- La mezcla endurecida tendrá las propiedades requeridas por los planos y/o las especificaciones de obra.
- El costo de la unidad cubica de concreto será el mínimo compatible con la calidad deseada.

2.2.19. PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO DE MEZCLA

(Lopez, 2010) 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.

1) Estudiar cuidadosamente los requisitos indicados en los planos y en las especificaciones de obra.

2) Seleccionar la resistencia promedio requerida (f_{cr}) para obtener en obra la resistencia de diseño (f'_c) especificada por el proyectista. En esta etapa se deberá tener en cuenta la desviación estándar y el coeficiente de variación de la compañía constructora, así como el grado de control que se ha de ejercer en obra.

3) Seleccionar, en función de las características del elemento estructural y del sistema de colocación del concreto, el tamaño nominal máximo del agregado grueso.

La norma NTP 400.037 sugiere que el tamaño nominal máximo del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
- Un tercio del peralte de las losas; o
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de presfuerzo.

4) Elegir la consistencia de mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma. Se tendrá en consideración, entre otros factores la trabajabilidad deseada, las características de los elementos estructurales y las facilidades de colocación y

compactación del concreto.

Cuando no se especifica el asentamiento, un valor aproximado se puede elegir de la Tabla 2.16, realizada por el comité ACI 211.1. Los rangos indicados en esta Tabla corresponde a concretos consolidados por vibración.

Tabla 2.16 Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras.

Tipo de Estructura	Slump Máximo	Slump Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI 211.1.

5) Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad cúbica de concreto, considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire, incorporado o atrapado, en la mezcla.

La Tabla 2.17, realizada por el comité ACI 211.1, permite seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados en estado seco y de perfil angular; teniendo como factores al asentamiento y tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla 2.17 Volumen unitario de agua.

	Agua en lt/m ³ , para TNM agregados y consistencia							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

Fuente: ACI 211.1.

6) Determinar el porcentaje de aire atrapado o el aire total, según se trate de concretos normales o de concretos en los que expresamente, por razones de durabilidad, se ha incorporado aire, mediante el empleo de un aditivo.

La Tabla 2.18, realizada por el comité ACI 211.1, proporciona el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, para diferentes tamaños máximos nominales del agregado grueso.

Tabla 2.18 Contenido de aire atrapado.

TNM del Agregado Grueso	% Aire Atrapado
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: ACI 211.1.

7) Seleccionar la relación agua-cemento requerida para obtener la resistencia deseada en el elemento estructural. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada y la presencia o ausencia de aire incorporado.

8) Seleccionar la relación agua-cemento requerida por condición de durabilidad. Se tendrá en consideración los diferentes agentes externos e internos que podrían atentar contra la vida de la estructura.

9) Seleccionar la menor de las relaciones agua-cemento elegida por resistencia y durabilidad, garantizando con ello que se obtendrá en la estructura la resistencia a la compresión necesaria y la durabilidad requerida.

10) Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto, en función del volumen unitario de agua y de la relación agua-cemento seleccionada.

11) Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso. La selección de la cantidad de cada uno de ellos en la unidad cúbica del concreto está condicionada al procedimiento de diseño seleccionado (método del agregado global, ACI, módulo de fineza, Walker, etc.)

12) Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones las mezclas, considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.

13) Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.

14) Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en laboratorio.

15) Ajustar las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados bajo condiciones de obra.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES:

Asentamiento: también conocido como revenimiento, es la medida de la consistencia de una mezcla de concreto fresco realizada con el cono de Abrams y se suele expresar en pulgadas. Se mide el descenso de la masa de concreto al quedar libre del cono en que fue moldeada con relación a la altura del mismo. Mientras mayor sea esta diferencia de altura, se puede llegar a concluir que la masa de concreto es muy fluida, (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

Absorción: proceso por el cual un líquido es atraído hacia un sólido poroso y tiende a llenar los poros permeables del mismo; también el aumento de masa de un sólido poroso que se produce como resultado de la penetración de un líquido en sus poros permeables, (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

ACI: Instituto Estadounidense del Concreto (American Concrete Institute), (<https://es.wikipedia.org/wiki/ACI>, s.f.).

Agregado: Es toda aquella partícula de mineral, relativamente inerte que ocupa el mayor volumen de la mezcla de concreto, (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

Agregado Fino: Nota: las definiciones son diferentes alternativas que se aplican bajo diferentes circunstancias. La definición (1) se aplica a la totalidad de un agregado, ya sea en estado natural o luego de su procesamiento. La definición (2) se aplica a una porción de un agregado. En las especificaciones se deberían establecer los requisitos sobre propiedades y granulometría, (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

Agregado Grueso: Agregado predominantemente retenido sobre un tamiz de 4,75 mm (No. 4), o aquella porción retenida sobre un tamiz de 4,75 mm (No. 4), (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

ASTM: Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials), (<https://es.wikipedia.org/wiki/ASTM>, s.f.).

Cemento: El cemento es un material de construcción formado por la mezcla de varios elementos adhesivos. Este resistente material debe su nombre a lo que los romanos denominabas “opus caementitium”, que del latín al español es traducible como obra cementicia. Los romanos llamaban así a una mezcla de grava y otros materiales similares al hormigón que utilizaban para fabricar los morteros, (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

Concreto: Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (ACI 318S).

Curado: Mantenimiento de un contenido de humedad y una temperatura satisfactorios en el hormigón durante sus etapas tempranas de manera que se puedan desarrollar las propiedades deseadas, (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

Densidad: es una magnitud o propiedad física que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m^3), (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

Dosificación: establece las proporciones apropiadas de los materiales que componen un concreto, a fin de obtener la manejabilidad, resistencia y durabilidad requeridas, o bien para obtener un acabado o adherencia correctos, (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

Encofrado de Cilindros: Sistema de moldes destinados a dar apoyo y dar forma a los elementos de concreto mientras este adquiere resistencia propia, (**Concreto, 1997**).

Granulometría: es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado que se determina por análisis de un conjunto de tamices de malla de alambre con aberturas cuadradas (las cuales gradualmente varían de tamaño). La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto, **(CONSTRUCCIÓN, 2017)**.

Humedad: Ligeramente impregnado de agua u otro líquido. **(CONSTRUCCIÓN, 2017)**.

Relación arena/agregado grueso: Relación entre el agregado fino y el agregado grueso en un pastón de hormigón, ya sea en peso o en volumen.

Resistencia Última: Máxima resistencia a una carga o a una combinación de cargas que un miembro o estructura es capaz de desarrollar antes de su falla, **(CONSTRUCCIÓN, 2017)**.

Probeta: s una muestra de dimensiones previamente definidas, elaborada a partir de cualquier sustancia o material para probar sus características mecánicas tales como elasticidad, resistencia, entre otros, **(CONSTRUCCIÓN, 2017)**.

Relación agua/cemento: También conocida como a/c, expresa la íntima relación que existe entre el peso del agua utilizada en la mezcla y el del cemento e influye en la resistencia final del concreto. Dado que el peso del agua utilizada siempre es menor que el peso del cemento, el guarismo resultante es menor que la unidad. Una relación a/c baja conduce a un concreto de mayor resistencia que una relación alta. Pero entre más alta es la relación, el concreto se vuelve más trabajable.

La menor relación recomendable para una hidratación completa del cemento se considera igual a 0.42. (**CONSTRUCCIÓN, 2017**).

Trabajabilidad : La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado-, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue) (**Rivera G., 1992**).

Resistencia a la compresión del concreto (f_c) : La resistencia a la compresión es la resistencia que se emplea como control de calidad del cemento. El ensayo se hace preparando un mortero hecho de una parte de cemento y 2,75 partes de agregados naturales, normalizada para el ensayo, (**Rivera G., 1992**).

Diseño de mezcla : Es dosificar una mezcla de concreto para determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse (**Rivera G., 1992**).

2.4. HIPÓTESIS:

2.4.1. HIPOTESIS GENERAL

- H1: El concreto de 210⁰ reforzado con fibra de lechuguilla mejora la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210⁰.
- Ho: El concreto de 210⁰ reforzado con fibra de lechuguilla no mejora la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210⁰.

2.4.2. HIPOTESIS ESPECÍFICOS

- H1: El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla presenta mejor trabajabilidad que el concreto de 210°.
- Ho: El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla no presenta mejor trabajabilidad que el concreto de 210°.
- H1: El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla presenta mejor resistencia a la compresión que el concreto de 210°.
- Ho: El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla no presenta mejor resistencia a la compresión que el concreto de 210°.

2.5. VARIABLES:

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE:

- Trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:

- La fibra de lechuguilla

2.5.3. VARIABLE INTERVINIENTE:

- Tiempo

2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 2.19 Operacionalización de variable

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADOR
X: Fibra de lechuguilla	La fibra de lechuguilla es un componente que representa el 0.5 % del peso del concreto	Dosis de fibra de lechuguilla sujeta a antecedentes.	La dosificación máxima estará sujeta al porcentaje permisible.
Y1: Trabajabilidad	Propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado	Nivel de consistencia.	Asentamiento (slump) de cono alcanzado por las mezclas de prueba
		Mantenimiento de la docilidad.	Tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de cono de 3" a 4".
Y3: Resistencia mecánica	Propiedad del concreto que le permite soportar cargas y esfuerzos.	Resistencia a la compresión	Valores registrados de la rotura de probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. METODO Y DISEÑO

3.1.1 METODO DE LA INVESTIGACION:

La investigación a ser aplicada es de carácter experimental porque se someterá a ensayos destructivos (probetas hechas de concreto con la fibra de lechuguilla) tal como lo requiera la ASTM C- 39/C, en el cual nos permitirá medir las variables dependientes de cada una de las muestras.

La finalidad es de realizar la evaluación de la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210^o reforzado con fibra de lechuguilla.

El trabajo experimental consistirá en diseñar y elaborar 2 diseños de mezclas de concreto, el primer 01 diseño de mezcla lo conforma el grupo de control, está se realizara en base a la relación agua y cemento **a/c = 0.5502** con asentamientos de **3” a 4”**, el diseño de concreto de 210^o estará denominado por la letra A.

El diseño 02 de mezclas pertenecerán al grupo experimental, éstas se obtendrán de la adición de dosificación de fibra de lechuguilla para la relación **a/c = 0.5502**, finalmente la simbología de cada mezcla estuvo compuesta por la letra que identifica la relación **a/c (A)** y un número correlativo que identifique la tasa de dosificación de la fibra **(1)**.

Los componentes de cada una de las mezclas (agregados, agua y cemento) poseen las mismas propiedades físicas en cada una de las amasadas, de este modo, la variable a tomar en cuenta en la investigación será únicamente la variación de la tasa de dosificación de la fibra de lechuguilla.

La dosificación de fibra de lechuguilla que será utilizada para elaborar la mezcla es: **0.5% kilogramos del peso del concreto que equivale a 0.369.**

El procedimiento experimental se iniciará con el estudio de las propiedades de los materiales de concreto (cemento, agregados, agua y fibra), a fin de poder verificar si son aptos para utilizarse en la elaboración de mezclas de concreto.

Para la relación a/c y dicha combinación de agregados, mediante ajustes sucesivos se determinarán la cantidad de agua necesaria para obtener un asentamiento de **3" a 4"**.

El método de dosificación del **A.C.I. 211.1**, es tomado en el presente proyecto de investigación como referencia en lo que respecta a la cantidad de agua necesaria, ya que los valores recomendados están por debajo de los obtenidos en el laboratorio con cemento Andino tipo I.

Una vez determinada la cantidad de agua para la relación a/c se procedió a considerar la inclusión de la fibra de lechuguilla con la finalidad de evaluar las propiedades del concreto, como resultado de la manipulación de la fibra de lechuguilla.

Cada una de las mezclas de concreto de 210° se evaluará la trabajabilidad y la resistencia a la compresión.

ESTADO FRESCO: se medirá la trabajabilidad, para ello se analizará:

- El asentamiento del concreto para controlar su trabajabilidad (NTP 339.035)
- Peso unitario y rendimiento (NTP 339.046)
- Temperatura (NTP 339.184).

ESTADO ENDURECIDO: Se estudiaran:

- La resistencia a la compresión en cilindros (NTP 339.034).

Para la realización de los ensayos del concreto, en estado fresco y endurecido, se empleará una mezcladora, de 35 lts de capacidad. La cantidad total de concreto que se elaborara en el laboratorio (tanda de ensayo) fue para 15 cilindros de ensayo.

La resistencia a la compresión se medirá en cilindros de diámetro de 15 cm y 30 cm de altura; todos los especímenes serán curados según lo establecido en la norma NTP 339.183 hasta el día de su ensayo.

Con la finalidad de controlar la influencia de otras variables extrañas que puedan incidir en el desarrollo de la investigación. La evaluación de las propiedades de los agregados, la elaboración de las 2 mezclas y los ensayos al concreto en estado fresco y endurecido se realizaron en el “Laboratorio de Suelo y Topografía de la Universidad de Huánuco”.

3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACION:

El diseño de investigación elegido en la tesina, se utilizò el diseño:

3.1.2.1 Experimental:

Es experimental puesto que se hizo uso del Laboratorio de ensayo de Mecánica de suelos de la Universidad de Huánuco a fin De realizar los diferentes ensayos que se requieren para la investigación.

3.1.2.2. Prospectivo

Es prospectiva puesto que las pruebas y ensayos determinan la veracidad de la hipótesis general en un futuro cercano.

3.1.2.3. Longitudinal:

El interés del investigador es analizar los diferentes cambios que ocurre a través del tiempo en determinadas variables, según el número de mediciones es LONGITUDINAL.

En nuestro estudio la estructura del diseño de investigación fue la siguiente:

A. La ubicación de cantera está en : (ver gráfico N°3.1)

Región : Huánuco

Provincia: Huánuco

Distrito: Churubamba

Lugar: Churubamba

Referencia : A 20 km de Huánuco

Al lado derecho del Rio Huallaga



Gráfico 3.1 Ubicación geográfica de la cantera de Churubamba

B. La cantera que se eligió fue la de Churubamba por que se hizo un ensayo para ver la salinidad y no tiene tanta impureza como otras canteras, también se hizo prueba de campo para ver si es limpio o tiene gran porcentaje de suciedad y se obtuvo que tiene bajo índice de suciedad En la cantera de Churubamba se concentra de manera global los agregados ya que concentra de los ríos que existen. (ver gráfico N°3.2)



Gráfico 3.2 Banco del hormigón.

- C.** Se elaborará con el cemento Portland Tipo I los especímenes de concreto de 210^o y el concreto de 210^o con fibra de lechuguilla, para el diseño se utilizará el Método ACI y la norma a emplear será la ASTM . (ver gráfico N°3.3)



Gráfico 3.3 Cemento andino tipo I

- D.** La resistencia de concreto se establecerá de acuerdo a la Norma de Edificaciones E – 060 , para poder obtener un concreto apto para edificaciones, cuyo concreto mínimo de resistencia será 210 kg/cm² a 55 MPa .

Para el diseño se trabajará con un $f'c=210$ para conseguir una resistencia de diseño $f'cr= f'c+85$ MPa , por lo cual el $f'cr$ es :

$$f'cr= 296.70 \text{ MPa}$$

- E. Para el lavado del agregado se utilizó una carretilla , una pala . Se comienza a lavar para eliminar las impurezas ya que está concentrada con finos del río lo cual debemos eliminar.
- F. Para poder realizar nuestro diseño necesitamos que el hormigón este limpio.

Teniendo ya la muestra lavada, observamos el hormigón que tiene diferentes tamaños y es muy inestable en cuanto a su granulometría, para poder establecer de acuerdo a la Norma ASTM C- 33 y/o NTP – 339-008 se tiene que clasificar el hormigón para poder estar dentro de la faja granulométrica. La faja que se eligió de acuerdo a la Norma ASTM C- 33 fue la N° 6-7 porque es la que más se aproxima.

Se muestra en la tabla 3.1 de la faja N° 6 -7

Tabla 3.1 .Faja N° 6-7

TAMIZ	% QUE PASAN
1 Pulgada	100 %
3/4 Pulgada	90 a 100 %
1/2 Pulgada	-
3/8 Pulgada	20 % a 55 %
Numero 4	0 % a 10 %
Numero 8	0% a 5 %

Para poder obtener la faja requerida, empezamos hacer el tamizado para estar dentro de la faja ya que en su estado natural no encontramos una granulometría estable.

G. Para realizar nuestro diseño de mezclas se tiene que realizar los ensayos de :

- Peso volumétrico de agregado fino: ASTM C-29 Metodo de evaluación estándar para densidad en bulk en agregados
- Peso volumétrico de agregado grueso: ASTM C-29 Metodo de evaluación estándar para densidad en bulk en agregados
- Peso volumétrico de la fibra de lechuguilla. ASTM C-29 Metodo de evaluación estándar para densidad en bulk en agregados
- Características físicas y mecánicas del agregado grueso: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012 (Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.
- Características físicas y mecánicas del agregado fino: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012 (Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.
- Densidad relativa del agregado grueso para concreto: Agregado para concreto NTP 400.012 (Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.
- Densidad relativa del agregado fino para concreto: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012 (Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.
- Densidad relativa de la fibra de lechuguilla. ASTM C- 127, (Standart Test Method for Density, Relative (Specific Gravity), and Absorptionof Coarse Aggregate).

- Densidad del cemento: ASTM C 188 (Standart Test Method for Density of Hydraulic Cement).
- Ensayo de ph del agregado grueso para concreto: ASTM D-1293
- Ensayo de ph del agregado fino para concreto: ASTM D- 1293

H. Para la elaboración del concreto se realizará el control de los materiales de acuerdo a la Norma para el diseño de concreto.

I. El grupo de control, estará conformado por el diseño de mezcla de concreto de 210° con relación de agua y cemento, **a/c = 0.5502**.

J. Cuando se realizan las probetas de acuerdo a las edades se realizar 15 por cada edad, según Norma mínimo es 15 probetas.

K. El curado será permanente, en agua y en condiciones similares será para todos los especímenes que se realizarán de acuerdo a la norma ASTM C – 31.

L. Cuando se realiza el ensayo destructivo se tendrá que hacer más de un ensayo para poder conseguir los datos y hacer luego una comparación, nos apoyaremos en la aplicación de la estadística y de la norma ASTM C – 39.

Para la obtención de los resultados del ensayo de compresión y medir las resistencia de cada espécimen se realizara con la norma ASTM C- 39 / C 39 M. En cuanto a la comparación de resultado de realizará en tiempos de 24 horas de las edades de 3, 7, 14 y 28, desde su elaboración de cada espécimen.

- M. Se realizará el control de SLUM C-143 para determinar la trabajabilidad del concreto de 210° y el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

Para el control endurecido de cada espécimen se tiene que realizar el ensayo de destructivo para obtener los resultados de la resistencia según a la Norma ASTM C- 39 / C 39 M y la ASTM C1077.

El ensayo de densidad nos determinar si se encuentra dentro de lo que está establecido en norma y por ultimo hacer una comparación y evaluación de todos los resultados obtenidos.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.2.1. TIPO:

La investigación es del tipo cuasi experimental debido a que la investigación está orientada para obtener variables y comprobar la hipótesis aplicando métodos estadísticos, con la finalidad de evaluar los parámetros de diseño, la trabajabilidad y su resistencia a la compresión.

Enfoque

Se empleará un enfoque cuantitativo ya que las variables son medibles, estableciendo parámetros de medición y ensayos establecidos de acuerdo a norma. Luego de obtener los resultados se realizará las comparaciones y diferencias.

3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACION:

El nivel de esta investigación es Aplicativa ya que utilizaré los conocimientos obtenidos en esta investigación a fin de realizar los ensayos que me permitirán realizar una evaluación de la trababilidad y la resistencia a la compresión con respecto al concreto de 210°.

3.3. POBLACION Y MUESTRA

Se desea realizar la evaluación de la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

3.3.1. POBLACION:

La población está conformada por 02 diseños de mezclas, se realizará para cada diseño 60 probetas porque para cada edad se realizará 15 probetas.

En conclusión, realizare 120 probetas de concreto en total, ver tabla N°3.2).

Tabla 3.2 Población que conforma los diseños de mezcla.

DISEÑO DE MEZCLA N°1 CONCRETO DE 210°

ID MEZCLA	NUMERO DE PROBETAS	EDAD DIAS DEL ENSAYOS	TOTAL PROMEDIO	TOTAL
-----------	--------------------	-----------------------	----------------	-------

A	# 15	3 DIAS	15	60 PROBETAS PARA EL DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN
A	# 15	7 DIAS	15	
A	# 15	14 DIAS	15	
A	# 15	28 DIAS	15	

DISEÑO DE MEZCLA N°2 CONCRETO DE 210° REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA

ID MEZCLA	NUMERO DE PROBETAS	EDAD DIAS DEL ENSAYOS	TOTAL PROMEDIO	TOTAL
-----------	--------------------	-----------------------	----------------	-------

A-1	# 15	3 DIAS	15	60 PROBETAS PARA EL DISEÑO DEL CONCRETO CON FIBRA DE LECHUGUILLA
A-1	# 15	7 DIAS	15	
A-1	# 15	14 DIAS	15	
A-1	# 15	28 DIAS	15	

3.3.2. MUESTRA:

La muestra que elegí será la misma población, es decir todas las briquetas del concreto en propuesta que realizaré, (ver tabla N°3.3).

Tabla 3.3 Conformación de probetas por edades.

CANTIDAD DE PROBETAS PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA				
---	--	--	--	--

ID MEZCLA	NUMERO DE PROBETAS	EDAD DIAS DEL ENSAYOS	TOTAL PROMEDIO	TOTAL
A	# 15	3 DIAS	15	15 PROBETAS POR CADA EDAD, SUMANDO SERÀN 60
A	# 15	7 DIAS	15	
A	# 15	14 DIAS	15	
A	# 15	28 DIAS	15	

CANTIDAD DE PROBETAS PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA				
---	--	--	--	--

ID MEZCLA	NUMERO DE PROBETAS	EDAD DIAS DEL ENSAYOS	TOTAL PROMEDIO	TOTAL
-----------	--------------------	-----------------------	----------------	-------

A-1	# 15	3 DIAS	15	15 PROBETAS POR CADA EDAD, SUMANDO SERAN 60
A-1	# 15	7 DIAS	15	
A-1	# 15	14 DIAS	15	
A-1	# 15	28 DIAS	15	

TÉCNICA DE MUESTREO:

Para la selección de la muestra, empleamos el método probabilístico, específicamente el muestreo aleatorio simple. Para la elección del tamaño de la muestra se usa la proporción poblacional para una muestra finita, (Ver tabla N°3.4).

RESUMEN

Tabla 3.4 Cantidad de probetas del diseño de mezcla

ID MEZCLA	NUMERO	TOTAL
	PROBETAS	
A	60	60 PROBETAS
A - 1	60	60 PROBETAS
2 DISEÑOS DE MEZCLA	TOTAL DE PROBETAS	120 PROBETAS

POBLACION
Y MUESTRA

Las cantidades hallados para cada uno de los ensayos son los obtenidos de las normas correspondientes por lo cual justifica la cantidad calculada para la población y muestra.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES: NORMA E 0.60 CONCRETO ARMADO.

CAPITULO 3: REQUISITOS DE CONSTRUCCION.

4.3.3 SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES POR MEZCLA DE PRUEBA:

INSISO "D": Para cada mezcla de prueba deberán prepararse y curarse por lo menos 3 probetas para cada edad de ensayo, para lo cual se considerara 15 probetas para edad de ensayo. Se seguirá lo indicado en la Norma ASTM C192.

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

La recolección de información de fuentes secundarias serán plasmadas en textos, y siempre teniendo en cuenta los objetivos de la investigación.

Para la técnica de recolección de datos se empleará la ficha de observación muy propia para cada muestra al aplicar los respectivos ensayos, las que detallan en los anexos.

- Granulometría: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012 (Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.
- Densidad relativa finos ASTM D-854- ASTM C-128 gravedad específica y absorción de agregados finos
- Densidad relativa gruesos ASTM C-127 gravedad específica y absorción de agregados gruesos
- Peso Volumetrico de finos y grueso ASTM C-29 Metodo de evaluación estándar para densidad en bulk en agregados
- Peso unitario NTP 400:017
- Densidad relativa de la fibra de lechuguilla ASTM C-127
- Peso volumétrico de la fibra de lechuguilla ASTM C- 29
- PH del agregado grueso y fino ASTM D – 1293
- Densidad del cemento ASTM C 188
- Resistencia a la compresión ASTM-C-39.
- Asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 – ASTM C143

- Medición de la temperatura.
- Peso unitario y rendimiento NTP 339.046 – ASTM C 138

Pruebas estandarizadas. Normas NTP y ASTM, dónde encontramos los procedimientos para realizar los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido.

- Instrumentos o aparatos de medición. Tales como termómetro ambiental, equipos para medir las propiedades del concreto en estado fresco (cono de abrams) y endurecido (prensa de concreto).

3.4.1. PARA LA RECOLECCION DE DATOS (DETALLAR LAS TECNICAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS)

3.4.1.1. TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS:

Para determinar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido en la presente investigación, se aplicò como instrumentos los siguientes procedimientos:

- Consistencia normal Indicador de prueba, medición del Slump a través del Cono de Abrams. NTP 339.035 – ASTM C143
- Peso unitario Indicador de prueba, Balanza digital. NTP 339.046 – ASTM C 138
- Temperatura Indicador de prueba, medición de la temperatura del concreto a través de termómetro digital.
- Resistencia a la compresión ASTM-C-39.
- Ensayo para medir la trabajabilidad Indicador de prueba, Tabla para determinar la Trabajabilidad relacionada con el Slump obtenido.

- Las pruebas y ensayos mencionados serán realizadas bajo los estándares normados por las NTP vigentes.

3.4.1.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS:

Entre los instrumentos requeridos para llevar a cabo el presente estudio, se encuentran:

1. Equipos de laboratorio (balanzas digitales, termómetro, cono de Abrams, medidor de aire, cilindros graduados y máquina de ensayo) e implementos utilizados para llevar a cabo los ensayos correspondientes (mezcladora, carretilla, molde y cuchara metálica, barra compactadora, moldes cilíndricos, entre otros).
2. Planillas, cuadros para el registro de los resultados arrojados por los diversos ensayos efectuados.

3.4.2. PARA LA PRESENTACION DE DATOS (CUADROS Y/O GRAFICOS)

Los datos obtenidos se presentarán de las siguientes maneras:

- Ensayos en laboratorio sobre la trabajabilidad del concreto en estado fresco. Ver anexo.
- Ensayos en laboratorio de rotura de probetas del concreto endurecido. Ver anexo.
- Procesamiento de datos con herramientas digitales como el Word, Excel, etc.

Los resultados se plasmarán en fichas técnicas de laboratorios y memoria descriptiva de evaluación estructural. Ver anexo.

3.4.3. PARA EL ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS DATOS

La recolección de los datos, análisis e interpretación cumple con la siguiente secuencia de trabajo:

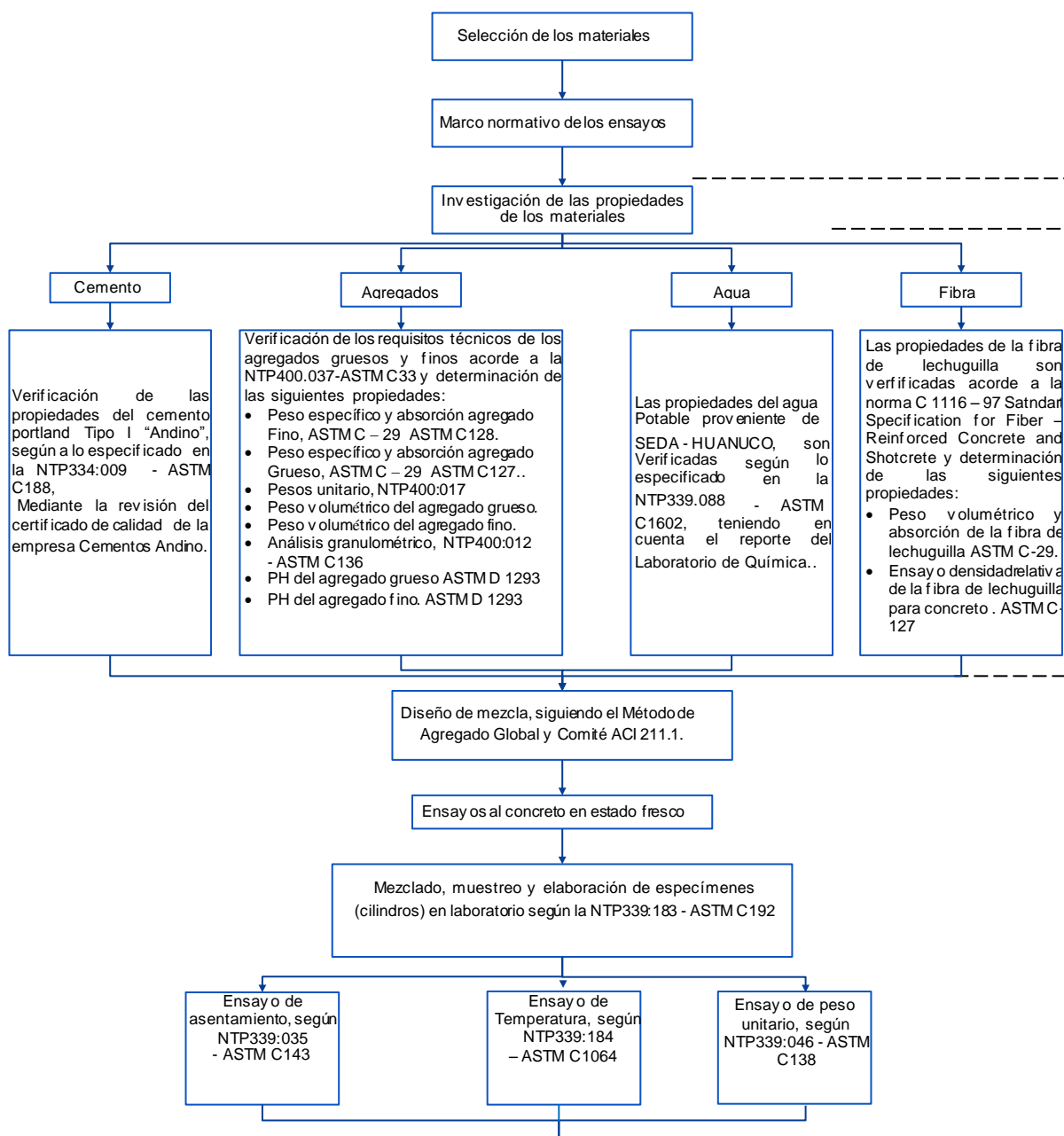
En el estudio del concreto usando fibra de lechuguilla se va evaluar la trabajabilidad y resistencia a la compresión, se planteó el siguiente flujograma de trabajo.

El cual tratara primero la recopilación de la información, luego determinar las propiedades físicas y químicas de los materiales, seguidamente la elaboración del concreto modificado, conjuntamente con la realización de los diversos ensayos a dicho concreto.

Estas etapas abarcan todo el desarrollo de la investigación y permitirán lograr los objetivos que nos estamos planteando.

La recolección de los datos cumple con la siguiente secuencia de trabajo: (ver figura N°3.1)

- **ETAPA 1:** Selección de los materiales.
- **ETAPA 2:** Marco normativo de los ensayos.
- **ETAPA 3:** Investigación de las propiedades de los materiales.
- **ETAPA 4:** Diseño de mezclas.
- **ETAPA 5:** Ensayos al concreto fresco.
- **ETAPA 6:** Ensayo al concreto endurecido.



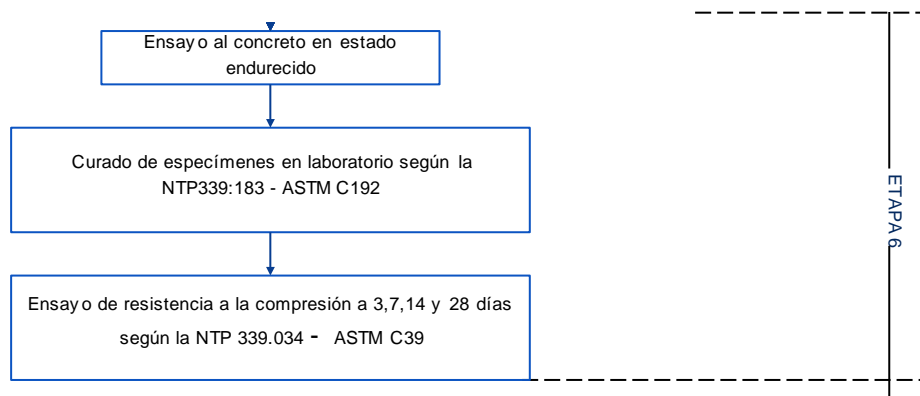


Figura 3.1 Secuencia de la ejecución de trabajo de investigación

Fuente: Elaboración propia.

3.5. EJECUCION DE LA INVESTIGACION:

3.5.1. ETAPA 1: SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

3.5.1.1. CEMENTO

Se elaborará con el cemento Portland Tipo I los especímenes de concreto y el concreto con fibra de lechuguilla, este tipo ofrece propiedades para usos generales, es el que más se emplea para estructuras cuando no se requieran de propiedades especiales, para el diseño se utilizará el Método ACI y la norma a emplear será la ASTM.

3.5.1.2. AGREGADOS

3.5.1.2.1. AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

Para la siguiente investigación se utilizará agregado grueso y fino procedente del banco del río Huallaga localizado a la altura del distrito de Churubamba, su ubicación geográfica en coordenadas UTM es: 375719 E, 8912256 m N y altitud 1816.00 msnm. Este material es extraído por explotación a cielo abierto y el proceso de

obtener las diferentes dimensiones del agregado que conforma una granulometría apta para el diseño de concretos. (ver gráfico N°3.4 y 3.5)



Gráfico 3.4 Ubicación geográfica del banco de arena Churubamba.



a

Gráfico 3.5 Inmediaciones del banco de hormigón, río Huallaga – Huánuco.

erial extraído de la cantera en su mayoría es:

- ✓ Hormigón
- ✓ Arena fina

La ubicación geográfica es

- ✓ Latitud 09°49'33"
- ✓ Longitud 76°08'15"

Se denomina agregado grueso para la faja N° 6-7 a la fracción mayor del tamiz N° 4 hasta los pasantes del tamiz de 1".

Los pasante del tamiz N° 4 hasta la arena fina son considerados agregado fino.

El agregado grueso y fino deben cumplir con la especificación ASTM C – 33 (Especificación Estándar para los agregados de concreto).

3.5.1.3. AGUA

El agua que se utilizara para la preparación y curado del concreto, proviene de la red de agua potable SEDA – HUANUCO.

3.5.1.4. FIBRA DE LECHUGUILLA

Para la investigación se utilizara la fibra de lechuguilla. (ver gráfico N°3.6).



Gráfico 3.6 Fibra de Lechuguilla

3.5.2. ETAPA 2: MARCO NORMATIVO DE LOS ENSAYOS

Debido a la naturaleza de esta investigación, los ensayos de laboratorio se registrarán bajo los procedimientos indicados en las normas NTP y ASTM; estos ensayos fueron divididos en tres grupos principales, el primer grupo estuvo conformado por los ensayos y requisitos técnicos de las propiedades de los materiales del concreto.

El segundo grupo, por los ensayos al concreto en estado fresco: ensayo de asentamiento, peso unitario, temperatura. El grupo final, por

la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto en estado endurecido. En la Tabla 3.5, 3.6 y 3.7 se muestran los grupos de ensayos y las normas utilizadas en la elaboración de las mezclas de concreto en esta investigación.

Tabla 3.5 Normas de los ensayos y requisitos técnicos de las propiedades de los materiales del concreto.

Ensayo de las Propiedades de los Agregados		
Prueba	Norma NTP	Norma ASTM
Extracción y preparación de las muestras.	NTP 400.010:2001	ASTM D-75
Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.	NTP 400.043:2006	ASTM C-702
Método de ensayo normalizado del peso volumétrico del agregado grueso		ASTM C - 29
Método de ensayo normalizado del peso volumétrico del agregado fino		ASTM C - 29
Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.	NTP 400.022:2002	ASTM C-128
Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.	NTP 400.021:2002	ASTM C-127
Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario").	NTP 400.017:2011	ASTM C-29
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso.	NTP 400.012:2001	ASTM C-136
PH del agregado grueso y fino	-	ASTM D-1293
Requisitos Técnicos del Cemento		
Cemento pórtland. Requisitos.	NTP 334.009:2011	ASTM C-188
Requisitos Técnicos del Agua		
Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento pórtland. Requisitos.	NTP 339.088:2006	ASTM C-1602
Requisitos Técnicos de Fibra de Lechuguilla		
Fibra en pastas, morteros y hormigón (concreto). Especificaciones. 2a. ed.	Norma C 1116 – 97	-
Peso volumétrico y absorción de la fibra de	-	ASTM C-29.
Ensayo densidad relativa de la fibra de lechuguilla para concreto	-	ASTM C-127

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.6 Normas de los ensayos del concreto en estado fresco.

Prueba	Norma NTP	Norma ASTM
Mezclado, muestreo y elaboración de especímenes en laboratorio.	NTP 339.183:2009	ASTM C-192
Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.	NTP 339.035:2009	ASTM C-143

Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).	NTP 339.184:2002	ASTM C-1064
--	------------------	-------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.7 Normas de los ensayos del concreto en estado endurecido.

Prueba	Norma NTP	Norma ASTM
Práctica normalizada para el curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.	NTP 339.183:2009	ASTM C-192
Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.	NTP 339.034:2008	ASTM C-39

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. ETAPA 3: INVESTIGACION DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

3.5.3.1. CEMENTO

Las propiedades físico y químicas del cemento portland Tipo I “Andino” (Ver Tabla 3.8 y Tabla 3.9) influyen en las propiedades del concreto. Sin embargo, la única propiedad del cemento que se emplea directamente en el cálculo de las proporciones de la mezcla es la densidad específica.

Para el caso de este trabajo de investigación, el cemento utilizado fue regido por la NTP 334.009 .La calidad del mismo, fue establecida por el proveedor, por lo que el parámetro a evaluar es únicamente, su comportamiento como componente de la mezcla de concreto. Este presentara un valor de $P_e = 2.989$.

Tabla 3.8 Resultados de los ensayos de las propiedades físicas del cemento portland Tipo I “Andino”.

Requisitos Físicos	Cemento Portland Tipo I
Finura mallas (% Retenido)	
Malla 100 ASTM	0.34
Malla 170 ASTM	3.07
Malla 200 ASTM	5.66
Malla 325 ASTM	20.42
Superficie específica (cm ² /gr)	3300
Densidad (gr/cm ³)	2.989
Expansión Autoclave (%)	0.02
Calor de hidratación (cal/gr)	
7 días	64.93

Consistencia normal (%)	23.38
Falso Fraguado (%)	68.44
Contenido de aire (%)	6.5
Fraguado vicat (hr:min)	
Inicial	02:50
Final	03:45
Fluidez (a/c)	0.485
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	
3 días	204
7 días	289
28 días	392

Fuente: Ensayo de la densidad del cemento

Tabla 3.9 Resultados de los ensayos de las propiedades químicas del cemento portland Tipo I "Andino".

Requisitos Químicos	Cemento Portland Tipo I
Pérdida por Ignición (% en peso)	1.24
SiO ₂ (%)	21.86
Al ₂ O ₃ (%)	4.81
Fe ₂ O ₃ (%)	3.23
CaO (%)	64.19
MgO (%)	0.96
SO ₃ (%)	2.41
Na ₂ O (%)	0.15
K ₂ O (%)	0.65
TiO ₂ (%)	0.24
P ₂ O ₅ (%)	0.14
Mn ₂ O ₅ (%)	0.07
SrO (%)	0.10
Total (%)	100.05
Cal libre (%)	0.59
Residuo Insoluble (%)	0.42
Alcalis Total (%)	0.58
Fases de Bogue considerando cal libre:	
C ₃ S (%)	48.93
C ₂ S (%)	25.76
C ₃ A (%)	7.28
C ₄ AF (%)	9.83

Fuente: Adaptado de Pasquel, 1998.

3.5.3.2. AGREGADOS

El análisis de las propiedades físicas de los agregados (grueso y fino) es muy importante, ya que estos influyen en gran medida en el cálculo de las proporciones de mezcla, este es el

caso de propiedades como: **peso volumétrico, densidad relativa, análisis granulométrico, peso unitario y pH.**

Los resultados de estos parámetros (tanto para el agregado fino y grueso) se obtendrán mediante la ejecución de los ensayos mencionados en la Tabla 3.02, también se realizara el ensayo de análisis granulométrico y la evaluación de sus requisitos técnicos (análisis de calidad) acorde a la norma NTP 400.037.

3.5.3.2.1. EXTRACCION Y PREPARACION DE MUESTRAS

La norma NTP 400.010 establece los procedimientos de muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes: (ver gráfico N°3.7)

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento.
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de utilización.
- Aceptación y rechazo de los materiales.

El muestreo de los agregados, es igualmente importante como el ensayo que se le realice a éstos, y el encargado de realizarlo tendrá mucho cuidado para obtener muestras que exhiban la naturaleza y condición de los materiales que representan.

Las cantidades especificadas en la Tabla 3.11, proporcionan material suficiente para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios.



Gráfico 3.7 Extracción y preparación de las muestras.

Tabla 3.10 Cantidad de muestra en función del tamaño del agregado.

Tamaño máximo nominal del Agregado ^A	Masa mínima aproximada para la muestra de campo kg ^B
Agregado Fino	
Pasantes de No. 8 (2.36 mm)	10 kg
Agregado Grueso	
No. 8 (2.36 mm)	10 kg
No. 4 (4.75 mm)	10 kg
3/8" (9.5 mm)	10 kg
1/2" (12.5 mm)	15 kg
3/4" (19.0 mm)	25 kg
1" (25.0 mm)	50 kg
<p>A: Para agregados procesados, el tamaño nominal máximo es la malla menor donde se produce el primer retenido.</p> <p>B: Para agregado global (por ejemplo para base y sub-base), la masa mínima requerida será la mínima para el agregado grueso más 10 kg.</p>	

Fuente: NTP 400.010.

3.5.3.2.2. REDUCCION DE MUESTRAS DE AGREGADOS A TAMAÑOS DE PRUEBA

La norma NTP 400.043 define los procedimientos para reducir la muestra total obtenida en campo o producida en el laboratorio, ya sea de agregado grueso o fino, a un tamaño conveniente, para la realización de una serie de ensayos que describan al material y midan su calidad, de tal manera que la porción más pequeña, sea representativa de la muestra total suministrada.

Para la realización y conformación de muestras de ensayo, en la práctica se empleara el método de cuarteo manual. Este método puede apreciarse en el gráfico 3.8.



Gráfico 3.8 Reducción a tamaño de prueba del agregado fino, mediante cuarteo manual.

3.5.3.2.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION

El peso específico de masa es la característica que generalmente se utiliza para el cálculo de volumen ocupado por el agregado en las mezclas de concreto, que son proporcionadas o analizadas sobre la base del volumen absoluto.

Los valores de absorción se usan para calcular el cambio de masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios porosos dentro de las partículas, comparados a la condición seca, cuando se estima que el agregado ha estado en contacto con el agua por el tiempo suficiente para satisfacer el potencial de absorción.

➤ AGREGADO FINO

El agregado proviene de la desintegración natural que pasa por el tamiz de 3/8". Tanto el agregado fino como el grueso, constituyen los elementos inertes del concreto, ya que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua. El agregado fino debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas. No debe tener más de

5% de arcilla o limos ni más de 1.5% de materias orgánicas.

Sus partículas deben tener un tamaño menor a 1/4" y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-99a,

La norma NTP 400.022 indica el método para determinar el peso específico de masa, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado fino.

El peso específico y absorción del agregado fino se obtiene haciendo uso del picnómetro.

La realización de este método puede visualizarse en los gráfico N° 3.9.

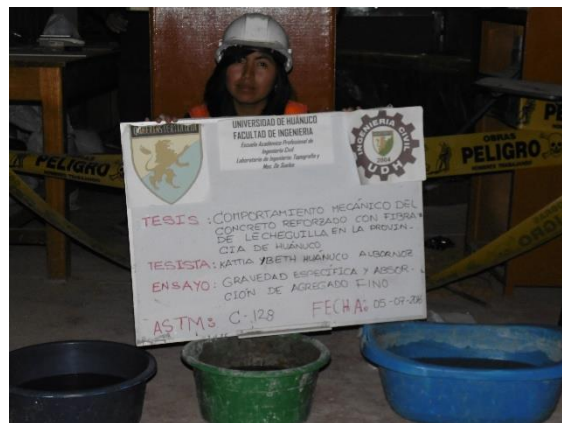




Gráfico 3.9 Ensayo del peso específico y absorción de la arena haciendo uso del picnómetro.

Los datos y resultados detallados del ensayo se pueden observar en el Anexo, en esta sección solo se procederá a mostrar el resultado final (ver Tabla 3.12).

Tabla 3.11 Resultado promedio del ensayo de peso específico y absorción del agregado

Densidades	Densidad relativa (Gravedad específica)	Densidad de masa (Densidad)	% de Absorción de agua
Estado seco	2.06	2055 kg/m ³	
Estado saturado	2.07	2065 kg/m ³	0.8 %

G

REGADO GRUESO

Son las retenidas en el tamiz N° 4 (4.75mm), proviene de la desintegración natural o mecánica de las rocas, y que cumplen los límites de la

NTP.400.037 La norma ASTM-C-33- 99a también establece una serie de condiciones para su gradación.

La norma NTP 400.021 indica el método para determinar el peso específico de masa, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso.

El peso específico y absorción de la piedra se obtiene haciendo uso de la canastilla.

La realización de este método puede visualizarse en el gráfico 3.10.





Gráfico 3.10 Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso haciendo uso de la canastilla.

Los datos y resultados detallados del ensayo se pueden observar en el Anexo, en esta sección solo se mostrará el resultado final (ver Tabla 3.13)

Tabla 3.12 Resultado promedio que se obtendrá del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.

Densidades	Densidad relativa (Gravedad específica)	Densidad de masa (Densidad)	% de Absorción de agua
Estado seco del agregado para concreto	2.69	2683 kg/m ³	
Estado saturado del agregado para concreto	2.71	2703 kg/m ³	0.5 %

3.5.3.2.4. PESO VOLUMETRICO COMPACTADO Y SUELTO

La norma NTP 400.017 establece los lineamientos para la determinación del peso unitario en condición suelto o compactado del agregado (agregados finos,

gruesos y mezcla de ambos). Este método de ensayo es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño máximo nominal.

El valor que se obtendrá para el peso volumétrico compactado, es el que se emplea en algunos métodos de diseños de mezclas para estimar las proporciones; por otro lado, el peso unitario suelto se emplea para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen.

El peso volumétrico compactado, tanto para el agregado fino y agregado grueso, se obtiene del resultado de apisonar tres capas en el recipiente, cada una con 25 golpes. La operación de este método puede observarse en el gráfico 3.11.

➤ AGREGADO FINO



Gráfico 3.11 Ensayo del peso volumétrico suelto del agregado fino.

➤ AGREGADO GRUESO



Gráfico 3.12 Ensayo del peso volumétrico suelto del agregado grueso.

Los datos y resultados obtenidos del ensayo de peso volumétrico compactado y suelto, para el agregado grueso y fino, se pueden apreciar en los Anexos respectivamente, en esta sección solo se procederá a mostrar los resultados finales (ver Tabla 3.13 y 3.14).

Tabla 3.13 Resultado promedio del ensayo de P.V.C y P.V.S del agregado fino

RESULTADO PROM EDIO DEL ENSAYO	
PROMEDIO DEL PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO	1664.00 kg/m ³
PROMEDIO DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO:	1557.00 kg/m ³

Tabla 3.14 Resultado promedio que se obtendrá del ensayo de P.V.C y P.V.S del agregado grueso

RESULTADO PROM EDIO DEL ENSAYO	
PROMEDIO DEL PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO COMPACTADO	1769.00 kg/m ³

PROMEDIO DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO:		1655.00	kg/m ³	
-------------------------------------	--	---------	-------------------	--

3.5.3.2.5. CONTENIDO DE HUMEDAD

La norma NTP 339.185 define la metodología para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

La humedad total, es un parámetro únicamente de control y utilizado principalmente, en la determinación del contenido de agua de mezclado, que, apoyada en el valor de absorción, determina la corrección por humedad, que para el caso de esta investigación fue realizada periódicamente, antes de la dosificación de cada mezcla de concreto.

El contenido de humedad, tanto para el agregado grueso y fino, se obtiene por la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco al horno, entre el peso seco.

Los datos y resultados detallados del ensayo de contenido de humedad, para la arena y piedra, se pueden apreciar en el Anexo, en esta sección solo se procederán a mostrar los resultados finales. (Ver Tabla 3.15).

Tabla 3.15 Resultado promedio del ensayo de contenido de humedad de la arena y piedra.

RESULTADO PROMEDIO DEL ENSAYO				
CONTENIDO DE HUMEDAD (Agregado fino):			0.92%	
CONTENIDO DE HUMEDAD (Agregado grueso):			0.54%	

3.5.3.2.6. ANALISIS GRANULOMETRICO

La norma NTP 400.012 establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso.

La determinación de los parámetros del módulo de finura y tamaño máximo nominal, en el análisis granulométrico, adquiere importancia en el diseño y control de mezclas; en consecuencia, se debe tener en cuenta las recomendaciones establecidas en la norma NTP 400.037.

➤ AGREGADO FINO

El ensayo granulométrico del agregado fino se realizó de 3 muestras , obteniendo como resultado su tamaño nominal el tamiz # 8 , para calcular el módulo de finura se obtuvo mediante el estudio granulométrico de los áridos en el ítems 5.7.1.

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido}_{\text{acumulado}}(6''+3''+1\frac{1}{2}''+\frac{3}{4}''+\frac{3}{8}''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

Nos representa un tamaño promedio ponderado de agregado que se define como la suma de los porcentaje acumulados retenidos en la serie estándar hasta el tamiz N °100 y esta cantidad se divide entre 100 .Para las 3 muestras sus resultados fueron 3.510, 3.691 y 3.584.

La realización del ensayo granulométrico del agregado fino puede visualizarse en el gráfico 3.13.



Gráfico 3.13 Ensayo granulométrico del agregado fino

Los datos y resultados detallados, del ensayo se podrán observar en el Anexo, en esta sección solo se procederá a mostrar los resultados finales (ver figura 3.2 ,3.3,y 3.4 y Tabla 3.16,3.17 y 3.18).

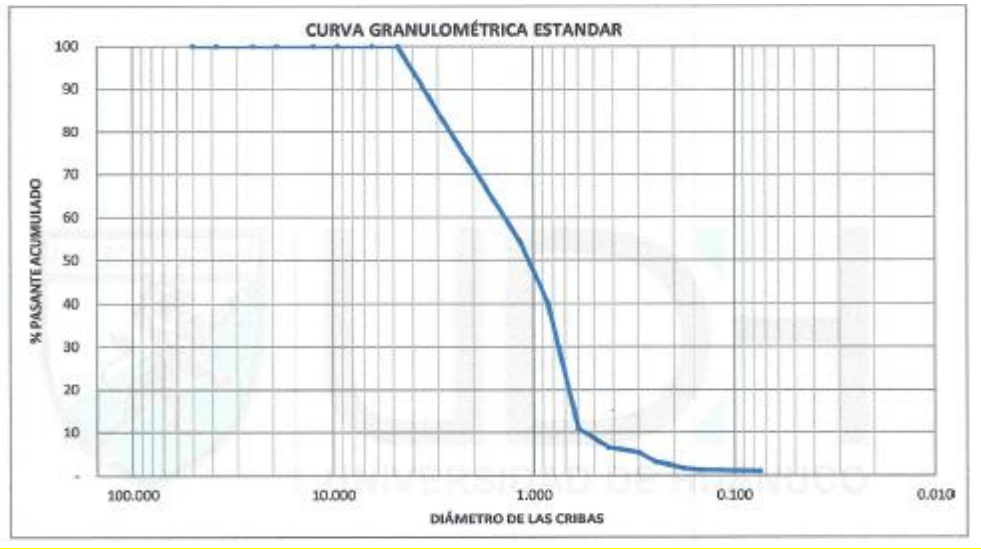


Figura 3.2 Curva granulométrica del agregado fino de la M – 01

Tabla 3.16 Resultado promedio del ensayo granulométrico del agregado fino.

RESULTADO PROMEDIO DEL ENSAYO			
TAMAÑO MAXIMO (TM):		#4	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (TMN)		#8	
MODULO DE FINURA (MF):		3.510	

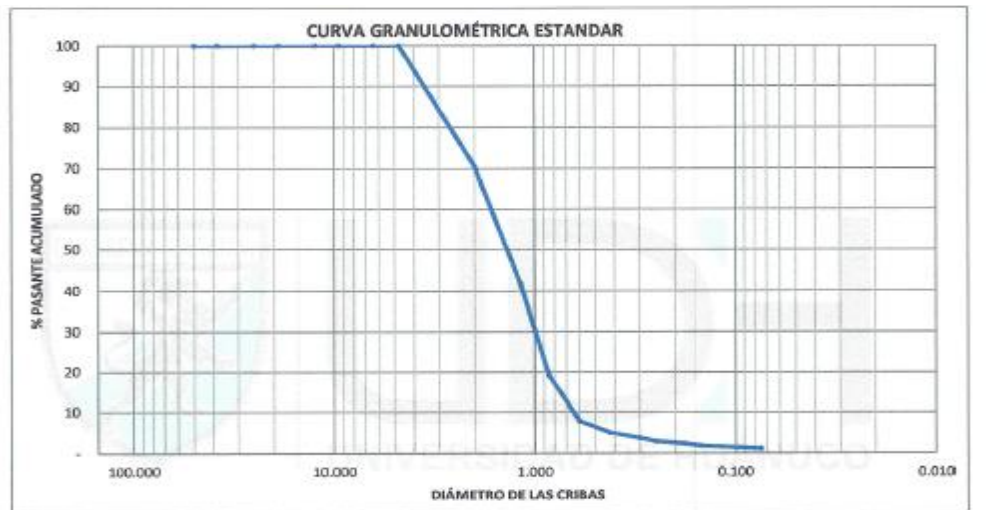


Figura 3.3 Curva granulométrica del agregado fino de la M – 02

Tabla 3.17 Resultado promedio del ensayo granulométrico del agregado fino.

RESULTADO PROMEDIO DEL ENSAYO			
TAMAÑO MAXIMO (TM):		# 4	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (TMN)		# 8	

MODULO DE FINURA (MF):			3.691		
------------------------	--	--	-------	--	--

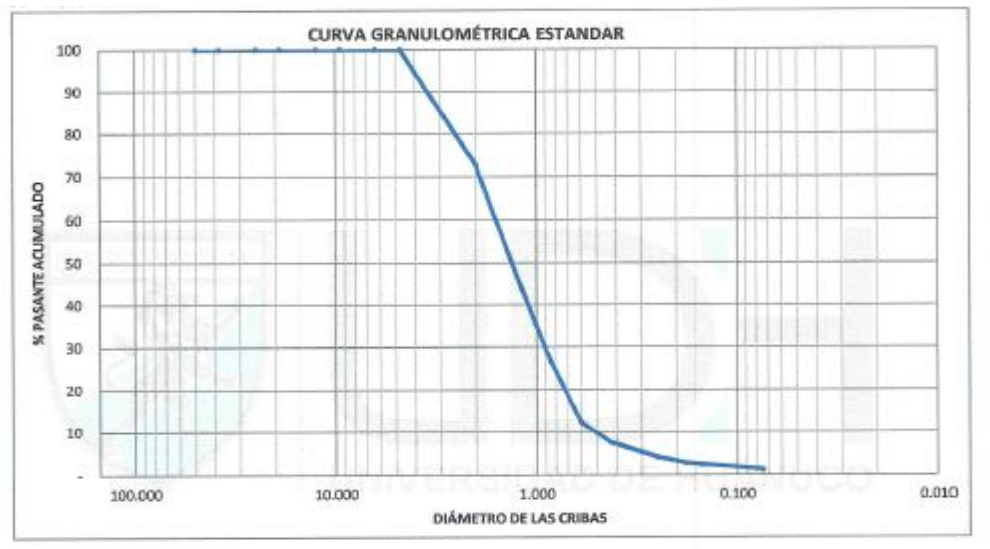


Figura 3.4 Curva granulométrica del agregado fino de la M – 03

Tabla 3.18 Resultado promedio del ensayo granulométrico del agregado fino

RESULTADO PROMEDIO DEL ENSAYO					
TAMAÑO MAXIMO (TM):			# 4		
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (TMN)			# 8		
MODULO DE FINURA (MF):			3.584		

- **Análisis de resultados:**

En la Figura se observa que la curva granulométrica del agregado fino, para los tamices N°4 y N°8 si cumple con los usos granulométricos establecidos en la norma NTP 400.037 (ver Tabla 3.16, 3.17 y 3.18). El módulo de finura promedio es de 3.595 presentado por el agregado fino se encuentra dentro de los límites fijados por la norma NTP 400.037 y según la curva que presenta indican que el agregado fino está bien distribuido.

- **AGREGADO GRUESO**

El ensayo granulométrico del agregado grueso se realizó de 3 muestras, obteniendo como resultado su tamaño nominal el tamiz # ½", para calcular el módulo de finura se obtuvo

mediante el estudio granulométrico de los áridos en el ítems 5.7.1.2.

Nos representa un tamaño promedio ponderado de agregado que se define como la suma de los porcentaje acumulados retenidos en la serie estándar hasta el tamiz N °100 y esta cantidad se divide entre 100. Para las 3 muestras sus resultados fueron 6.671, 6.736 y 6.521. (ver gráfico 3.14.)



Gráfico 3.14 Ensayo granulométrico del agregado grueso

Los datos y resultados detallados, del ensayo se pueden observar en el Anexo, en esta sección solo se procederá a mostrar los resultados finales (ver Figura 3.5,3.6 y 3.7 y Tabla 3.19 , 3.20 y 3.21).

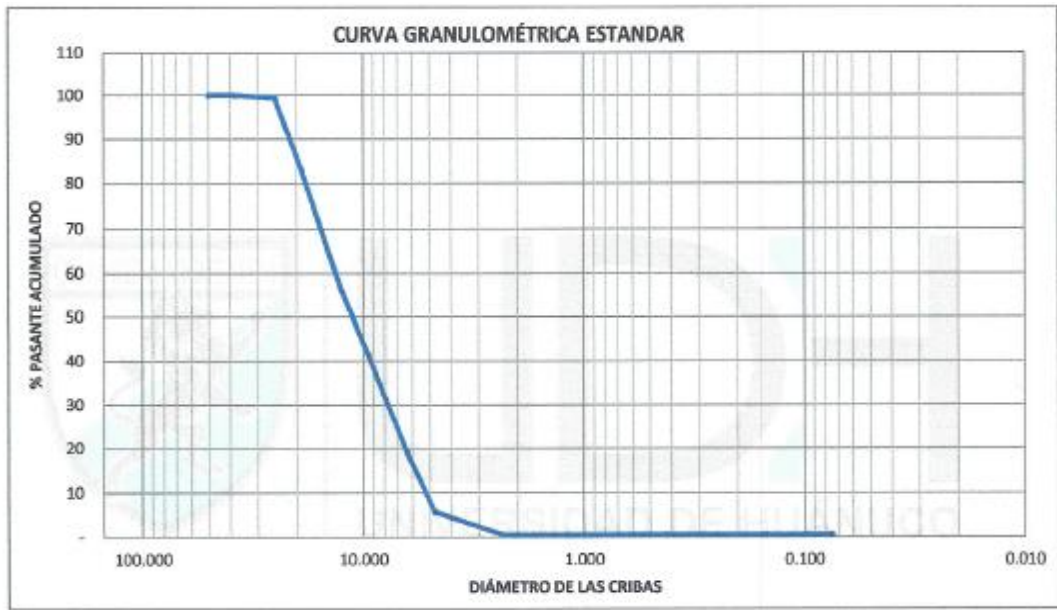


Figura 3.5. Curva granulométrica de la M -01 del agregado grueso

Tabla 3.19 Resultado promedio del ensayo granulométrico del agregado grueso

RESULTADO PROM EDIO DEL ENSAYO			
TAMAÑO MAXIMO (TM):		1/2"	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (TMN)		1"	
MODULO DE FINURA (MF):		6.671	



Figura 3.6 Curva granulométrica de la M -02 del agregado grueso

Tabla 3.20 Resultado promedio del ensayo granulométrico de la piedra.

RESULTADO PROM EDIO DEL ENSAYO			

TAMAÑO MAXIMO (TM):		1/2"		
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (TMN)		1"		
MODULO DE FINURA (MF):		6.736		



Figura 3.7 Curva granulométrica de la M-03 del agregado grueso

Tabla 3.21 Resultado promedio del ensayo granulométrico de la piedra.

RESULTADO PROM EDIO DEL ENSAYO				
TAMAÑO MAXIMO (TM):		1/2"		
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (TMN)		1"		
MODULO DE FINURA (MF):		6.521		

• **Análisis de resultados:**

Se observa que la curva granulométrica del agregado grueso se encuentra dentro de los usos granulométricos establecidos en la norma NTP 400.037 (ver Tablas 3.19, 3.20 y 3.21).

Bajo las recomendaciones de la norma NTP 400.037, el tamaño máximo nominal de 1/2" y su módulo de finura es 6.64 presentado por el agregado grueso, permite que esté sea utilizado eficientemente en mezclas de concreto colocadas en losas aligeradas y macizas.

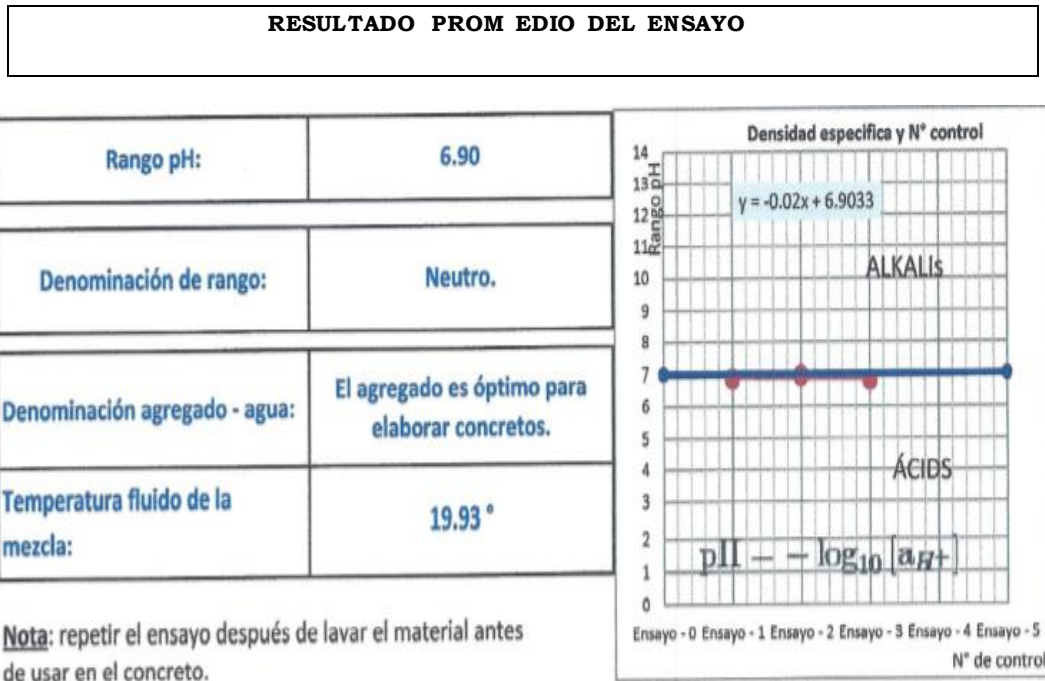
3.5.3.2.7. PH DEL AGREGADO PARA EL CONCRETO

Su objetivo es determinar el grado de acidez o alcalinidad de los materiales suspendidos en el agua de los agregados para el concreto.

➤ AGREGADO GRUESO

Los datos y resultados detallados, del ensayo se podrán observar en el Anexo, en esta sección solo se procederá a mostrar los resultados finales (ver Tabla 3.22).

Tabla 3.22 Resultado promedio del ensayo de pH del agregado grueso

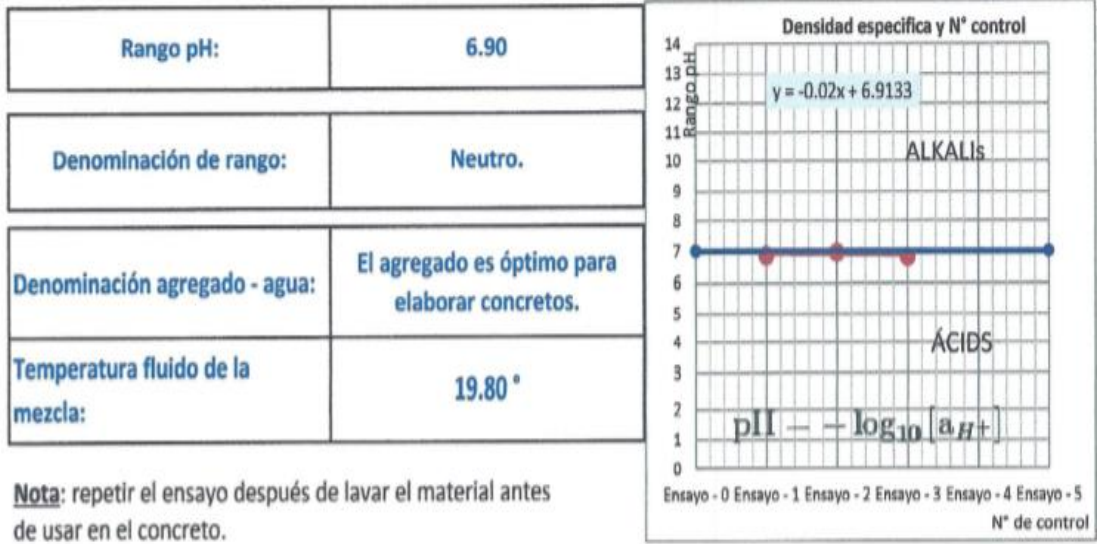


➤ AGREGADO FINO

Los datos y resultados detallados, del ensayo se podrán observar en el Anexo, en esta sección solo se procederá a mostrar los resultados finales (ver Tabla 3.23).

Tabla 3.23 Resultado promedio del ensayo pH del agregado fino

RESULTADO PROM EDIO DEL ENSAYO



3.5.3.3. AGUA

Del informe de análisis químico de agua (Seda Huánuco) que se realizó en el laboratorio de química (privado), se concluye que el agua a utilizar en la investigación cumple con los requisitos de calidad indicados en la norma NTP 339.088. El análisis comparativo se puede observar en la Tabla 3.24.

Tabla 3.24 Análisis comparativo del agua potable SEDA Huánuco

Descripción	Agua Potable SEDA Huánuco	Límites Permisibles según la norma NTP339.088	
Sólidos en suspensión	92 ppm	5000 ppm	Máximo
Materia Orgánica	–	3 ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHCO ₃)	104 ppm	1000 ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	54 ppm	600 ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	39 ppm	1000 ppm	Máximo
pH	7.70	5 a 8	

3.5.3.4. FIBRA DE LECHUGUILLA

La fibra de lechuguilla presenta celulosa, hemicelulosa y lignina, estará regido bajo los lineamientos indicados en norma C 1116 – 97 Standard Specification for Fiber – Reinforced Concrete and Shotcrete, los ensayos que se realizaron fue el peso volumétrico de la fibra y la densidad relativa . Se impermeabilizó la fibra para su durabilidad, es afectada por su

composición y por el medio que la rodea, de tal manera que resulta importante.

Para la presente investigación se tomaron datos de los antecedentes por ello obtamos con el 0.5 % la incorporación de la fibra de lechuguilla al concreto.

3.5.3.4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

Las fibras pueden intercambiar humedad con el ambiente relativamente muy fácil, ya sea perder o ganar humedad según las condiciones de exposición.

- Se hizo secar la muestra a temperatura ambiente

3.5.3.4.2. DENSIDAD RELATVA DE LA FIBRA DE LECHUGUILLA

El ensayo de la densidad relativa de la fibra de lechuguilla no permite obtener la absorción de agua.

Para evaluar esta propiedad las fibras se cortaron a una longitud aproximada de 20 mm y se formaron 3 muestras de aproximadamente 1 g cada una. Las tres muestras fueron secadas en un horno a 100°C durante 24 h, posteriormente se pesaron en una balanza de 0.001 g de precisión obteniendo el peso seco (PS). Se saturaron en agua destilada, cada muestra con un respectivo tiempo de saturación. Los tiempos fueron de 5, 10. 30. Min y 24 h.

Al término de cada periodo se trató de obtener la condición saturada superficialmente seca, frotando las fibras ligeramente con papel absorbente durante aproximadamente 2 min hasta que su apariencia fuera opaca sin presencia de gotas entre ellas, y al pasar nuevamente el papel no presentara humedad.

Después se pesaron las muestras obteniendo el peso saturado superficialmente seco).

Luego el tratamiento fue realizado por inmersión de la fibra seca en la sustancia del aditivo impermeabilizante en diferentes proporciones para hallar cual era el óptimo. Se hecho la misma proporción de fibra, lo que ha variado fue la cantidad de agua destilada y el aditivo. Por 24 horas estuvo remojado la fibra, (ver gráfico 3.15).

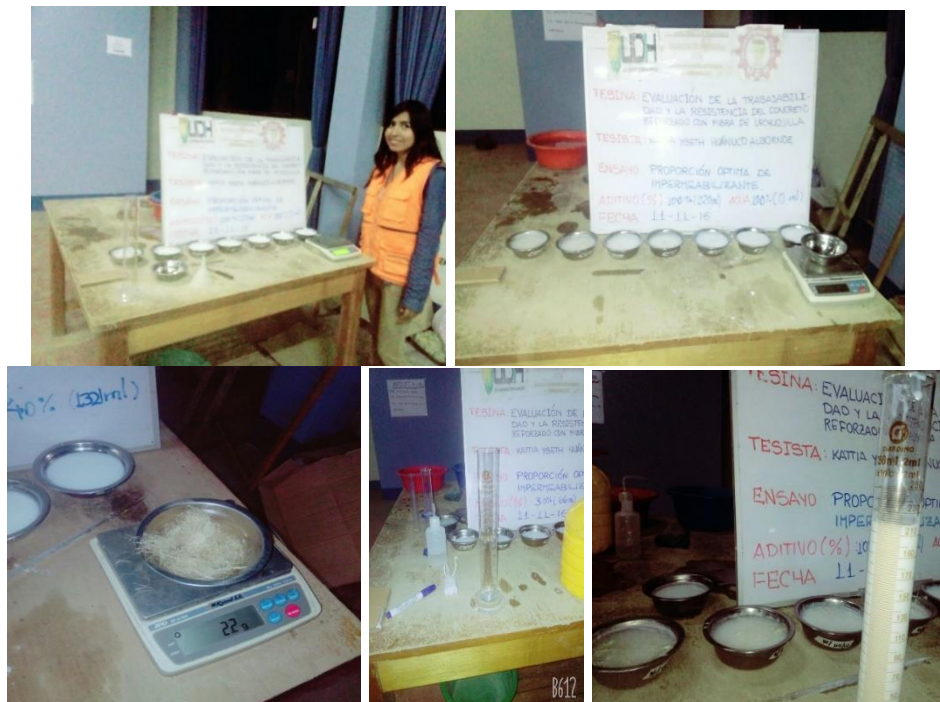


Gráfico 3.15 Ensayo de absorción

Posteriormente, la fibra se pesa y luego se mete al horno.

La fibra se dejó enfriar al ambiente durante 24 h antes de ser usada como refuerzo. (ver gráfico 3.16).

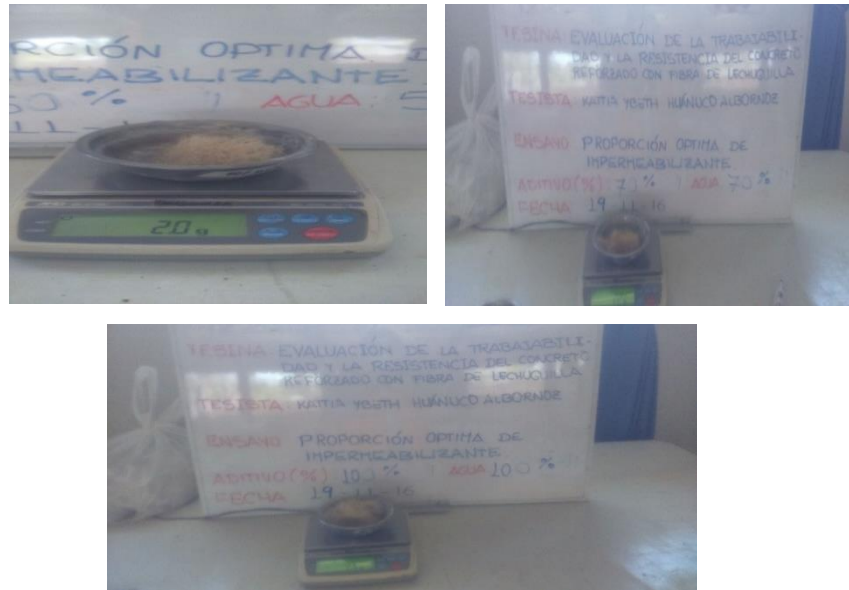


Gráfico 3.16 Ensayo de proporción óptima de impermeabilizante.

Una vez tratadas las fibras se determinó su porcentaje de absorción de agua y se comparó con la absorción de la fibra sin tratamiento. (ver tabla 3.25).

Tabla 3.25 Densidad relativa y absorción.

Densidades	Densidad relativa (Gravedad específica)	Densidad de masa (Densidad)	% de Absorción de agua
Estado seco de la fibra de lechuguilla para concreto	0.87	868 kg/m ³	
Estado saturado de la fibra de lechuguilla para concreto	0.87	868 kg/m ³	0.0 %

- **Análisis de resultados:**

El agente protector que se utilizó fue el aditivo impermeabilizante, ya que reduce significativamente

la absorción de agua en la fibra y le permite conservar en el medio alcalino de la matriz de cemento.

El resultado de absorción obtenido es 0.0 % significa que la fibra tuvo una adherencia con el aditivo, impermeabilizante toda su estructura.

3.5.3.4.3. PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO Y SUELTO

La norma ASTM C 29 establece los lineamientos para la determinación del peso volumétrico en condición suelto o compactado de la fibra de lechuguilla.

El valor que se obtendrá para el peso volumétrico compactado, es el que se emplea en algunos métodos de diseños de mezclas para estimar las proporciones; por otro lado, el peso volumétrico suelto se emplea para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen.

El peso volumétrico compactado, de la fibra de lechuguilla, se obtiene del resultado de apisonar tres capas en el recipiente, cada una con 25 golpes. La operación de este método puede observarse en el gráfico 3.17.



Gráfico 3.17 Ensayo del peso volumétrico compactado de fibra de lechuguilla

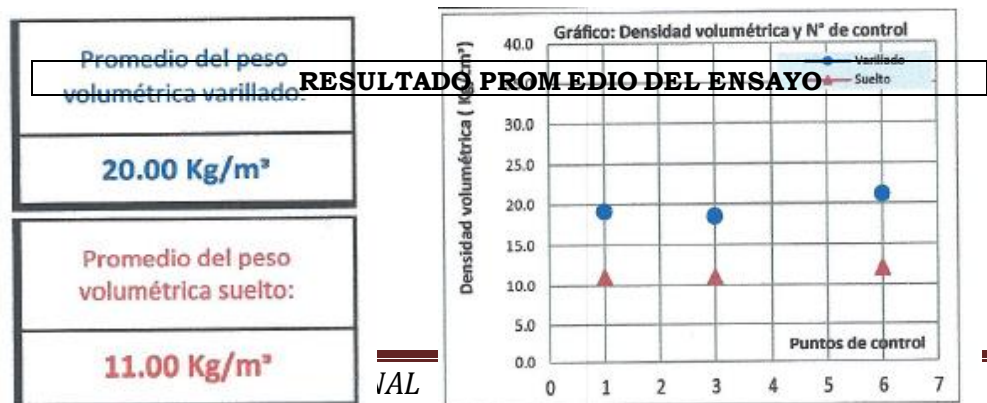
El peso volumétrico suelto, tanto para la arena y piedra, se obtiene llenando una sola capa en el recipiente sin ninguna presión. La operación de este método puede observarse en el gráfico 3.18.



Gráfico 3.18 Ensayo del peso volumétrico suelto de la fibra de lechuguilla

Los datos y resultados detallados del ensayo de peso volumétrico compactado y suelto, para la fibra de lechuguilla se pueden apreciar en los Anexos respectivamente, en esta sección solo se procederá a mostrar los resultados finales (ver Tabla 3.27).

Tabla 3.26 Resultado promedio del ensayo de P.U.C y P.U.S de la fibra de lechuguilla.



3.5.4. ETAPA 4: DISEÑO DE MEZCLAS

Para el diseño de mezclas se trabajará con la relación agua/cemento: 0.5502 para el concreto patrón y el concreto con lechuguilla. Se diseñara una mezcla patrón para la relación mencionada y luego las variantes con la fibra de lechuguilla. La fibra de lechuguilla, se usará 0.369 kg (0.5 % del peso del concreto).

Todas las variantes hacen un total de 2 diseños de mezcla.

Para el diseño patrón se considerará un asentamiento de 3 a 4 pulgadas.

El método de dosificación del comité **A.C.I. 211.1**, es tomado en la presente tesina teniendo en cuenta las recomendaciones del **ACI 211.1**, para la relación agua/cemento y dicha combinación de agregados, mediante ajustes sucesivos se determinará la cantidad de agua necesaria para obtener un asentamiento de 3" a 4".

3.5.4.1. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE 210°

En la tabla 3.27 podemos observar el desarrollo del cálculo de las dosificaciones, correcciones por humedad y pesos para la elaboración de los especímenes cilíndricos para probar la resistencia a los 3,7,14 y 28 días.

Tabla 3 27 Diseño de la mezcla del concreto de 210° por el método del ACI concreto sin aire incorporado

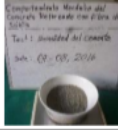
4.- Información de campo:

Origen del material	AGREGADO GRANULAR GRUESOS	AGREGADO GRANULAR FINOS		
Nombre de la cantera:	Cantera Churubamba			
Ubicación de la cantera:	Churubamba - Huánuco - Huánuco.			
Coordenadas Geodésicas:	Este: 375719 m E	Norte: 8912256 m S	Altitud: 1816 msnm	18 L


5.- Información de trabajabilidad del concreto:

5.1.- Elemento estructural que conformará el concreto:	Estructural	Losas aligeradas y macizas.
5.2.- Resistencia estructural solicitado mínimo:	210 kgf/cm ²	(21 Mpa)
5.3.- Espacios o tamaño máximo pasante: Tamaño máximo retenido (TM):	1 1/2" 1"	19 mm separación mínima si llevan barras de acero estructural.
5.4.- Trabajabilidad del concreto para su aplicación:		
3" - 4"	Aplicación bombeado.	Si
Segregación del concreto mínimo, trabajabilidad recomendado.	Aplicación del Mixer.	Si
	Aplicación con winchas, baldes.	Si
	Aplicación con fajas y pendientes.	Si
	Aplicación con Buggys.	Si
5.4.- Condiciones a ser sometido el concreto:		
Contacto ambiente (Humedad relativa):	Si	Climas húmedos (> a 70 %)
Contacto al agua pH, (Fuerza agresividad):	Si	En contacto con aguas básicas
Contacto al suelo (PH, tipo de suelo.):	Si	Recomendación pH del suelo y agua variable (6.5 - 8)

6.- Características de los materiales.

6.1.- Cemento:	Tipo:	CEMENTO TIPO I	-	Temperatura normal			
	Marca:	Cemento Andino S.A.	-	UNACEM			
	Gravedad específico (Pe)		2.989 g/cm ³	Promedio			
	Óxido Aluminio (Al ₂ O ₃):		-				
	Óxido Férrico (Fe ₂ O ₃):		-				
	Óxido Magnesio (MgO):		-				
	Trióxido Sulfuro (SO ₃):		-				
6.2.- Agua:	Control del pH		7	Neutro			
	Densidad de masa del agua		1.00 g/cm ³	A temperatura 23°			
	Sólidos en suspensión:		NP	No presenta			
6.3.- ADITIVOS (Admixture)	Reductor de Agua y Plastificante		Incorporador de Aire				
	No aplica		No aplica				
6.4.- Agregados:	DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRANULAR: FINE			AGREGADO GRANULAR: COARSE		
		Fino	Medio	Grueso	1/2"	1"	1 1/2"
	Tamaño máximo retenido:	-	2.4 mm	-	25.0 mm	-	-
	Tamaño nominal máximo:	-	2.36 mm	-	12.50 mm	-	-
	Peso unitario varillado seco:	-	1664 kg/m ³	-	1769 kg/m ³	-	-
	Peso unitario suelto seco:	-	1557 kg/m ³	-	1655 kg/m ³	-	-
	Densidad de masa	-	2055 kg/m ³	-	2683 kg/m ³	-	-
	Peso específico Seco:	-	2.060	-	2.690	-	-
	Módulo de fineza:	-	3.595	-	6.643	-	-
	Absorción:	-	0.79 %	-	0.46 %	-	-
Humedad:	-	0.92 %	-	0.54 %	-	-	

7.- Estandarización inicial para la dosificación.

7.1.- Condicion de trabajalidad.	Concreto sin aire Incorporado	
7.2.- Factor para requerido f'cr, No hay datos estadísticos:	8.50 MPa	
7.3.- Resistencia promedio requerido (f'cr):	296.70 kgf/cm ²	
7.4.- Tamaño maximo nominal del agregado de diseño (TMN):	1/2"	
7.5.- Facotor de modulo de fineza, Coarse/Fine (f):	1.848	
7.6.- Módulo de finura del agregado como fino en el diseño, (Mf):	3.595	
7.7.- Agua de mezcla para slump de 3" a 4" y TMN (ACI Chapter 6, Step 3):	216.5 kg/m ³	
7.8.- Cantidad aire presente para TMN de 1/2" (ACI Chapter 6, Step 3):	2.5 %	
7.9.- Relación agua y cemento para f'cr, (a/c), (ACI Chapter 6, Step 4):	0.5502	
7.10.- Factor de participación del agregado grueso en volumen para modulo de fineza de la arena de diseño (Mf) y TMN agregado grueso, (ACI Chapter 6, Step 6):	0.4705 m ³	

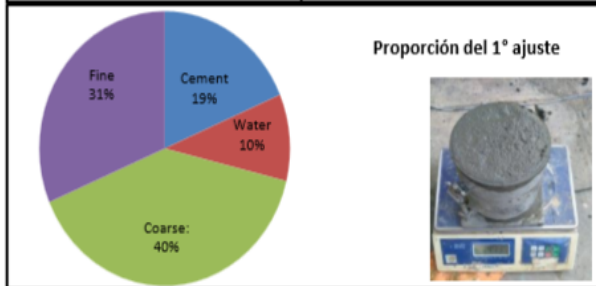
8.- Proporciones en base a volumen absoluto.

Materiales:	Pesos	Materiales:	Volumen
Cemento:	394.0 kg/m ³	Volumen del Cemento:	0.1318 m ³
agua:	216.5 kg/m ³	Volumen del agua:	0.2165 m ³
Agregado grueso seco:	832.0 kg/m ³	Volumen agregado grueso:	0.3093 m ³
Agregado fino seco:	654.0 kg/m ³	Agregado fino seco:	0.3174 m ³
Aire existente:	-	Aire existente:	0.0250 m ³
Peso del concreto:	2096.5 kg/m³	Valor absoluto total:	1.0000 m³

9.- Corrección por absorción y humedad.

Contribución de agua por adherencia superficial, (-) material seco entonces aumento agua, (+) material húmedo o mojado resto agua)	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
	Fino	Medio	Grueso	1/2"	1"	1 1/2"
		0.133 %		0.083 %		
		0.001332146		0.00082729		
<i>Balance de agua según el material</i>		0.87 kg		0.69 kg		

Primer ajuste de materiales humedad húmedos y absorción:	Pesos absolutos	Pesos para laboratorio	Cantidad para la Jornada o capacidad de la mezcladora de:
Cemento:	391.0 kg/m ³	13.685 kg	35.0 Litros
Agua para adicionado:	215.0 kg/m ³	7.525 kg	
Agregado grueso mojado:	837.0 kg/m ³	29.295 kg	0.0350 m ³
Agregado fino mojado:	660.0 kg/m ³	23.100 kg	
Aire existente:		-	
Peso del concreto:	2103.0 kg/m³	73.605 kg	1.225 ft ³



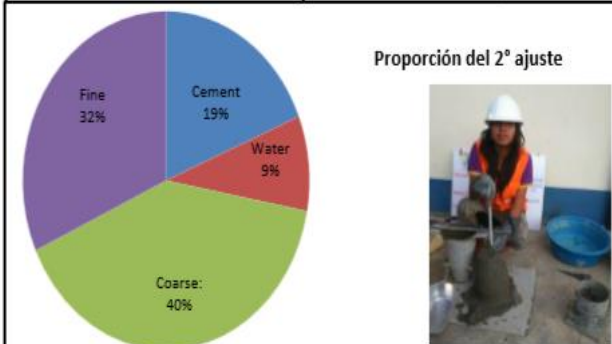
OBSERVACIONES (TRIAL BATCH).

Agua ± :	-939.0 g
Slump:	3.7 in
Peso unitario:	2087.8 kg/m³
Temperatura:	27.0 °C

10.- Correcciones por trabajabilidad de laboratorio.

Agua corregido en la mezcla x tanda (±).	-939 ml	-0.939 L	-0.00094 m ³	Poner: (-) si sobra agua en el laboratorio, para restar al diseño, Poner (+) si falta agua, para aumetar agua al diseño o reproporcionar los aditivos.
Slump o asentamiento (ASTM C143).		3.7 pulgada	9.40 cm	
Peso unitario del concreto fresco (ASTM C 138).			2088 kg/m³	
Contenido de aire del concreto fresco (ASTM C 173).			0.72 %	
Temperatura del concreto fresco (ASTM C 1064).			27.0 °C	

Segundo ajuste por mezclado de laboratorio	Pesos absolutos/laboratorio.	Volumen/laboratorio.		Los materiales empleado en el laboratorio del mezclado
Cemento.	13.685 kg	0.0046 m ³	0.160 ft ³	
Agua de mezcla.	6.586 L	0.0066 m ³	0.231 ft ³	
Agregado grueso húmedo.	29.295 kg	0.0109 m ³	0.381 ft ³	
Agregado fino húmedo.	23.100 kg	0.0112 m ³	0.392 ft ³	
Total del material en laboratorio:	72.666 kg	0.0330 m³	1.164 ft³	



11.- Proporciones corregidos por ensayos para 1 m³ de concreto en producción

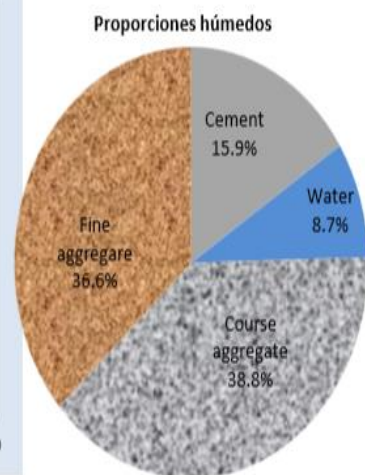
Factor para un m ³ de concreto por peso unitario fresco controlado en laboratorio.				0.03480566 m ³
Materiales:	Peso seco	Peso mojado	Materiales:	Volumen
Cemento corregido:	342.01 kg/m ³	342.0 kg/m ³	Volumen sólido del Cemento:	0.1144 m ³
agua corregido:	188.17 kg/m ³	188.2 kg/m ³	Volumen del agua:	0.1882 m ³
Agregado grueso corregido:	832.48 kg/m ³	837.0 kg/m ³	Volumen sólido agregado grueso:	0.3095 m ³
Agregado fino corregido:	782.24 kg/m ³	789.5 kg/m ³	Volumen agregado fino seco:	0.3807 m ³
Aire existente:	-	-	Aire existente:	0.0072 m ³
Peso total del concreto:	2144.9 kg/m³	2156.6 kg/m³	Valor corregido:	1.0 m³

Como resultado final se obtuvo:

12.- Resultados finales

Pesos húmedos por metro cúbico.		Proporción	En peso	En volumen
Cemento :	342.10 kg/m ³	1	42.50 kg/bolsa	28.32 Litro/bolsa
Agua:	188.20 kg/m ³	0.550	23.38 kg/bolsa	23.38 Litro/bolsa
Agregado grueso:	837.00 kg/m ³	2.45	103.98 kg/bolsa	38.66 Litro/bolsa
Agregado fino:	789.50 kg/m ³	2.31	98.08 kg/bolsa	47.61 Litro/bolsa
Total	2156.8 kg/m ³			

13.- Correcciones por equilibrio o compensación de resistencia.



CONTROL DE RESISTENCIAS EN LABORATORIO PARA SU CORRECCIÓN.						
Control/Edades	3 día	7 día	14 día	28 día		
Primer control (molde 01)	120 kgf/cm ²	157 kgf/cm ²	187 kgf/cm ²	213 kgf/cm ²		
Segundo control (molde 02)						
Tercer control (molde 03)						
Promedios	120 kgf/cm²	157 kgf/cm²	187 kgf/cm²	213 kgf/cm²		

3.5.4.2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE 210^o REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA

En la tabla 3.28 podemos observar el desarrollo del cálculo de las dosificaciones, correcciones por humedad y pesos para la elaboración de los especímenes cilíndricos para probar la resistencia a los 3,7,14 y 28 días.

Tabla 3.28 Diseño de la mezcla del concreto de 210^o reforzado con fibra de lechuguilla por el método del ACI concreto sin aire incorporado

4.- Información de campo:

Origen del material	AGREGADO GRANULAR GRUESOS	AGREGADO GRANULAR FINOS		
Nombre de la cantera:	Cantera Churubamba			
Ubicación de la cantera:	Churubamba - Huánuco - Huánuco.			
Coordenadas Geodésicas:	Este: 375719 m E	Norte: 8912256 m S	Altitud: 1816 msnm	18 L

5.- Información de trabajabilidad del concreto:


5.1.- Elemento estructural que conformará el concreto:	Estructural	Losas aligeradas y macizas.
5.2.- Resistencia estructural solicitada mínimo:	210 kgf/cm ²	(21 Mpa)
5.3.- Espacios o tamaño máximo pasante: Tamaño máximo retenido (TM):	1 1/2" 1"	19 mm separación mínima si llevan barras de acero estructural.
5.4.- Trabajabilidad del concreto para su aplicación:		
3" - 4"	Aplicación bombeado.	Si
Segregación del concreto mínimo, trabajabilidad recomendado.	Aplicación del Mixer.	Si
	Aplicación con winchas, baldes.	Si
	Aplicación con fajas y pendientes.	Si
	Aplicación con Buggys.	Si
5.4.- Condiciones a ser sometido el concreto:		
Contacto ambiente (Humedad relativa):	Si	Climas húmedos (> a 70 %)
Contacto al agua pH, (Fuerza agresividad):	Si	En contacto con aguas básicas
Contacto al suelo (PH, tipo de suelo.):	Si	Recomendación pH del suelo y agua variable (6.5 - 8)



6.1.- Cemento:	Tipo:	CEMENTO TIPO I	-	Temperatura normal
	Marca:	Cemento Andino S.A.	-	UNACEM
	Gravedad específico (Pe)		2.989 g/cm ³	Promedio
	Óxido Aluminio (Al ₂ O ₃):		-	
	Óxido Férrico (Fe ₂ O ₃):		-	
	Óxido Magnesio (MgO):		-	
Trióxido Sulfuro (SO ₃):		-		
6.2.- Agua:	Control del pH		7	Neutro
	Densidad de masa del agua		1.00 g/cm ³	A temperatura 23 ^o
	Sólidos en suspensión:		NP	No presenta

6.3.- ADITIVOS (Admixture)	Reductor de Agua y Plastificante			Incorporador de Aire		
	No aplica			No aplica		
6.4.- Agregados:	DESCRIPCION	AGREGADO GRANULAR:				
		FINE	COARSE	FIBRA		
		Medio	1/2"	Lechuguilla L: 20 mm		
	Tamaño máximo retenido:	2.4 mm	25.0 mm	-		
	Tamaño nominal máximo:	2.36 mm	12.50 mm	-	Relacion m/G	0.011
	Peso unitario varillado seco:	1664 kg/m ³	1769 kg/m ³	20 kg/m ³		
	Peso unitario suelto seco:	1557 kg/m ³	1655 kg/m ³	11 kg/m ³		
	Densidad de masa	2055 kg/m ³	2683 kg/m ³	868 kg/m ³		
	Peso específico Seco:	2.060	2.690	0.870		
	Módulo de fineza, promedio:	3.595	6.643	-		
	Absorción:	0.79 %	0.46 %	0.00 %		
Humedad:	0.92 %	0.54 %	0.00 %			

7.- Estandarización inicial para la dosificación.

7.1.- Condicion de trabajalidad.	Concreto sin aire Incorporado	
7.2.- Factor para requerido f'cr, No hay datos estadísticos:	8.50 MPa	Ref. RNE tabla 5.3, publicado ICG.
7.3.- Resistencia promedio requerido (f'cr):	296.70 kgf/cm ²	
7.4.- Tamaño máximo nominal del agregado de diseño (TMN):	1/2"	 ACI Committee 211
7.5.- Factor de módulo de fineza, Coarse/Fine (f):	1.848	
7.6.- Módulo de finura del agregado como fino en el diseño, (Mf):	3.595	
7.7.- Agua de mezcla para slump de 3" a 4" y TMN (ACI Chapter 6, Step 3):	216.5 kg/m ³	
7.8.- Cantidad aire presente para TMN de 1/2" (ACI Chapter 6, Step 3):	2.5 %	
7.9.- Relación agua y cemento para f'cr, (a/c), (ACI Chapter 6, Step 4):	0.5502	
7.10.- Factor de participación del agregado grueso en volumen para modulo de fineza de la arena de diseño (Mf) y TMN agregado grueso, (ACI Chapter 6, Step 6):	0.4705 m ³	

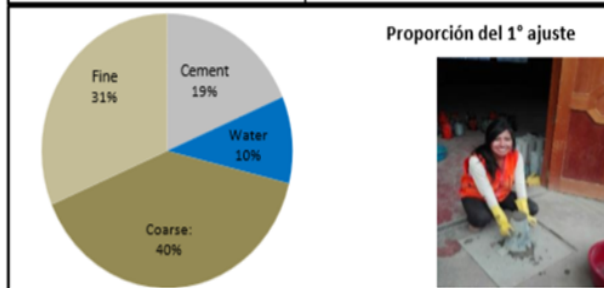
8.- Proporciones en base a volumen absoluto.

Materiales:	Pesos	Materiales:	Volumen
Cemento:	394.0 kg/m ³	Volumen del Cemento:	0.1318 m ³
agua:	216.5 kg/m ³	Volumen del agua:	0.2165 m ³
Agregado grueso seco:	832.0 kg/m ³	Volumen agregado grueso:	0.3093 m ³
Agregado fino seco:	654.0 kg/m ³	Agregado fino seco:	0.3174 m ³
Aire existente:	-	Aire existente:	0.0250 m ³
Peso del concreto:	2096.5 kg/m³	Valor absoluto total:	1.0000 m³

9.- Corrección por absorción y humedad.

Contribución de agua por adherencia superficial, (-) material seco entonces aumento agua, (+) material húmedo o mojado resto agua)	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO	FIBRA
	Fino	Medio	Grueso	1/2"	Lechuguilla
		0.133 %		0.083 %	0.000 %
		0.0013321		0.00082729	0.0000000
<i>Balance de agua según el material</i>		0.87 kg		0.69 kg	0.00 kg

Primer ajuste de materiales humedad húmedos y absorción:	Pesos absolutos	Pesos para laboratorio	Cantidad para la Jornada o capacidad de la mezcladora de:
Cemento:	391.0 kg/m ³	13.685 kg	35 Litros
Agua para adicionado:	215.0 kg/m ³	7.525 kg	
Agregado grueso mojado:	837.0 kg/m ³	29.295 kg	
Agregado fino mojado:	660.0 kg/m ³	23.100 kg	0.0350 m ³
Aire existente:	-	-	
Peso del concreto:	2103.0 kg/m³	73.605 kg	1.225 ft ³

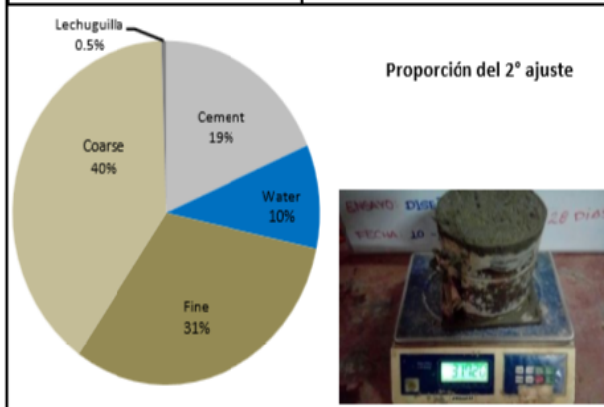


OBSERVACIONES (TRIAL BATCH).	
Agua ± :	-322.6 g
Slump:	3.9 in
Peso unitario:	2065.0 kg/m³
Temperatura:	26.1 °C

10.- Correcciones por trabajabilidad de laboratorio.

Fibra Lechuguilla (L: 20 mm):	% de participación de la fibra en masa.	0.5 %	0.369 Kg de lechuguilla	La lechuguilla ha sido previamente tratado para evitar efectos de la humedad que perjudiquen a la fibra.
Agua corregido en la mezcla x tanda (±).		-322.6 ml	-0.323 L	-0.0003 m ³
Slump o asentamiento (ASTM C143).			3.9 pulgada	9.91 cm
Peso unitario del concreto fresco (ASTM C 138).			2150 kg/m ³	
Contenido de aire del concreto fresco (ASTM C 173).			2.23 %	
Temperatura del concreto fresco (ASTM C 1064).			26.1 °C	

Segundo ajuste por mezclado de laboratorio	Pesos absolutos/laboratorio.	Volumen/laboratorio.	
Cemento.	13.685 kg	0.0046 m ³	0.160 ft ³
Agua de mezcla.	7.202 L	0.0072 m ³	0.252 ft ³
Agregado grueso húmedo.	29.295 kg	0.0109 m ³	0.381 ft ³
Agregado fino húmedo.	23.100 kg	0.0112 m ³	0.392 ft ³
Fibra lechuguilla.	0.369 kg	0.0004 m ³	0.015 ft ³
Total del material en laboratorio:	73.651 kg	0.0340 m³	1.201 ft³



OBSERVACIONES (TRIAL BATCH).	
Agua ± :	0.0 g
Slump:	3.5 in
Peso unitario:	2079.0 kg/m³
Temperatura:	26.5 °C

11.- Proporciones corregidos por ensayos para 1 m³ de concreto en producción

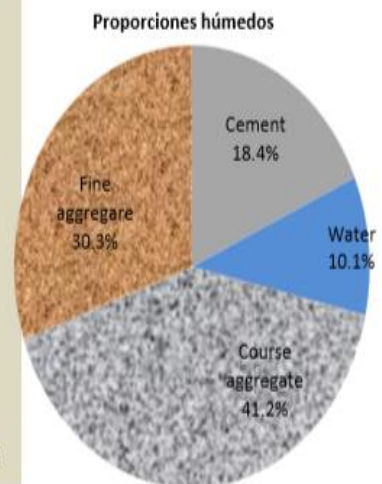
Factor para un m ³ de concreto por peso unitario fresco controlado en laboratorio.				0.03425647 m ³
Materiales:	Peso seco	Peso mojado	Materiales:	Volumen
Cemento corregido:	385.03 kg/m ³	385.0 kg/m ³	Volumen solido del Cemento:	0.1288 m ³
agua corregido:	211.84 kg/m ³	211.8 kg/m ³	Volumen del agua:	0.2118 m ³
Agregado grueso corregido:	856.96 kg/m ³	861.6 kg/m ³	Volumen solido agregado grueso:	0.3186 m ³
Agregado fino corregido:	628.65 kg/m ³	634.5 kg/m ³	Volumen agregado fino seco:	0.3059 m ³
Fibra lechuguilla.	10.85 kg/m ³	10.9 kg/m ³	Volumen agregado de magnetita:	0.0125 m ³
Aire existente:	-	-	Aire existente:	0.0223 m ³
Peso total del concreto:	2093.3 kg/m³	2103.8 kg/m³	Valor corregido:	1.0 m³

12.- Resultados finales

Pesos húmedos por metro cúbico.		Proporción	En peso	En volumen
Cemento :	385.00 kg/m ³	1	42.50 kg/bolsa	28.32 Litro/bolsa
Agua:	211.80 kg/m ³	0.550	23.38 kg/bolsa	23.38 Litro/bolsa
Agregado grueso:	861.60 kg/m ³	2.24	95.11 kg/bolsa	35.36 Litro/bolsa
Agregado fino:	634.50 kg/m ³	1.65	70.04 kg/bolsa	34.00 Litro/bolsa
Fibra lechuguilla.	10.85 kg/m ³	0.03	1.20 kg/bolsa	1.38 Litro/bolsa
Total	2092.9 kg/m ³			

Como resultado final se obtuvo:

13.- Correcciones por equilibrio o compensación de resistencia.



CONTROL DE RESISTENCIAS EN LABORATORIO PARA SU CORRECCIÓN.						
Control/Edades	3 día	7 día	14 día	28 día		
Primer control (molde 01)	94 kgf/cm ²	135 kgf/cm ²	202 kgf/cm ²	273 kgf/cm ²		
Segundo control (molde 02)						
Tercer control (molde 03)						
Promedios	94 kgf/cm ²	135 kgf/cm ²	202 kgf/cm ²	273 kgf/cm ²		

3.5.5. ETAPA 5: ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

En la presente etapa se realizará una breve descripción de los ensayos utilizados en la recolección de datos de las propiedades del concreto en estado fresco:

- Asentamiento
- Temperatura
- Peso unitario

Las hojas de datos recolectados están adjuntas en el Anexo.

3.5.5.1. MEZCLADO, MUESTREO Y ELABORACION DE ESPECIMENES EN LABORATORIO

La norma NTP 339.183 establece los procedimientos para el mezclado, muestreo y elaboración de especímenes en laboratorio bajo un control riguroso de los materiales y condiciones de ensayo.

3.5.5.1.1. MEZCLADO DEL CONCRETO

Mezclar el concreto en una mezcladora adecuado.

a) Capacidad de la mezcladora

Para el muestreo y fabricación de especímenes de ensayo, se empleó una mezcladora, de 35 lts de capacidad (ve gráfico 3.19). Las tandas de ensayos elaboradas en laboratorio fueron de 2156 kg/m³, equivalente a 15 cilindros.



Gráfico 3.19 Mezcladora de 35 lt de capacidad.

b) Secuencia y tiempo de mezclado

No existe una norma que defina el procedimiento para cargar la mezcladora; sin embargo, con la finalidad de obtener una muestra homogénea y uniforme de concreto fresco, en la investigación se hizo uso de la secuencia y tiempo de mezclado mostrado en la Figura 3.8, además en la Imagen se puede observar la operación in situ, (ver gráfico 3.20).

La ASTM señala que tiempos de mezclado inferiores al minuto y medio, producen concretos de características variables. Sin embargo, a partir de los dos minutos, no se obtiene un mejoramiento de la mezcla. La resistencia es menos afectada por el tiempo de mezclado, especialmente luego de los dos minutos.

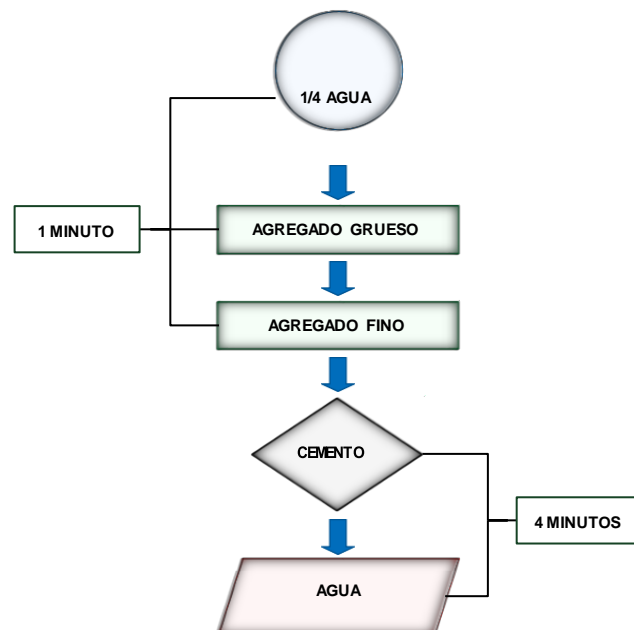


Figura 3.8 Secuencia y tiempo de mezclados empleados.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 3.20 Secuencia de mezclado de los componentes del concreto.

3.5.5.1.2. MUESTREO DEL CONCRETO

De la revoltura del concreto se obtiene la fracción representativa para los ensayos de asentamiento, temperatura, peso unitario y elaboración de especímenes

Se debe tener en cuenta que el concreto usado en ensayos de asentamiento, tiempo de fraguado no será empleado para elaborar las pruebas de la resistencia a la compresión de probetas.

3.5.5.1.3. ELABORACION DE ESPECIMENES (PROBETAS)

Como ya se indicó, la norma NTP 339.183 contempla el procedimiento para la elaboración de los especímenes (cilindros) de concreto ensayados a compresión. La secuencia de actividades para la realización del presente ensayo se observa en la Figura 3.9, además en el gráfico 3.21 se puede observar las operaciones en laboratorio.



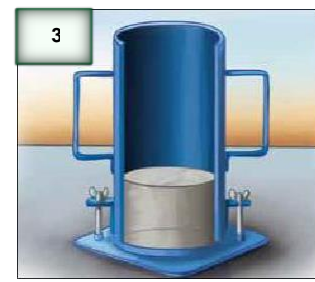
Gráfico 3.21 Elaboración de los especímenes (probetas) de concreto.



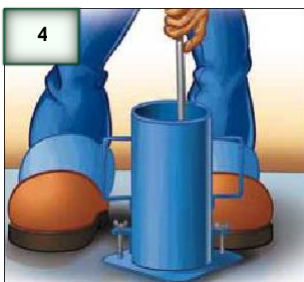
1
Obtén una muestra representativa.



2
Coloque el concreto en el molde.



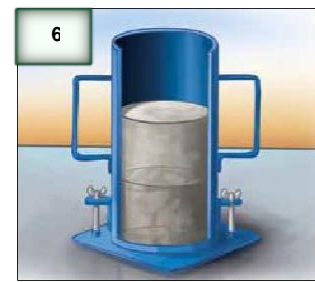
3
Llene el molde aproximadamente 1/3 de su volumen.



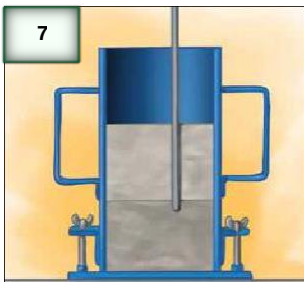
4
Varille la capa 25 veces uniformemente en toda la sección transversal.



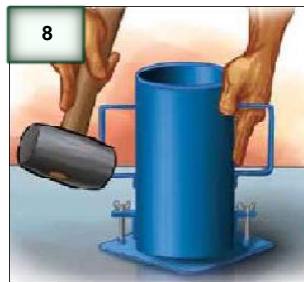
5
Golpee la parte exterior del molde de 10 a 15 veces con el mazo de hule.



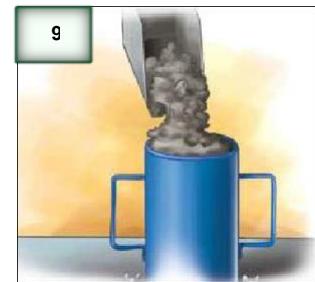
6
Llene el molde aproximadamente 2/3 de su volumen.



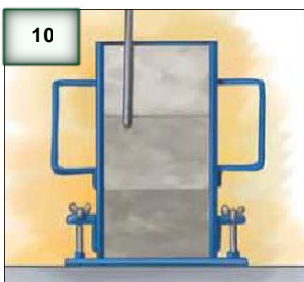
7
Varille la capa 25 veces, penetrando 1 pulg. en la capa subyacente.



8
Golpee la parte exterior del molde de 10 a 15 veces con el mazo de hule.



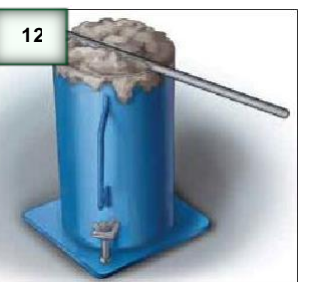
9
Para la tercera capa llene el molde completamente.



10
Varille la capa 25 veces, penetrando la capa subyacente 1 pulg.



11
Golpee la parte exterior del molde de 10 a 15 veces con el mazo de hule.



12
Enrase la superficie con la varilla o una plancha.

Nota: El moldeado de los especímenes se debe realizar dentro de los 15 minutos transcurridos desde la obtención de la muestra representativa.

Figura 3.9 Secuencia de actividades para la elaboración de especímenes de concreto.

Fuente: Elaboración propi

3.5.5.2. ENSAYO DE ASENTAMIENTO

La norma NTP 339.035 establece el método para determinar el asentamiento del concreto haciendo uso del cono de Abrams. La secuencia de actividades para la realización del presente ensayo se observa en la Figura 3.10, además en el gráfico 3.22 se puede observar las operaciones en laboratorio.



Gráfico 3.22 Realización del ensayo de asentamiento del concreto.

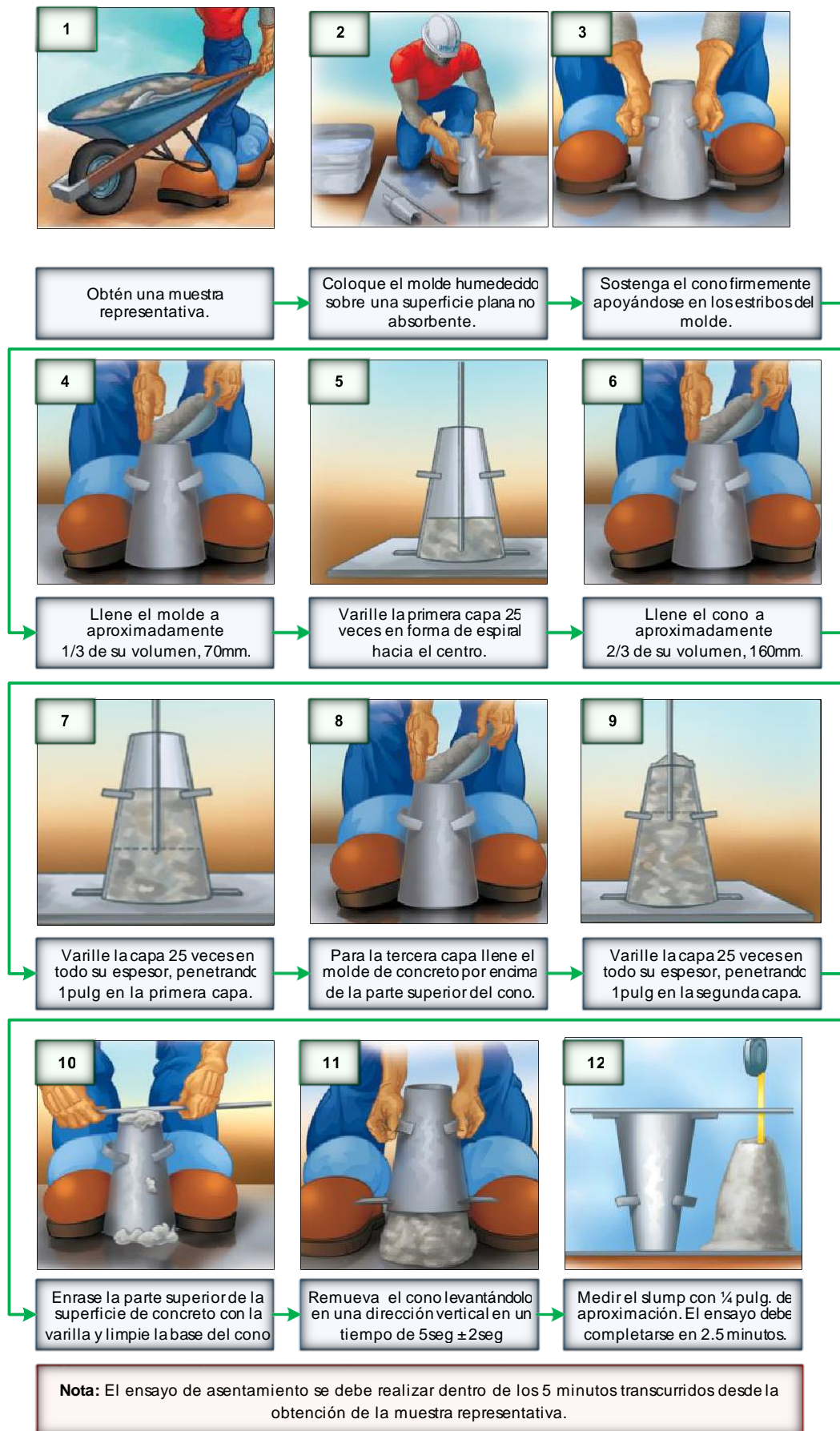


Figura 3.10 Secuencia de actividades para el ensayo de asentamiento del concreto.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5.3. ENSAYO DE TEMPERATURA

La norma NTP 339.184 señala el procedimiento para determinar la temperatura de mezcla de concreto en estado fresco.

Para medir y registrar la temperatura del concreto; primeramente debemos colocar el dispositivo a una profundidad de 75 mm (3 pulg); finalmente debemos esperar 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. En se puede observar las operaciones en laboratorio.



Gráfico 3 23 *Realización del ensayo de temperatura del concreto.*

3.5.5.4. ENSAYO DE PESO UNITARIO

Se refiere al peso del agregado en las que incluye los vacíos que existe entre partículas, siendo su procedimiento, en donde pesos unitarios altos indican existencia de pocos espacios entre sus partículas.

La norma NTP 339.046 indica el procedimiento a seguir para determinar el peso unitario y rendimiento de la mezcla de concreto fresco. La secuencia de actividades para la realización del presente ensayo en laboratorio, se observa en la Figura 3.11



Figura 3.11 Secuencia de actividades para el ensayo de peso unitario y rendimiento del concreto.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.6. ETAPA 6: ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO

En la presente etapa se realizará una breve descripción del ensayo de resistencia a la compresión, con la finalidad de obtener datos de las propiedades del concreto en estado endurecido. Las hojas de datos recolectados están adjuntas en el Anexo.

3.5.6.1. CURADO DE ESPECIMENES

La norma NTP 339.183 establece las siguientes recomendaciones y procedimientos para el curado de especímenes (probetas) de concreto en el laboratorio:

- Después de finalizar el moldeado de los especímenes, éstos deberán cubrirse para evitar la pérdida de humedad.
- Las probetas serán desmoldadas después de $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$ luego de haber sido vaciadas.
- El curado de los especímenes, se realizara a temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

El procedimiento y las operaciones para el curado de especímenes (probetas) de concreto en laboratorio se ilustran en el gráfico 3.24.





Gráfico 3.24 Realización del curado de probetas de concreto.

3.5.6.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

La norma NTP 339.034 contempla las siguientes recomendaciones y procedimientos para la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas para diseño patrón y probetas cilíndricas de para diseño experimental:

- Colocar la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y centrar sobre el mismo.
- Aplicar la carga en forma continua y constante evitando choques, la velocidad de carga estará en el rango de 0.25 ± 0.05 MPa/s.
- Aplicar la carga hasta que aparezca la falla de ruptura, registrándola en el informe.

El procedimiento y las operaciones para la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas en laboratorio se ilustran en los gráficos 3.25,3.26,3.27,3.28.3.29,3.30,3.31 y 3.32.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210°

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210° DE LA EDAD DE 3 DIAS

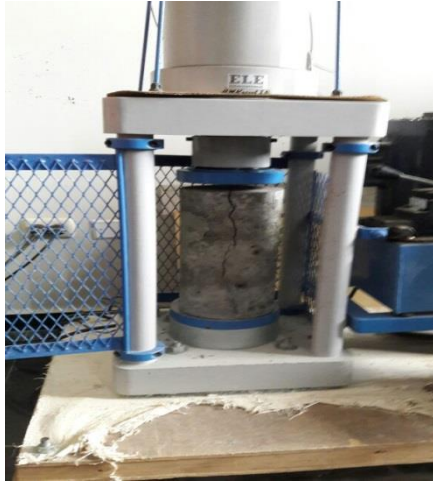


Gráfico 3.25 Ensayo de la resistencia de la compresión del concreto de 210° de la edad de los 3 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210° DE LA EDAD DE 7 DIAS



Gráfico 3.26 . Ensayo de la resistencia de la compresión del concreto de 210° de la edad de los 7 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210° DE LA EDAD DE 14 DIAS



Gráfico 3.27 Ensayo de la resistencia de la compresión del concreto de 210° de la edad de los 14 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210° DE LA EDAD DE 28 DIAS



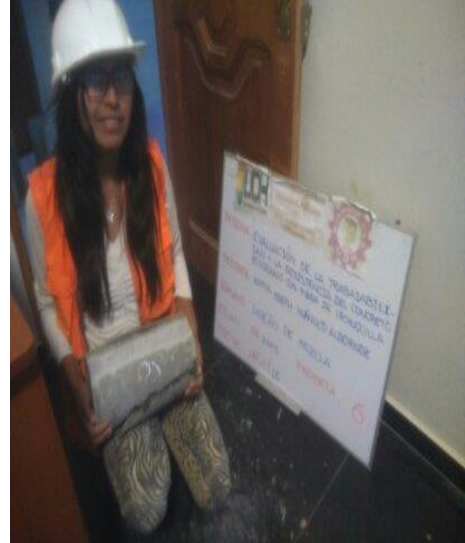


Gráfico 3.28 Ensayo de la resistencia de la compresión del concreto de 210º de la edad de los 28 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210°

REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA EDAD DE 3 DIAS





Gráfico 3.29 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla de la compresión de la edad de los 3 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA EDAD DE 7 DIAS



Gráfico 3.30 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla de la compresión de la edad de los 7 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA EDAD DE 14 DIAS



Gráfico 3.31 Ensayo de la resistencia del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla de la compresión de la edad de los 14 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA EDAD DE 28 DIAS





Gráfico 3.32 Ensayo de la resistencia del concreto de 210^o reforzado con fibra de lechuguilla de la compresión de la edad de los 28 días

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. GENERALIDADES:

El análisis de los resultados es la parte más importante de la presente investigación, pues debido a este obtendremos las conclusiones y recomendaciones acerca del uso de la fibra de “LECHUGUILLA” en las propiedades del concreto de 210°.

Este capítulo comprende la presentación y análisis de resultados, mediante tablas y gráficos, en torno a las propiedades del concreto de la trabajabilidad y la resistencia a la compresión .

4.2. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO:

4.2.1. TRABAJABILIDAD

En esta sección se expone y analiza los resultados obtenidos para los ensayos de asentamiento, temperatura, peso unitario; con la finalidad de evaluar la trabajabilidad del concreto de 210°.

4.2.1.1. ASENTAMIENTO

El asentamiento del concreto, para el concreto de 210° de relación $a/c= 0.5502$, en el tiempo transcurrido se ha mantenido proporcionalmente, se aprecia en la figura 4.1.

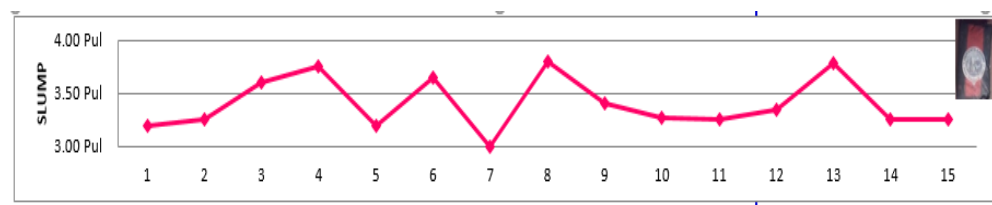


Figura 4.1 Asentamiento del concreto de 210° con relación $a/c=0.55502$.

El asentamiento del concreto de 210° para la proporción de 0.369 kg (0.5 % del peso del concreto), el concreto de 210° reforzado con la fibra de lechuguilla respecto al concreto de 210° de relación a/c= 0.5502, en el tiempo transcurrido se ha mantenido proporcionalmente también, se aprecia en la figura 4.2.

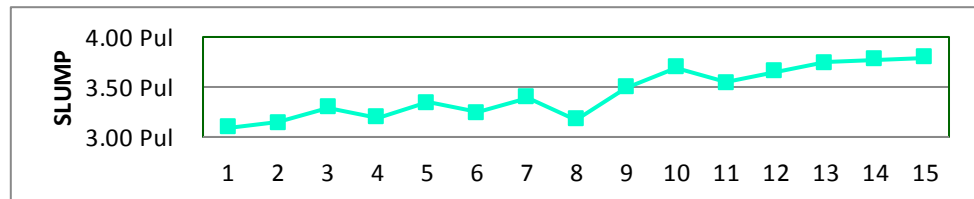


Figura 4.2 Asentamiento del concreto de 210° en el tiempo de la incorporación de la fibra de lechuguilla, con la relación a/c=0.55502.

La correlación entre el asentamiento del concreto de 210° y la proporción de la fibra de lechuguilla), para la relación agua/cemento (a/c = 0.5502) se contempla en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Resumen del ensayo de asentamiento del concreto de 210° y el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla, con respecto a las relación a/c=0.5502.

ID MEZCLA	RELACION a/c	DOSIS KG	SLUMP PROMEDIO (pulg)	% DE VARIACION CON RESPECTO AL CONCRETO DE 210
CONCRETO DE 210°	0.5502	0	3.31	0%
CON FIBRA	0.5502	0.369	3.51	6 %

E

En la presente investigación, al aplicar una dosis de la fibra de lechuguilla de 0.369 kg con respecto al peso del concreto, con una relación a/c=0.5502, el asentamiento se incrementó en un 6 %, siendo esta la variación máxima promedio con respecto al concreto de 210°.

4.2.1.2. TEMPERATURA

La relación de la temperatura promedio del concreto de 210°

,para la relación agua/cemento ($a/c = 0.5502$) se contempla en la Figura 4.3.

Figura 4.3 Temperatura promedio del concreto del concreto de 210°.

La relación de la temperatura promedio del concreto reforzado con fibra de lechuguilla, para la relación agua/cemento ($a/c = 0.5502$) se contempla en la Figura 4.4.

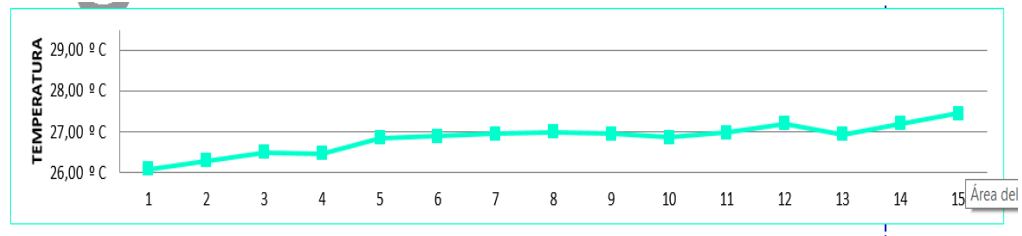


Figura 4.4 Temperatura promedio del concreto para la dosis de 0.369 kg de lechuguilla

Del análisis de la Figura 4.3 y 4.4 se confirma que la temperatura es proporcional que esta entre el rango de 26 °C a 28 °C .

El concreto reforzado con fibra de lechuguilla no se ve alterada haciendo una comparación con la temperatura promedio del concreto de 210°, manifestándose así que el concreto patrón tiene como temperatura promedio 27.10 °C y el concreto de 210° con fibra presenta una temperatura de 26.98 °C, la diferencia es mínima es 0.44 % la variación de temperatura.

4.2.1.3. PESO UNITARIO

El peso unitario del concreto y la dosis de la fibra de lechuguilla de 0369 kg (0.5 % del peso del concreto), para la

relación agua/cemento ($a/c = 0.5502$) se observan en la Tabla 4.2 y Figura 4.5.y 4.6.

Tabla 4.2 Resumen del ensayo de peso unitario del concreto de 210° para 0.369 kg de fibra de lechuguilla, con respecto a las relaciones $a/c=0.5502$.

ID MEZCLA	RELACION a/c	DOSIS (ml/100kg)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m ³)	%DE VARIACION CON RESPECTO AL CONCRETO DE 210°
CONCRETO DE 210°	0.50	0	2086.25	0%
CON FIBRA	0.50	250	2073.68	5%

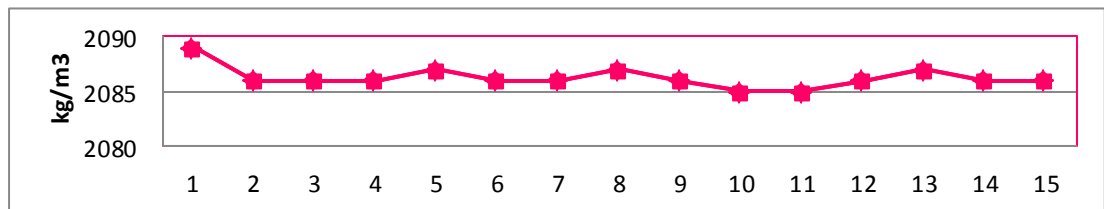


Figura 4.5 Peso unitario del concreto de 210° respecto a la relación $a/c=0.5502$.

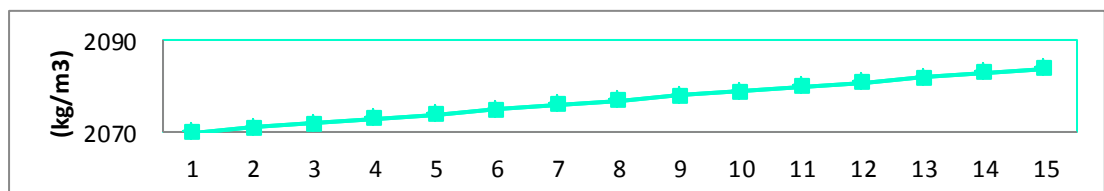


Figura 4.6 Peso unitario del concreto de 210° para dosis de fibra 0.369 kg (0.5 % del peso del concreto) con respecto a la relación $a/c=0.5502$.

Del análisis de la figura 4.5 Y 4.6 se encontró que la mezcla diseñada en función de la relación $a/c= 0.5502$, para dosis de fibra de lechuguilla, el peso unitario del concreto decrece en forma proporcional con la dosis suministrada, es incluso menos que el concreto de 210° porque aligera el peso es directamente proporcional.

4.3. ENSAYO AL CONCRETO ENDURECIDO

4.3.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

A continuación, mostraremos los resultados del ensayo de resistencia a la compresión y su análisis respectivo en dos grupos:

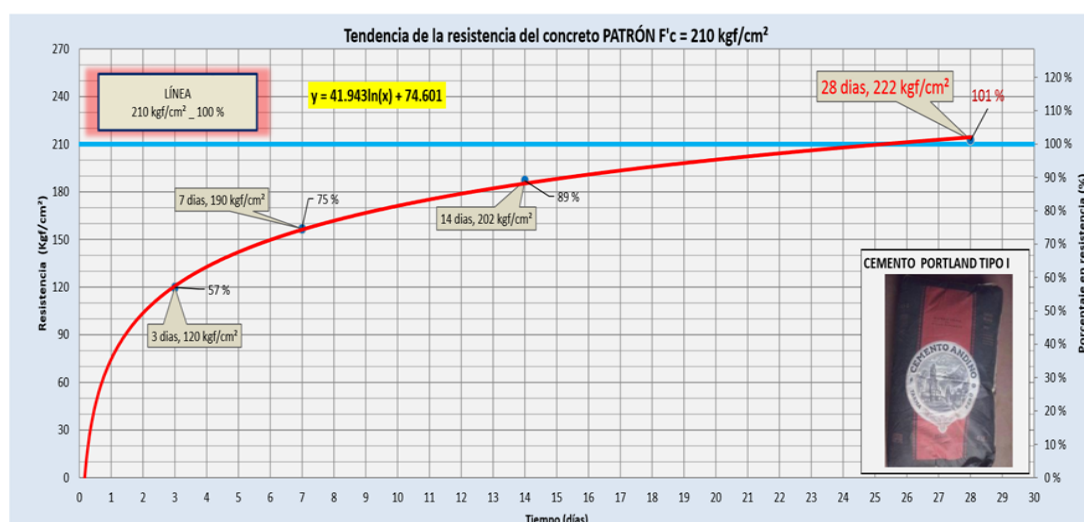
- Resistencia a la compresión del concreto de 210^o.
- Resistencia a la compresión del concreto de 210^o con fibra de lechuguilla.

4.3.1.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210^o

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión, para la mezcla del concreto de 210^o de relación $a/c=0.5502$, a edades de 3, 7, 14 y 28 días pueden apreciarse en la Tabla 4.3 y Figura 4.7.

Tabla 4 3 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto de 210^o para diferentes edades, en mezcla del concreto de 210^o de relación $a/c=0.5502$.

	RESULTADOS GENERALES POR EDADES				ECUACIÓN GENERAL PARA ESTIMAR LA EVOLUCIÓN DEL CONCRETO SEGÚN AVANCE DE LOS DÍAS
	EDAD DEL CONCRETO EN DÍAS				
	3	7	14	28	
RESITENCIA CARACTERÍSTICO, f_c	120 kgf/cm ²	157 kgf/cm ²	187 kgf/cm ²	213 kgf/cm ²	$f_c = 41.943 \cdot \ln(\text{días}) + 74.601$
Porcentaje en resistencia de diseño especificada ($f_c=210 \text{ kgf/cm}^2$)	57 %	75 %	89 %	101 %	



TRABAJO Figura 4.7 Resistencia a la compresión del concreto de 210^o para diferentes edades, en mezcla del concreto de 210^o de relación $a/c=0.5502$.

Del análisis de la Figura 4.7 se comprueba que la resistencia a la compresión se incrementa con el aumento de la edad, llegando a la edad de 28 días con 213 kg/cm² cumplió con el diseño propuesto.

4.3.1.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210^o REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de 210^o para la dosis de (0.369 kg del peso del concreto), con respecto a la relación a/c=0.5502, a edades de 3, 7, 14 y 28 días pueden apreciarse en la Tabla 4.6 a 4.7 Figura 4.8 a 4.10.

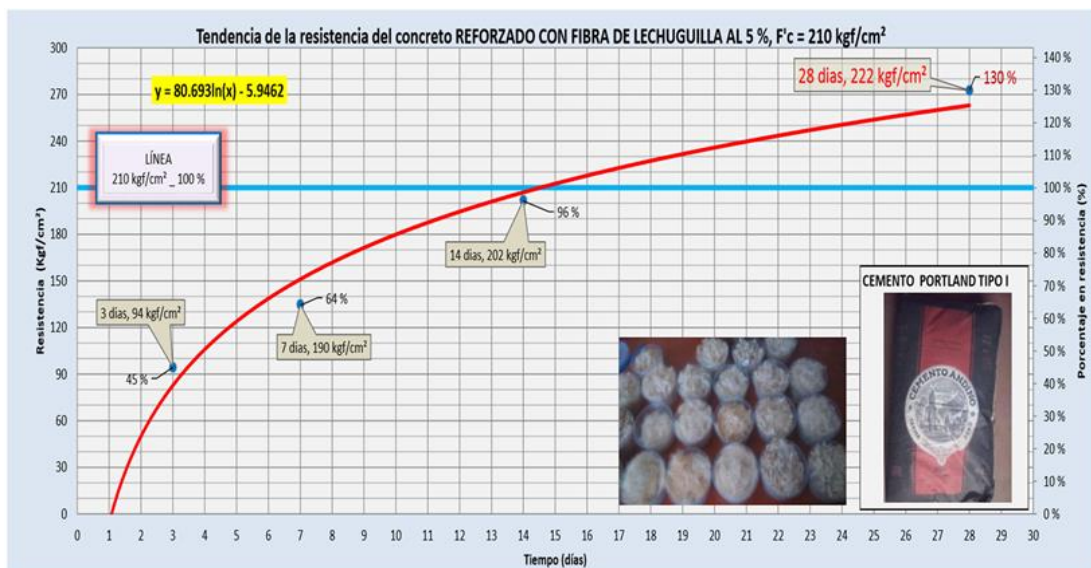
Tabla 4.4 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto de 210^o para diferentes edades, en mezclas de relación a/c=0.5502 con fibra de lechuguilla

	RESULTADOS GENERALES POR EDADES				ECUACIÓN GENERAL PARA ESTIMAR LA EVOLUCIÓN DEL CONCRETO SEGÚN AVANCE DE LOS DIAS
	EDAD DEL CONCRETO EN DÍAS				
	3	7	14	28	
RESISTENCIA CARACTERÍSTICO, f'c	94 kgf/cm ²	135 kgf/cm ²	202 kgf/cm ²	273 kgf/cm ²	f'c = 80.693*ln(dias) - 5.9462
Porcentaje en resistencia de diseño especificada (f'c=210 kgf/cm ²)	45 %	64 %	96 %	130 %	

Figura

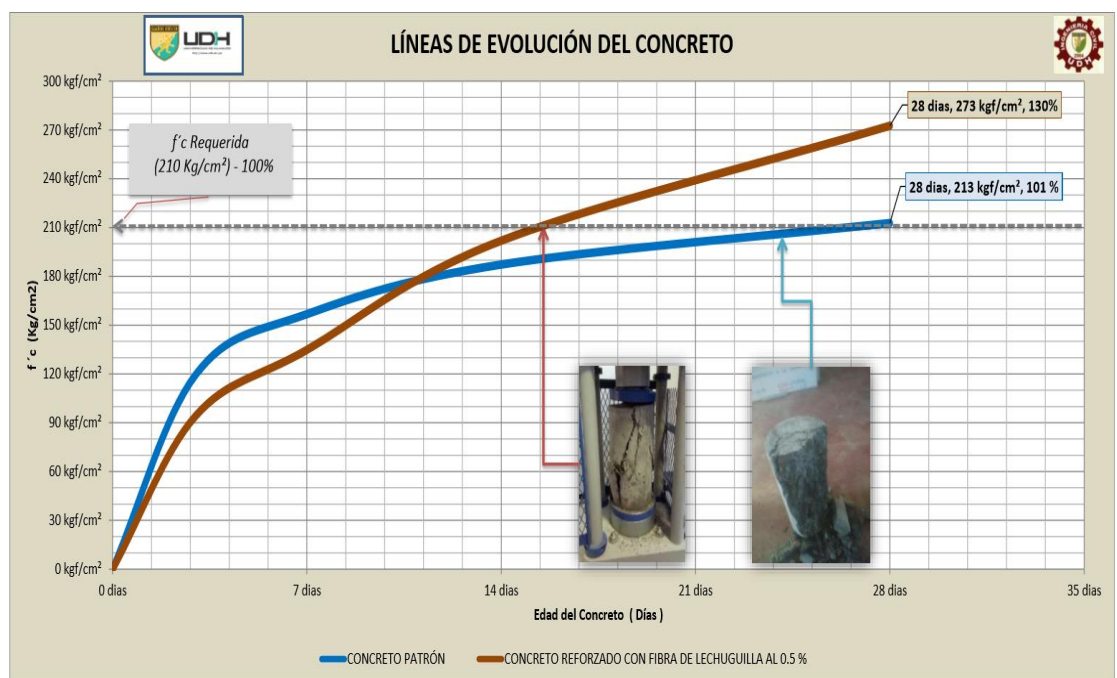
4.8 Resistencia a la compresión del concreto de 210^o reforzado con fibra de lechuguilla para diferentes edades, en mezcla de concreto de 210^o de relación

a/c = 0.5502



3 días	120 kgf/cm ²	94 kgf/cm ²
7 días	157 kgf/cm ²	135 kgf/cm ²
14 días	187 kgf/cm ²	202 kgf/cm ²
28 días	213 kgf/cm ²	273 kgf/cm ²

Figura 4.9 Resistencia a la compresión del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla, con respecto a la relación a/c=0.5502, presentada en diversas edades.



S

de la resistencia a la compresión presentados en la Tabla 4.5 son expresados como:

- Porcentaje de la resistencia del concreto de 210°.
- Porcentaje de la resistencia del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

Tabla 4.6 Resistencia a la compresión del concreto de 210° y del concreto reforzado con fibra de lechuguilla, expresadas como porcentaje de la resistencia del concreto de 210° de relación a/c=0.5502.

ID MEZCLA	DOSIS	RESISTENCIA A LA COMPRESION
-----------	-------	-----------------------------

		3d	7d	14d	28d
CONCRETO DE 210º	0	57.0 %	75.0 %	89.0%	101.0%
CON FIBRA	0.369 kg	45.0 %	64.0%	96.0%	130.0%

Del análisis de la Tabla 4.6 se encontró que las mezclas diseñadas en función a la relación $a/c=0.5502$ para dosis de “**FIBRA DE LECHUGUILLA**”) del cual se incorporó 0.369 kg, la resistencia a la compresión del concreto crece en forma proporcional a un 30 %, éste valor se encuentra por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla del concreto de 210º.

Incrementa la resistencia a la compresión del concreto, se debe a que la fibra de lechuguilla genera una microestructura algo más homogénea que produce una cierta mejoría de la resistencia mecánica a compresión.

Los resultados de la resistencia del concreto de 210º y del concreto de 210º reforzado con fibra de lechuguilla, se especifican estadísticamente a continuación:

ENSAYO DE ROTURA PARA PROBETAS DE CONCRETO DE 210º REFORZADO CON FIBRA DE

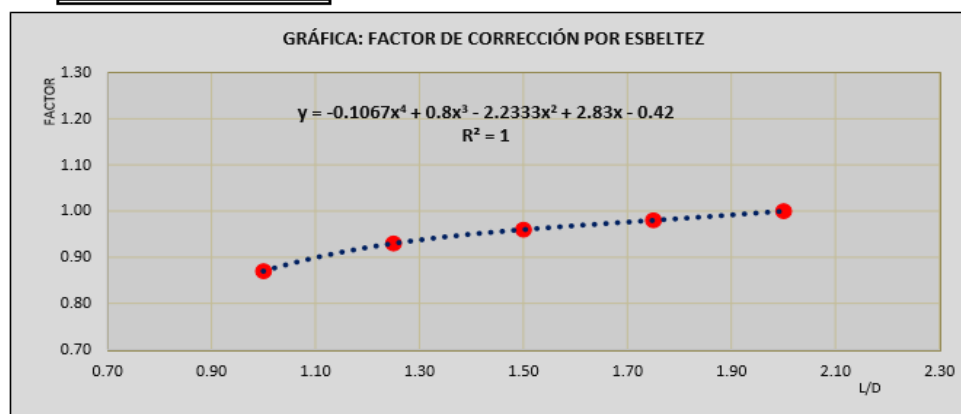
4.2.- VALORES PARA HALLAR LA ECUACIÓN Y LA GRÁFICA DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

L/D	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR	1.00	0.98	0.96	0.93	0.87

ECUACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E$$

A	-0.1067
B	0.8000
C	-2.2333
D	2.8300
E	-0.4200



URA A LOS 3 DIAS

4.1.- ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (SELECCIÓN MUESTRAL)

Nº MOLDE	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	DENSIDAD (g/cm ³)	
				HÚMEDA	SECA
M - 11	665.00	612.00	8.66 %	2.17	2.00
M - 12	216.00	208.00	3.85 %	2.13	2.05
M - 13	363.00	334.00	8.68 %	2.14	1.97
M - 14	225.00	200.00	12.50 %	2.15	1.91

CUADRO DE RESUMEN

Humedad, % W (promedio)	8.42 %
Densidad Húmeda, ρ_h (promedio)	2.15 g/cm³
Densidad Seca, ρ_s (promedio)	1.98 g/cm³



MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Media Aritmética, (\bar{X})	97.14 kgf/cm ²
Mediana, (Me)	97.96 kgf/cm ²
Moda, (Mo)	99.40 kgf/cm ²

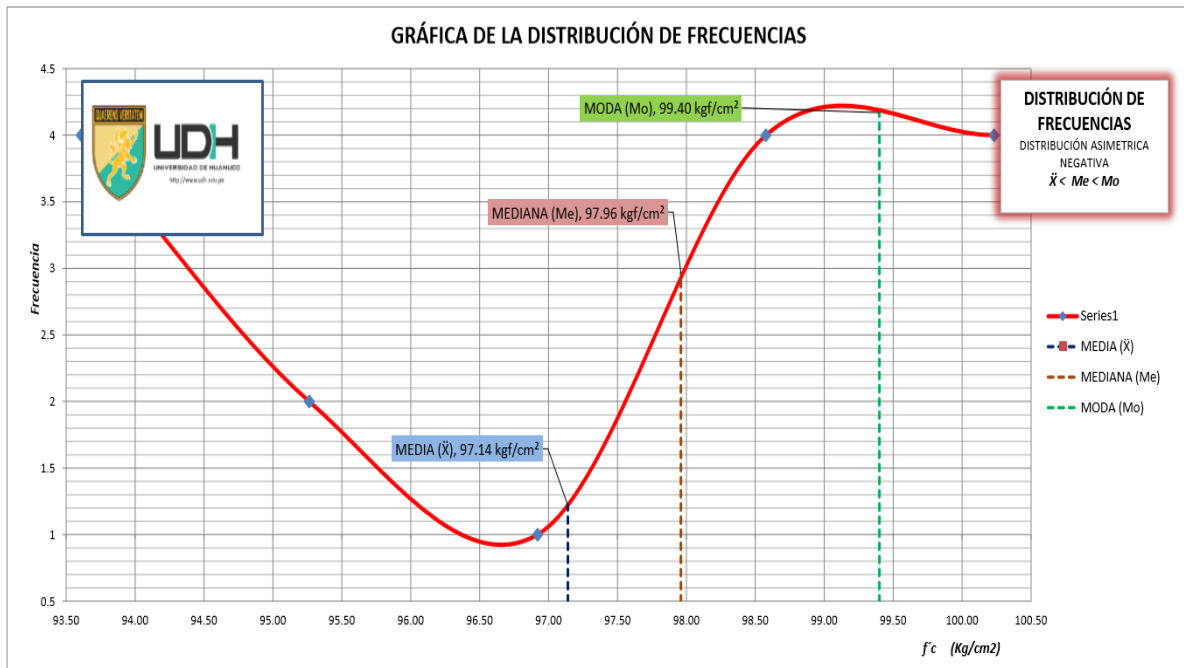
Varianza, (σ^2)	6.90
Desviación Estandar, (σ)	2.63 kgf/cm ²
Coefficiente de Variación, (C.V.)	2.71 %
Coefficiente de Pearson, (A.S.)	-0.9354

Distribución asimétrica negativa, sesgada hacia la izquierda $\bar{X} < Me < Mo$

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

K	ANCHO DE CLASE		x _i	f _i	f _r	F	x _i *f _i	(x _i - \bar{X}) ² *f _i
	Li	Ls						
1	[92.78	94.44 >	93.61	4	0.2667	4	374.43	49.90
2	[94.44	96.09 >	95.26	2	0.1333	6	190.53	7.04
3	[96.09	97.75 >	96.92	1	0.0667	7	96.92	0.05
4	[97.75	99.40 >	98.58	4	0.2667	11	394.30	8.25
5	[99.40	101.06]	100.23	4	0.2667	15	400.93	38.24
$\Sigma =$				15	1		1457.11	103.48

4.3.1.- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

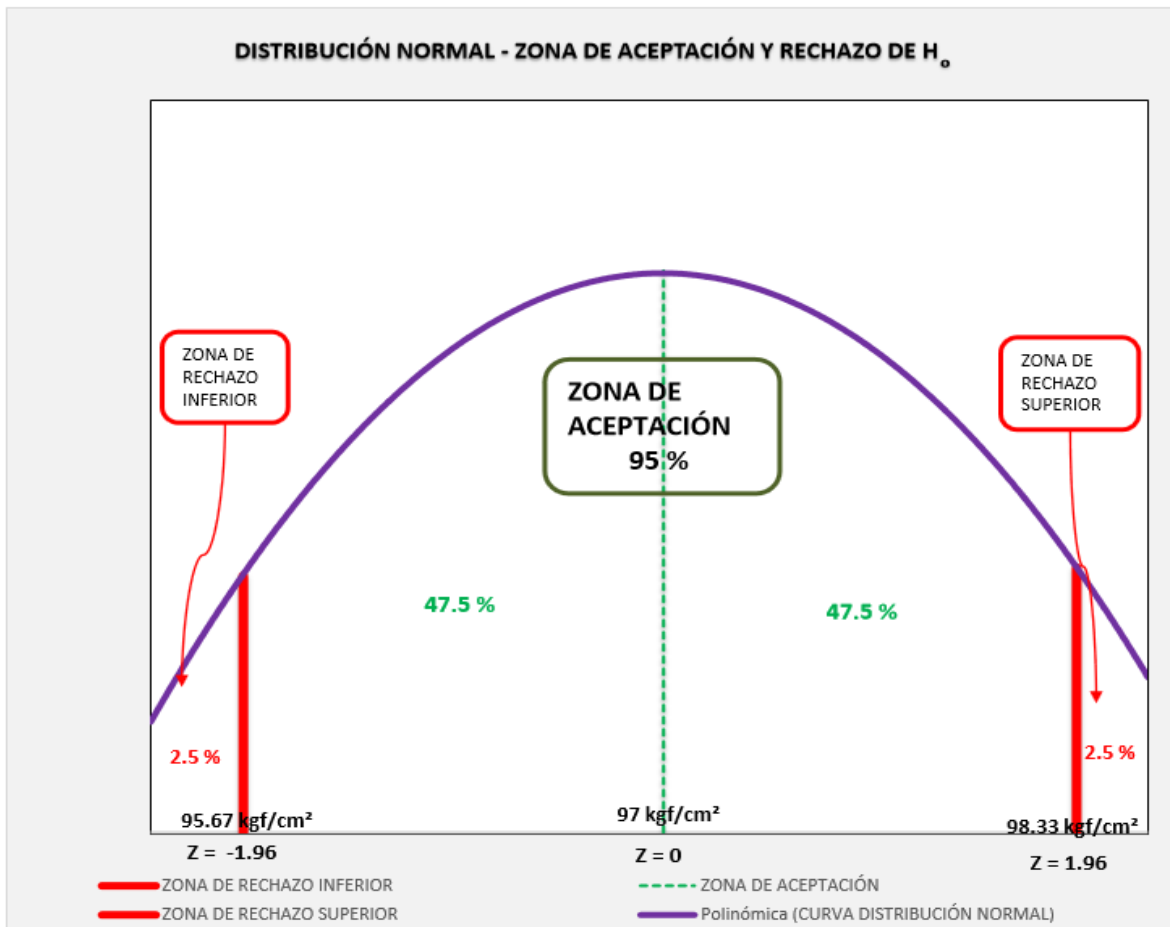


4.4.- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)	15	
NIVEL DE CONFIANZA (1- α)	95 %	
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)	5 %	
ZONA DE RECHAZO	$\alpha/2$	2.5 %
	Z+ CRÍTICO (2.5 %)	1.96
	Z- CRÍTICO (2.5 %)	-1.96
MARGEN DE ERROR	1.33 kgf/cm ²	
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	98.33 kgf/cm ²
	LÍMITE INFERIOR	95.67 kgf/cm ²
	95.67 kgf/cm² \leq μ \leq 98.33 kgf/cm²	
INTERPRETACIÓN:		
<p>Se está un 95% seguro de que la Resistencia Promedio (f'c) de las 15 muestras (probetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 95.67 kgf/cm² a 98.33 kgf/cm².</p>		

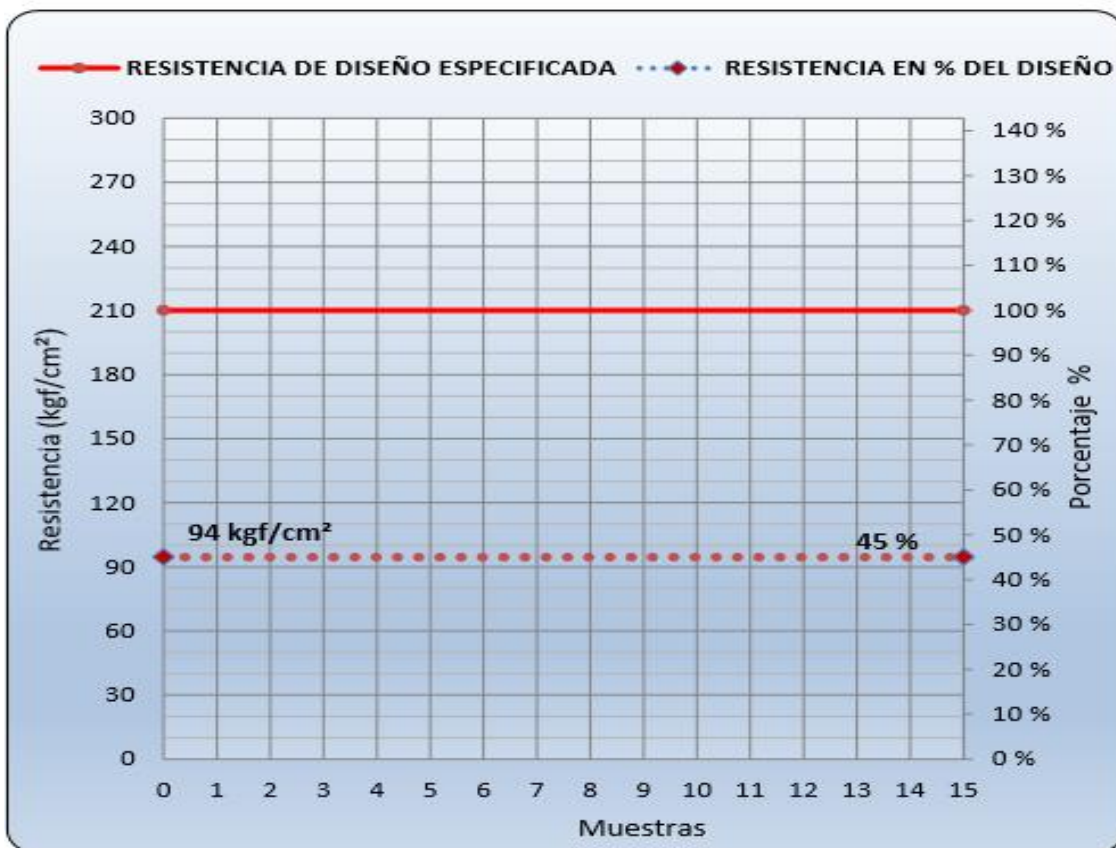
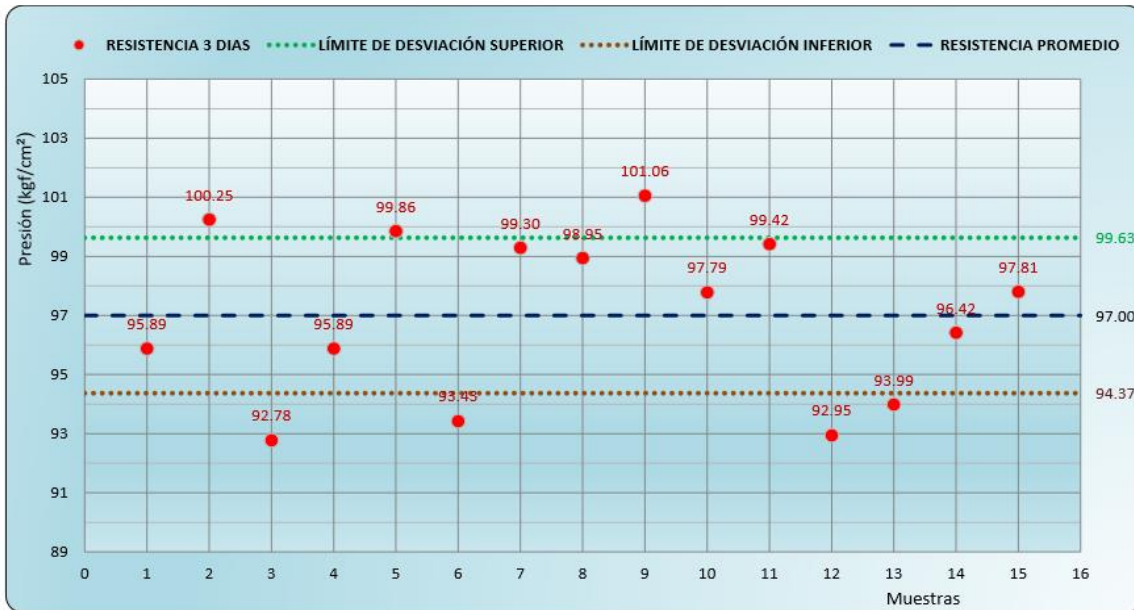
FÓRMULAS
$\alpha = 1 - 95\%$
$Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
$\mu = \bar{X} \pm Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

4.4.1.- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Resistencia a la compresión, promedio muestral (Media, \bar{X})	97 kgf/cm ²
Desviación estandar, σ	2.63 kgf/cm ²
Resistencia característico a la compresión (poblacional)	94 kgf/cm ²
Dispersión (Coeficiente de variación, C.V.)	2.71 %
Porcentaje en resistencia de diseño especificada ($f'c=210$ kgf/cm ²)	45 %



**ENSAYO DE ROTURA PARA PROBETAS DE CONCRETO DE 210°
REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA - ROTURA A LOS 7
DIAS**

4.1.- ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (SELECCIÓN MUESTRAL)

Nº MOLDE	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	DENSIDAD (g/cm ³)	
				HÚMEDA	SECA
M - 01	174.10	159.00	9.50 %	2.26	2.06
M - 12	410.70	361.00	13.77 %	2.23	1.96
M - 06	346.10	322.00	7.48 %	2.27	2.11
M - 13	207.70	192.00	8.18 %	2.29	2.12

CUADRO DE RESUMEN

Humedad, % W (promedio)	9.73 %
Densidad Húmeda, ρ_h (promedio)	2.26 g/cm³
Densidad Seca, ρ_s (promedio)	2.06 g/cm³



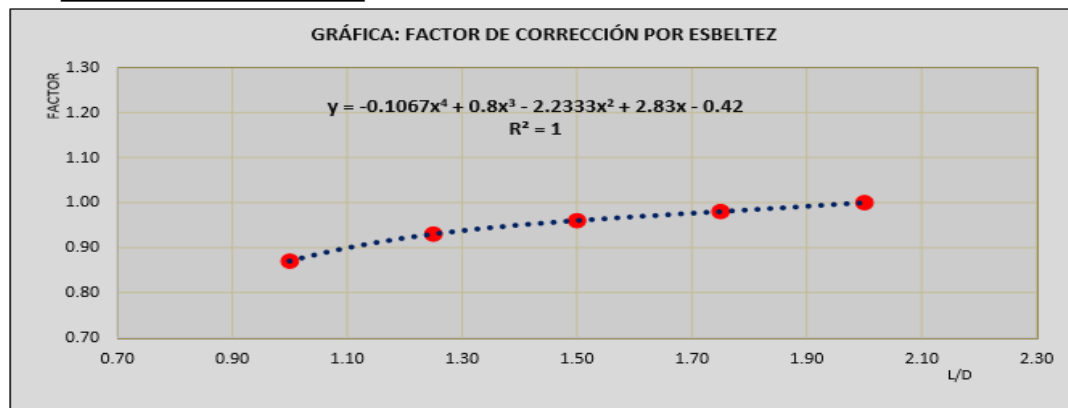
4.2.- VALORES PARA HALLAR LA ECUACIÓN Y LA GRÁFICA DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

L/D	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR	1.00	0.98	0.96	0.93	0.87

ECUACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E$$

A	-0.1067
B	0.8000
C	-2.2333
D	2.8300
E	-0.4200



MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Media Aritmética, (\bar{X})	136.78 kgf/cm ²
Mediana, (Me)	136.56 kgf/cm ²
Moda, (Mo)	136.67 kgf/cm ²

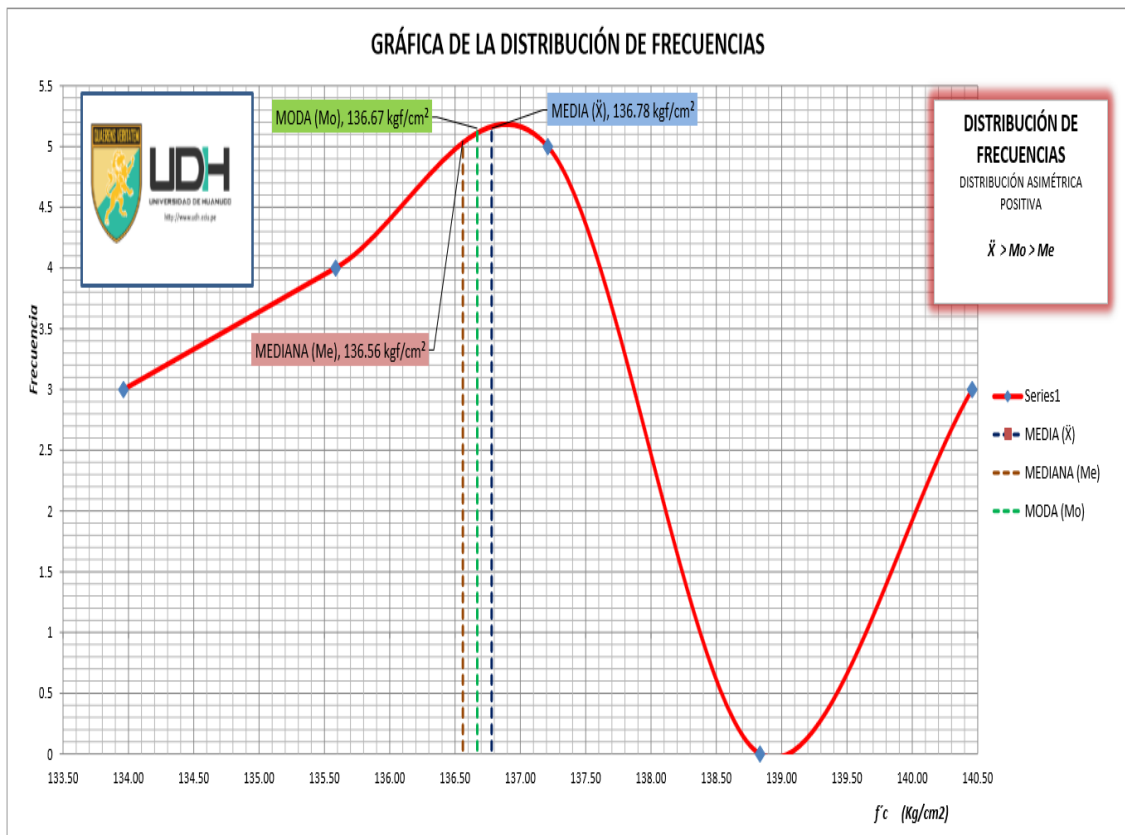
Varianza, (σ^2)	4.74
Desviación Estandar, (σ)	2.18 kgf/cm ²
Coefficiente de Variación, (C.V.)	1.59 %
Coefficiente de Pearson, (A.S.)	0.3028

Distribución asimétrica positiva, sesgada hacia la derecha $\bar{X} > Me > Mo$

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

K	ANCHO DE CLASE		x_i	f_i	f_r	F	$x_i \cdot f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$
	Li	Ls						
1	[133.15	134.77 >	133.96	3	0.2000	3	401.89	23.82
2	[134.77	136.40 >	135.59	4	0.2667	7	542.34	5.70
3	[136.40	138.02 >	137.21	5	0.3333	12	686.05	0.92
4	[138.02	139.65 >	138.83	0	0.0000	12	0.00	0.00
5	[139.65	141.27]	140.46	3	0.2000	15	421.37	40.58
$\Sigma =$				15	1		2051.65	71.03

4.3.1.- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

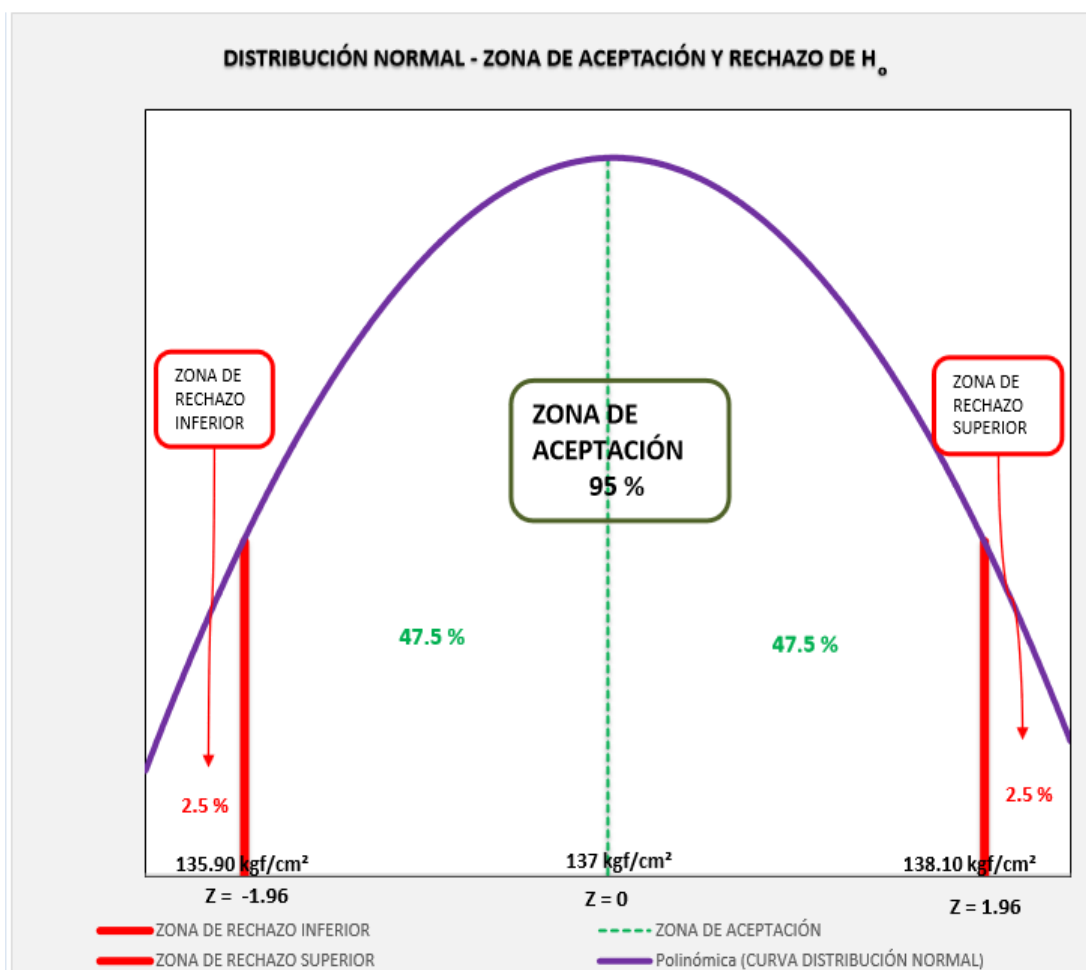


4.4.- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)	15	
NIVEL DE CONFIANZA (1-α)	95 %	
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)	5 %	
ZONA DE RECHAZO	α/2	2.5 %
	Z+ CRÍTICO (2.5 %)	1.96
	Z- CRÍTICO (2.5 %)	-1.96
MARGEN DE ERROR	1.10 kgf/cm ²	
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	138.10 kgf/cm ²
	LÍMITE INFERIOR	135.90 kgf/cm ²
	135.9 kgf/cm² ≤ μ ≤ 138.1 kgf/cm²	
INTERPRETACIÓN:		
<p>Se está un 95% seguro de que la Resistencia Promedio (f'c) de las 15 muestras (probetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 135.9 kgf/cm² a 138.1 kgf/cm².</p>		

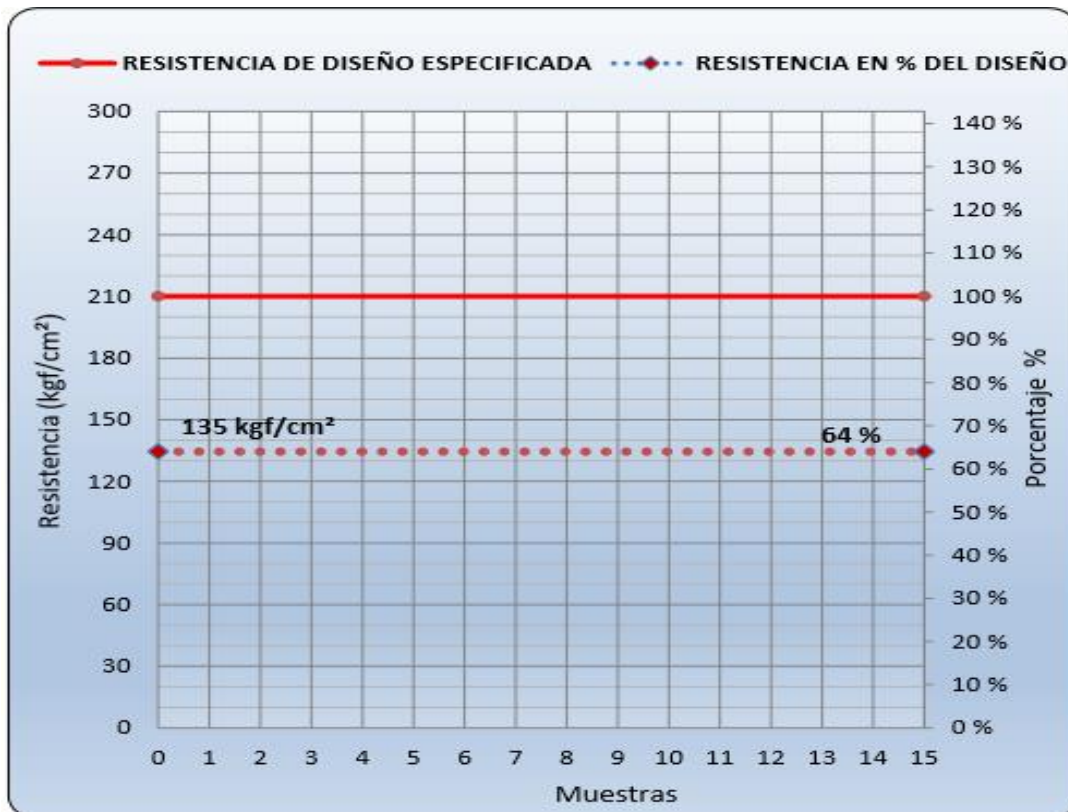
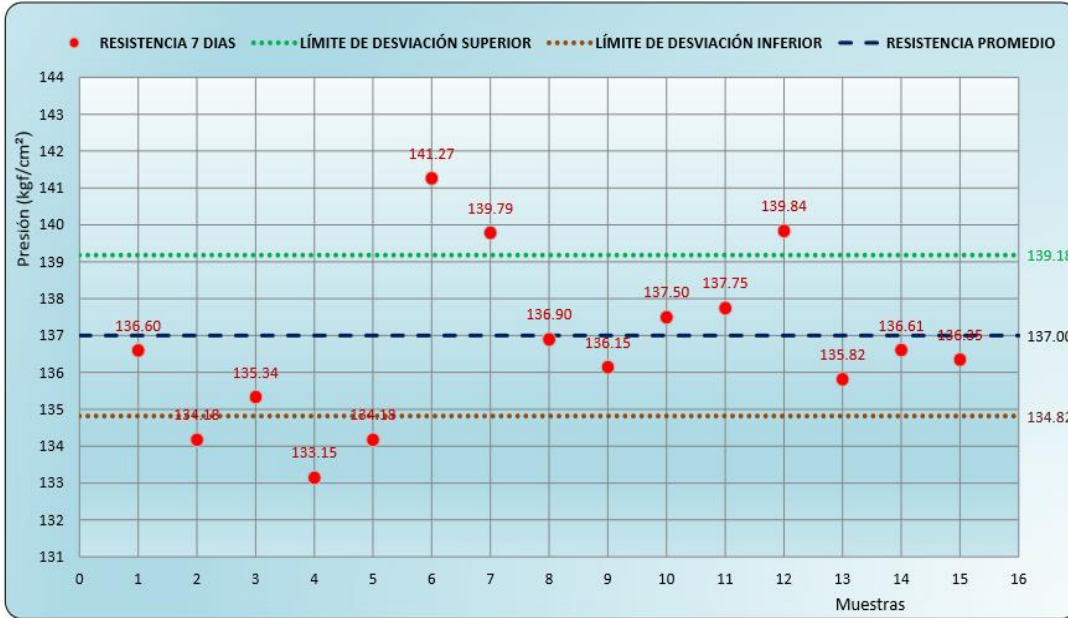
FÓRMULAS
$\alpha = 1 - 95 \%$
$Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
$\mu = \bar{X} \pm Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

4.4.1.- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Resistencia a la compresión, promedio muestral (Media, \bar{X})	137 kgf/cm ²
Desviación estandar, σ	2.18 kgf/cm ²
Resistencia característico a la compresión (poblacional)	135 kgf/cm ²
Dispersión (Coeficiente de variación, C.V.)	1.59 %
Porcentaje en resistencia de diseño especificada ($f'c=210$ kgf/cm ²)	64 %



ENSAYO DE ROTURA PARA PROBETAS DE CONCRETO DE 210° REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA - ROTURA A LOS 14 DIAS

4.1.- ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (SELECCIÓN MUESTRAL)

Nº MOLDE	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	DENSIDAD (g/cm ³)	
				HÚMEDA	SECA
M - 05	169.00	162.00	4.32 %	2.22	2.13
M - 02	85.00	80.00	6.25 %	2.22	2.09
M - 04	95.00	91.00	4.40 %	2.21	2.11
M - 03	221.00	210.00	5.24 %	2.19	2.08

CUADRO DE RESUMEN

Humedad, % W (promedio)	5.05 %
Densidad Húmeda, ρ_h (promedio)	2.21 g/cm ³
Densidad Seca, ρ_s (promedio)	2.10 g/cm ³



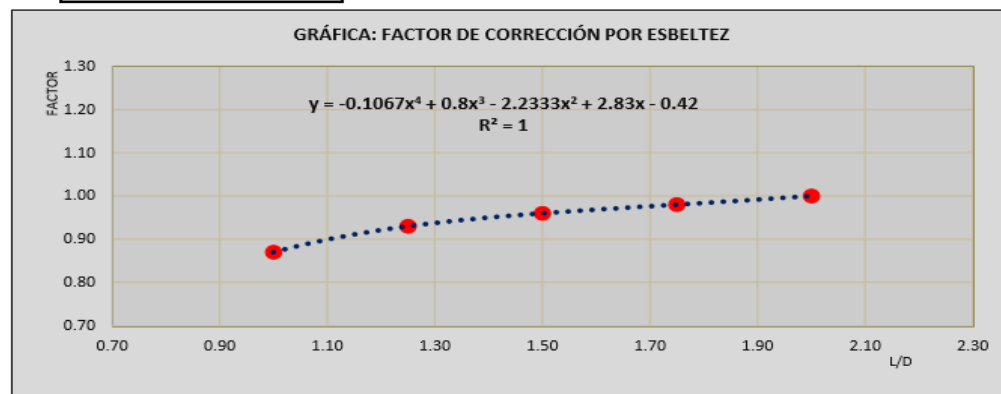
4.2.- VALORES PARA HALLAR LA ECUACIÓN Y LA GRÁFICA DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

L/D	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR	1.00	0.98	0.96	0.93	0.87

ECUACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E$$

A	-0.1067
B	0.8000
C	-2.2333
D	2.8300
E	-0.4200



MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Media Aritmética, (\bar{X})	204.39 kgf/cm ²
Mediana, (Me)	204.82 kgf/cm ²
Moda, (Mo)	206.12 kgf/cm ²

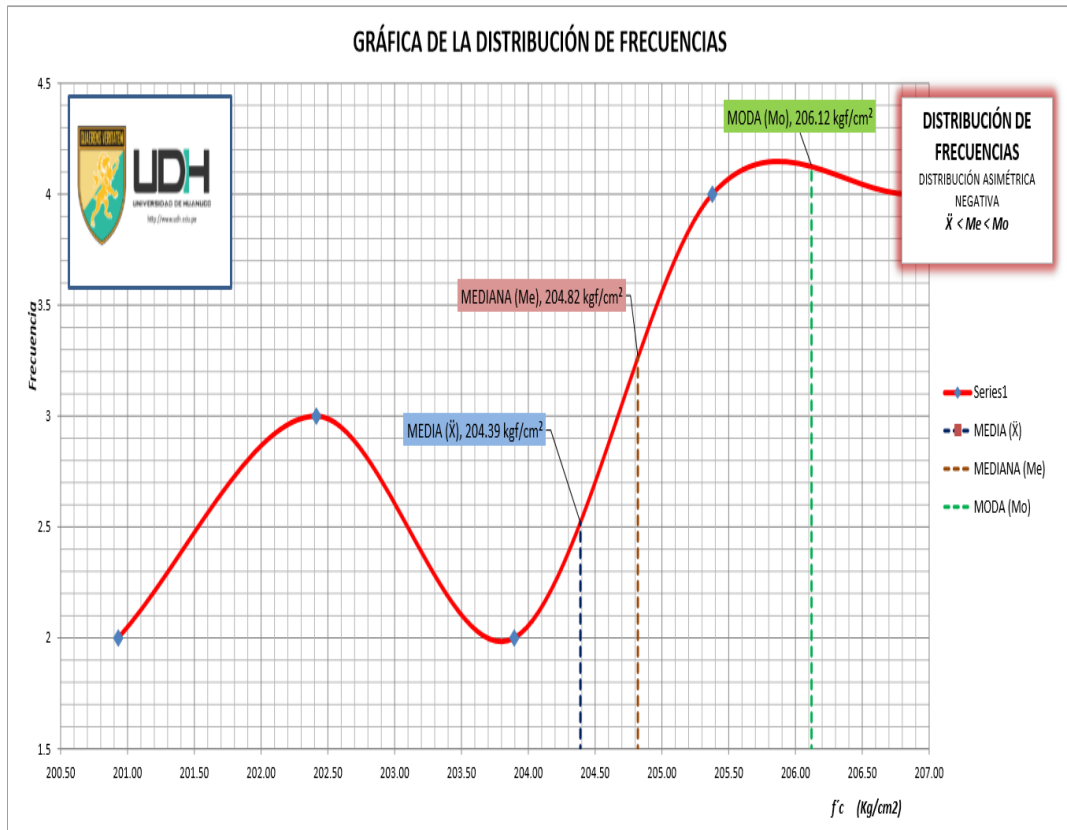
Varianza, (σ^2)	4.30
Desviación Estandar, (σ)	2.07 kgf/cm ²
Coefficiente de Variación, (C.V.)	1.01 %
Coefficiente de Pearson, (A.S.)	-0.6232

Distribución asimétrica negativa, sesgada hacia la izquierda $\bar{X} < Me < Mo$

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

K	ANCHO DE CLASE		x_i	f_i	f_r	F	$x_i \cdot f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$
	Li	Ls						
1	[200.19	201.67 >	200.93	2	0.1333	2	401.86	23.93
2	[201.67	203.15 >	202.41	3	0.2000	5	607.24	11.73
3	[203.15	204.64 >	203.90	2	0.1333	7	407.79	0.49
4	[204.64	206.12 >	205.38	4	0.2667	11	821.51	3.90
5	[206.12	207.60]	206.86	4	0.2667	15	827.44	24.38
$\Sigma =$				15	1		3065.84	64.43

4.3.1.- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

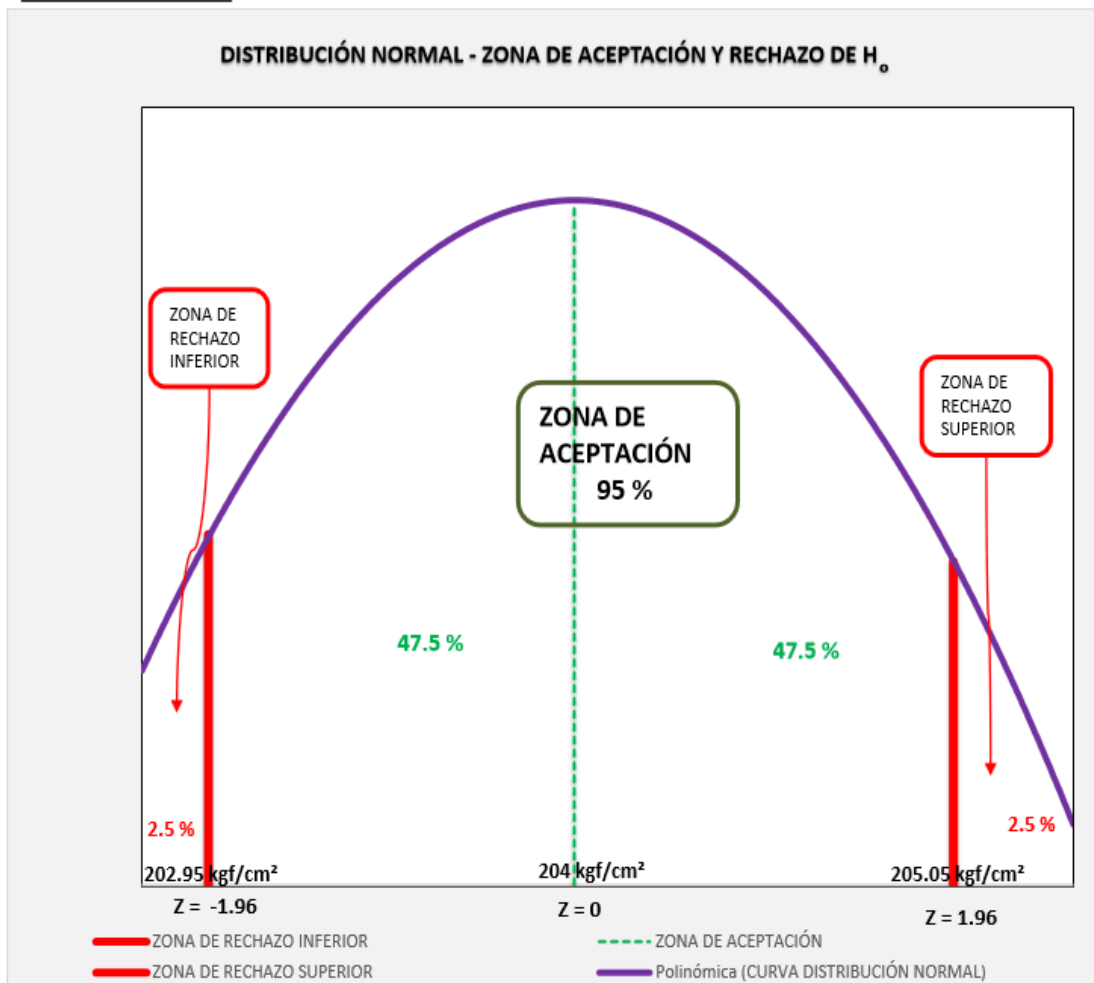


4.4.- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)		15
NIVEL DE CONFIANZA (1- α)		95 %
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)		5 %
ZONA DE RECHAZO	$\alpha/2$	2.5 %
	Z+ CRÍTICO (2.5 %)	1.96
	Z- CRÍTICO (2.5 %)	-1.96
MARGEN DE ERROR		1.05 kgf/cm ²
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	205.05 kgf/cm ²
	LÍMITE INFERIOR	202.95 kgf/cm ²
	202.95 kgf/cm² ≤ μ ≤ 205.05 kgf/cm²	
<p>INTERPRETACIÓN:</p> <p style="color: blue;">Se está un 95% seguro de que la Resistencia Promedio ($f'c$) de las 15 muestras (probetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 202.95 kgf/cm² a 205.05 kgf/cm².</p>		

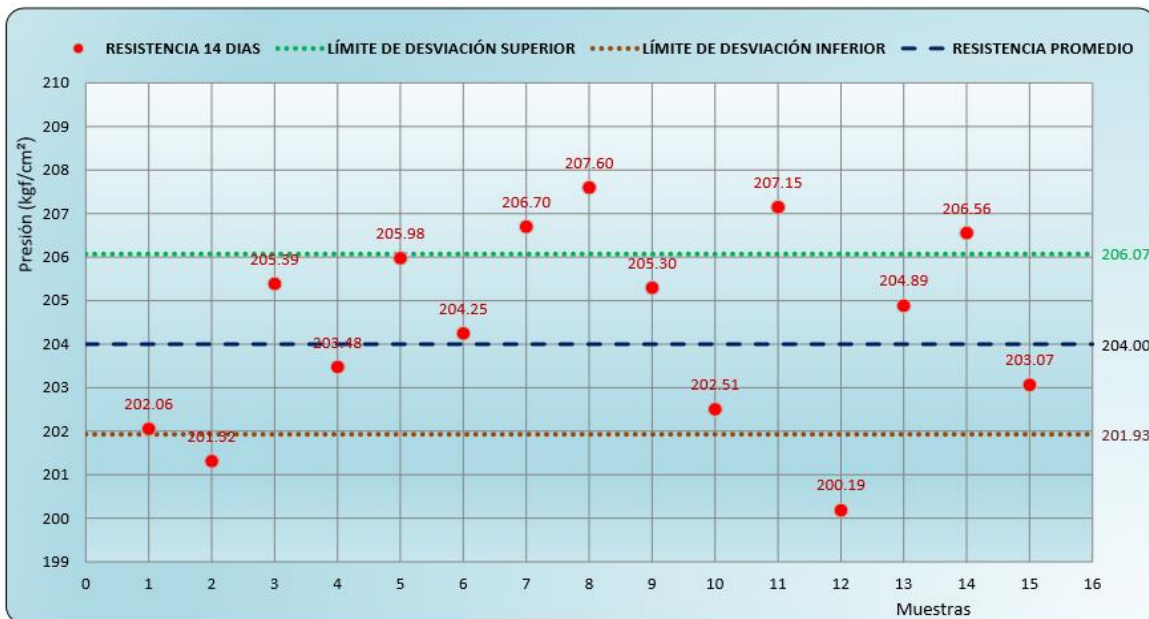
FÓRMULAS
$\alpha = 1 - 95 \%$
$Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
$\mu = \bar{X} \pm Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

4.4.1.- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Resistencia a la compresión, promedio muestral (Media, \bar{X})	204 kgf/cm ²
Desviación estandar, σ	2.07 kgf/cm ²
Resistencia característico a la compresión (poblacional)	202 kgf/cm ²
Dispersión (Coeficiente de variación, C.V.)	1.01 %
Porcentaje en resistencia de diseño especificada ($f'c=210$ kgf/cm ²)	96 %



ENSAYO DE ROTURA PARA PROBETAS DE CONCRETO DE 210° REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA - ROTURA A LOS 28 DIAS

4.1.- ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (SELECCIÓN MUESTRAL)

Nº MOLDE	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	DENSIDAD (g/cm ³)	
				HÚMEDA	SECA
M - 09	610.00	559.00	9.12 %	2.28	2.09
M - 08	188.00	173.00	8.67 %	2.31	2.12
M - 07	297.00	275.00	8.00 %	2.30	2.13
M - 06	118.00	109.00	8.26 %	2.28	2.11

CUADRO DE RESUMEN

Humedad, % W (promedio)	8.51 %
Densidad Húmeda, ρ_h (promedio)	2.29 g/cm³
Densidad Seca, ρ_s (promedio)	2.11 g/cm³



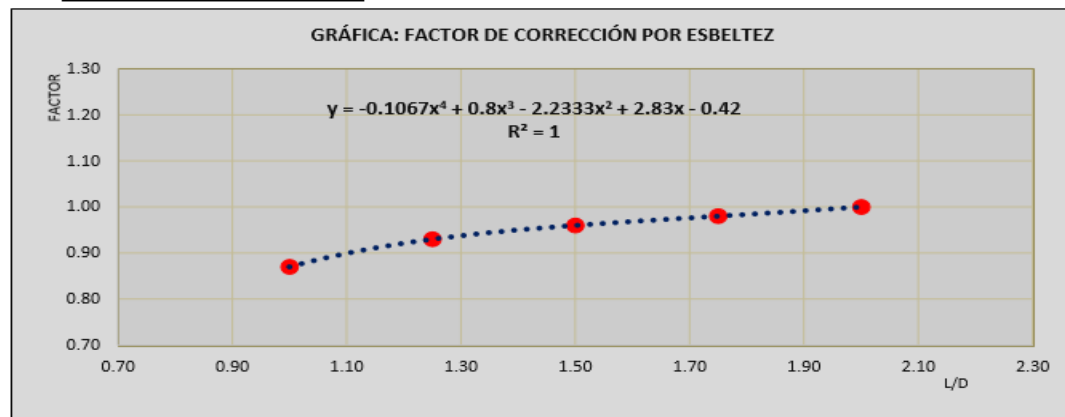
4.2.- VALORES PARA HALLAR LA ECUACIÓN Y LA GRÁFICA DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

L/D	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR	1.00	0.98	0.96	0.93	0.87

ECUACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E$$

A	-0.1067
B	0.8000
C	-2.2333
D	2.8300
E	-0.4200



4.3.- CÁLCULO DE LA MEDIA, MEDIANA, MODA, VARIANZA, DESVIACIÓN ESTNDAR, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, PEARSON Y LA TABLA DE FRECUENCIAS

MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

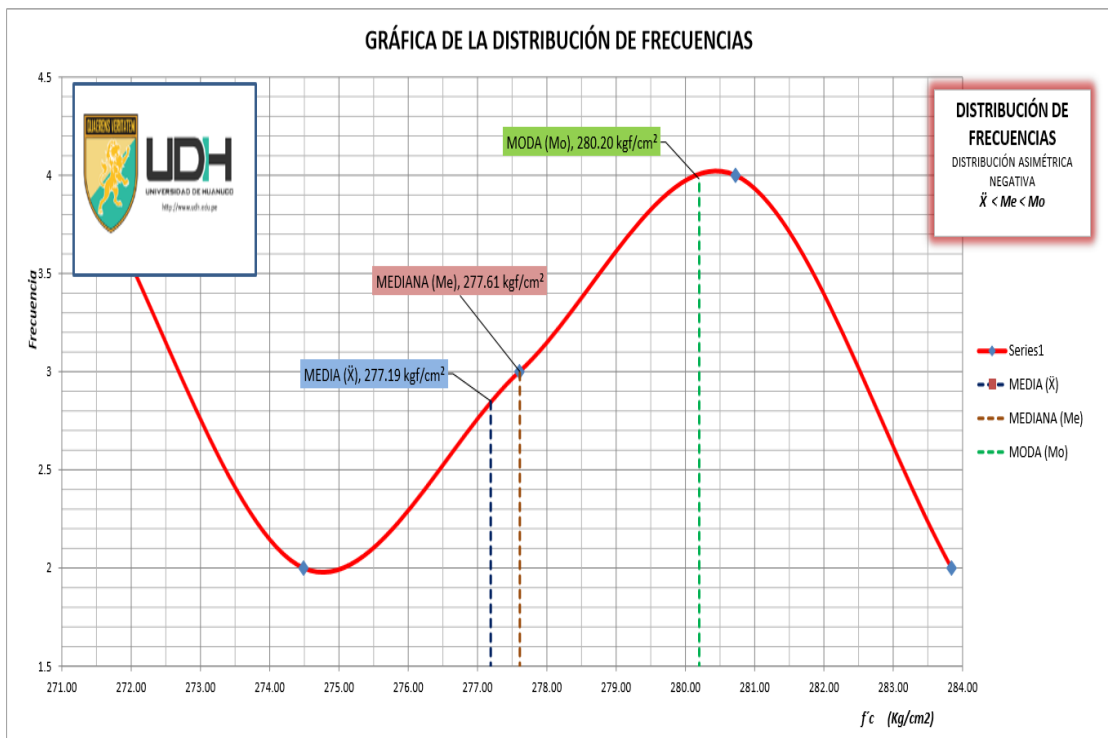
Media Aritmética, (\bar{X})	277.19 kgf/cm ²
Mediana, (Me)	277.61 kgf/cm ²
Moda, (Mo)	280.20 kgf/cm ²

Varianza, (σ^2)	19.27
Desviación Estandar, (σ)	4.39 kgf/cm ²
Coefficiente de Variación, (C.V.)	1.58 %
Coefficiente de Pearson, (A.S.)	-0.2870
Distribución asimétrica negativa, sesgada hacia la izquierda $\bar{X} < Me < Mo$	

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

K	ANCHO DE CLASE		x_i	f_i	f_r	F	$x_i \cdot f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$
	Li	Ls						
1	[269.81	272.93 >	271.37	4	0.2667	4	1085.48	135.54
2	[272.93	276.05 >	274.49	2	0.1333	6	548.97	14.61
3	[276.05	279.16 >	277.61	3	0.2000	9	832.82	0.52
4	[279.16	282.28 >	280.72	4	0.2667	13	1122.89	49.93
5	[282.28	285.40]	283.84	2	0.1333	15	567.68	88.47
$\Sigma =$				15	1		4157.84	289.07

4.3.1.- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

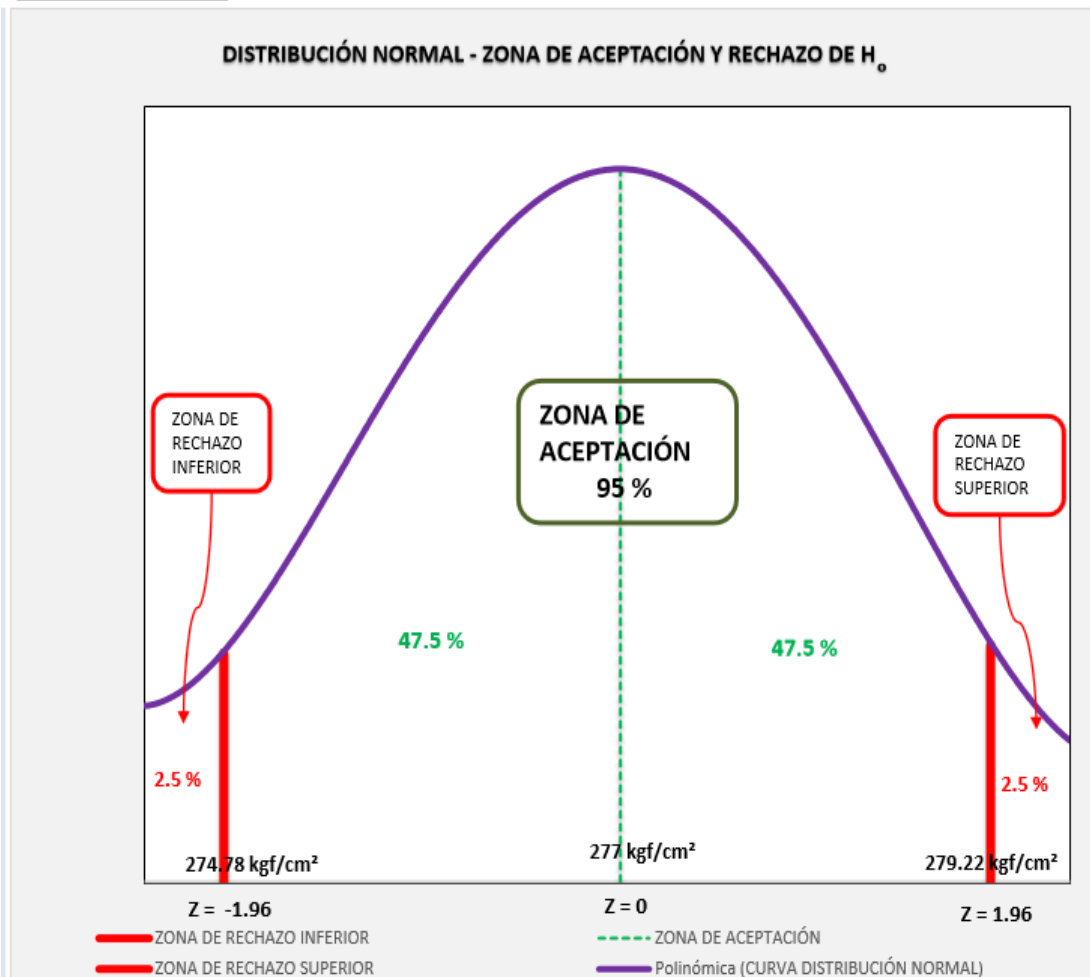


4.4.- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)	15	
NIVEL DE CONFIANZA (1- α)	95 %	
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)	5 %	
ZONA DE RECHAZO	$\alpha/2$	2.5 %
	Z+ CRÍTICO (2.5 %)	1.96
	Z- CRÍTICO (2.5 %)	-1.96
MARGEN DE ERROR	2.22 kgf/cm ²	
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	279.22 kgf/cm ²
	LÍMITE INFERIOR	274.78 kgf/cm ²
	274.78 kgf/cm² \leq μ \leq 279.22 kgf/cm²	
INTERPRETACIÓN:		
Se está un 95% seguro de que la Resistencia Promedio (f'c) de las 15 muestras (probetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 274.78 kgf/cm² a 279.22 kgf/cm².		

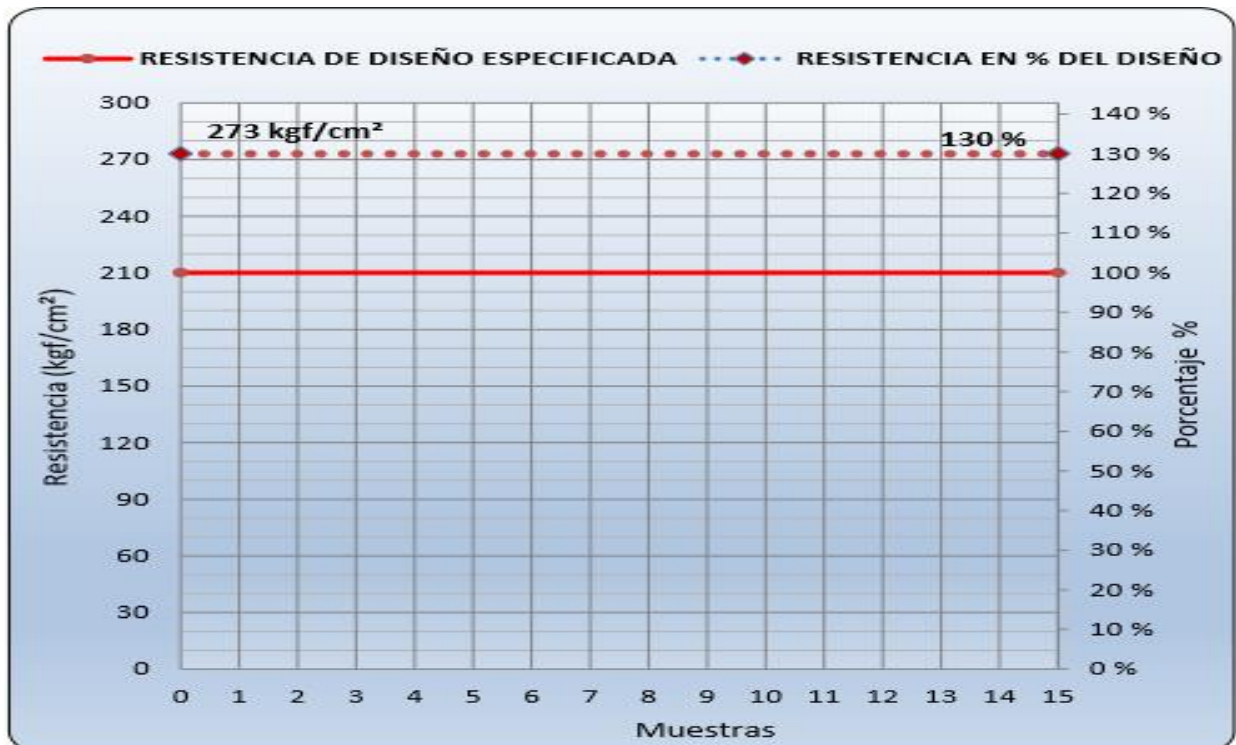
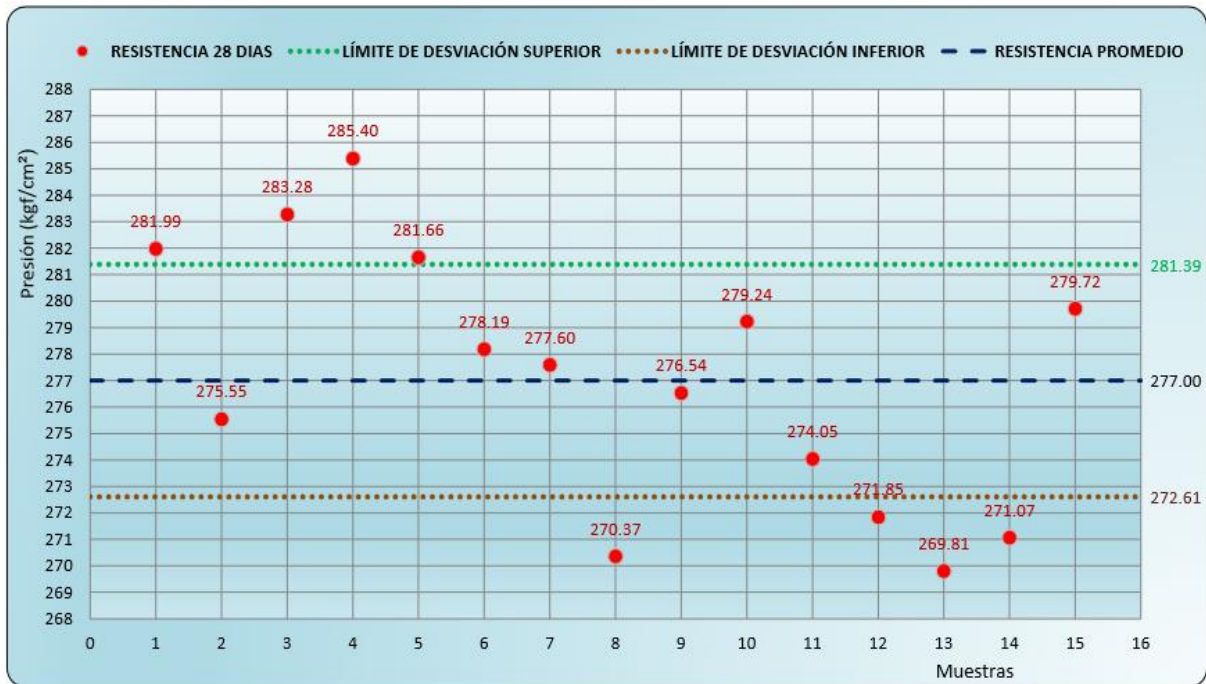
FÓRMULAS
$\alpha = 1 - 95 \%$
$Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
$\mu = \bar{X} \pm Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

4.4.1.- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Resistencia a la compresión, promedio muestral (Media, \bar{X})	277 kgf/cm ²
Desviación estandar, σ	4.39 kgf/cm ²
Resistencia característico a la compresión (poblacional)	273 kgf/cm ²
Dispersión (Coeficiente de variación, C.V.)	1.58 %
Porcentaje en resistencia de diseño especificada ($f'c=210$ kgf/cm ²)	130 %



ENSAYO DE ROTURA PARA PROBETAS DE CONCRETO DE 210° - ROTURA A LOS 3 DÍAS

4.1.- ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (SELECCIÓN MUESTRAL)

Nº MOLDE	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	DENSIDAD (g/cm ³)	
				HÚMEDA	SECA
M - 06	460.00	428.00	7.48 %	2.47	2.29
M - 07	584.00	548.00	6.57 %	2.46	2.31
M - 08	649.00	607.00	6.92 %	2.44	2.28
M - 09	762.00	706.00	7.93 %	2.41	2.24

CUADRO DE RESUMEN

Humedad, % W (promedio)	7.22 %
Densidad Húmeda, ρ_h (promedio)	2.45 g/cm³
Densidad Seca, ρ_s (promedio)	2.28 g/cm³



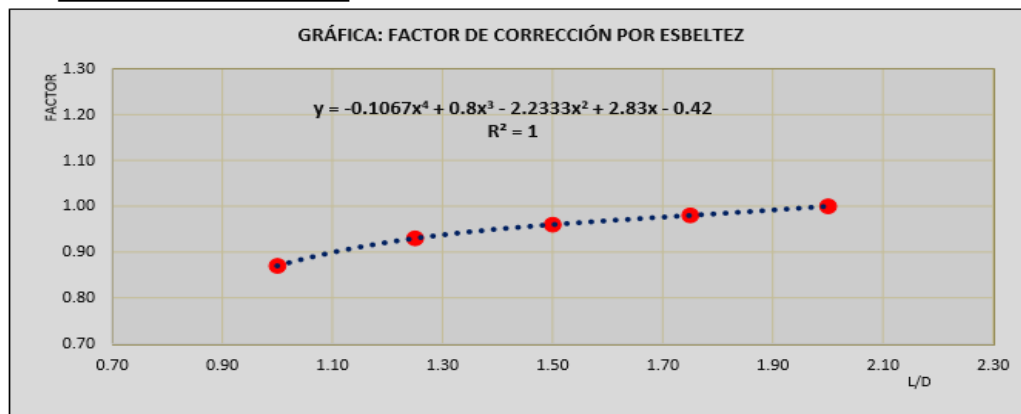
4.2.- VALORES PARA HALLAR LA ECUACIÓN Y LA GRÁFICA DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

L/D	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR	1.00	0.98	0.96	0.93	0.87

ECUACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E$$

A	-0.1067
B	0.8000
C	-2.2333
D	2.8300
E	-0.4200



MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Media Aritmética, (\bar{X})	122.43 kgf/cm ²
Mediana, (Me)	122.89 kgf/cm ²
Moda, (Mo)	123.53 kgf/cm ²

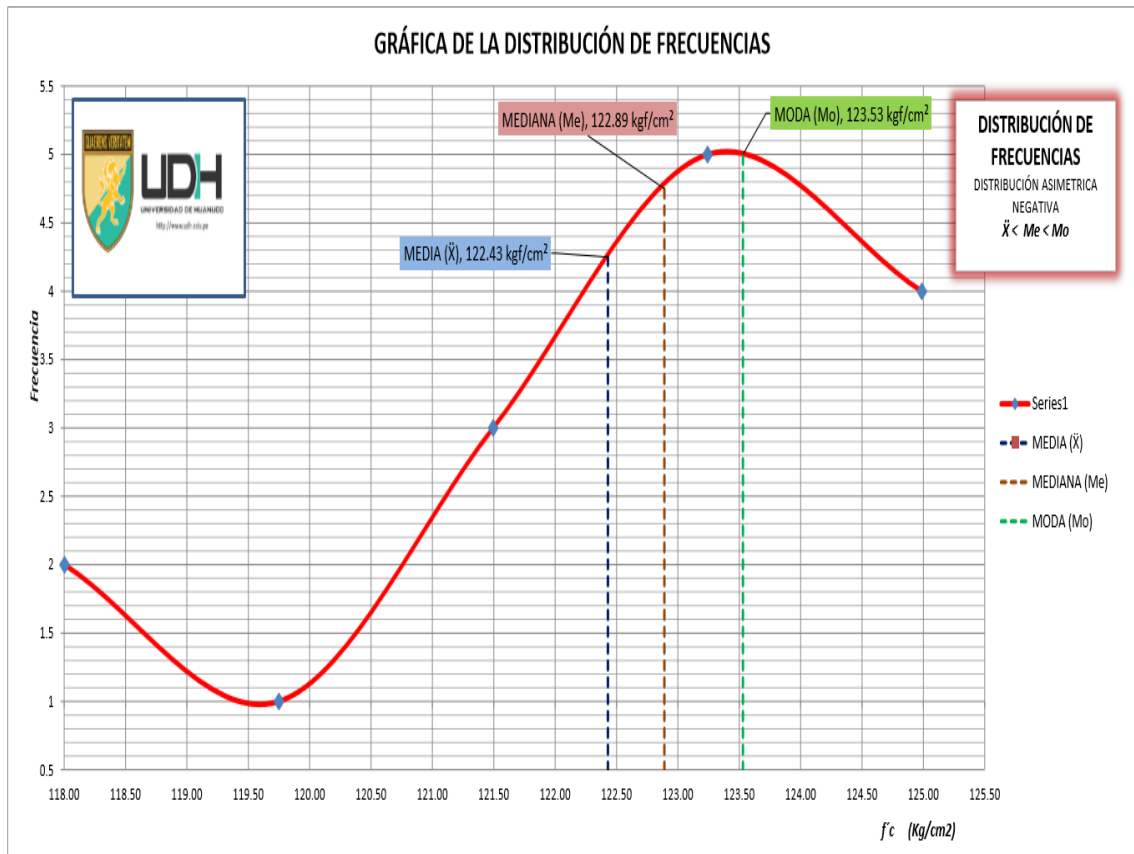
Varianza, (σ^2)	5.23
Desviación Estandar, (σ)	2.29 kgf/cm ²
Coefficiente de Variación, (C.V.)	1.87 %
Coefficiente de Pearson, (A.S.)	-0.6026

Distribución asimétrica negativa, sesgada hacia la izquierda $\bar{X} < Me < Mo$

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

K	ANCHO DE CLASE		x_i	f_i	f_r	F	$x_i \cdot f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$
	Li	Ls						
1	[117.13	118.88 >	118.00	2	0.1333	2	236.01	39.20
2	[118.88	120.62 >	119.75	1	0.0667	3	119.75	7.19
3	[120.62	122.37 >	121.50	3	0.2000	6	364.49	2.62
4	[122.37	124.11 >	123.24	5	0.3333	11	616.21	3.29
5	[124.11	125.86]	124.99	4	0.2667	15	499.95	26.15
$\Sigma =$				15	1		1836.39	78.45

4.3.1.- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

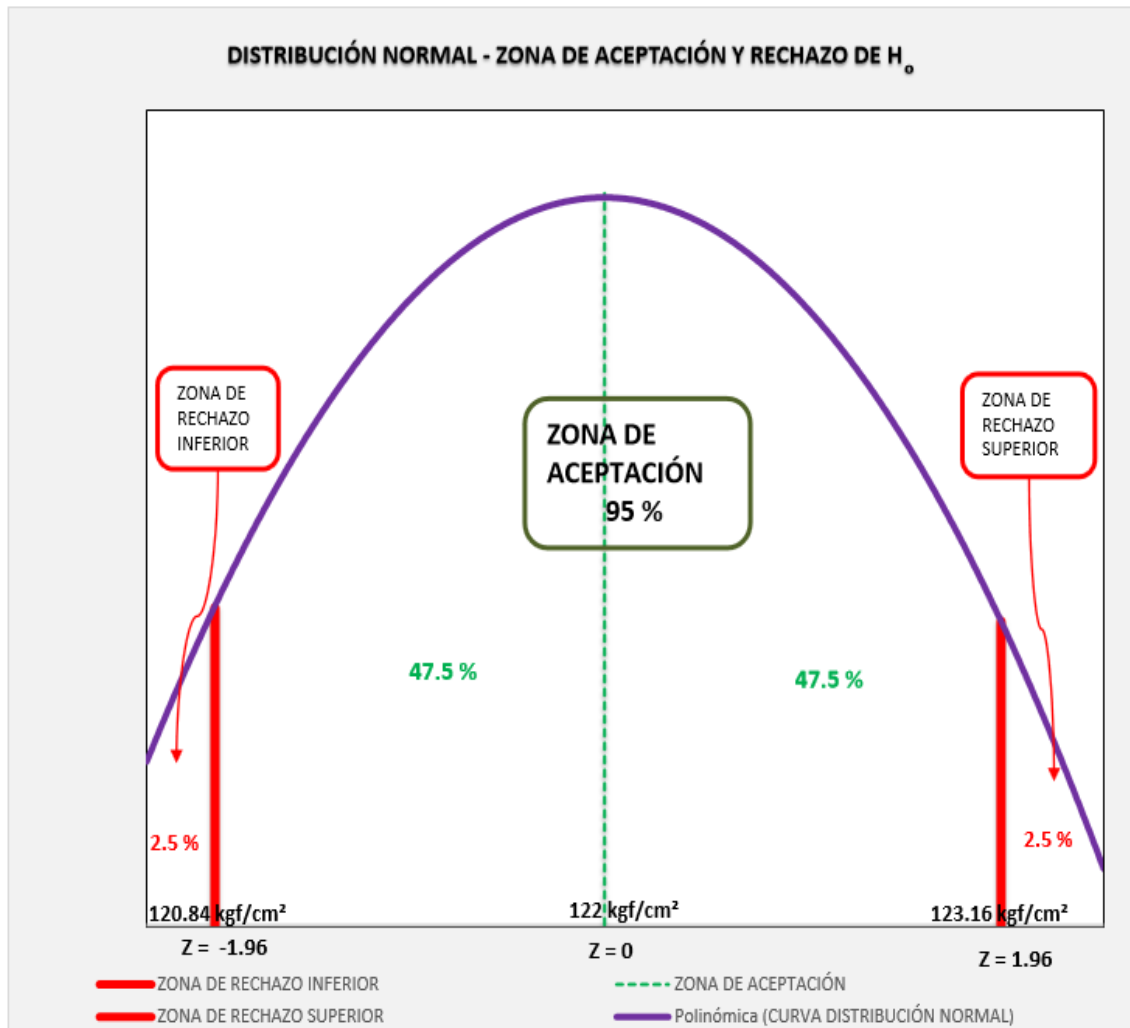


4.4.- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)	15	
NIVEL DE CONFIANZA (1- α)	95 %	
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)	5 %	
ZONA DE RECHAZO	$\alpha/2$	2.5 %
	Z+ CRÍTICO (2.5 %)	1.96
	Z- CRÍTICO (2.5 %)	-1.96
MARGEN DE ERROR	1.16 kgf/cm ²	
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	123.16 kgf/cm ²
	LÍMITE INFERIOR	120.84 kgf/cm ²
	120.84 kgf/cm² \leq μ \leq 123.16 kgf/cm²	
INTERPRETACIÓN:		
<p>Se está un 95% seguro de que la Resistencia Promedio (f'c) de las 15 muestras (probetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 120.84 kgf/cm² a 123.16 kgf/cm².</p>		

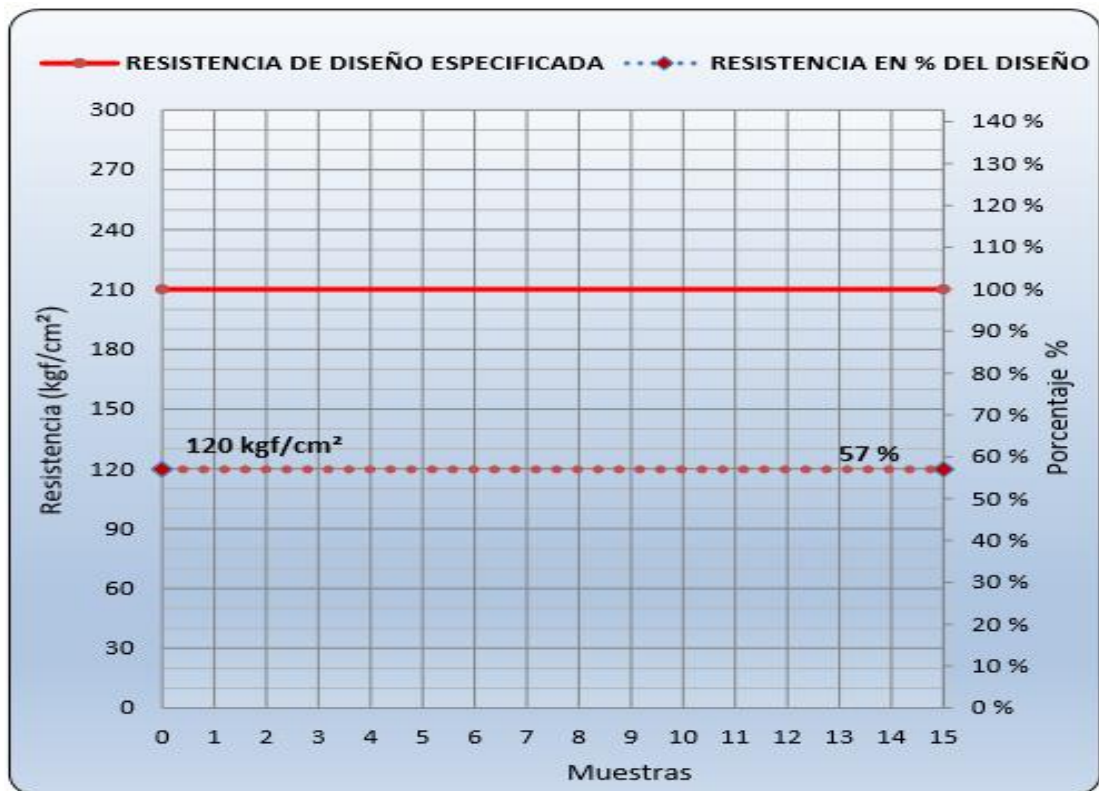
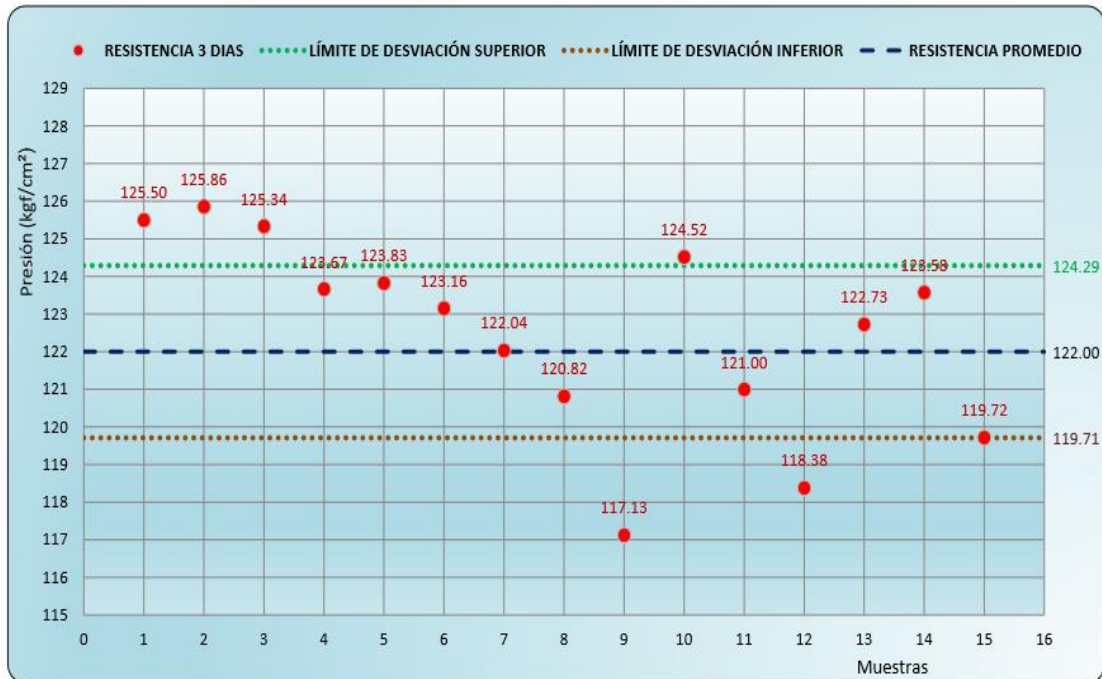
FÓRMULAS
$\alpha = 1 - 95 \%$
$Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
$\mu = \bar{X} \pm Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

4.4.1.- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Resistencia a la compresión, promedio muestral (Media, \bar{X})	122 kgf/cm ²
Desviación estandar, σ	2.29 kgf/cm ²
Resistencia característico a la compresión (poblacional)	120 kgf/cm ²
Dispersión (Coeficiente de variación, C.V.)	1.88 %
Porcentaje en resistencia de diseño especificada ($f'c=210$ kgf/cm ²)	57 %



ENSAYO DE ROTURA PARA PROBETAS DE CONCRETO DE 210° - ROTURA A LOS 7 DÍAS

4.1.- ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (SELECCIÓN MUESTRAL)

Nº MOLDE	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	DENSIDAD (g/cm ³)	
				HÚMEDA	SECA
M - 01	753.00	725.00	3.86 %	2.46	2.37
M - 02	111.00	105.00	5.71 %	2.46	2.33
M - 03	687.00	659.00	4.25 %	2.49	2.39
M - 04	451.00	435.00	3.68 %	2.50	2.41

CUADRO DE RESUMEN

Humedad, % W (promedio)	4.38 %
Densidad Húmeda, ρ_h (promedio)	2.48 g/cm³
Densidad Seca, ρ_s (promedio)	2.37 g/cm³



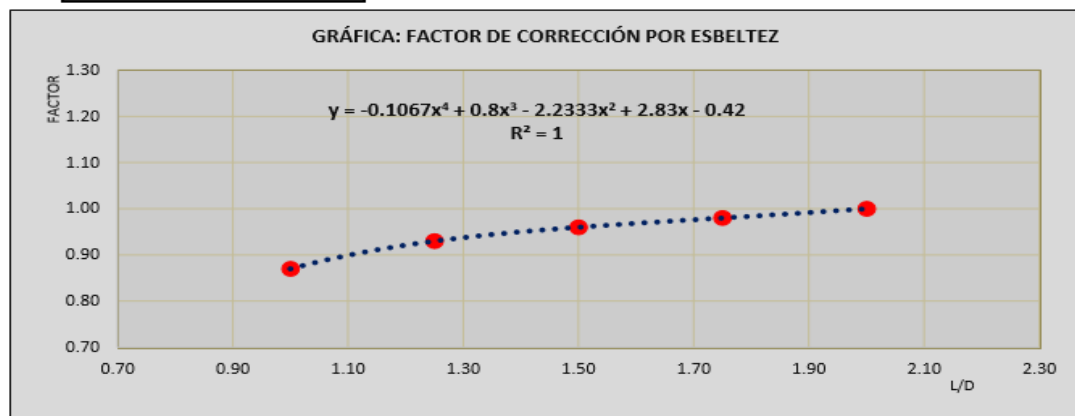
4.2.- VALORES PARA HALLAR LA ECUACIÓN Y LA GRÁFICA DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

L/D	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR	1.00	0.98	0.96	0.93	0.87

ECUACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E$$

A	-0.1067
B	0.8000
C	-2.2333
D	2.8300
E	-0.4200



4.3.- CÁLCULO DE LA MEDIA, MEDIANA, MODA, VARIANZA, DESVIACIÓN ESTANDAR, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, PEARSON Y LA TABLA DE FRECUENCIAS

MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Media Aritmética, (\bar{X})	158.77 kgf/cm ²
Mediana, (Me)	158.77 kgf/cm ²
Moda, (Mo)	158.60 kgf/cm ²

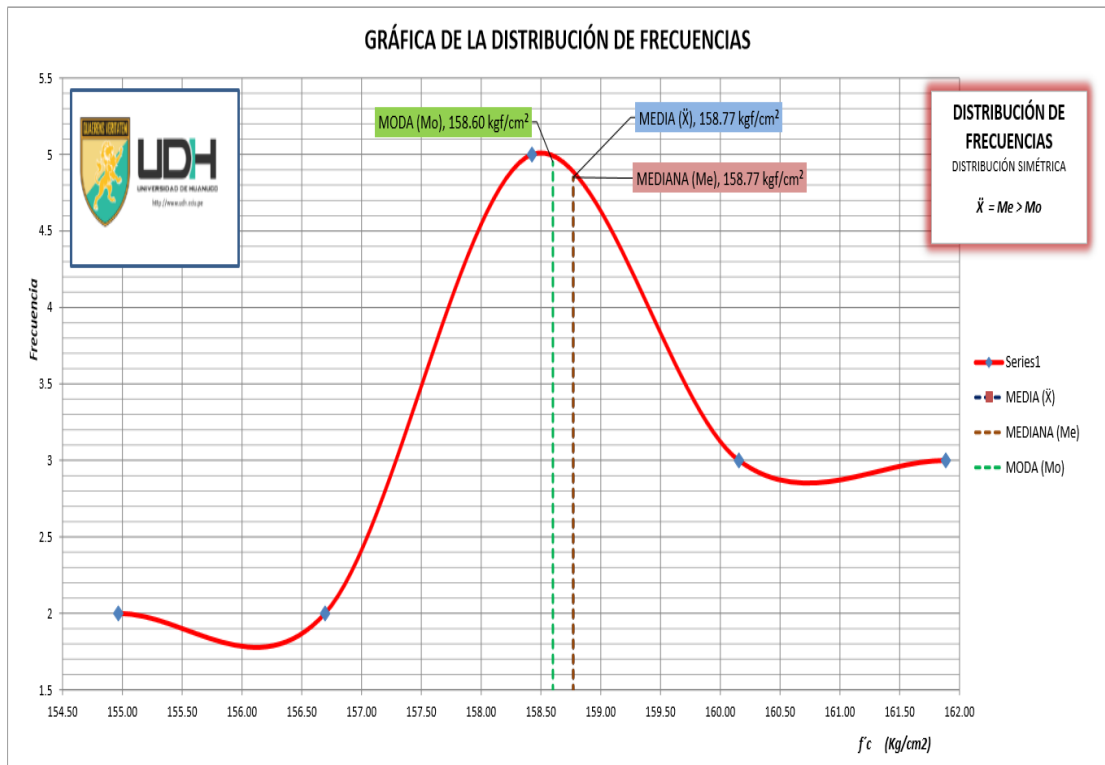
Varianza, (σ^2)	4.87
Desviación Estandar, (σ)	2.21 kgf/cm ²
Coefficiente de Variación, (C.V.)	1.39 %
Coefficiente de Pearson, (A.S.)	0.0000

Distribución simétrica $\bar{X} = Me = Mo$

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

K	ANCHO DE CLASE		x_i	f_i	f_r	F	$x_i \cdot f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$
	Li	Ls						
1	[154.10	155.83 >	154.97	2	0.1333	2	309.93	28.96
2	[155.83	157.56 >	156.70	2	0.1333	4	313.39	8.61
3	[157.56	159.29 >	158.43	5	0.3333	9	792.13	0.60
4	[159.29	161.02 >	160.16	3	0.2000	12	480.47	5.75
5	[161.02	162.75]	161.89	3	0.2000	15	485.66	29.11
$\Sigma =$				15	1		2381.57	73.03

4.3.1.- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS



4.4.- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

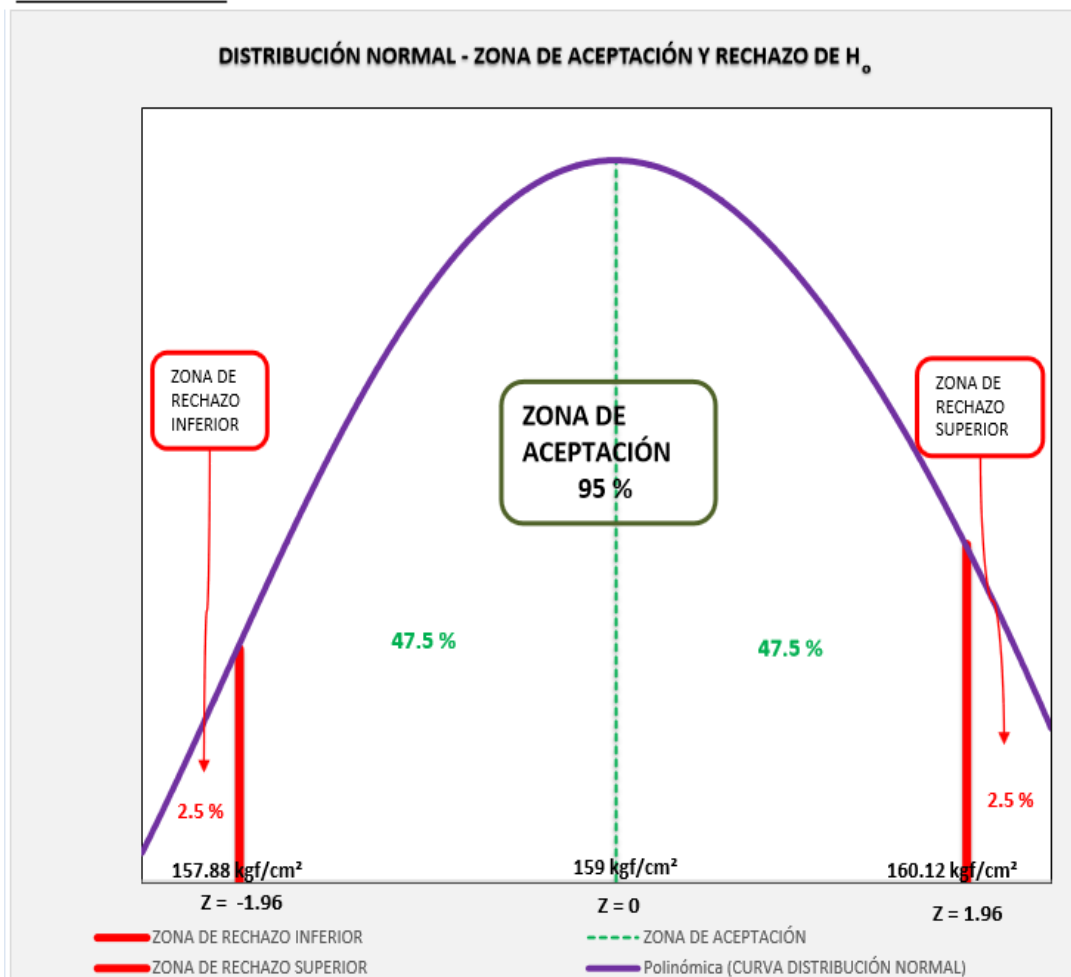
TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)	15	
NIVEL DE CONFIANZA (1-α)	95 %	
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)	5 %	
ZONA DE RECHAZO	α/2	2.5 %
	Z+ CRÍTICO (2.5 %)	1.96
	Z- CRÍTICO (2.5 %)	-1.96
MARGEN DE ERROR	1.12 kgf/cm ²	
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	160.12 kgf/cm ²
	LÍMITE INFERIOR	157.88 kgf/cm ²
	157.88 kgf/cm² ≤ μ ≤ 160.12 kgf/cm²	

FÓRMULAS
$\alpha = 1 - 95 \%$
$Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
$\mu = \bar{X} \pm Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

INTERPRETACIÓN:

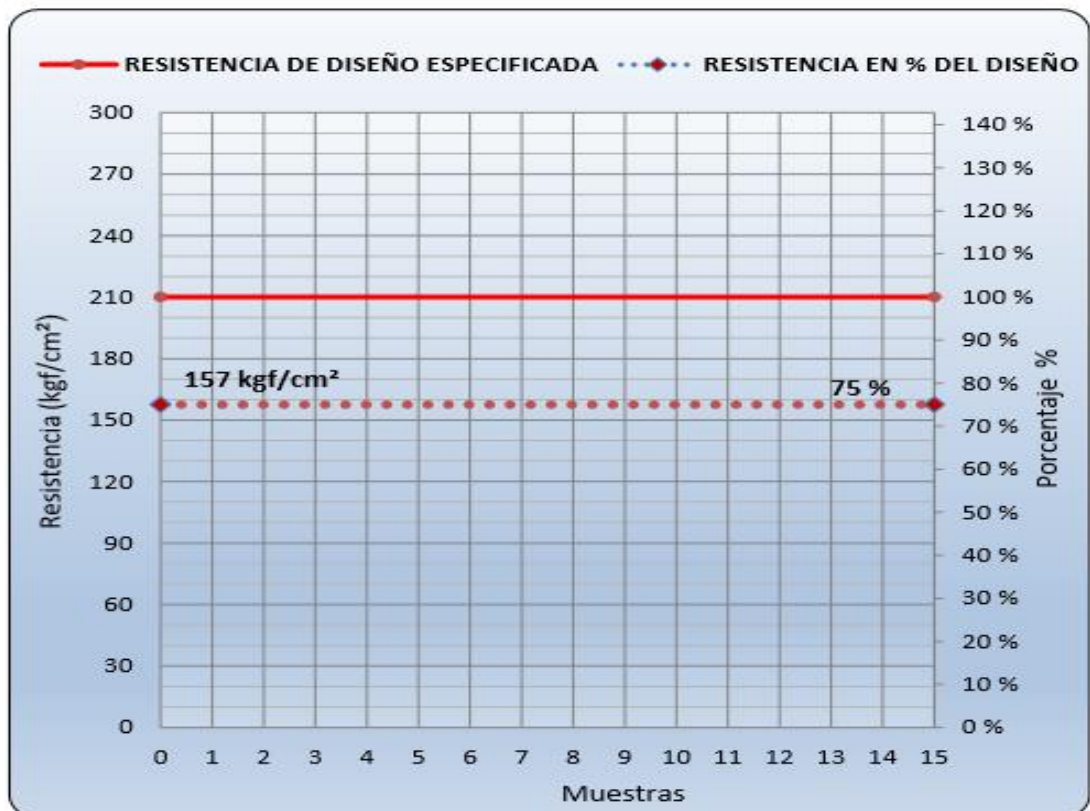
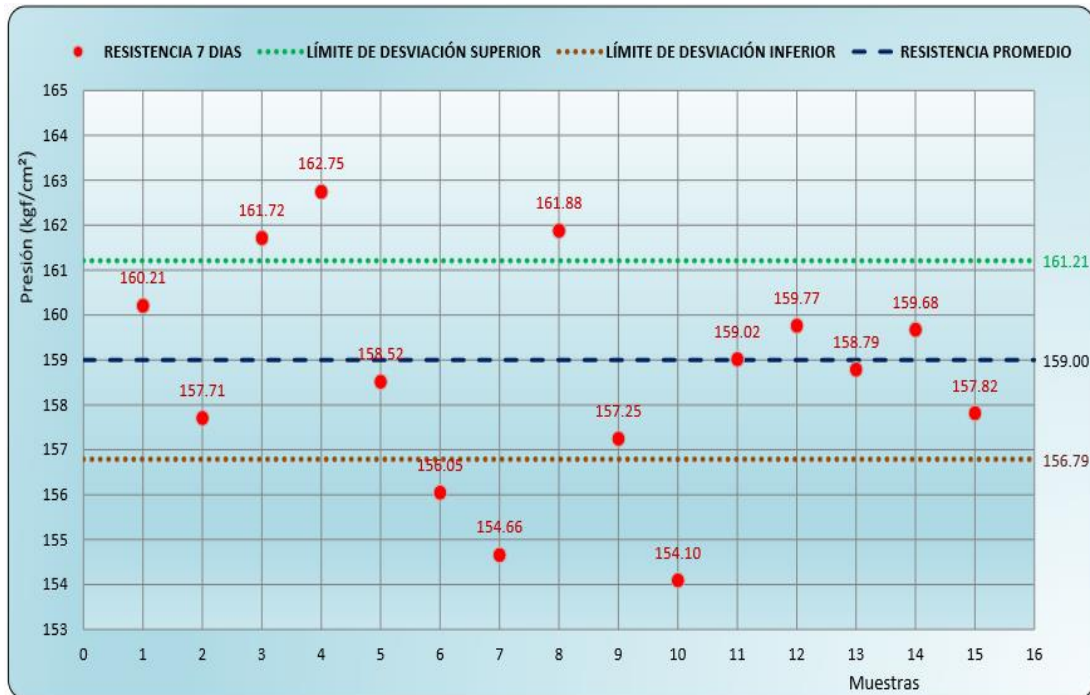
Se está un 95% seguro de que la Resistencia Promedio (f'c) de las 15 muestras (probetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 157.88 kgf/cm² a 160.12 kgf/cm².

4.4.1.- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Resistencia a la compresión, promedio muestral (Media, \bar{X})	159 kgf/cm ²
Desviación estandar, σ	2.21 kgf/cm ²
Resistencia característico a la compresión (poblacional)	157 kgf/cm ²
Dispersión (Coeficiente de variación, C.V.)	1.39 %
Porcentaje en resistencia de diseño especificada ($f'c=210$ kgf/cm ²)	75 %



ENSAYO DE ROTURA PARA PROBETAS DE CONCRETO DE 210° - ROTURA A LOS 14 DÍAS

4.1.- ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (SELECCIÓN MUESTRAL)

Nº MOLDE	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	DENSIDAD (g/cm ³)	
				HÚMEDA	SECA
M - 01	167.00	147.00	13.61 %	2.42	2.13
M - 02	786.00	738.00	6.50 %	2.43	2.28
M - 03	528.00	499.00	5.81 %	2.52	2.38
M - 04	602.00	566.00	6.36 %	2.47	2.32

CUADRO DE RESUMEN

Humedad, % W (promedio)	8.07 %
Densidad Húmeda, ρ_h (promedio)	2.46 g/cm³
Densidad Seca, ρ_s (promedio)	2.28 g/cm³



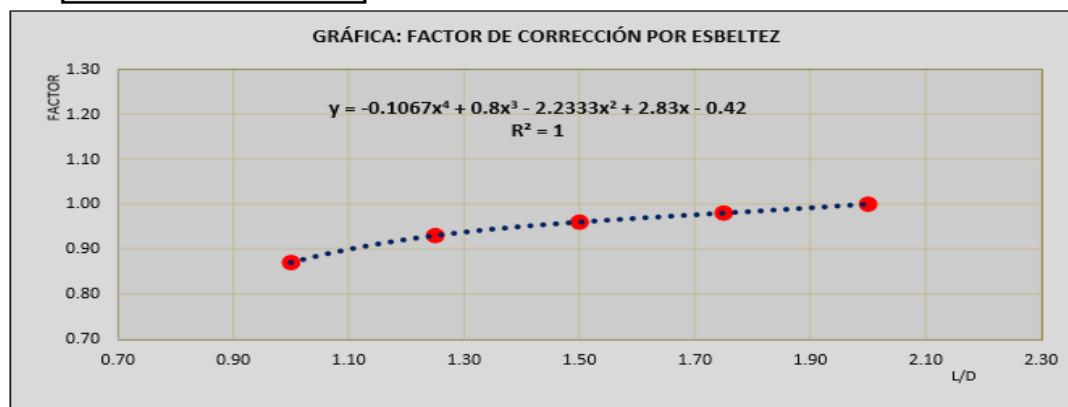
4.2.- VALORES PARA HALLAR LA ECUACIÓN Y LA GRÁFICA DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

L/D	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR	1.00	0.98	0.96	0.93	0.87

ECUACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E$$

A	-0.1067
B	0.8000
C	-2.2333
D	2.8300
E	-0.4200



4.3.- CÁLCULO DE LA MEDIA, MEDIANA, MODA, VARIANZA, DESVIACIÓN ESTANDAR, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, PEARSON Y LA TABLA DE FRECUENCIAS

MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Media Aritmética, (\bar{X})	189.10 kgf/cm ²
Mediana, (Me)	189.00 kgf/cm ²
Moda, (Mo)	188.98 kgf/cm ²

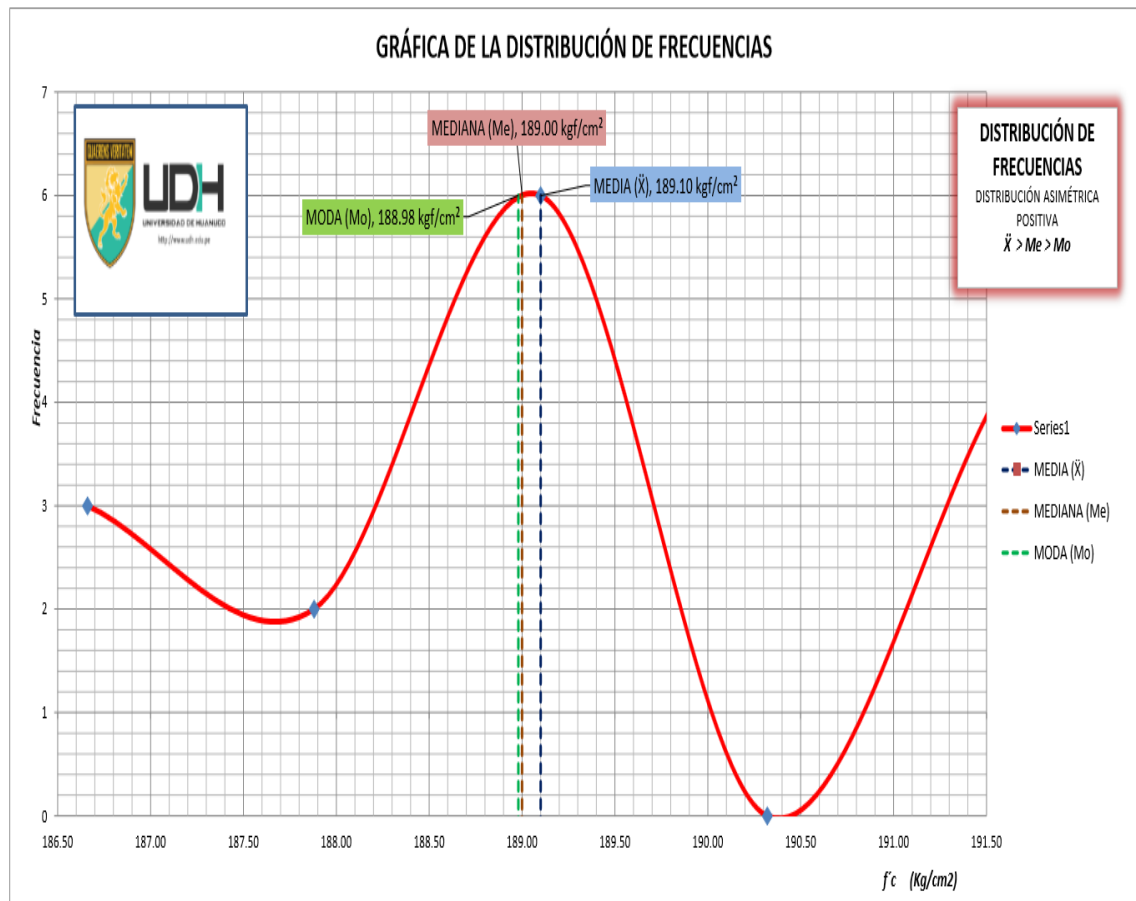
Varianza, (σ^2)	2.98
Desviación Estandar, (σ)	1.73 kgf/cm ²
Coeficiente de Variación, (C.V.)	0.91 %
Coeficiente de Pearson, (A.S.)	0.1734

Distribución asimétrica positiva, sesgada hacia la derecha $\bar{X} > Me > Mo$

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

K	ANCHO DE CLASE		x_i	f_i	f_r	F	$x_i * f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 * f_i$
	Li	Ls						
1	[186.05	187.27 >	186.66	3	0.2000	3	559.98	17.86
2	[187.27	188.49 >	187.88	2	0.1333	5	375.76	2.98
3	[188.49	189.71 >	189.10	6	0.4000	11	1134.60	0.00
4	[189.71	190.93 >	190.32	0	0.0000	11	0.00	0.00
5	[190.93	192.15]	191.54	4	0.2667	15	766.16	23.81
$\Sigma =$				15	1		2836.50	44.65

4.3.1.- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

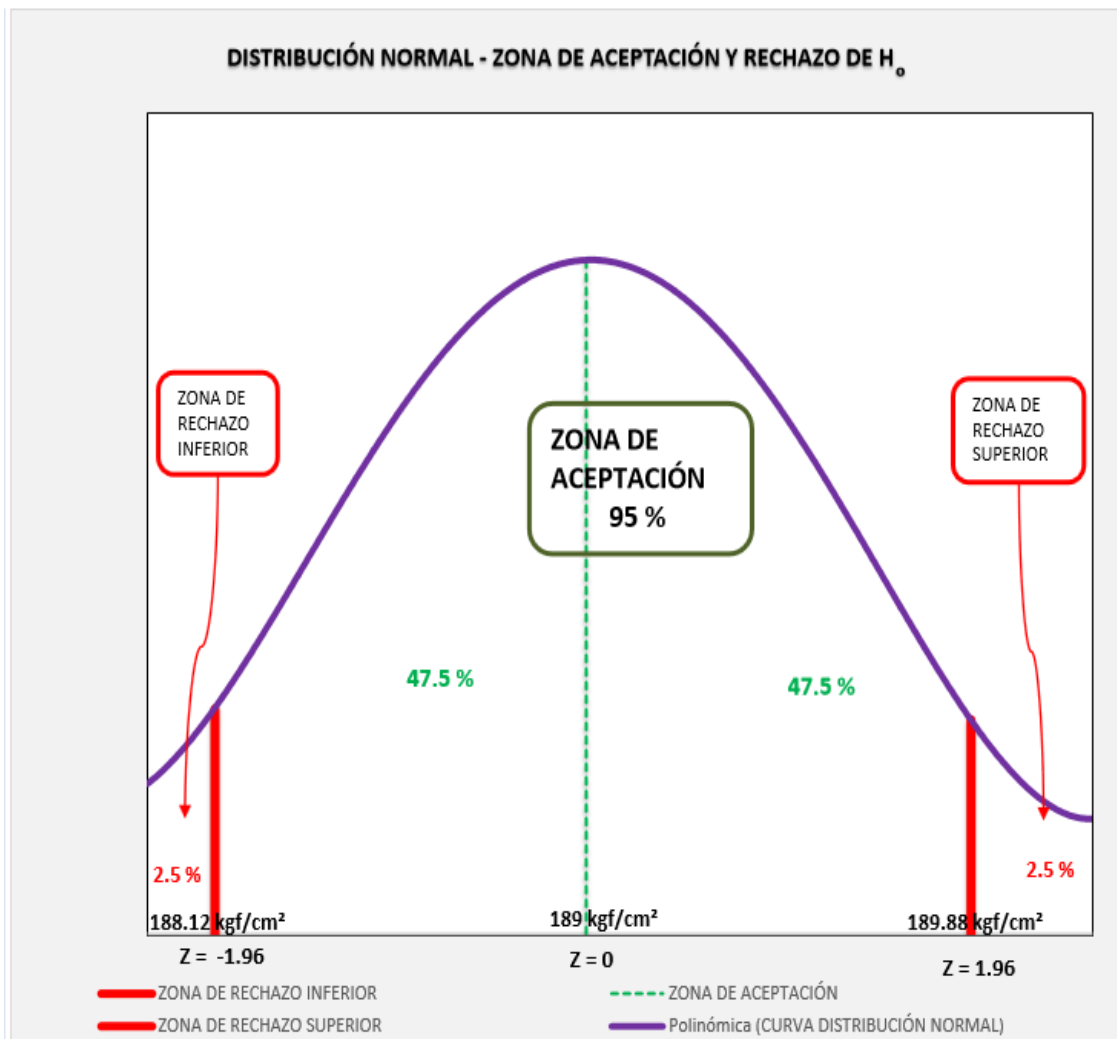


4.4.- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)		15
NIVEL DE CONFIANZA (1- α)		95 %
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)		5 %
ZONA DE RECHAZO	$\alpha/2$	2.5 %
	Z+ CRÍTICO (2.5 %)	1.96
	Z- CRÍTICO (2.5 %)	-1.96
MARGEN DE ERROR		0.88 kgf/cm ²
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	189.88 kgf/cm ²
	LÍMITE INFERIOR	188.12 kgf/cm ²
	188.12 kgf/cm² \leq μ \leq 189.88 kgf/cm²	
INTERPRETACIÓN:		
Se está un 95% seguro de que la Resistencia Promedio (f'c) de las 15 muestras (probetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 188.12 kgf/cm² a 189.88 kgf/cm².		

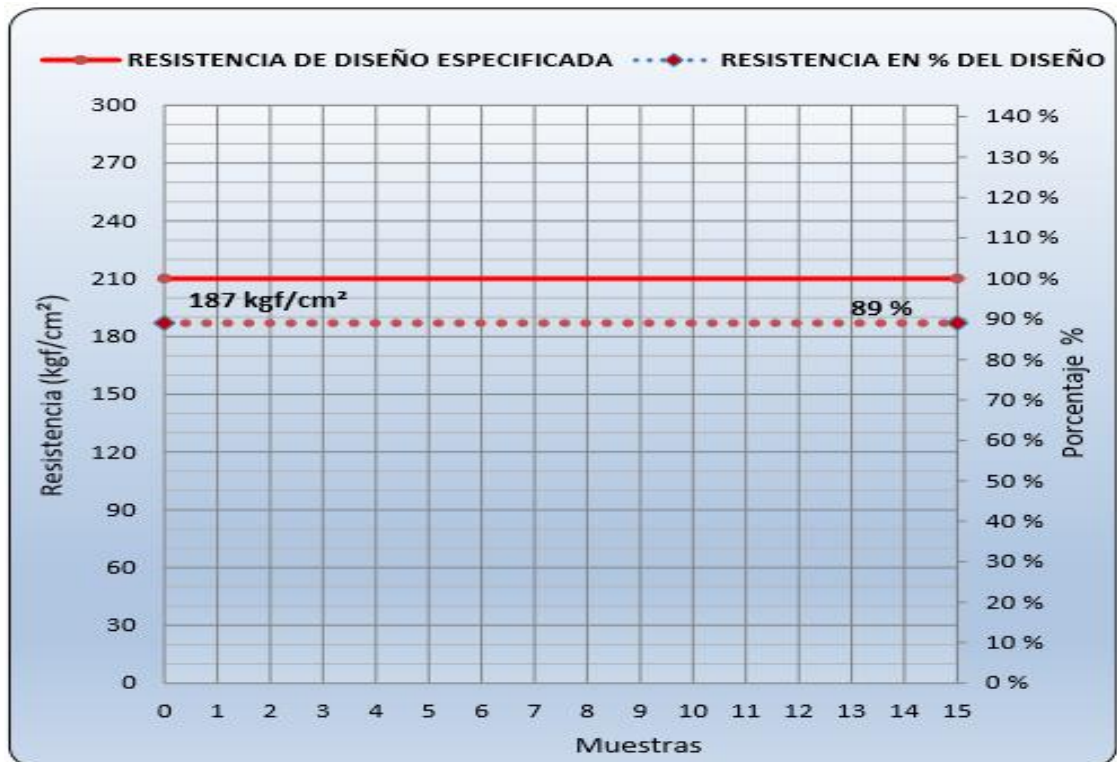
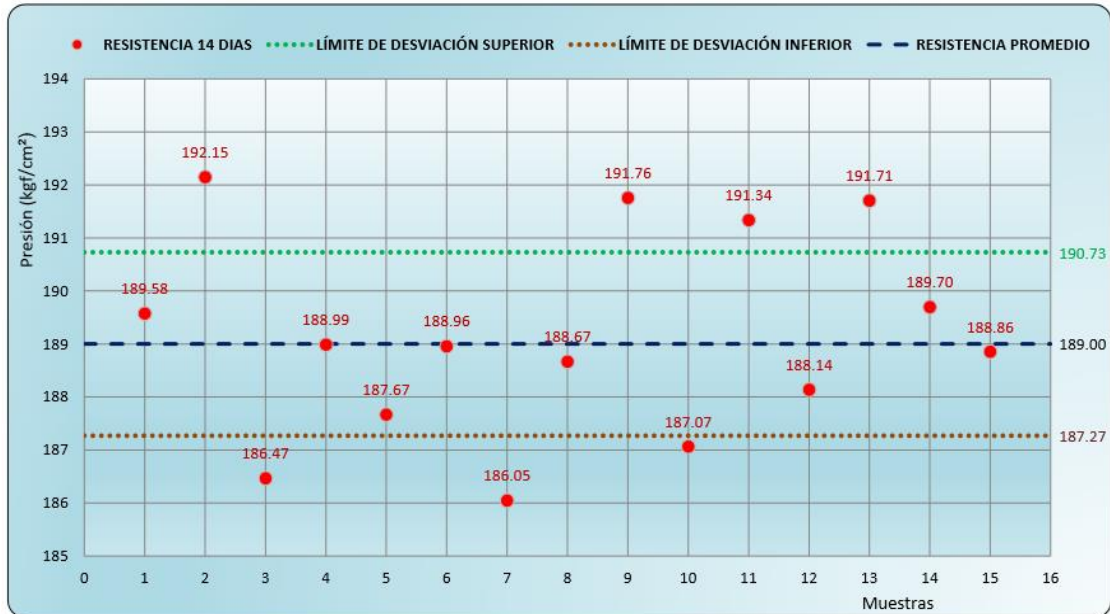
FÓRMULAS
$\alpha = 1 - 95\%$
$Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
$\mu = \bar{X} \pm Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

4.4.1.- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Resistencia a la compresión, promedio muestral (Media, \bar{X})	189 kgf/cm ²
Desviación estandar, σ	1.73 kgf/cm ²
Resistencia característico a la compresión (poblacional)	187 kgf/cm ²
Dispersión (Coeficiente de variación, C.V.)	0.92 %
Porcentaje en resistencia de diseño especificada ($f'c=210$ kgf/cm ²)	89 %



ENSAYO DE ROTURA PARA PROBETAS DE CONCRETO DE 210° - ROTURA A LOS 28 DIAS

4.1.- ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (SELECCIÓN MUESTRAL)

Nº MOLDE	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	DENSIDAD (g/cm ³)	
				HÚMEDA	SECA
M - 01	451.00	322.00	40.06 %	2.44	1.74
M - 02	328.00	317.00	3.47 %	2.49	2.41
M - 03	540.00	531.00	1.69 %	2.45	2.41
M - 04	292.00	124.00	135.48 %	2.41	1.02

CUADRO DE RESUMEN

Humedad, % W (promedio)	45.18 %
Densidad Húmeda, ρ_h (promedio)	2.45 g/cm ³
Densidad Seca, ρ_s (promedio)	1.90 g/cm ³



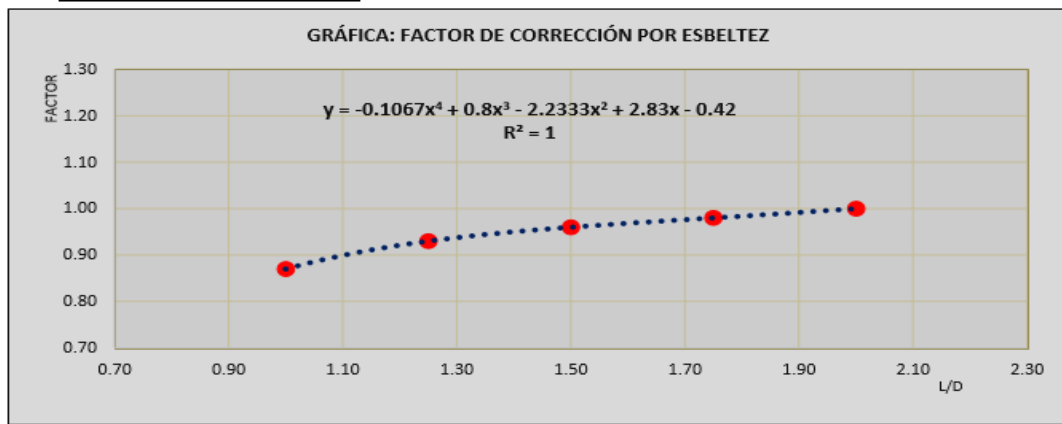
4.2.- VALORES PARA HALLAR LA ECUACIÓN Y LA GRÁFICA DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

L/D	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR	1.00	0.98	0.96	0.93	0.87

ECUACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E$$

A	-0.1067
B	0.8000
C	-2.2333
D	2.8300
E	-0.4200



4.3.- CÁLCULO DE LA MEDIA, MEDIANA, MODA, VARIANZA, DESVIACIÓN ESTANDAR, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, PEARSON Y LA TABLA DE FRECUENCIAS

MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Media Aritmética, (\bar{X})	213.81 kgf/cm ²
Mediana, (Me)	213.76 kgf/cm ²
Moda, (Mo)	213.39 kgf/cm ²

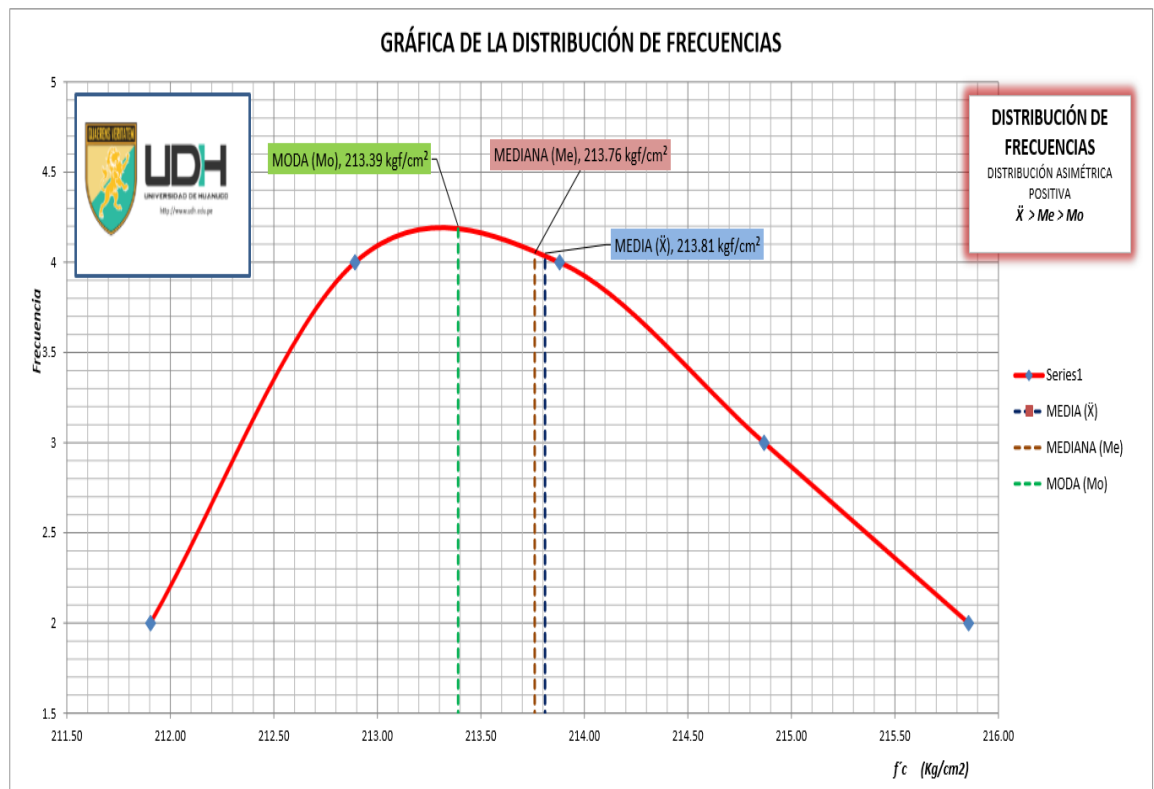
Varianza, (σ^2)	1.49
Desviación Estandar, (σ)	1.22 kgf/cm ²
Coefficiente de Variación, (C.V.)	0.57 %
Coefficiente de Pearson, (A.S.)	0.1230

Distribución asimétrica positiva, sesgada hacia la derecha $\bar{X} > Me > Mo$

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

K	ANCHO DE CLASE		x_i	f_i	f_r	F	$x_i \cdot f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$
	Li	Ls						
1	[211.41	212.40 >	211.90	2	0.1333	2	423.81	7.27
2	[212.40	213.39 >	212.89	4	0.2667	6	851.57	3.37
3	[213.39	214.37 >	213.88	4	0.2667	10	855.52	0.02
4	[214.37	215.36 >	214.87	3	0.2000	13	644.60	3.36
5	[215.36	216.35]	215.86	2	0.1333	15	431.71	8.37
$\Sigma =$				15	1		3207.21	22.39

4.3.1.- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

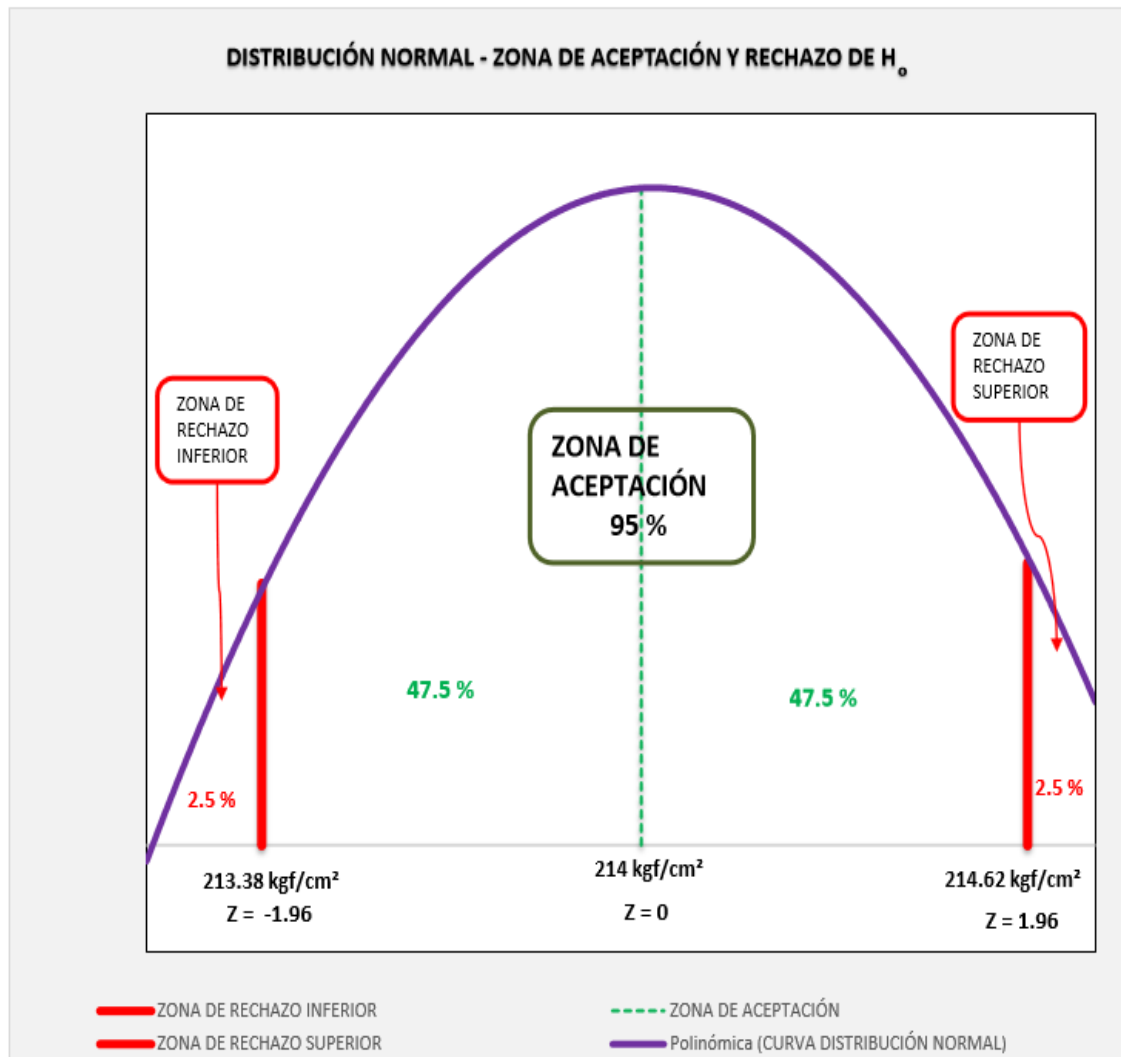


4.4.- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)		15
NIVEL DE CONFIANZA (1- α)		95 %
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)		5 %
ZONA DE RECHAZO	$\alpha/2$	2.5 %
	Z+ CRÍTICO (2.5 %)	1.96
	Z- CRÍTICO (2.5 %)	-1.96
MARGEN DE ERROR		0.62 kgf/cm ²
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	214.62 kgf/cm ²
	LÍMITE INFERIOR	213.38 kgf/cm ²
	213.38 kgf/cm² \leq μ \leq 214.62 kgf/cm²	
INTERPRETACIÓN:		
Se está un 95% seguro de que la Resistencia Promedio (f'c) de las 15 muestras (probetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 213.38 kgf/cm² a 214.62 kgf/cm².		

FÓRMULAS
$\alpha = 1 - 95 \%$
$Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
$\mu = \bar{X} \pm Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

4.4.1.- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Resistencia a la compresión, promedio muestral (Media, \bar{X})	214 kgf/cm ²
Desviación estandar, σ	1.22 kgf/cm ²
Resistencia característico a la compresión (poblacional)	213 kgf/cm ²
Dispersión (Coeficiente de variación, C.V.)	0.57 %
Porcentaje en resistencia de diseño especificada ($f'c=210$ kgf/cm ²)	101 %

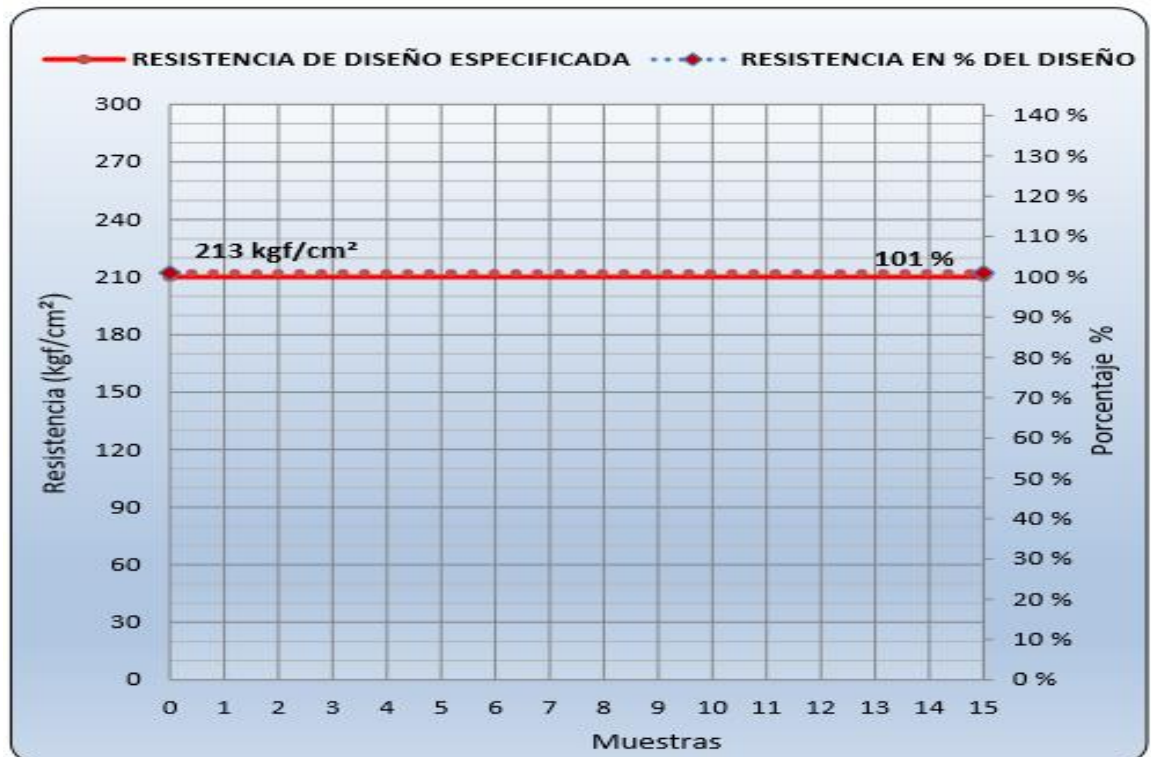
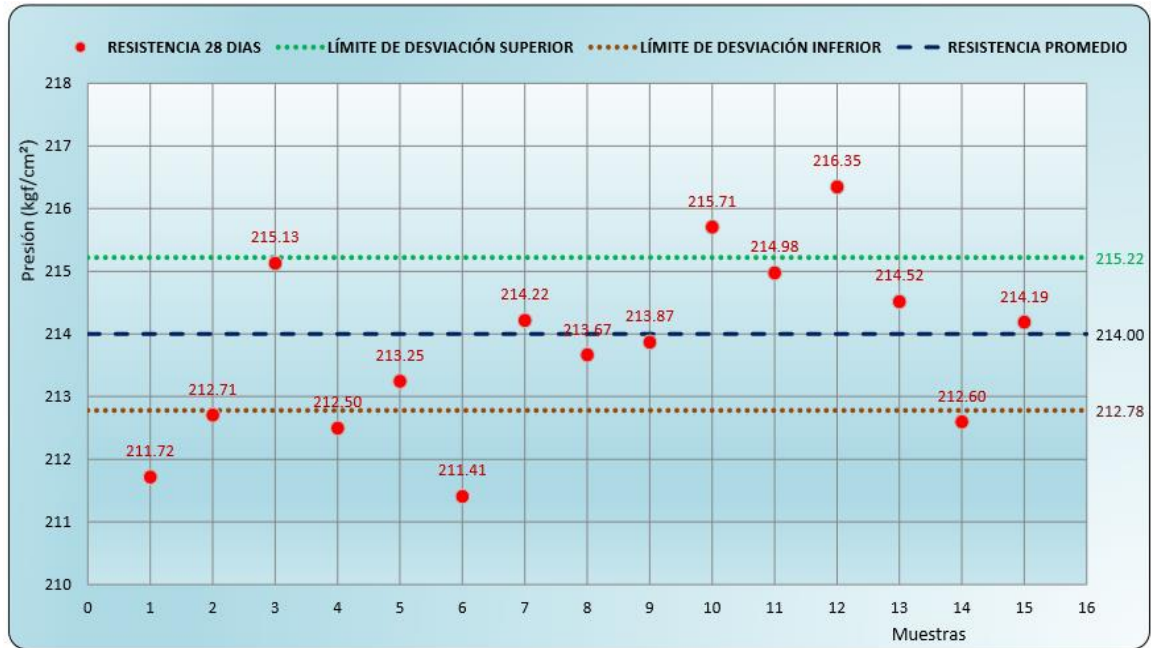


Tabla 4.7 Resumen porcentual de las propiedades evaluadas del concreto.

PROPIEDADES EVALUADAS		SIN FIBRA	CON FIBRA
		Valor del concreto de 210°	Valor del concreto de 210° reforzado con fibra
Trabajabilidad	Asentamiento	3.31 in	3.51 in
	Temperatura	La mínima y máxima temperatura promedio alcanzadas por las mezclas de concreto en general fueron de 26 °C y 28 °C.	
	Peso unitario	2086.29	2076.83
Resistencia a la compresión		En promedio se logró alcanzar resistencias mayores al 30% respecto al concreto patrón (referente 28 días) para dosis de 0.369 kg de fibra de lechuguilla.	

Fuente: Elaboración propia.

4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS:

4.4.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL:

H1: El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla mejora la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210°.

De acuerdo a la hipótesis general podemos afirmar que la hipótesis planteada se cumple, dado que el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla es trabajable y alcanza una resistencia mayor que el concreto de 210°, mejorando en un 30% la resistencia a la compresión.

- Es trabajable porque se encuentra entre los lineamientos requeridos, presentándose los valores en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Trabajabilidad del concreto de 210° y el concreto de 210° reforzado lechuguilla con fibra de

Lecturas Medias	
TEMPERATURA	
Concreto de 210°	Con fibra
27.31 °C	26.98 °C
SLUMP	
Concreto de 210°	Con fibra
3.31 in	3.51 in
PESO UNITARIO	
Concreto de 210°	Con fibra
2086.29 Kg/m ³	2076.83 Kg/m ³

- Mejora la resistencia a la compresión a un 30 % mayor, mostrándose los resultados en la tabla 4.9.

Tabla 4 9 Cuadro de resumen de resistencias

CUADRO DE RESUMEN DE LAS RESISTENCIAS		
EDAD	PATRÓN	REFORZADO FIB.LECH. - 0.5%
0 días	0 kgf/cm ²	0 kgf/cm ²
3 días	120 kgf/cm ²	94 kgf/cm ²
7 días	157 kgf/cm ²	135 kgf/cm ²
14 días	187 kgf/cm ²	202 kgf/cm ²
28 días	213 kgf/cm ²	273 kgf/cm ²

El concreto de 210° demostró a los 3 días ser un concreto que desarrolla una mejor resistencia a esfuerzos de compresión que el concreto de 210° reforzado con fibra lechuguilla.

El concreto de 210° demostró a los 7 días ser un concreto que desarrolla una mejor resistencia a esfuerzos de compresión que el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla demostró a los 14 días ser un concreto que desarrolla una mejor resistencia a esfuerzos de compresión que el concreto de 210°.

El concreto de 210° patrón reforzado con fibra de lechuguilla demostró a los 28 días ser un concreto que desarrolla una mejor resistencia a esfuerzos de compresión que el concreto el concreto de 210°. Teniendo como resultado un 30% mayor que la resistencia requerida.

4.4.2. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

4.4.2.1. HIPÓTESIS 01

H1: El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla presenta mejor trabajabilidad que el concreto de 210°.

Lecturas Medias	
TEMPERATURA	
Concreto de 210°	Con fibra
27.31 °C	26.98 °C
SLUMP	
Concreto de 210°	Con fibra
3.31 in	3.51 in
PESO UNITARIO	
Concreto de 210°	Con fibra
2086.29 Kg/m ³	2076.83 Kg/m ³

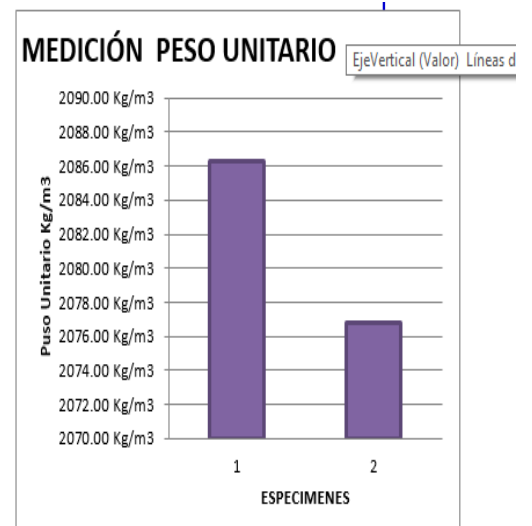
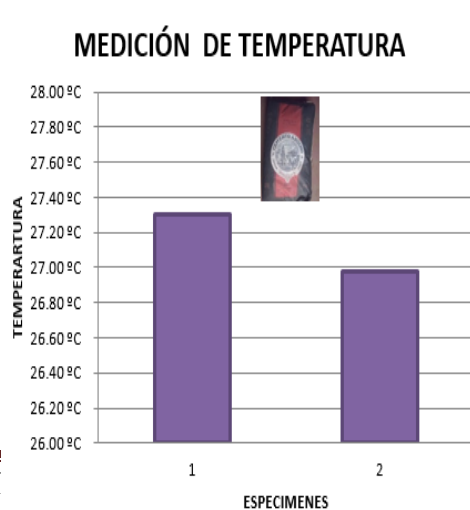
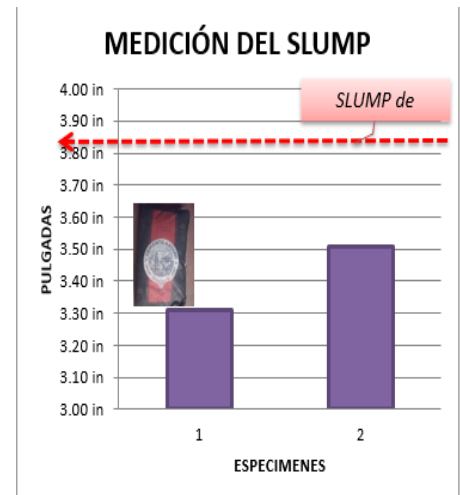


Figura 4.10 Resultados de temperatura , slump y peso unitario.

Con respecto a la hipótesis planteada se corrobora que el desarrollo del concreto de 210° reforzado con lechuguilla presenta mejor trabajabilidad que el concreto de 210°.

- El Slump del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla es mejor que el concreto de 210°. Se mantiene en el límite superior del diseño que varía de 3" a 4".

El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla cumple con los límites de diseño, por lo mencionado podemos afirmar que el concreto de 210° con porcentajes tienen mejor trabajabilidad respecto al concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

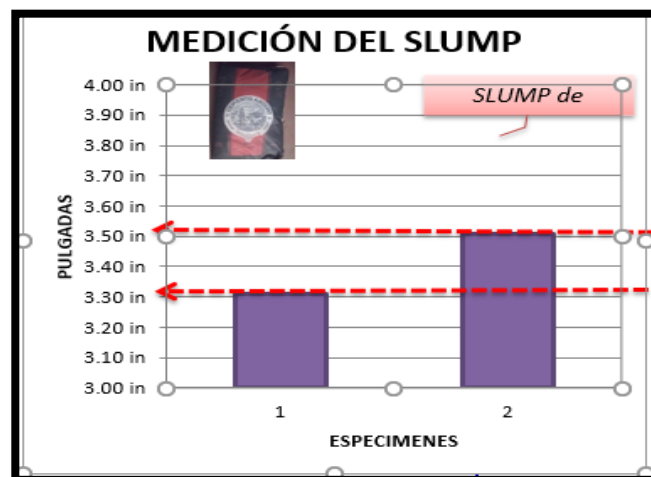


Figura 4.11 Resultados de slump

- El Peso Unitario del concreto de 210° es mejor que el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

El Peso Unitario del concreto de 210° es mejor que el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla., debido que se produce una hidratación más eficaz pero el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla cumple con los límites de diseño, por lo mencionado podemos afirmar que los concretos con porcentajes de fibra de lechuguilla tienen menor peso unitario respecto al concreto de 210°.

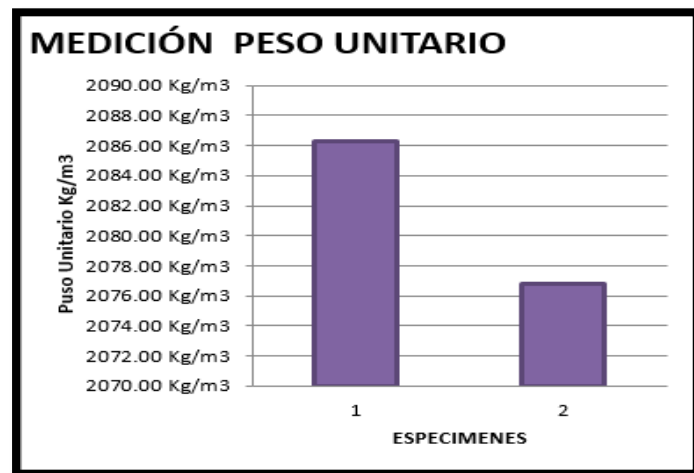


Figura 4.12 Resultados de peso unitario

- La temperatura del concreto de 210° es menor que el concreto de 210° con fibra de lechuguilla y se encuentran en los límites de 26° a 28 °C.

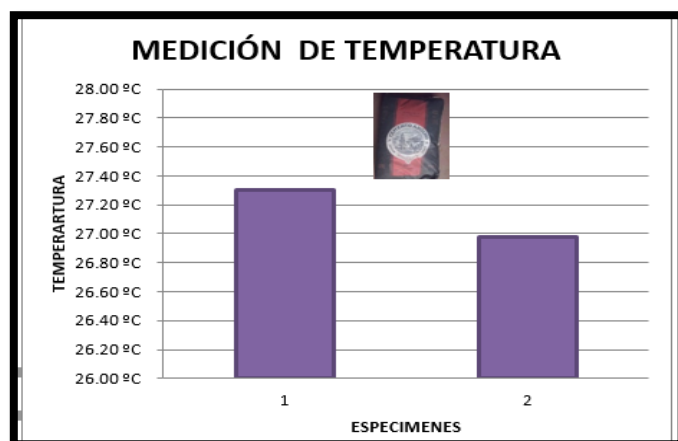
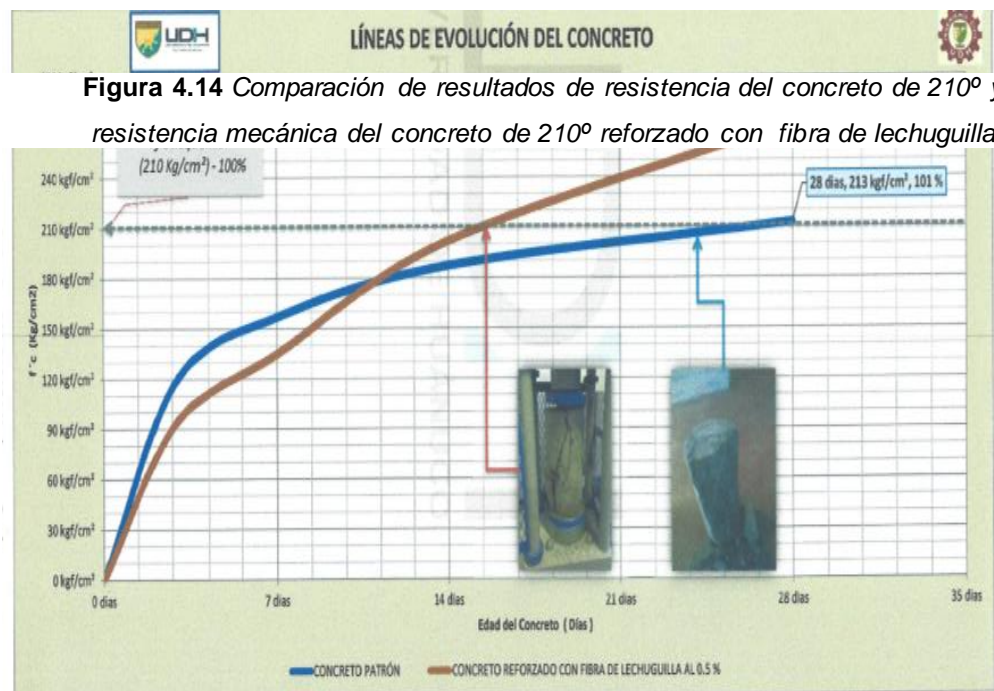


Figura 4.13 Resultados de temperatura

4.4.2.2. Hipótesis 02

H1: El concreto de 210^o reforzado con fibra de lechuguilla presenta mejor resistencia a la compresión que el concreto de 210^o.

Con respecto a la hipótesis planteada se corrobora que el concreto de 210^o reforzado con fibra de lechuguilla tiene un incremento progresivo llegando a los 28 días a una resistencia de 273 kg/cm², teniendo como resultado a una resistencia mayor del 30 % que el concreto de 210^o, se muestra la figura 4.14.



CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONCLUSIONES:

Debido a la utilización de la fibra de lechuguilla en las mezclas de concreto de 210^o se obtuvo lo siguiente:

5.1.1. TRABAJABILIDAD

5.1.1.1. ASENTAMIENTO:

- El asentamiento se controló con el cono de Abrams para la verificación del slump propuesto 3" a 4" y verificando que cumpla para la relación de a/c, experimentó incrementos de 6 % con dosis de fibra de lechuguilla de 0.369 kg que el asentamiento del concreto de 210°, estuvo entre 3" a 4" (ver tabla 5.1).

Tabla 5 1 Variación del asentamiento del concreto de 210° y el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.

TIPO DE CONCRETO	INCREMENTO DEL ASENTAMIENTO	INCREMENTO PROMEDIO
	a/c=0.5502	
CONCRETO DE 210°	3.31	6%
CONCRETO REFORZADO CON FIBRA	3.51	

5.1.1.2. TEMPERATURA:

- La mínima y máxima temperatura promedio alcanzadas por las mezclas de concreto fueron de 26.10 °C y 27.85 °C, éstos valores están dentro de los límites permisibles de 26 °C y 28 °C para una adecuada hidratación del concreto y permita la manipulación del concreto para elaborar las probetas,

porque si es mucha temperatura puede alterar las propiedades del concreto de 210° (trabajabilidad y la resistencia)

5.1.1.3. PESO UNITARIO:

- La inclusión de la fibra de lechuguilla en las mezclas de concreto, ocasionó un peso menor del peso unitario del concreto de 210° ya que el peso unitario del concreto es directamente proporcional a la masa. En este caso el concreto de 210° reforzado con la lechuguilla por la incorporación de la fibra presenta más masa y esto a la vez retendrá más agua sobrante del diseño (ver tabla 5.2).

Tabla 5.2 variación del peso unitario del concreto de 210° y el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla

DOSIS	INCREMENTO DEL PESO UNITARIO	INCREMENTO PROMEDIO
	a/c=0.5502	
I CONCRETO DE 210°	2086.29	5 %
V CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA	2076.83	

lor mínimo y máximo del peso unitario, obtenidos para la proporción de fibra de lechuguilla y relacion a/c, fueron de 2070 y 2089, y su variación fue del 5 %.

5.1.2. RESISTENCIA A LA COMPRESION:

- La incorporación de fibra de lechuguilla en las mezclas del concreto el 0.5 % del peso del concreto, ocasionó un incremento de la resistencia a la compresión con una dosis de 0. 369 kg, obteniendo así un 30 % de la resistencia a la compresión del concreto de 210°. (ver tabla 5.3).

Tabla 5.3 Resistencia a la compresión por edades del concreto de 210° y el concreto de 210 reforzado con fibra de lechuguilla

ID MEZCLA	DOSIS	RESISTENCIA A LA COMPRESION			
		3d	7d	14d	28d
CONCRETO DE 210°	0	57.0 %	75.0 %	89.0%	101.0%
CON FIBRA	0.369	45.0 %	64.0%	96.0%	130.0%

- Comparando los resultados finales se obtuvo una gráfica de la evolución del concreto, observando la mejoría del concreto de 210° con incorporación de fibra natural de lechuguilla. (ver figura 4.14).

5.2. RECOMENDACIONES

- La elección de una determinada fibra de lechuguilla de diámetro 0.01 mm es un proceso muy importante en el que deben considerarse muchos más aspectos que la simple comparación del costo unitario. Según la aplicación, a la hora de seleccionar una determinada fibra, debe tenerse en cuenta la evaluación del mismo en los siguientes aspectos: incremento de la trabajabilidad, mantenimiento de la trabajabilidad en el tiempo, desarrollo de resistencia a largo plazo.
- Se recomienda que la proporción incorporada al concreto sea menos al 1% del peso del concreto, según antecedente **Uso de fibras naturales de Lechuguilla como refuerzo En concreto de César A. Juárez Alvarado, Patricia Rodríguez López**, ya que estos porcentajes inferiores se garantiza ; y en porcentajes la resistencia tiene a mejorar.
- Evitar que se generen oquedades o cangrejas en el concreto, ya que estas imperfecciones hacen que la resistencia a la compresión afectan considerablemente a la resistencia a la compresión y obteniendo resultados por debajo de la resistencia del concreto de 210° establecida.

- Al aplicar una cantidad de porcentaje óptimo de fibra de lechuguilla de 0.369 kg (siendo un porcentaje del 0.5 % del peso del concreto) en las mezclas de concreto, se obtiene un concreto que se puede utilizar en las estructuras como lozas aligeradas y macizas); sin embargo, para utilizar esta fibra se tiene que impermeabilizar antes, de esta manera garantizamos que el concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla aumenta a un 30 % de resistencia que el concreto de 210°.
- Todos los elementos de concreto recién colocados y acabados se deben curar y proteger de los rayos solares durante el tiempo del curado. El curado debe iniciarse inmediatamente después del acabado del tiempo de fraguado inicial.

Se necesita del curado para garantizarse la continuación de la hidratación y del desarrollo de la resistencia.

- En síntesis, la selección de la dosis óptima de la fibra de lechuguilla a ser empleada en las mezclas de concreto se está basándose en el antecedente **Uso de fibras naturales de Lechuguilla como refuerzo En concreto de César A. Juárez Alvarado, Patricia Rodríguez López**, obedece a la satisfacción más favorable de cada una de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.
- En posteriores aplicaciones y estudios que pretendan recrear los mismos resultados obtenidos, debido a la de fibra de lechuguilla el concreto sufre modificaciones en sus propiedades en la trabajabilidad y la resistencia ala compresión del concreto , se sugiere que la dosificación, trasporte, colocación, consolidación, acabado y curado estén sujetos a las siguientes condiciones: temperatura ambiente promedio de 22.66°C, cercanía del lugar de mezclado hacia el lugar del vaceado y temperatura del concreto promedio de 26 °C a 28 °C.

5.3. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- ACI 211.1- 91. (200)
- *Standard practice for selecting proportions for normal heavyweight, and mass Concrete.* Detroit, MI, USA.
- ACI 224R. (2001). *Control of cracking in concrete structures* . Detroit, MI, USA.
- ACI 305R. (2010). *Guide to Hot Weather Concreting.* Detroit, MI, USA.
- ACI 309R. (1996). *Guide for consolidation of concrete.* Detroit, MI, USA.

- ASTM C94. (2003). *Standard specifications for ready mixed concrete*. West Conshohocken, PE, USA.
- CARVAJAL, M. J. (2015). *COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADOS CON FIBRAS* . 2015: UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Cesar Juárez, P. V. (2004). *FIBRAS NATURALES DE LECHUGUILLA COMO REFUERZO EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN* . México: Universidad Autónoma Nueva León .
- Instituto de Construcción y Gerencia. (2017). *Manual de Construcción* (12a ed.). Lima, Perú: ICG.
- Instituto del Concreto. (1997). *Tecnología y propiedades* (2a ed.). Bogotá, Colombia.
- Juarez Alvarado, C. ,. (2004). *Uso de fibras natrurales de lechuguilla como refuerzo del concreto*. Cuenca: Instituto de Ingenieria Civil -UANL.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese , W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (1a ed.). Illinois, EE.UU.: PCA.
- Morales, B. M. (2015). *CONSTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECANICO Y FISICOQUIMICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS NATURALES DE COCO Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA SU USO EN CONSTRUCCIÓN*. Valencia Vanezuela: Universidad de Carabobo.
- NTP 334.009. (2011). *Cemento portland. Requisitos*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 339.034. (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Perú: Indecopi.

- NTP 339.035. (2009). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 339.036. (2011). *Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 339.088. (2006). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento pórtland. Requisitos*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 339.183. (2009). *Mezclado, muestreo y elaboración de especímenes en laboratorio*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 339.183. (2009). *Práctica normalizada para el curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 339.184. (2002). *Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto)*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 339.185. (2002). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.010. (2001). *Extracción y preparación de las muestras*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.011. (2008). *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.012. (2001). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.017. (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.021. (2002). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.037. (2002). *Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)*. Lima, Perú: Indecopi.

- NTP 400.043. (2006). *Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo*. Lima, Perú: Indecopi.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto* (2a ed.). Lima, Perú: Autor.
- Portugal, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño*. Lima, Perú: Autor.
- Rodríguez, A. J. (2015). *RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL MORTERO CEMENTO - ARENA INCORPORANDO CENIZA DE CASCARA DE ARROZ, AFRECHO DE CEBADA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte .
- Riva López, E. (2010). *Diseño de mezclas* (1a ed.). Lima, Perú: ICG.
- Torre, A. (2004). *Curso Básico de Tecnología del Concreto*. Lima, Perú: Autor
- <https://es.wikipedia.org/wiki/ACI>. (s.f.).
- <https://es.wikipedia.org/wiki/ASTM>. (s.f.).

VI. ANEXOS

6.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

DISEÑO TEÓRICO			
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p style="text-align: center;">Problema General</p> <p>¿En que medida la fibra de lechuguilla afecta la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210°?</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo General</p> <p>Evaluar la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.</p>	<p style="text-align: center;">Hipótesis General</p> <p>El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla mejora la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210°.</p>	<p style="text-align: center;">Variable Independiente</p> <p>La fibra de lechuguilla</p>
<p style="text-align: center;">Problemas Específicos</p> <p>¿De que manera afecta las cantidades de cemento, agregado, agua y fibra de lechuguilla en las muestras de concreto de 210°?</p> <p>¿De que manera afecta la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla?</p> <p>¿En que medida se diferencia la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210° y del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla?</p>	<p style="text-align: center;">Objetivos Específicos</p> <p>Determinar las cantidades adecuadas de cemento, agregados, agua y fibra de lechuguilla en las muestras del concreto de 210°.</p> <p>Evaluar el efecto de la fibra de lechuguilla en la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.</p> <p>Comparar la trabajabilidad y resistencia a la compresión entre las muestras de concreto de 210° y muestras del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla.</p>	<p style="text-align: center;">Hipótesis Específicas</p> <p>El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla presenta mejor trabajabilidad que el concreto de 210°.</p> <p>El concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla presenta mejor resistencia a la compresión que el concreto de 210°.</p>	<p style="text-align: center;">Variable dependiente</p> <p>Trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto</p> <p style="text-align: center;">Variable Interviniente</p> <p>Tiempo</p>

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES / INDICADORES	Sub- Dimensiones / Sub Indicadores	Esquema del Marco Teórico
<p>Variable Independiente La fibra de lechuguilla</p> <p>Variable dependiente Trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto.</p> <p>Variable Interviniente Tiempo</p>	<p>Es un tipo de concreto elaborado con la fibra de lechuguilla.</p> <p>Resistencia a la compresión del concreto por medio de los ensayos destructivos establecidos en normas.</p> <p>Parámetro que determina la edad del concreto que es proporcional al tiempo.</p>	<p>Muestra del Concreto utilizando la fibra de lechuguilla.</p>	<p>Agregado grueso, fino y lechuguilla.</p> <p>slump (pulg)</p> <p>°C</p> <p>kg/m³</p> <p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Composición mecánica establecida</p> <p>Asentamiento en el cono de Abrams</p> <p>Temperatura</p> <p>Peso unitario</p> <p>3,7,14 y 28 días</p>	<p>Granulometría: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012 (Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.</p> <p>Densidad relativa finos ASTM D-854- ASTM C-128 gravedad específica y absorción de agregados finos</p> <p>Densidad relativa gruesos ASTM C-127 gravedad específica y absorción de agregados gruesos</p> <p>Peso Volumétrico de finos y grueso ASTM C-29 Metodo de evaluación estándar para densidad en bulk en agregados</p> <p>Peso unitario NTP 400:017</p> <p>Densidad relativa de la fibra de lechuguilla ASTM C-127</p> <p>Peso volumétrico de la fibra de</p>

					<p>lechuguilla ASTM C- 29</p> <p>PH del agregado grueso y fino ASTM D – 1293</p> <p>Densidad del cemento ASTM C 188</p> <p>Ensayo de temperatura.</p> <p>Resistencia a la compresión ASTM-C-39</p> <p>Asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 – ASTM C143</p> <p>Medición de la temperatura.</p> <p>Peso unitario y rendimiento NTP 339.046 – ASTM C 138</p>
--	--	--	--	--	--

DISEÑO METODOLÓGICO

Método de Investigación	Diseño de la Investigación	Ámbito de la Investigación	Instrumentos y Fuentes de Información	Criterios de Rigurosidad en la Investigación
<p>Experimental</p> <p>Descriptivo</p>	<p>Para la presente investigación se opta por el diseño Experimental; por realizarse diseños de especímenes de concretos sujetos a controles y se describe los resultados obtenidos según las hipótesis planteadas.</p> <p>CONTROL DEL AGREGADO Granulometría Densidad Peso Volumétrico Absorción (%) PH.</p> <p>CONTROL DE LA TRABAJABILIDAD Slump Temperatura Peso Unitario</p> <p>CONTROL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Ensayos a compresión a: ,3,7 ,14 y 28 días.</p>	<p>UNIDAD DE ANÁLISIS O ESTUDIO</p> <p>POBLACIÓN Es representado por 120 probetas de concreto; 60 con el diseño del concreto patrón, y 120 probetas de los concretos reforzados con fibra de lechuguilla que serán ensayadas en edades de 3,7, 14 y 28 días para determinar la resistencia a la compresión. Esta población se elabora de acuerdo a la NTP y ASTM.</p> <p>MUESTRA Se determinó mediante la fórmula para una población finita obteniendo 15 muestras por cada diseño de concreto para edades de 3,7, 14 y 28 días, teniendo un total 120 muestras.</p> <p>TÉCNICAS DE MUESTREOS. Para la selección de la muestra, empleamos el método probabilístico.</p> <p>Los siguientes ensayos realizados serán: Granulometría: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012 (Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.</p>	<p>TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS</p> <p>La resistencia de diseño del concreto: Se diseña conforme a lo establecido en la norma Standart Practice for Selecting Proportions for Normal , Heavyweight , and Mass Concrete (ACU 211.1-91).</p> <p>Ensayos de control de elementos de concreto:</p> <p>Granulometría: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012 (Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.</p> <p>Densidad relativa finos ASTM D-854-ASTM C-128 gravedad específica y absorción de agregados finos</p> <p>Densidad relativa gruesos ASTM C-127 gravedad específica y absorción de agregados gruesos</p> <p>Peso Volumétrico de finos y grueso ASTM C-29 Metodo de evaluación estándar para densidad en bulk en agregados</p> <p>Peso unitario NTP 400:017</p>	<p>ENFOQUE Se empleará un enfoque cuantitativo porque las variables son medibles, estableciendo parámetros de medición y ensayos.</p> <p>VALIDEZ Se emplea equipos de la Universidad de IHuànuco certificada por la misma Universidad.</p> <p>CONFIABILIDAD Se emplea fielmente las mediciones y ensayos establecidos en las normas, para obtener resultados dentro de la realidad.</p>

	<p>Densidad relativa finos ASTM D-854- ASTM C-128 gravedad específica y absorción de agregados finos</p> <p>Densidad relativa gruesos ASTM C-127 gravedad específica y absorción de agregados gruesos</p> <p>Peso Volumétrico de finos y grueso ASTM C-29 Metodo de evaluación estándar para densidad en bulk en agregados</p> <p>Peso unitario NTP 400:017</p> <p>Densidad relativa de la fibra de lechuguilla ASTM C-127</p> <p>Peso volumétrico de la fibra de lechuguilla ASTM C- 29</p> <p>PH del agregado grueso y fino ASTM D – 1293</p> <p>Densidad del cemento ASTM C 188</p> <p>Resistencia a la compresión ASTM-C-39</p> <p>Asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 – ASTM C143</p> <p>Medición de la temperatura.</p> <p>Peso unitario y rendimiento NTP 339.046 – ASTM C 138</p>	<p>Densidad relativa de la fibra de lechuguilla ASTM C-127</p> <p>Peso volumétrico de la fibra de lechuguilla ASTM C- 29</p> <p>PH del agregado grueso y fino ASTM D – 1293</p> <p>Densidad del cemento ASTM C 188</p> <p>Resistencia a la compresión ASTM-C-39 Asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 – ASTM C143</p> <p>Medición de la temperatura.</p> <p>Peso unitario y rendimiento NTP 339.046 – ASTM C 138</p> <p>Elaboración de especímenes de concreto: Se determina dentro del diseño sujeto al RNE E-060.</p> <p>Ensayos destructivos: Se ensayaron 15 especímenes por cada tipo de concreto a edades de 3,7, 14 y 28 días.</p> <p>Análisis de datos: Obtenido los datos de los ensayos destructivos, se emplea la estadística descriptiva para procesar los datos, para ello empleamos la tabla de frecuencias que nos dará los datos de la media aritmética, desviación estándar, etc.</p>	
--	---	--	--

6.2. HOJA DE DATOS Y RESULTADOS DE LA FIBRA DE LECHUGUILLA

6.3. HOJAS DE DATOS Y RESULTADOS DEL AGREGADO FINO

6.4. HOJAS DE DATOS Y RESULTADOS DEL AGREGADO GRUESO

6.5. HOJAS DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE MEZCLA

**6.5.1. HOJA DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE MEZCLA
DEL CONCRETO DE 210°**

**6.5.2. HOJA DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE MEZCLA
DEL CONCRETO DE 210 ° REFORZADO CON
FIBRA DE LECHUGUILLA**

6.6. HOJAS DE DATOS Y RESULTADOS DEL CONCRETO FRESCO

**6.6.1. HOJA DE CÁLCULO DEL CONCRETO DE 210° EN
ESTADO FRESCO**

**6.6.2. HOJA DE CÁLCULO DEL CONCRETO DE 210°
REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA EN
ESTADO FRESCO**

**6.6.3. HOJA DE COMPARACIÓN DE RESULTADO DEL
CONCRETO DE 210° Y EL CONCRETO DE 210°
REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA EN
ESTADO FRESCO**

**6.7. HOJAS DE DATOS Y RESULTADOS DEL CONCRETO
ENDURECIDO**

**6.7.1. HOJA DE CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO DE 210°**

**6.7.2. HOJA DE CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO DE 210°
REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA**

**6.7.3. HOJAS DE COMPARACIÓN DE RESULTADO DE
LA RESISTENCIA DEL CONCRETO DE 210° CON
LAS RESISTENCIA DEL CONCRETO DE 210°
REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA**

6.8. NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP) Y (ASTM)