

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR
EXPOSICIÓN AL FUEGO – HUÁNUCO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TESISTAS:

ALEX OLORTIN VALENTIN

ELVIN KELER CHUQUIYAURI RAFAEL

ASESOR:

ING. MOISES TORRES RAMIREZ

HUÁNUCO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a mis padres, hermanos y demás familiares que me brindaron su apoyo económico y emocional durante todo el proceso de formación profesional, este trabajo final es fruto de todo su esfuerzo.

Olortin Valentin, Alex

El presente trabajo de investigación va dedicado a mis padres, hermanos y mi difunta hermana, quienes fueron el soporte económico, moral y mis más grandes motivaciones para poder lograr el presente objetivo.

Chuquiyaury Rafael, Elvin Keler

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios por darnos la oportunidad de terminar nuestro trabajo de investigación, agradecer a nuestro asesor Ing. Moisés Torres Ramírez que nos ayudó a direccionar este trabajo, a todos los docentes de la facultad de ingeniería civil de la UNHEVAL que compartieron su conocimiento y nos ayudaron a la formación profesional desde que iniciamos, agradecer al equipo técnico del laboratorio que nos apoyó con todos los ensayos.

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó las propiedades mecánicas más importantes del concreto (compresión y módulo de elasticidad) al incrementar su temperatura por exposición directa al fuego tomándose como grupo control a temperatura ambiente. Según lo planteado el nivel de esta investigación es correlacional, y el tipo de investigación es experimental, el diseño de investigación se realizó usando el diseño completamente al azar (DCA) con el análisis de varianzas (ANOVA).

El diseño de mezcla del concreto se hizo de acuerdo con la normativa ACI, usando los siguientes materiales: agregado fino y grueso de la cantera de Andabamba - Huánuco, cemento portland Tipo I y agua potable; inicialmente se determinó las propiedades físicas de los agregados para el diseño de mezcla, luego se procedió a la fabricación del concreto con relación agua/cemento 0.62, 0.55 y 0.45; las probetas fueron curados por 28 días.

Se plantearon 03 grupos experimentales y un grupo control con el objetivo de determinar la resistencia a la compresión y el módulo elástico. Los grupos experimentales están definidos por T1 (de 190 a 210°C), T2 (de 390 a 410°C) y T3 (de 580 a 600°C); para cada uno de estos grupos se definió un tamaño de muestra de 7 para resistencia a la compresión y 3 para el módulo elástico. Las muestras para la resistencia a la compresión fueron de 6"x12" y en total se fabricaron 84 unidades, Las muestras para el módulo elástico fueron de 4"x8" y en total se fabricaron 36 unidades.

Las mediciones de temperatura se realizaron con el termómetro infrarrojo SCAM TEMP 440 adaptado con una termocupla tipo “K” para registrar temperaturas mayores, los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron en la máquina de compresión y los ensayos de módulo de elasticidad se realizaron en la maquina universal adaptando el deformímetro LVDT; los equipos son del laboratorio de estructuras y mecánica de suelos de la UNHEVAL, todos con certificado de calibración vigente.

Habiendo realizado los ensayos respectivos se determinó que el incremento de temperatura por exposición al fuego del concreto disminuye la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, para T1 la resistencia a la compresión en promedio disminuye 21.48%, para T2 la resistencia a la compresión en promedio disminuye 39.69%, y para T3 la resistencia a la compresión en promedio disminuye 63.62%; para T1 el módulo elástico en promedio disminuye 33.95%, para T2 el módulo elástico en promedio disminuye 56.00%, y para T3 el módulo elástico en promedio disminuye 74.42%, todos resultados promedio considerado diseño de concreto con $a/c=0.62, 0.55$ y 0.45 .

PALABRAS CLAVES: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO, INCREMENTO DE TEMPERATURA Y EXPOSICIÓN AL FUEGO.

SUMMARY

In the present investigation, the most important mechanical properties of concrete (compression and modulus of elasticity) were evaluated by increasing its temperature by direct exposure to fire, concrete was taken as a control group at room temperature. As stated, the level of this research is correlational, and the type of research is experimental, the research design was carried out with the completely randomized design (DCA) using the analysis of variances (ANOVA).

The concrete mix design was made in accordance with ACI regulations, using the following materials: fine and coarse aggregate from the Andabamba - Huánuco quarry, Type I portland cement and drinking water; Initially, the physical properties of the aggregates for the mix design were determined, then the concrete design was manufactured in relation to $a / c = 0.62, 0.55$ and 0.45 which was manufactured in the UNHEVAL soil mechanics laboratory, All specimens were cured for 28 days.

03 experimental groups and a control group were raised to determine the compressive strength and elastic modulus for concrete design in relation to $a / c = 0.62, 0.55$ and 0.45 . The experimental groups are defined by T1 (from 190 to 210 ° C), T2 (from 390 to 410 ° C) and T3 (from 580 to 600 ° C); A sample size of 7 for compressive strength and 3 for the elastic modulus was defined for each of these groups. The samples for compressive strength were 6 "x12" and in total 84 units were manufactured. The samples for the elastic module were 4 "x8" and in total 36 units were manufactured.

Temperature measurements were made with the SCAM TEMP 440 infrared thermometer adapted with a “K” type thermocouple, compression resistance tests were performed on the compression machine and elastic modulus tests were performed on the universal machine adapting the LVDT deformimeter; the equipment is from the UNHEVAL structures and soil mechanics laboratory, all with a current calibration certificate.

Having carried out the respective tests, it was determined that the increase in temperature by exposure to fire of concrete decreases the compressive strength and modulus of elasticity, for T1 the compressive strength on average decreases 21.48%, for T2 the compressive strength in average decreases 39.69%, and for T3 the compressive strength on average decreases 63.62%; for T1 the elastic modulus on average decreases 33.95%, for T2 the elastic modulus on average decreases 56.00%, and for T3 the elastic modulus on average decreases 74.42%, the average considered concrete design with $a / c = 0.62, 0.55$ and 0.45

KEY WORDS: EVALUATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES
OF THE CONCRETE, INCREASE IN TEMPERATURE AND EXPOSURE TO
FIRE.

INDICE GENERAL

RESUMEN	V
SUMMARY	VII
INDICE GENERAL	IX
INDICE DE TABLAS	XIV
INDICE DE GRAFICOS	XVI
INDICE DE FIGURAS	XVIII
LISTA DE ANEXOS	XIX
CAPITULO 1	21
1. MARCO TEORICO.....	21
1.1 ANTECEDENTES	21
1.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	22
1.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	25
1.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	30
1.2 FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA	30
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	32
1.3.1 PROBLEMA GENERAL	32
1.3.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	32
1.4 OBJETIVOS.....	32
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	32
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	32
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	33
1.5.1 JUSTIFICACION	33
1.5.2 IMPORTANCIA.....	33
1.6 LIMITACIONES	34
1.7 HIPOTESIS.....	34
1.7.1 HIPOTESIS GENERAL (Hi)	34
1.7.2 HIPOTESIS NULA (Ho).....	34
1.7.3 HIPOTESIS ESPECÍFICAS.....	34
1.8 VARIABLES.....	35

1.8.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	35
1.8.2	VARIABLES DEPENDIENTES	35
1.9	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	35
1.10	UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
1.10.1	DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO / POBLACION	36
1.10.2	SELECCIÓN DE LA MUESTRA	36
1.11	INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA	37
1.11.1	CONCRETO	37
1.11.1.1	COMPONENTES DEL CONCRETO	38
1.11.1.1.1	CEMENTO PORTLAND	38
1.11.1.1.2	AGREGADOS.....	39
1.11.1.1.3	AGUA.....	42
1.11.1.2	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	43
1.11.1.2.1	TRABAJABILIDAD.....	43
1.11.1.2.2	CONSISTENCIA	43
1.11.1.2.3	SEGREGACIÓN.....	44
1.11.1.2.4	EXUDACIÓN.....	44
1.11.1.3	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	45
1.11.1.3.1	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	45
1.11.1.3.2	MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	45
1.11.2	INCENDIO	46
1.11.3	FUEGO	47
1.11.4	COMBUSTIÓN.....	47
1.11.4.1	CLASIFICACION DE LOS FUEGOS	49
1.11.5	FORMAS DE TRASMISIÓN DEL CALOR.....	50
1.11.6	EQUIPOS PARA ELABORACION Y ENSAYOS DE MUESTRAS.....	50
1.11.6.1	HORNO	50
1.11.6.2	TERMOMETRO LASER INFRAROJO	51
1.11.6.3	TERMOCUPLA TIPO K	52
1.11.6.4	MÁQUINA DE ENSAYO A COMPRESIÓN.....	53
1.11.6.5	MÁQUINA UNIVERSAL.....	54

1.11.6.6	EQUIPO LVDT	55
1.11.7	RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO FRENTE AL FUEGO.....	56
1.11.8	PROPIEDADES TERMICAS DEL CONCRETO	59
1.11.8.1	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.....	60
1.11.8.2	CALOR ESPECÍFICO VOLUMETRICO	62
1.11.8.3	DENSIDAD.....	63
1.11.8.4	COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA	64
1.11.9	NORMA ASTM E 119	65
1.11.10	PATOLOGIAS DEL CONCRETO FRENTE AL FUEGO	68
1.11.10.1	FISURACIÓN.....	68
1.11.10.2	CALCINACIÓN	69
1.11.10.3	DESCASCARAMIENTO.....	69
1.11.10.4	DESINTEGRACION POR FATIGA.....	69
1.12	CONCEPTOS FUNDAMENTALES	69
1.12.1	CONCRETO	69
1.12.2	CEMENTO	70
1.12.3	CEMENTO PORTLAND	70
1.12.4	AGUA.....	70
1.12.5	ARENA	70
1.12.6	AGREGADO.....	71
1.12.7	RESISTENCIA.....	71
1.12.8	COMBUSTION.....	71
1.12.9	FLASHOVER	71
1.12.10	COMPRESION	71
1.12.11	MÓDULO DE ELASTICIDAD	72
1.12.12	TEMPERATURA.....	72
1.12.13	FUEGO	72
CAPITULO 2.....	73	
2	MARCO METODOLÓGICO	73
2.1	NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	74
2.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	74

2.3	MATERIALES UTILIZADOS PARA LAS MUESTRAS	77
2.3.1	CEMENTO	77
2.3.2	AGREGADOS.....	78
2.3.3	AGUA.....	78
2.4	ENSAYO DE LOS AGREGADOS Y DISEÑO DE MEZCLA.....	79
2.4.1	ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO: PIEDRA CHANCADA.....	79
2.4.1.1	PESO SECO COMPACTADO.....	79
2.4.1.2	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA Y ABSORCION	80
2.4.1.3	CONTENIDO DE HUMEDAD	81
2.4.1.4	ANALISIS GRANULOMETRICO	82
2.4.2	ENSAYOS DE AGREGADO FINO: ARENA GRUESA	84
2.4.2.1	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA Y ABSORCION	84
2.4.2.2	CONTENIDO DE HUMEDAD	86
2.4.2.3	ANALISIS GRANULOMETRICO	87
2.4.3	DISEÑO DE MEZCLA CON METODO ACI.....	89
2.5	ELABORACION DE PROBETAS Y PROCESO DE QUEMADO	96
2.5.1	MEZCLADO DEL CONCRETO	96
2.5.2	ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO	97
2.5.3	LLENADO EN LOS MOLDES Y CURADO	99
2.5.4	PROCESO DE QUEMADO DE MUESTRAS.....	100
2.5.4.1	CARACTERISTICAS DEL HORNO	102
2.5.4.2	EQUIPO DE MEDICION DE TEMPERATURA	104
2.6	ENSAYO DE PROBETAS Y RESULTADOS	105
2.6.1	RESISTENCIA A LA COMPRESION	105
2.6.2	MODULO DE ELASTICIDAD.....	112
2.6.2.1	PREPARACION DE MUESTRA Y ENSAYO EN LA MAQUINA UNIVERSAL....	112
2.6.2.2	RESULTADOS DEL ENSAYO	116
2.7	DISEÑO EXPERIMENTAL DE UN FACTOR CON MAS DE DOS NIVELES DE TRATAMIENTO	120
2.7.1	BUSQUEDA DE VALORES ATIPICOS	120
2.7.1.1	DATOS DEL EXPERIMENTO.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.1.2	METODO DE GRUBBS.....	120

2.7.1.3	METODO DE DIXON.....	121
2.7.2	DISEÑOS COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA).....	121
2.7.2.1	PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL	122
2.7.2.2	DATOS SIN VALORES ATIPICOS	122
2.7.2.3	ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA).....	124
2.7.2.4	SUPUESTOS DEL MODELO DE ANALISIS DE VARIANZAS	125
2.7.2.5	COMPARACION DE TRATAMIENTOS CON UN CONTROL (METODO DE DUNNET) 128	
2.8	ANALISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION	130
2.8.1	PARA CONCRETO DE RELACION AGUA – CEMENTO 0.62	130
2.9	ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL MODULO DE ELASTICIDAD.....	139
2.9.1	RESULTADOS PARA CONCRETO DE RELACION $a/c=0.62$	139
2.9.2	RESULTADOS PARA CONCRETO DE RELACION $a/c=0.55$	144
2.9.3	RESULTADOS PARA CONCRETO DE RELACION $a/c=0.45$	149
CAPITULO 3	154
3.	DISCUSION DE RESULTADOS.....	154
3.1	INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	154
	CONCLUSIONES	168
	RECOMENDACIONES	171
	LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACION	172
	BIBLIOGRAFIA	173
	ANEXOS	177

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Operacionalización de variables	35
Tabla 1-2 Uso granulométrico para agregado fino de normativa NTP 400.037	40
Tabla 1-3 Uso granulométrico para agregado Grueso	41
Tabla 1-4 Resistencia promedio a la compresión requerida del concreto, cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar	45
Tabla 1-5 Clasificación de Fisuras	68
Tabla 1-6 Tipos de calcinación del concreto	69
Tabla 2-1 Planteamiento experimental	76
Tabla 2-2 Cantidad de muestras para cada tratamiento	77
Tabla 2-3 Resultados de la granulometría del agregado grueso.	83
Tabla 2-4 Resultados de la granulometría del agregado fino.	87
Tabla 2-5 Datos obtenidos de ensayos de los agregados para el diseño de mezcla.....	90
Tabla 2-6 Resistencia a la compresión promedio según ACI.....	90
Tabla 2-7 Asentamiento según la consistencia de la mezcla según ACI.....	91
Tabla 2-8 Clasificación de la cantidad de agua para el concreto según ACI.	91
Tabla 2-9 Aire atrapado del concreto según ACI.....	92
Tabla 2-10 Relación agua-cemento del concreto según ACI.....	92
Tabla 2-11 Volumen del agregado grueso del concreto según ACI.	93
Tabla 2-12 Proporción de materiales para concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$	95
Tabla 2-13 Proporción de materiales para concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	96
Tabla 2-14 Proporción de materiales para concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$	96
Tabla 2-15 Resultados de la prueba de SLUMP	98
Tabla 2-16 Cantidad de probetas para ensayo de resistencia a la compresión.....	101
Tabla 2-17 Cantidad de probetas para ensayo de módulo de elasticidad.....	101
Tabla 2-18 Factores de corrección para probetas de diferente relación h/d según el ASTM C39-96.	107
Tabla 2-19 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión para concreto de relación a/c=0.62.....	108
Tabla 2-20 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión para concreto de relación a/c=0.55.....	109
Tabla 2-21 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión para concreto de relación a/c=0.45.....	110
Tabla 2-22 Datos de resistencia promedio obtenido de las muestras válidas.	116
Tabla 2-23 Determinación de la carga a aplicar en la maquina universal.....	117
Tabla 2-24 Deformación porcentual correspondiente al 40% de la resistencia ultima.	119
Tabla 2-25 Planteamiento experimental de la investigación.....	122
Tabla 2-26 Valores atípicos detectados por el método de Dixon y Grubbs.....	123
Tabla 2-27 Diseño completamente al azar.	123
Tabla 2-28 Tabla de ANOVA para el DCA.....	124
Tabla 2-29 Planteamiento experimental para el concreto con relación a/c de 0.62.	130
Tabla 2-30 Detección de datos atípicos del grupo control para el concreto con relación a/c de 0.62.	130

Tabla 2-31 Detección de datos atípicos de $190^{\circ}\text{C} < T < 210^{\circ}\text{C}$ para el concreto con relación a/c 0.62.	131
Tabla 2-32 Detección de datos atípicos de $390^{\circ}\text{C} < T < 410^{\circ}\text{C}$ para el concreto con relación a/c 0.62.	131
Tabla 2-33 Detección de datos atípicos de $580^{\circ}\text{C} < T < 600^{\circ}\text{C}$ para el concreto con relación a/c 0.62.	132
Tabla 2-34 Valores atípicos detectados en los datos del concreto con relación a/c 0.62.	132
Tabla 2-35 Datos válidos para la investigación para el concreto con relación a/c 0.62.	133
Tabla 2-36 Cálculo de parámetros para ANOVA en el DCA para el concreto con relación a/c 0.62.	133
Tabla 2-37 Cálculos manuales para ANOVA para el concreto con relación a/c 0.62.	134
Tabla 2-38 ANOVA para el concreto con relación a/c 0.62 a altas temperaturas.	134
Tabla 2-39 Cálculo de residuos y parámetros para realizar la gráfica de probabilidad normal para el concreto con relación a/c 0.62.	135
Tabla 2-40 Predichos y residuos para gráfico de varianza constante para el concreto con relación a/c 0.62.	136
Tabla 2-41 Método analítico de Bartlett para el concreto con relación a/c 0.62.	137
Tabla 2-42 Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para el concreto con relación a/c 0.62.	138
Tabla 2-43 Valores para el grafico de medias para el concreto con relación a/c 0.62.	138
Tabla 2-44 Modulo elástico calculado del concreto de relación a/c=0.62.	143
Tabla 2-45 Modulo elástico calculado del concreto de relación a/c=0.55.	148
Tabla 2-46 Modulo elástico calculado del concreto de relación a/c=0.45.	153
Tabla 3-1 ANOVA para el concreto de relación a/c=0.62 a altas temperaturas.	154
Tabla 3-2 ANOVA para el concreto de relación a/c=0.55 a altas temperaturas.	154
Tabla 3-3 ANOVA para el concreto de relación a/c=0.45 a altas temperaturas.	155
Tabla 3-4 Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para el concreto de relación a/c=0.62.	156
Tabla 3-5 Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para concreto de relación a/c=0.55.	156
Tabla 3-6 Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para concreto de relación a/c=0.45.	156
Tabla 3-7 Perdida de resistencia a la compresión del concreto de relación a/c 0.62, 0.55 y 0.45.	162
Tabla 3-8 Perdida de módulo de elasticidad del concreto de relación a/c 0.62, 0.55 y 0.45.	165

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1-1 Grafico esfuerzo-deformación del concreto.....	46
Gráfico 1-2 Módulo de Elasticidad de concreto a Elevadas Temperaturas.	58
Gráfico 1-3 Curvas de esfuerzo-deformación a temperatura elevada para concreto normal y ligero.	59
Gráfico 1-4 Comportamiento de la Conductividad Térmica para diferentes concretos estructurales	61
Gráfico 1-5 Calor específico volumétrico de concreto peso normal (Concretos 1 y 2) y concretos agregados ligeros (Concretos 3 y 4).	63
Gráfico 1-6 Coeficiente de expansión térmica de concreto (ACI 216)	65
Gráfico 1-7 Distribución de temperatura dentro de losas de concretos con agregados carbonatos y silíceos	67
Gráfico 1-8 Distribución de temperatura dentro de losas de concretos con agregados ligeros.	67
Gráfico 2-1 Curva granulométrica del agregado grueso.....	83
Gráfico 2-2 Curva granulométrica del agregado fino.....	88
Gráfico 2-3 Grafica resultado del ensayo de módulo de elasticidad en la maquina universal.	118
Gráfico 2-4 trazo de la secante en la curva para determinar el módulo de elasticidad.	118
Gráfico 2-5 Residuos en papel normal.....	126
Gráfico 2-6 Predichos vs residuos.	127
Gráfico 2-7 Orden vs residuos.	128
Gráfico 2-8 Gráfico de medias con el método LSD.....	129
Gráfico 2-9 Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto con relación a/c 0.62.	136
Gráfico 2-10 Gráfico de varianza constante para el concreto con relación a/c 0.62.....	137
Gráfico 2-11 Gráfico de supuesto de independencia para el concreto con relación a/c 0.62.	138
Gráfico 2-12 Gráfico de medias para el concreto con relación a/c 0.62.....	139
Gráfico 2-13 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra GC-2.	139
Gráfico 2-14 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra GC-3.	140
Gráfico 2-15 Curva de módulo elástico para el grupo T1 concreto de relación a/c=0.62 de la muestra T1-1.	140
Gráfico 2-16 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra T1-3.....	141
Gráfico 2-17 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra T2-1.	141
Gráfico 2-18 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra T2-2.	142
Gráfico 2-19 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra T3-1.	142

Gráfico 2-20 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación $a/c=0.62$ de la muestra T3-2.	143
Gráfico 2-21 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra GC-1.	144
Gráfico 2-22 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra GC-3.	144
Gráfico 2-23 Curva de módulo elástico para el grupo T1 del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra T1-1.	145
Gráfico 2-24 Curva de módulo elástico para el grupo T1 del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra T1-2.	145
Gráfico 2-25 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra T2-1.	146
Gráfico 2-26 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra T1-2.	146
Gráfico 2-27 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra T3-1.	147
Gráfico 2-28 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra T3-2.	147
Gráfico 2-29 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra T3-3.	148
Gráfico 2-30 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra GC-1.	149
Gráfico 2-31 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra GC-2.	149
Gráfico 2-32 Curva de módulo elástico para el grupo T1 del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra T1-1.	150
Gráfico 2-33 Curva de módulo elástico para el grupo T1 del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra T1-2.	150
Gráfico 2-34 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra T2-1.	151
Gráfico 2-35 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra T2-2.	151
Gráfico 2-36 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra T3-1.	152
Gráfico 2-37 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra T3-2.	152
Gráfico 3-1 Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto de relación $a/c=0.62$	157
Gráfico 3-2 Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto de relación $a/c=0.55$	157
Gráfico 3-3 Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto de relación $a/c=0.45$	158
Gráfico 3-4 Gráfico de varianza constante para el concreto de relación $a/c=0.62$	158
Gráfico 3-5 Gráfico de varianza constante para el concreto de relación $a/c=0.55$	159
Gráfico 3-6 Gráfico de varianza constante para el concreto de relación $a/c=0.45$	159
Gráfico 3-7 Gráfico de supuesto de independencia para el concreto de relación $a/c=0.62$	160

Gráfico 3-8 Gráfico de supuesto de independencia para el concreto de relación a/c=0.55.	160
Gráfico 3-9 Gráfico de supuesto de independencia para el concreto de relación a/c=0.45.	161
Gráfico 3-10 Gráfico de barras de los resultados finales.	162
Gráfico 3-11 Gráfico de barras del módulo de elasticidad del concreto.	165

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Triangulo del fuego	47
Figura 1-2 Tetraedro del fuego	48
Figura 1-3 Combustible Madera	49
Figura 1-4 Horno para calentar las muestras	51
Figura 1-5 Termómetro SCAM TEMP 440.....	52
Figura 1-6 Termocupla tipo K	53
Figura 1-7 Máquina de ensayos a compresión.....	54
Figura 1-8 Máquina Universal.....	55
Figura 1-9 Medidor de deformación (LVDT).....	56
Figura 1-10 Correlaciones para determinar el Conductividad Térmica a temperaturas.....	62
Figura 1-11 Correlaciones para determinar el calor volumétrico específico a temperaturas.	63
Figura 1-12 Correlaciones para determinar el coeficiente de expansión térmica del concreto	64
Figura 2-1 Cemento (a) Andino Portland tipo I, (b) etiqueta que cumple norma.	78
Figura 2-2 Agregados (a) visita de cantera, (b) agregados puestos en laboratorio.	78
Figura 2-3 Agregado grueso (a) selección de muestra por cuarteo, (b) pesado de la muestra.	80
Figura 2-4 Sistema para determinar el peso sumergido	81
Figura 2-5 Tamizado del agregado grueso (a) pasando por cada una de los tamices, (b) retenido de cada tamiz.	84
Figura 2-6 (a) secado en el horno, (b) eliminación de vacíos usando la bomba de vacíos, (c) Peso del agregado fino introducido en la fiola.....	86
Figura 2-7 Tamizado del agregado fino (a) inicio de tamizado por cada una de los tamices, (b) muestra retenida en cada tamiz.	89
Figura 2-8 Mezclado del concreto (a) mezcladora de 11p3, (b) finalización de los trabajos de preparación del concreto.	97
Figura 2-9 Medición del asentamiento usando el cono de ABRAMS.	98
Figura 2-10 Llenado de concreto (a) Primera tanda de llenado en los moldes, (b) segunda tanda de llenado.	99
Figura 2-11 Muestras endurecidas (a) Etiquetado de las muestras, (b) sumergido de muestras para el curado.....	100
Figura 2-12 Quemado de muestras (a) Muestras ubicadas en el horno para ser calentadas, (b) Proceso de quemado de muestras, (c) finalizado del quemado de muestras.....	102
Figura 2-13 Horno terminado para calentar las muestras.	103
Figura 2-14 Plano de corte del horno con sus medidas correspondientes.....	103
Figura 2-15 Medición de la temperatura (a) termómetro SCAM TEMP440, (b) termocupla o termopar tipo “K”, (c) medición de la temperatura del horno con la termocupla conectada.	105
Figura 2-16 Ensayo para determinar la resistencia a la compresión de las muestras.....	106

Figura 2-17 muestras de diferente altura listas para ensayar.	107
Figura 2-18 Ensayo de compresión (a) ensayo para la muestra de $a/c=0.45$, (b) ensayo para la muestra de $a/c=0.55$, (c) ensayo para la muestra de $a/c=0.62$	111
Figura 2-19 Refrendado de las muestras (a) nivelado de la muestra lijando las caras, (b) pesado de la pasta DUROMIX.	112
Figura 2-20 Refrendado de las muestras con DUROMIX.	113
Figura 2-21 Preparado de los sujetadores (a) cortado de cubos de madera, (b) medida del LVDT para pegar los cubos de madera a la muestra.	113
Figura 2-22 Proceso de colocado de los sujetadores del LVDT (a) Pegamento SOLDIMIX utilizado, (b) pegado de los cubos de madera a la posición correcta.	114
Figura 2-23 Nivelado de las muestras (a) nivelado de la superficie de apoyo, (b) nivelado de la muestra refrendada.	114
Figura 2-24 (a) Colocado de la muestra a la maquina universal, (b) Medida de la altura del LVDT para ser ensayada.	115
Figura 2-25 Momento del ensayo con el equipo técnico.	115

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I: ANALISIS DE RESULTADOS PARA CONCRETO $a/c=0.55$

ANEXO II: ANALISIS DE RESULTADOS PARA CONCRETO $a/c=0.45$

ANEXO III: VALORES CRÍTICOS PARA T – MÉTODO DE GRUBBS

ANEXO IV: CRITERIOS DE DIXON PARA ENSAYOS DE OBSERVACIÓN EXTREMA (MUESTRA ÚNICA).

ANEXO V: PUNTOS CRITICOS DE LA DISTRIBUCION F, $P(X > x) = 0.05$.

ANEXO VI: COEFICIENTES a_n PARA EL CONTRASTE DE SHAPIRO WILLKS

ANEXO VII: PUNTOS PARA LA DISTRIBUCION X^2

ANEXO VIII: VALORES CRITICOS PARA LA PRUEBA DE DUNNET

ANEXO IX: PUNTOS PARA LA DISTRIBUCION T-STUDENT

ANEXO X: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO XI: FORMATOS LLENADOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO, DISEÑO DE MEZCLA, FORMATO DE QUEMADO DE PROBETAS Y CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPOS.

INTRODUCCIÓN

En el Perú y el Mundo el concreto es uno de los materiales más usados en la construcción y esta propenso a varias eventualidades entre ellos los incendios.

La presente investigación surge de la necesidad de conocer mejor las propiedades del concreto luego que es afectado por el fuego. Se estudia las patologías del concreto luego de la exposición al fuego. Esta investigación consta de tres capítulos:

CAPÍTULO I: trata del Marco Teórico donde se aprecia los antecedentes, formulación del problema, los objetivos, justificación, limitaciones de la investigación, las hipótesis, las variables, los indicadores, la población y la muestra; investigación bibliográfica y conceptos fundamentales.

CAPÍTULO II: trata del Marco metodológico, aquí se desarrolla el nivel y Tipo de Investigación; técnicas de recolección y tratamiento de datos y el Método de estudio, diseño experimental y método estadístico para validar la hipótesis el cual es la metodología desarrollada.

EL TERCER CAPÍTULO III: trata de la Discusión de Resultados e interpretación de resultados, Conclusiones de la investigación y recomendaciones, así como futuras líneas de investigación.

CAPITULO 1

1. MARCO TEORICO

1.1 ANTECEDENTES

A nivel mundial se está experimentando un alto índice de crecimiento poblacional y por ende el crecimiento urbanístico de las grandes metrópolis lo que conlleva la necesidad de viviendas, colegios, hospitales, centros comerciales, aeropuertos, hoteles, etc.

El concreto es el material más empleado en la construcción de todo tipo de edificaciones que puede estar sujeto a todo tipo de eventualidades como un incendio, esto motivo el estudio de la presente investigación.

Algunos registros de incendios ocurridos en el Perú tuvieron varios casos donde se han perdido vidas humanas y materiales como:

Centro comercial mesa redondo de la ciudad de Lima donde más de 300 personas fallecieron, incendio ocurrido el 29 de diciembre de 2001 cuando un vendedor ambulante encendió un artefacto pirotécnico en la zona de Mesa Redonda (Fuente diario el comercio).

Discoteca utopía en el día de su inauguración oficial, el 20 de julio de 2002, un espectáculo con fuego dentro de la discoteca Utopía del Jockey Plaza en Surco, desató el incendio. Perdieron la vida unos 29 jóvenes (Fuente diario el comercio).

En Cantagallo la madrugada del 4 de noviembre del 2016, el fuego destruyó casi todas las viviendas de la comunidad shipiba asentada en la zona de Cantagallo. Más

de 2 mil damnificados y casi 500 casas afectadas fue el saldo que dejó el paso voraz de las llamas (Fuente diario el comercio).

Galería Polvos Azules Huánuco el día de 19 de junio del 2019 se produjo el incendio por varias horas dejando un grave daño sufrido en las paredes y columnas de concreto armado, así como la destrucción de las instalaciones de los más 200 puestos de venta de ropa y calzado, esto llevó a la Municipalidad Provincial de Huánuco a declarar inhabitable las tres edificaciones en donde funcionaban las galerías (Fuente diario “tu diario”).

Los incendios debilitan la estructura de las edificaciones y son de alto riesgo para la vida de las personas.

En nuestro medio hay pocas normas de prevención o mitigación contra incendios y menos para proteger las edificaciones después del evento de un incendio ante un colapso.

La mayoría de estas edificaciones en nuestro país son de concreto y de ahí surge la necesidad de conocer la resistencia mecánica del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego el cual es motivo de esta investigación.

1.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

A nivel internacional se encontraron diversos estudios relacionados a nuestro tema de estudio:

(Figuroa & Bello, Jhon, 2018) En su tesis titulada “evaluación y diagnóstico de la resistencia a la compresión y a flexión del concreto simple después de expuesto a

450°C”, “universidad católica de Colombia” tesis para optar el título de ingeniero civil Bogotá – Colombia. Tiene como objetivo: Estudiar el comportamiento de la resistencia a compresión y flexión del concreto simple en presencia de una temperatura de 450°C.

Llegando a las siguientes conclusiones: En esta investigación se especifica el grado de afectación que se puede presentar en el concreto simple, ante la presencia de una temperatura promedio de 450°C, y se evidencia como a medida que aumenta la presencia de fisuras y micro fisuras se aumenta también la reducción de la resistencia a compresión y flexión de cada uno de los elementos, esta disminución está dada en función de la temperatura y el tiempo de exposición de cada uno de los elementos de concreto que son sometidos.

Los cambios de coloración y características físicas superficiales presentes en el concreto a la hora de ser sometido una temperatura de 450°C se tomaron como indicativos de cambios en las propiedades mecánicas del concreto. Donde para la temperatura evaluada se obtuvieron cambios de color entre rosado y amarillo, logrando obtener una reducción del 27% de la resistencia a compresión a los 28 días de fraguado del concreto expuesto al fuego (F3) con respecto al concreto en estado natural (L3).

(Galvez & Garcia, 2018) En su tesis “comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de poliolefina bajo la acción de temperatura elevada”, “Universidad Politécnica de Madrid” tesis para optar el grado de magister ingeniería

de estructuras cimentaciones y materiales. Madrid-España. Tiene como objetivo: analizar las propiedades mecánicas de hormigones con fibras de poliolefina tras ser sometidos a altas temperaturas.

Llegando a las siguientes conclusiones: todas las propiedades mecánicas y físicas de las fibras estudiadas de manera individual respecto al incremento de temperatura (módulo de elasticidad, tensión máxima y deformación longitudinal), muestran un comportamiento bilineal con pendiente negativa y positiva para deformación. Estas propiedades se vieron afectadas a partir de las 100°C y cambiaron de forma abrupta desde los 150°C.

(Flores & Reyes, 2012) En su tesis “evaluación del efecto del mortero sobre la resistencia del concreto a compresión al someterlo al fuego”, “Universidad de Carabobo” tesis para optar el grado de ingeniero civil. Bárbula-Venezuela. Tiene como objetivo: Evaluar el efecto del mortero sobre la resistencia del concreto a Compresión al someterlo al fuego.

Llegando a las siguientes conclusiones: El concreto presentó buenas características de resistencia frente al fuego, ya que fue capaz de resistir una temperatura de 220 °C disminuyendo su resistencia en 49.09 kg/cm². Adicionalmente se comprobó el excelente material que es el concreto, por la baja conductividad térmica que posee. Se demostró que el mortero protege a la resistencia del concreto y si este no lo tiene sufre un daño mayor. Los resultados obtenidos indicaron que la resistencia de las probetas cilíndricas con mortero de 1 cm que estuvieron expuestas a la acción del

fuego, se incrementó en un 2.93% con respecto a las probetas cilíndricas normalizadas sometidas al fuego. Además, para las probetas cilíndricas con mortero de 0.5 cm que fueron sometidas al fuego, la resistencia de estas, se incrementó en un 1.58% con respecto a las probetas cilíndricas normalizadas sometidas al fuego. Por otra parte, se apreció que la diferencia entre las resistencias de las probetas con mortero de 1 cm y 0.5 cm fue de 2.5 kg/ cm², lo que indica que el espesor de mortero influye en la protección al fuego.

1.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

(Huincho, 2017) En su tesis: “evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo”, “Universidad Nacional de ingeniería” tesis para optar título de ingeniero civil, Lima-Perú. Tiene como objetivo: Determinar el efecto del fuego directo en las propiedades mecánicas del concreto convencional para las tres relaciones a/c estudiadas.

Llegando a las siguientes conclusiones:

Las temperaturas promedias alcanzadas referida a la zona expuesta al fuego directo (P02) para el presente estudio fueron: 389°C, 490°C y 512°C para la 1°, 2° y 3° hora de exposición respectivamente. Las temperaturas promedios alcanzadas referida a la zona no expuesta al fuego directo (P01) para el presente estudio fueron: 274 °C, 350 °C y 441 °C para la 1°, 2° y 3° hora de exposición respectivamente. Ambas curvas de temperatura de P02

respecto a P01, presentaron gradientes de 115°C, 140°C y 71°C para la 1°, 2° y 3° hora de exposición respectivamente.

En la resistencia a la compresión, el concreto de relación $a/c=0.60$ tiene el mejor comportamiento ante la incidencia del fuego directo con respecto a las otras relaciones a/c estudiadas, ya que para los distintos tiempos de exposición y diferentes temperaturas alcanzadas presenta los menores porcentajes de pérdidas, para los diferentes tiempos de exposición. El concreto de relación $a/c=0.65$ presenta un mejor comportamiento inicial con respecto al concreto de relación $a/c=0.70$ en la resistencia a la compresión, es decir presenta un menor porcentaje de pérdida de resistencia en la 1° hora de exposición, luego se invierte este comportamiento resultando la relación $a/c=0.70$ la menos afectada por la incidencia del fuego directo para la 2° y 3° hora de exposición.

En la resistencia a la tracción el concreto de relación $a/c=0.65$ tiene un mejor comportamiento en la fase inicial que el concreto de relación $a/c=0.60$, es decir presenta un menor porcentaje de pérdida de resistencia en la 1° hora de exposición, luego se invierte este comportamiento resultando la relación $a/c=0.60$ con el mejor comportamiento ante la incidencia del fuego directo para la 2° y 3° hora de exposición. El concreto de relación $a/c=0.70$ tiene el peor comportamiento ante la incidencia del fuego directo en la resistencia a la tracción, ya que para los distintos

tiempos de exposición y diferentes temperaturas alcanzadas presenta los mayores porcentajes de pérdidas.

Respecto al módulo de elasticidad el concreto de relación $a/c=0.60$ tiene el mejor comportamiento ante la incidencia del fuego directo, ya que para los distintos tiempos de exposición y diferentes temperaturas alcanzadas presenta los menores porcentajes de pérdidas en el valor del módulo elástico. El concreto de relación $a/c=0.70$ presenta un mejor comportamiento inicial con respecto al concreto de relación $a/c=0.65$, es decir presenta un menor porcentaje de pérdida en el módulo de elasticidad en la 1° y 2° hora de exposición, luego se invierte este comportamiento resultando la relación $a/c=0.65$ la menos afectada por la incidencia del fuego directo para la 3° hora de exposición.

(Herrera & celis, 2018) En su tesis: “Estudio del Comportamiento Mecánico de un Concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ expuesto al fuego – Lima, 2018”, “Universidad Cesar Vallejo” tesis para optar título de ingeniero civil, Lima-Perú. Tiene los siguientes Objetivos: Determinar el efecto del fuego en el comportamiento mecánico de un concreto convencional de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de ser sometido al fuego.

Llegando a las siguientes conclusiones: Se permite determinar para el diseño de combinación de fuerza 210kg/cm^2 usado en el siguiente documento de estudio de indagación que tiene resistencia de 100% en concreto patrón y en la temperatura

empleada (1000 °C) su resistencia aminora severamente hasta un 22.6%, esto se determinó en análisis de fuerzas de un concreto comprimido.

(Oncoy, 2018) En su tesis: “comportamiento de la resistencia del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ expuesto a cambios bruscos de temperaturas, debido a la extinción de un incendio”, “Universidad Cesar Vallejo” tesis para optar título de ingeniero civil, Chiclayo-Perú 2018. Tiene como objetivo: Determinar qué efectos originan el cambio brusco de temperatura en una situación de exposición al fuego del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$.

Llegando a las siguientes conclusiones: Los efectos que causa el cambio brusco de temperatura en el concreto son de carácter negativo, es decir, va reduciendo la resistencia a la compresión de manera progresiva conforme aumenta la temperatura. Se demostró que el cambio de resistencia empieza a partir de los 350° C de manera leve, llegando hasta la mitad de la resistencia original y convirtiendo el concreto estructural a un concreto simple a partir de los 550° C.

Las probetas fueron expuestas a diferentes temperaturas, tales como: 350°, 450°, 550°, 650° y 750°. Obteniendo una reducción de resistencia de 5 kg/cm² a los 350°, de 56 kg/cm² a los 450°, de 92 kg/cm² a los 550°, de 116 kg/cm² a los 650° y de 129.58 kg/cm² a los 750°.

La resistencia que se obtuvo después de haberlas sometido a diversas temperaturas fueron las siguientes: El promedio de la resistencia del concreto patrón fue de 232.25 kg/cm², después de haber sufrido el cambio brusco de 350° C fue de 227.59 kg/cm²,

después de 450° fue de 175.67 kg/cm², después de 550° fue de 139.66 kg/cm², después de 750° fue de 102.67 kg/cm².

Se ha demostrado que el momento en que ocurre el cambio en la resistencia del concreto después de haber sido expuesto al fuego, se da cuándo es extinguido con agua, produciéndose fisuras en toda la probeta como muestra de disminución en la resistencia del mismo. La resistencia disminuye por debajo de la resistencia de diseño a 450° C.

(Chauca & Cruz, 2014) En su tesis: “evaluación del concreto $f'c=210$ kg/cm² a altas temperaturas”, “Universidad Nacional del Santa” tesis para optar título de ingeniero civil, Chimbote-Perú 2014. Tiene como objetivo: Determinar y evaluar la variación de su resistencia a la compresión después de estar sometidas a temperaturas de 400, 600 y 800 ° centígrados.

Llegando a las siguientes conclusiones: La falla del concreto por acción del fuego se debe principalmente a la acción opuesta entre la pasta, la cual tiende a contraerse debido a la pérdida de humedad lo que puede comprobarse con el aumento de los diámetros en los cilindros de concreto, y del agregado el cual de acuerdo a su composición mineralógica se expande con el incremento de la temperatura, lo que ocasiona agrietamiento y descascaramiento, lo que produce un desprendimiento explosivo del concreto. Aunque en el presente informe no se estudia al acero es lógico que las consecuencias anteriores de agrietamiento y descascaramiento expusieran al acero de refuerzo a la acción del fuego.

Para una dosificación de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ la pérdida promedio es de 4.99% del peso total en una temperatura de 300°C , 5.11% para una temperatura de 600°C y 13.53% para una temperatura de 900°C .

Se puede afirmar que para un diseño de mezclas de 210kg/cm^2 empleado en el presente informe de tesis posee una resistencia porcentual del 57.21% respecto de su resistencia con el concreto patrón y que para una temperatura máxima empleada de 800°C su resistencia decae severamente hasta un 36.47% de lo que ofrecía actualmente.

1.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Habiéndose revisado materiales bibliográficos en nuestro medio local y regional, respecto al tema no se ha encontrado ningún estudio relacionados evaluación de las propiedades mecánicas del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego.

1.2 FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

El concreto es el material más usado en todo tipo de edificaciones y esta propenso a diferentes eventualidades como un incendio que en la mayoría de casos es difícil de controlar. Estos sucesos pueden causar daños materiales, económicos, pérdida de vidas humanas y hasta el colapso de la infraestructura.

(Chauca & Cruz, “Evaluación del concreto $F'c=210\text{ Kg/cm}^2$ a altas Temperaturas”, 2014) Dice: el concreto es un material que se comporta “muy bien”, por sus

características como son baja conductividad térmica que lo protege del fuego, no lo alimenta.

Por tal motivo es de suma importancia conocer su resistencia mecánica del concreto cuando se incrementa su temperatura por exposición a fuego directo, existen investigaciones acerca del concreto sometido a altas temperaturas, pero estas investigaciones están un poco alejadas de nuestro medio y las condiciones que se dieron.

Es por ello que en esta investigación se realizó un estudio y análisis resistencia mecánica del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego en la ciudad de Huánuco.

Esta investigación de evaluación de la resistencia mecánica del concreto se realizará para tiempos de exposición al fuego de 1, 2 y 3 horas aproximadamente y diseños de concreto con relación a/c de 0.62, 0.55 y 0.45 que con estas condiciones se podrá ver su evolución y su comportamiento mecánico.

El concreto se realizó con agregados de la cantera de Andabamba, las propiedades mecánicas que se evaluara son la resistencia a la compresión y Modulo de elasticidad ya que estas propiedades son los más importantes que nos indican el estado, calidad y el comportamiento del concreto antes y después del incremento de la temperatura por exposición al fuego.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 PROBLEMA GENERAL

¿De qué forma cambian las propiedades mecánicas del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego?

1.3.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego?
- ¿Cuál es el módulo de elasticidad del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego?
- ¿la reducción de la resistencia a la compresión del concreto por el incremento de temperatura es igual para concretos de diferentes relaciones agua - cemento?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Conocer el cambio propiedades mecánicas del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego.
- Determinar el módulo de elasticidad del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego.

- Determinar si la reducción de la resistencia a la compresión del concreto por el incremento de temperatura es igual para concretos de diferentes relaciones agua - cemento.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.5.1 JUSTIFICACION

En la presente investigación el contar con una información actualizada de la evaluación de la resistencia mecánica del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego en la ciudad de Huánuco nos permitió tener información válida para poder tomar decisiones al momento de evaluar, descartar y emitir juicios de valor después de un evento de un incendio de una estructura.

Las entidades públicas o privadas interesadas e inmersas en el mundo de la construcción podrán disponer de esta información para poder tomar decisiones con mayor eficiencia, para poder mejorar tipo de sistema de construcción y materiales más resistentes al fuego.

Así mismo esta información podrá ser usada para estudiantes y profesionales para futuras investigaciones

1.5.2 IMPORTANCIA

El concreto por ser el material que más se usa a nivel mundial para las grandes construcciones es de vital importancia conocer su resistencia mecánica al incrementar su temperatura por exposición al fuego y al no contar con una información en nuestro medio local de nuestra ciudad de Huánuco agarra más

relevancia porque será de gran utilidad para empresas, entidades y profesionales ya que los ensayos de concreto se harán con agregado de la cantera de Andabamba y en el laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos de la UNHEVAL.

1.6 LIMITACIONES

- El trabajo de investigación se realizó a nivel del laboratorio de la UNHEVAL, no se cuenta con la tecnología necesaria, para realizarlo con una muestra en escale real simulando a un incendio en una estructura.
- No existe material bibliográfico relacionado al tema en la región Huánuco.

1.7 HIPOTESIS

1.7.1 HIPOTESIS GENERAL (Hi)

Las propiedades mecánicas del concreto disminuyen al incrementar su temperatura por exposición al fuego.

1.7.2 HIPOTESIS NULA (Ho)

Las propiedades mecánicas del concreto no disminuyen al incrementar su temperatura por exposición al fuego.

1.7.3 HIPOTESIS ESPECÍFICAS

- La resistencia a la compresión del concreto disminuye al incrementar su temperatura por exposición al fuego.
- El módulo de elasticidad del concreto disminuye al incrementar su temperatura por exposición al fuego.

- La reducción de la resistencia a la compresión del concreto por el incremento de temperatura no es igual para concretos de diferentes relaciones agua - cemento.

1.8 VARIABLES

1.8.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Incremento de temperatura por exposición al fuego

1.8.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Propiedades mecánicas del concreto

1.9 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1-1 Operacionalización de variables

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumentos de Medición	Escala de Medición	Tipo de variable
<u>Independiente</u>	Condición en que el concreto está expuesto al incremento de la temperatura por exposición al fuego	Incremento de Temperatura	Temperatura	°C	Termómetro Digital	De intervalo	Cuantitativo
<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de temperatura por exposición al fuego 							
<u>Dependientes</u>	Se denomina propiedades mecánicas a la forma en que el concreto responde a la aplicación de fuerzas.	Resistencia a la compresión	esfuerzo a la compresión	Kg/cm ²	Máquina de ensayo a compresión	De intervalo	Cuantitativo
<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades mecánicas del concreto 							

Fuente: Elaboración Propia

1.10 UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA

1.10.1 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO / POBLACION

El universo de la investigación está conformado por los concretos en todas las edificaciones en la región Huánuco.

La población son los concretos ensayados

La población son las mediciones que se tomaran en el laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos de la UNHEVAL.

1.10.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

En esta investigación se utilizó un muestreo no probabilístico o intencional.

Para determinar el tamaño de muestra nos basamos en el análisis que hace (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012), indican que:

- cuando se espera menor variabilidad de respuesta entre tratamientos se requieren mayor cantidad de muestras.
- Si recurrimos a la experiencia vemos que el número de réplicas en la mayoría de las situaciones experimentales en las que se involucra un factor varía entre cinco y diez, en algunos casos puede llegar hasta 30.
- si se tienen varios tratamientos cuatro o más entonces es el punto para disminuir la cantidad de muestras.

- Si se espera mucha variación dentro de cada tratamiento, debido a la variación de fuentes no controladas como métodos de medición, medio ambiente, materia prima, etc., entonces se necesitarán más réplicas.

Para el ensayo de resistencia a la compresión que se consideraron son 7 probetas cilíndricas ensayadas para cada temperatura de 200, 400 y 600 °C y 7 probetas de grupo control. Esto haría un total de 28 probetas, además este procedimiento se hizo para 3 resistencias de diseño de concretos con relación $a/c = 0.62, 0.55, 0.45$, haciendo un total de 84 probetas cilíndricas de 15x30 cm ensayadas.

Para el ensayo al módulo de elasticidad se consideraron son 3 probetas cilíndricas ensayadas para cada temperatura de 200, 400 y 600 °C y 3 probetas de grupo control. Esto haría un total de 12 probetas, además este procedimiento se hizo para 3 resistencias de diseño de concretos con relación $a/c = 0.62, 0.55, 0.45$, haciendo un total de 36 probetas cilíndricas de 10x20 cm ensayadas.

1.11 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

1.11.1 CONCRETO

Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (RNE, E060).

El concreto es básicamente una mezcla de agregados y pasta. La pasta está compuesta de Cemento Portland y agua, la cual une los agregados fino y grueso para formar una masa semejante a una roca, pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua. La pasta está compuesta por Cemento Portland,

agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste. (Chauca & Cruz, 2014)

1.11.1.1 COMPONENTES DEL CONCRETO

1.11.1.1.1 CEMENTO PORTLAND

Es un cemento obtenido por la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales asociados con sílice, alúmina y óxido de hierro, que son calentados a temperaturas que provocan que se formen escorias, para posteriormente moler el producto resultante. (Neville & Brooks, 1998)

Es un aglomerante hidráulico y proviene de la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos y posterior molienda muy fina del “Clinker” que es el material resultante de la calcinación, con una pequeña adición de yeso, menores al 1% del peso total. El cemento posee la propiedad que al mezclarlo con agua forma una pasta aglomerante, que unido a los agregados y a medida que transcurre el tiempo va aumentando su resistencia y volviéndose más rígida. (Chauca & Cruz, 2014)

TIPOS DE CEMENTO

Los tipos de cemento deben cumplir las especificaciones de las normas ASTM C 150. También podrán cumplir las NTP 334.009 para cementos.

- Tipo I: Es para uso general, donde no se requieran propiedades especiales.

- Tipo II: Donde se requiera moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo III: Donde se requiera alta resistencia inicial.
- Tipo IV: Donde se requiera bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Donde se requiera alta resistencia a los sulfatos.

1.11.1.1.2 AGREGADOS

Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta NTP. Se les llama también áridos.” (NTP 400.011, 2008)

La calidad del agregado es de suma importancia, ya que le corresponden aproximadamente tres cuartas partes del volumen de con concreto. El agregado no solo puede limitar la resistencia del concreto, sino que sus propiedades pueden afectar enormemente su durabilidad y desempeño. El agregado no es inerte pues sus propiedades físicas, térmicas y en ocasiones químicas pueden influir en el desempeño del concreto. (Neville & Brooks, 1998)

CLASIFICACION

Los agregados por su tamaño se dividen en dos grupos como sigue:

AGREGADO FINO

El agregado fino puede consistir de arena natural o manufactura o la combinación de ambas de dimensiones reducidas y que pasan la tamiz 9,5 mm(3/8”) y que cumple con los límites establecidos en norma NTP 400.037.El agregado fino deberá estar

graduado dentro de los límites indicados en la Norma NTP 400.037 recomendable tener en cuenta lo siguiente. (Rivva, 2015)

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 Tyler.

En agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

Tabla 1-2 Uso granulométrico para agregado fino de normativa NTP 400.037

TAMIZ		% Que pasa
(Pulg.)	(mm)	
3/8	9.50	100
N° 4	4.75	95-100
N° 8	2.36	80-100
N° 16	1.18	50-85
N° 30	0.60	25-60
N° 50	0.30	10-30
N° 100	0.15	0-10

Fuente: Elaboración propia

AGREGADO GRUESO

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y cumple los límites establecidos en la Norma NTP 400.037. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales.

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la Norma NTP 400.037 o en la Norma ASTM C 33, los cuales están indicados en la tabla 3.5.3. Es recomendable tener en consideración lo siguiente:

La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua

La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más de 6% del agregado que pasa la malla de 1/4". (Rivva, 2015).

Tabla 1-3 Uso granulométrico para agregado Grueso

TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
	100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
	4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16
3 1/2" - 1 1/2"	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 15					
2 1/2" - 1 1/2"			100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5					
2" - 1"				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5				
2" - Nº 4				100	95 - 100		35 - 70		0 - 30		0 - 5		
1 1/2" - 3/4"					100	90 - 100	20 - 55	0 - 15		0 - 5			
1" - Nº 4					100	95 - 100		35 - 70		10 - 30	0 - 5		
1" - 1/2"						100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5			
1" - 3/8"						100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5		
1" - Nº 4						100	95 - 100		25 - 60		1 - 10	0 - 5	
3/4" - 3/8"							100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5		
1/2" - Nº 4							100	90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5	
3/8" - Nº 8								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	
1/2" - 3/8"									100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5
Nº 4 - Nº 8									100	90 - 100	20 - 35	5 - 30	0 - 10
Nº 4 - Nº 16										100	85 - 100	10 - 40	0 - 10

Fuente: Tabla extraída de la NTP 400.037

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo propiedades térmicas, morfológicas, etc.

A continuación, detallamos alguna de ellas:

- Propiedades Mecánicas: Densidad, Dureza y Adherencia
- Propiedades Físicas: Granulometría, Peso unitario suelto y varillado, Peso específico, Contenido de humedad y Porcentaje de absorción. (Chauca & Cruz, 2014)

1.11.1.1.3 AGUA

El agua es uno de los elementos más importantes en el mundo e indispensable tanto para la vida como para muchas de las actividades humanas. En nuestro caso, es uno de los componentes del concreto y debe cumplir con ciertos requisitos para que no sea perjudicial para el mismo. (Oncoy, 2018)

El agua debe estar dentro de los límites siguientes:

El PH del agua debe estar en promedio en 7 (estado neutro), cuando el PH < 6 (agua ácida) daña severamente al concreto (especialmente al acero) de preferencia debe usarse agua potable. El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 ppm.

El contenido de residuo sólido no será mayor de 500 ppm. (NTP 339.088)

1.11.1.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

1.11.1.2.1 TRABAJABILIDAD

Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto lo cual determina su capacidad para ser manipulada, transportada, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y con un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación.

La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que está referida a las características y perfil del encofrado; a la cantidad y distribución del acero de refuerzo y elementos embebidos, y al procedimiento empleado para compactar el concreto. Sin embargo, para facilidad de trabajo y de selección de las proporciones de mezcla, se reconoce que la trabajabilidad tiene relación con el contenido de cemento en la mezcla; con las características, granulometría, relación de agregados fino-gruesos, cantidad de agua y aire. (Rivva, 2015)

1.11.1.2.2 CONSISTENCIA

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. El llamado revenimiento o SLUMP test es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. (Abanto, 2018)

El molde para la prueba de revenimiento es un cono truncado de 305 mm (12in) de altura. La base de 203 mm (8in), se coloca sobre una superficie plana, con la abertura más pequeña de un diámetro de 102 mm (4in) hacia arriba. El recipiente se llena de

concreto en tres capas cada uno de ellas apisonada 25 veces con una varilla de acero estándar de 16 mm (5/8 in) de diámetro redondeado. (ASTM C 143).

1.11.1.2.3 SEGREGACIÓN

Es la separación de los diferentes componentes del concreto en su estado fresco. Durante su transporte y colocación las partículas mayores (agregado grueso) tienden a asentarse en el fondo de la mezcla y las finas ascienden a la superficie. Puede producirse con los siguientes factores.

Exceso de agua, déficit de cemento, deficiencia del agregado fino, exceso del agregado grueso, medios de transporte inadecuados, dejar de caer el concreto de alturas mayores a 1/2 metro, vibración excesiva. (Abanto, 2018)

1.11.1.2.4 EXUDACIÓN

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado. Puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación. La exudación es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua-cemento en esta zona. (Abanto, 2018)

1.11.1.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

1.11.1.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Es definida como la máxima esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos lo que se utiliza como índice de calidad. (Rivva, 2015)

Resistencia promedio requerida: Cuando una planta de hormigón no tenga registros de ensayos de resistencia en obra para el cálculo de la desviación estándar, la resistencia promedio requerida f'_{cr} debe determinarse de la tabla 1-4.

Tabla 1-4 Resistencia promedio a la compresión requerida del concreto, cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar

Resistencia especificada a la compresión f'_c , MPa	Resistencia promedio a la compresión requerida, f'_{cr} , MPa
Menos de 20 MPa	$f'_c + 7.0$
de 20 a 35	$f'_c + 8.5$
Más de 35	$f'_c + 10.0$

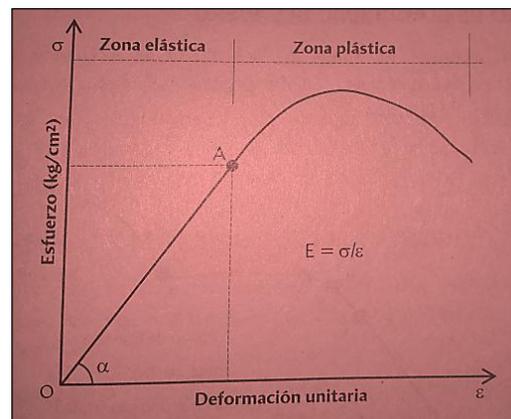
Fuente: Tabla extraída de ACI 318

1.11.1.3.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD

Es un parámetro que mide la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico. Es función del ángulo de la línea esfuerzo de formación y es una medida de la rigidez o resistencia a la deformación de dicho material. El concreto presenta un comportamiento elastoplástico y por ello los esfuerzos no son directamente proporcionales a la deformación. (Harmsen, 2002)

El módulo de elasticidad de un material es la relación entre el esfuerzo al que está sometido el material y su deformación unitaria. Se representa con la letra E y es una medida de la rigidez del material ante una carga impuesta sobre el mismo. El concreto no es un material propiamente elástico, pero el concreto que ha endurecido por completo y se ha cargado en forma moderada tiene una curva esfuerzo-deformación unitaria que en ausencia es una recta del rango elástico, la primera fase es la zona elástica representa una línea recta donde el esfuerzo y la deformación unitaria pueden extenderse aproximadamente entre el 0% al 40% de la resistencia a la compresión del concreto. (Abanto, 2018)

Gráfico 1-1 Grafico esfuerzo-deformación del concreto



Fuente. Tecnología del concreto (abanto, 2018).

1.11.2 INCENDIO

Se considera incendio la combustión y abrasamiento con llama, capaz de propagarse, de un objeto u objetos que no estaban destinados a ser quemados en el lugar y momento en que se produce. (Anero & Teresa, 2007)

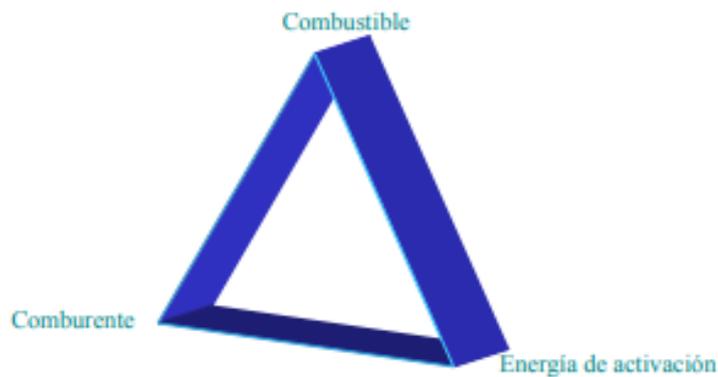
1.11.3 FUEGO

El fuego o combustión es una rápida reacción química de oxidación de carácter exotérmico (de luz), autoalimentada, con presencia de un combustible en fase sólida, líquida o gaseosa. (Flores & Reyes, 2012)

1.11.4 COMBUSTIÓN

Definimos combustión como el desarrollo de una reacción química de oxidación-reducción. Para que pueda darse es preciso que coexistan tres elementos, el combustible que pueda arder, el comburente que permita la reacción (normalmente el oxígeno del aire), y el calor o energía de activación que inicie la reacción. A estos tres factores se les llama el Triángulo del Fuego.

Figura 1-1 Triangulo del fuego

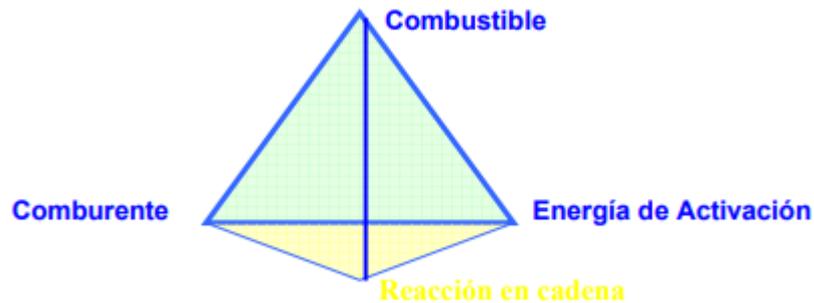


Fuente: Técnicas de investigación de incendios. Incendios de origen eléctrico

La combustión es una reacción exotérmica, y parte del calor generado permite que se desarrolle la reacción en el momento siguiente con nueva generación de calor, y así sucesivamente, es decir, se produce una reacción en cadena que se agrega a los tres

factores del triángulo del fuego. A ellos junto con este cuarto se les denomina el Tetraedro del Fuego. (Anero & Teresa, 2007)

Figura 1-2 Tetraedro del fuego



Fuente: Técnicas de investigación de incendios. Incendios de origen eléctrico

Combustible: Cualquier sustancia capaz de reaccionar de forma rápida con el oxígeno. Ello solo ocurre en la fase de gas o vapor. (Anero & Teresa, 2007)

Comburente: Cualquier mezcla de gases que contenga suficiente oxígeno para que se produzca la reacción rápida (generalmente el aire que contiene un 21 % de oxígeno). (Anero & Teresa, 2007)

Energía de activación: Calor suficiente para elevar una zona de la masa de combustible por encima de su temperatura de auto inflamación. (Anero & Teresa, 2007)

Reacción en cadena: La combustión de la mezcla de combustible y comburente se mantiene al actuar parte del calor generado como energía de activación para el instante siguiente. (Anero & Teresa, 2007)

1.11.4.1 CLASIFICACION DE LOS FUEGOS

Por el estado físico de los combustibles podemos establecer la siguiente clasificación de los fuegos:

Fuegos de tipo A: Son aquellos en que los gases que arden son aportados por combustibles sólidos tales como madera, papel, tejidos, etc.

Figura 1-3 Combustible Madera



Fuente: Fotografía Propia

Fuegos de tipo B: Cuando los vapores que arden son aportados por combustibles líquidos como la gasolina o el alcohol, o sólidos licuables a baja temperatura tales como parafinas, ceras, etc.

Fuegos de tipo C: Son los producidos directamente por sustancias gaseosas tales como propano, butano, metano, etc.

Fuegos de tipo D: Los generados en metales combustibles tales como magnesio, sodio, aluminio en polvo, etc. (Anero & Teresa, 2007)

1.11.5 FORMAS DE TRASMISIÓN DEL CALOR

En un caso de incendio es un evento complejo ya que se presentan todas las formas de transmisión de calor, siendo estos:

Convección: Transmisión del calor a través del movimiento del humo, gases, aire y partículas calientes. El humo y los gases calientes tienden a subir desde el lugar del incendio. El aire cercano al fuego se calienta y también sube, al ascender transporta partículas calientes lejos del incendio. A medida que estos gases y sólidos calientes se alejan, el aire más frío se vuelve hacia el fuego. Esto genera corrientes que aceleran el proceso de convección, que, a su vez, se va acelerando al aumentar la velocidad de combustión. (Huincho, 2017)

Conducción: Es la transmisión del calor a través de un sólido. Los objetos metálicos, tales como vigas, columnas, tuberías, clavos y cables son excelentes conductores del calor. (Huincho, 2017).

Radiación: Es la transmisión de calor a través de ondas invisibles que se propagan por el espacio al igual que la luz. Estas ondas o radiaciones se transmiten en línea recta en todas las direcciones. (Huincho, 2017)

1.11.6 EQUIPOS PARA ELABORACION Y ENSAYOS DE MUESTRAS

1.11.6.1 HORNO

Para realizar el quemado de las muestras, se utilizó un horno diseñado especialmente para esta investigación. El horno tiene forma rectangular, está construida con ladrillos macizos de dimensiones 1.11m X 0.92m. El horno posee una parrilla con

aceros de 1/2” de diámetro distribuidos cada 0.08 m por eje que sirve de soporte. Además, se le ha provisto de una tapa metálica con una chimenea en el centro, posee una abertura rectangular inferior para poder suministrar en combustible, permitir ingreso del aire y hacer la limpieza.

Figura 1-4 Horno para calentar las muestras



Fuente: Fotografía Propia

1.11.6.2 TERMOMETRO LASER INFRAROJO

El termómetro utilizado fue el pirómetro modelo SCAM TEMP 440.

El pirómetro SCAM TEMP 440 este termómetro por infrarrojos mide la radiación emitida por un objeto para determinar su temperatura superficial. Este sistema es muy práctico ya que ofrece una respuesta instantánea y además no requiere contacto con la superficie a medir. Tiene un rango de medición que va desde los -33°C a los 500°C , un peso aproximado de 180 gramos y de dimensiones de 175.2mm x 39mm x 79mm de alto, ancho y largo respectivamente. Utiliza dos pilas de 1.5v (voltios) AAA y posee un tiempo de respuesta menor a 1 segundo. Otra característica positiva es el apagado automático del aparato para proteger la pila a largo plazo.

El SCAM TEMP 440 es un termómetro que funciona mediante infrarrojos con un conector de termopar. Para medir con los infrarrojos apuntar al objetivo y apretar el botón de medición y la temperatura aparece en la pantalla en menos de un segundo. Además, se adquirió una termocupla tipo K que con el ScanTemp puede alcanzar hasta los 1300°C. Propietario UNHEVAL, ubicación laboratorio de geotecnia y ensayo de materiales-FICA

Figura 1-5 Termómetro SCAM TEMP 440



Fuente: Fotografía Propia

1.11.6.3 TERMOCUPLA TIPO K

La termocupla es un sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de la mili volts el cual aumenta con la temperatura, Tiene un rango de medición de 1300 ° C.

Figura 1-6 Termocupla tipo K



Fuente. Fotografía Propia

1.11.6.4 MÁQUINA DE ENSAYO A COMPRESIÓN

La máquina modelo ELE INTERNACIONAL que permite la realización de ensayos convencionales de compresión, cumple con los requisitos de la normas nacionales e internacionales para la realización de ensayos de cilindros de concreto, ASTM C-39, AASHTO T22, capacidad. 113 toneladas 250,000 lbf (1,112 kN)

Marco Secciones de placas de acero superior e inferior con cuatro montantes de acero, roscadas y soldadas en su lugar. Bomba electrohidráulica montada dentro del depósito con protección de sobrecarga. Control. Válvula de control de flujo compensada por presión montada en la bomba con palanca de control de 4 posiciones y válvula de flujo ajustable. Interruptor de encendido / apagado de la bomba. Peso. Neto 535 lb. (243 kg). Propietario UNHEVAL, ubicación laboratorio de geotecnia y ensayo de materiales-FICA

Figura 1-7 Máquina de ensayos a compresión



Fuente. Fotografía Propia

1.11.6.5 MÁQUINA UNIVERSAL

La máquina universal marca TINIUS OLSEN TESTING MACHINE CO, modelo 602, se utiliza para ensayar diferentes tipos de materiales. tiene sistema de transmisión de carga por medio de tornillos de bolas accionados por un motor servo-controlado permite la aplicación de la fuerza con excelente regulación en su velocidad de avance y las celdas de carga intercambiables aseguran la precisión en la medición de la fuerza, lo que garantiza la alta confiabilidad y eficiencia, gracias a una confortable operación automática sistematizada que además de exactitud, precisión y rapidez óptimas, registra y archiva todos los parámetros de las muestras y todos los datos del ensayo, en tiempo real, incluidas las facilidades para impresión de registros y reportes, con capacidad de equipo de 60,000 kgf. Propietario UNHEVAL, ubicación laboratorio de geotecnia y ensayo de materiales-FICA. La

máquina universal se utiliza para diferentes tipos de ensayo como son: diseñado para ensayos de tensión, compresión, módulo de elasticidad, flexión y resistencia al cizallamiento en materiales.

Figura 1-8 Máquina Universal



Fuente. Fotografía Propia

1.11.6.6 EQUIPO LVDT

Los sensores de desplazamiento inductivos LVDT, también conocidos como sensores de desplazamiento LVDT (Linear Variable Differential Transformer), Se trata de un sensor sin rozamiento, el ensayo tiene por objeto establecer un método para la determinación de las curvas esfuerzo-deformación, del módulo de elasticidad (Young) en compresión uniaxial de una probeta con forma cilíndrica regular de 10x20 cm. Propietario UNHEVAL, ubicación laboratorio de geotecnia y ensayo de materiales-FICA.

Figura 1-9 Medidor de deformación (LVDT)



Fuente. Fotografía Propia

1.11.7 RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO FRENTE AL FUEGO

El concreto es un material que tiene las propiedades adecuadas para proporcionar una protección contra al fuego. Las excelentes propiedades de resistencia permiten proteger vidas cumpliendo de forma eficaz todos los objetivos en cuanto a protección. En comparación con otros materiales de construcción habituales, el concreto presenta de forma fácil y económica un mejor comportamiento frente al fuego, cabe resaltar que el concreto no arde, no aumenta la carga del fuego y detiene la propagación del mismo. De esta manera protege eficazmente, proporcionando recorridos de emergencia seguros a los ocupantes, el concreto tampoco produce humo ni gases tóxicos, lo que contribuye a disminuir el riesgo de los ocupantes. Disminuye la magnitud del incendio y con ello también el riesgo de contaminación ambiental. La solidez del concreto frente al fuego facilita la extinción de los

incendios y reduce el riesgo de colapso estructural. Convirtiéndose en un material fácil de reparar después de un incendio. El concreto tiene buenas propiedades con respecto a la resistencia al fuego. Por lo que podemos considerar los siguientes criterios para definir el desempeño del concreto: La capacidad para soportar cargas, La resistencia a la penetración de las flamas. (Chauca & Cruz, 2014)

(Asefa, 2011) El proceso de desprendimiento, también llamado spalling, tiene lugar rápidamente, a los 100-150 °C, como resultado del impacto térmico y el cambio de estado del agua intersticial.

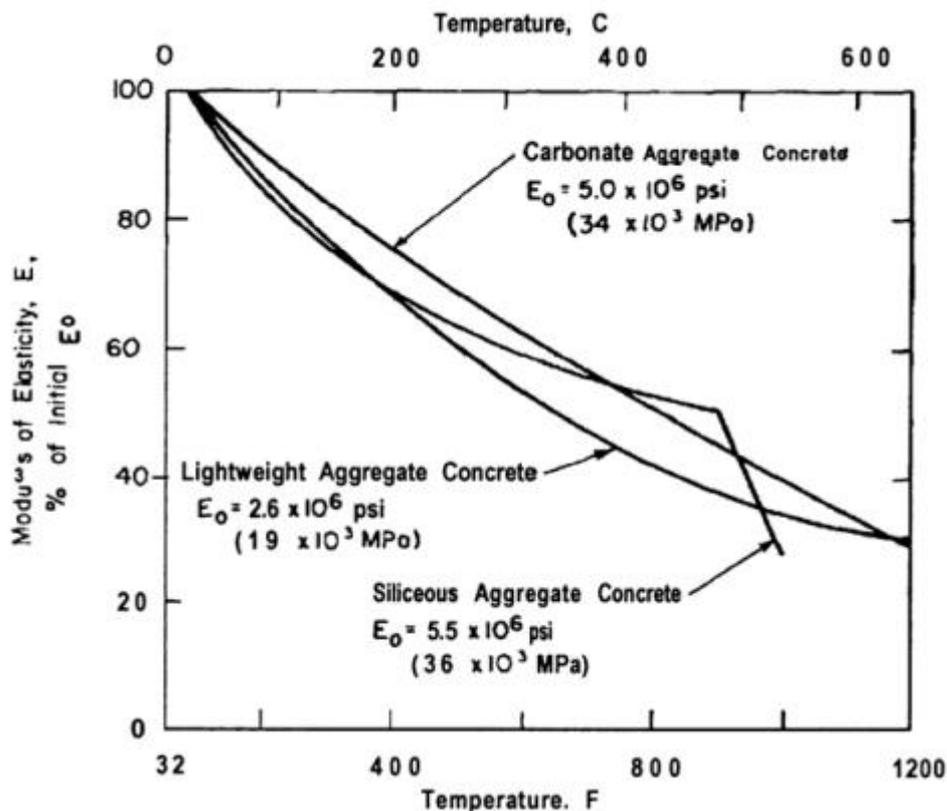
(Anero & Teresa, 2007) Sostienen el siguiente:

200 °C < T < 300 °C: pérdida del agua capilar, no parecen modificaciones estructurales ni disminuye la resistencia. **300 °C < T < 400 °C:** pérdida del agua del cemento. Aparecen fisuras superficiales y el hormigón armado tiende a una coloración rosácea debido a los cambios que sufren los compuestos de hierro. **400 °C < T < 600 °C:** desprendimiento de cal viva a partir del hidróxido cálcico de hidratación de silicatos. Cuando se enfría el hormigón sus propiedades mecánicas pueden disminuir en función del método de extinción del incendio y de las tensiones estructurales a las que esté sometido. Color rojizo. **600 °C < T < 950 °C:** los áridos se expanden y debido a sus diferentes coeficientes de dilatación, aparece la disgregación. El hormigón adquiere tonalidades grisáceas, pierde agua intersticial y se vuelve poroso. En estas situaciones se produce una

pérdida de resistencia que puede oscilar entre el 60% y el 90%, siendo necesaria su total sustitución para garantizar la estabilidad estructural del edificio.

(Phan, McAllister, & Gross, 2009) sostiene: La variación en el módulo de elasticidad, E_c de concreto normal en un rango de temperaturas se proporcióna en Reducciones similares en el módulo elástico en función de la temperatura. son evidentes tanto para el concreto agregado liviano como para el concreto de peso normal.

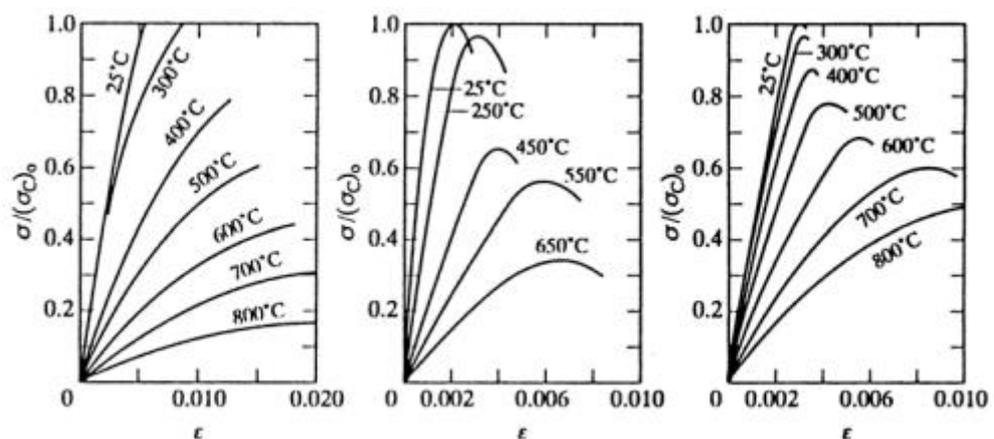
Gráfico 1-2 Módulo de Elasticidad de concreto a Elevadas Temperaturas.



Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero,2009)

(Phan, McAllister, & Gross, 2009) Las curvas de esfuerzo-deformación para hormigones agregados normales y livianos a temperaturas elevadas son proporcionado en el grafico 1-3. La pendiente de la curva disminuye al aumentar temperatura, lo que indica una disminución en el módulo de elasticidad con la temperatura, como se confirma en la siguiente tabla.

Gráfico 1-3 Curvas de esfuerzo-deformación a temperatura elevada para concreto normal y ligero.



Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero, 2009)

1.11.8 PROPIEDADES TERMICAS DEL CONCRETO

El concreto es un material que presenta buenas características ante el fuego, sin embargo, la exposición a altas temperaturas y durante un tiempo prolongado hace Como mínimo, un análisis de transferencia de calor de conducción inestable requiere el siguiente material. (Phan, McAllister, & Gross, 2009)

Propiedades a conocer:

- Conductividad térmica, λ .(W / m-K)
- Calor específico, $\rho.C_p$. (J / kg-K)
- Densidad, ρ (kg / m³)

Las propiedades térmicas reportadas del concreto se obtienen de pruebas a pequeña escala. Escala completa es probable que los miembros tengan un rendimiento diferente, especialmente con respecto a la migración de humedad.

Por lo tanto, estas propiedades deben considerarse útiles solo para desarrollar estimaciones de la respuesta térmica de un miembro estructural del concreto.

1.11.8.1 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Expresa la magnitud de su capacidad de conducir el calor.

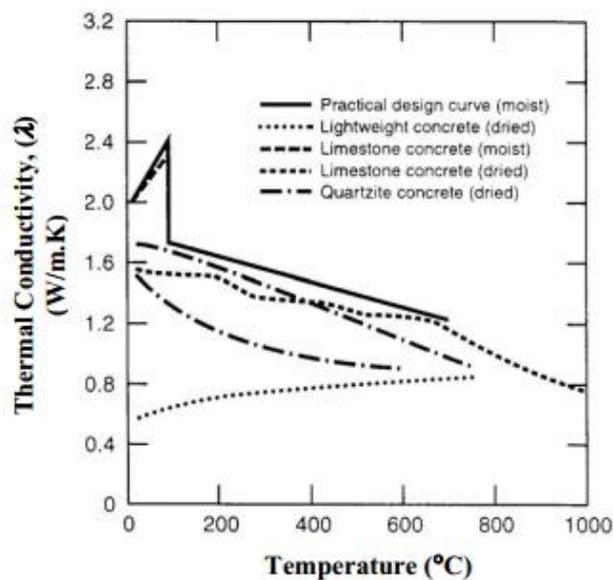
(Phan, McAllister, & Gross, 2009). La conductividad térmica del concreto es principalmente una función de las densidades y tipo agregados del concreto.

Los valores de la conductividad térmica para concreto con una densidad que varía de 800 kg / m³ a 2,400 kg / m³ se enumeran en ACI 216.1 (ACI 2007). Para análisis simples, se pueden usar los siguientes valores promedio para conductividad térmica de concreto con peso normal y agregado de peso ligero Agregado de peso normal

- Concreto normal con agregado peso normal: $\lambda = 1.3$ W / m.K
- Concreto ligero con Agregado ligero: $\lambda = 0.5$ W / m.K

Para un análisis más completo donde se necesita conductividad térmica dependientes de la temperatura, las correlaciones se proporcionan se están gráficamente representado en el grafico 1-4. La conductividad térmica del hormigón agregado de peso normal es mayor que el del hormigón agregado ligero, que hace que los concretos livianos sean mejores aislantes que los concretos de peso normal. Esto afecta en el calor. Aspecto de transmisión de resistencia al fuego para losas de concreto de peso ligero y agregados ligeros y paredes, así como el aumento de temperatura de cualquier refuerzo dentro del concreto (para concreto muros, losas y columnas).

Gráfico 1-4 Comportamiento de la Conductividad Térmica para diferentes concretos estructurales



Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero,2009)

Figura 1-10 Correlaciones para determinar el Conductividad Térmica a temperaturas.

Thermal conductivity

$$\text{for } 0\text{°C} \leq T \leq 900\text{°C} \quad k_s = -0.022T + 48 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$$
$$T > 900\text{°C} \quad k_s = 28.2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$$

Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero,2009)

1.11.8.2 CALOR ESPECÍFICO VOLUMETRICO

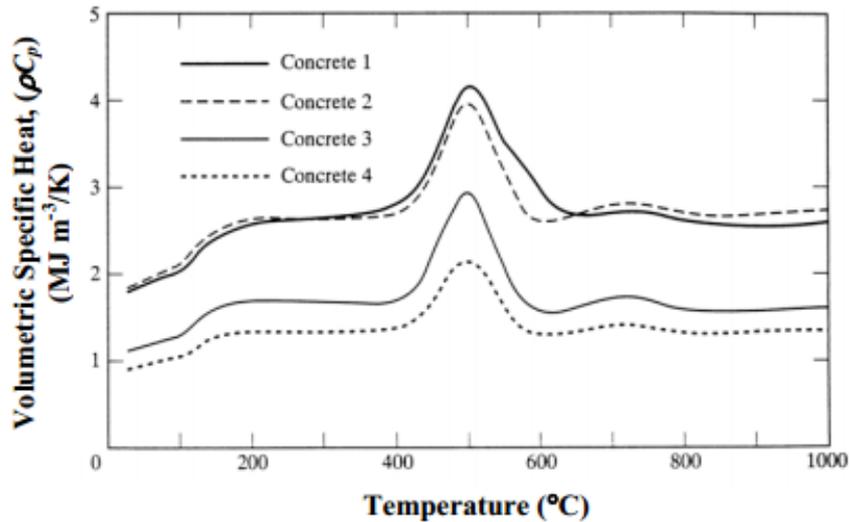
Describe la capacidad de volumen de concreto para almacenar calor al experimentar un cierto cambio en su temperatura. Calor específico volumétrico, $\rho \cdot C_p$ para análisis simples, se pueden usar los siguientes valores para calor volumétrico específico del hormigón:

Concreto de peso normal: $\rho \cdot C_p = 2.6 \text{ MJ} / \text{m}^3 \cdot \text{K}$

Concreto ligero: $\rho \cdot C_p = 1.5 \text{ MJ} / \text{m}^3 \cdot \text{K}$

El calor específico volumétrico del concreto a temperaturas elevadas se ilustra en el grafico 1-5. Nuevamente, el calor específico volumétrico difiere para los dos agregados, con los Concretos agregados de peso normal que tienen un calor específico volumétrico mayor que concretos agregados de peso ligero. Al igual que con la conductividad térmica, esto afectará el aumento de temperatura dentro de y en la superficie no expuesta del miembro de hormigón. (Phan, McAllister, & Gross, 2009)

Gráfico 1-5 Calor específico volumétrico de concreto peso normal (Concretos 1 y 2) y concretos agregados ligeros (Concretos 3 y 4).



Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero,2009)

Figura 1-11 Correlaciones para determinar el calor volumétrico específico a temperaturas.

Thermal capacity

for	$0 \leq T \leq 200\text{C}$	$\rho_c \cdot c_c = (0.005T + 1.7) \cdot 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{C}^{-1}$
for	$200\text{C} < T \leq 400\text{C}$	$\rho_c \cdot c_c = 2.7 \cdot 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{C}^{-1}$
for	$400\text{C} < T \leq 500\text{C}$	$\rho_c \cdot c_c = (0.013T - 2.5) \cdot 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{C}^{-1}$
for	$500\text{C} < T \leq 600\text{C}$	$\rho_c \cdot c_c = (-0.013T + 10.5) \cdot 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{C}^{-1}$
for	$T > 600\text{C}$	$\rho_c \cdot c_c = 2.7 \cdot 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{C}^{-1}$

Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero,2009)

1.11.8.3 DENSIDAD

El concreto es un material que presenta buenas características ante el fuego, sin embargo, la exposición a altas. La densidad del concreto, varía significativamente en el rango de temperatura típicamente asociado con fuegos comunes. **En general, la**

densidad del concreto disminuye con el aumento de la temperatura. Esto es debido principalmente a la pérdida de masa incurrida en la liberación inducida por el calor y la evaporación de aguas ligadas químicamente en concretos. Para fines de cálculo, las densidades de los hormigones estructurales comúnmente utilizados en la construcción de edificios de concreto se pueden tomar como 1760 kg / m³ (110 lb / ft³) para concreto agregado ligero y 2330 kg / m³ (145 lb / ft³) para concreto normal. El concreto agregado liviano se usa más comúnmente en prefabricados Construcción de hormigón para elementos tales como miembros de estructura de techo de doble te. Peso normal el concreto agregado se usa más comúnmente en la construcción. (Phan, McAllister, & Gross, 2009)

1.11.8.4 COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA

El coeficiente de expansión térmica se usa para predecir cargas y curvaturas inducidas térmicamente en una estructura. El coeficiente de expansión térmica del hormigón fue medido por Cruz a elevadas temperaturas (ver Figura 1.10). Las correlaciones para ajustar los datos por Cruz fueron proporcionadas por Lie (1992) y se proporcionan en el grafico 1-5. (Phan, McAllister, & Gross, 2009)

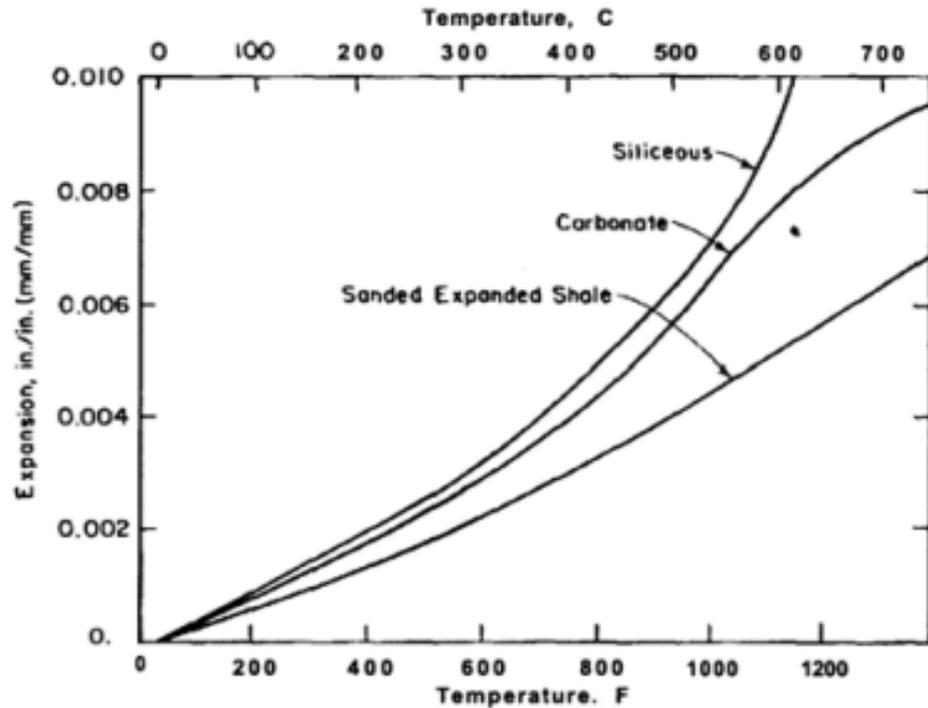
Figura 1-12 Correlaciones para determinar el coeficiente de expansión térmica del concreto

Coefficient of thermal expansion

$$\alpha_c = (0.008T + 6) \cdot 10^{-6}$$

Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero,2009)

Gráfico 1-6 Coeficiente de expansión térmica de concreto (ACI 216)



Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero,2009)

1.11.9 NORMA ASTM E 119

Transferencia de calor a través de miembros de concreto expuestos a las condiciones asociadas con la ASTM. La exposición estándar al fuego ASTM E119 dieron como resultados

- Tablas para identificar el espesor mínimo de concreto requerido para limitar el aumento de temperatura en la superficie del lado no expuesto a límites aceptables (según ASTM E119).

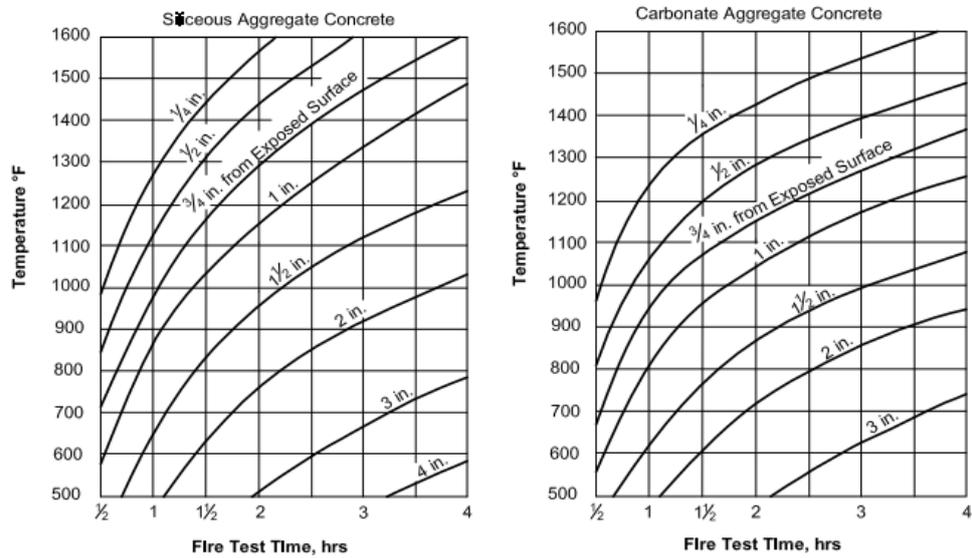
- Métodos gráficos para evaluar el aumento de temperatura en lugares específicos de interés dentro de El hormigón, es decir, en la ubicación de los elementos de refuerzo.
- Algoritmos informáticos para evaluar el aumento de temperatura en columnas de hormigón armado.

Numerosas soluciones gráficas de la distribución de temperatura dentro de estructuras expuestas al fuego han sido presentadas en la literatura. Sin embargo, la mayoría de las soluciones gráficas son limitadas a casos relacionados con la exposición estándar ASTM E119.

Los gráficos del tipo presentado en los gráficos 1-6 y 1-7 proporcionan la distribución de temperatura dentro de losas de hormigón basadas en datos de pruebas con la exposición al fuego estándar ASTM E119. Se proporcionan gráficos para tres agregados: silíceo, carbonato y peso ligero. Estos gráficos son aplicables para determinar la temperatura a una profundidad particular en una losa de concreto, a menudo en la ubicación de acero de refuerzo o pretensado dentro de la losa.

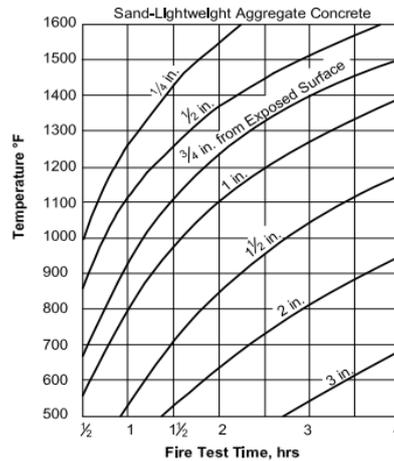
Hay gráficos adicionales disponibles para determinar el aumento de temperatura en la superficie no expuesta de losas de hormigón, vigas y columnas expuestas a la prueba ASTM E119 en función del espesor y agregado (ACI 216).

Gráfico 1-7 Distribución de temperatura dentro de losas de concretos con agregados carbonatos y silíceos



Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero,2009)

Gráfico 1-8 Distribución de temperatura dentro de losas de concretos con agregados ligeros.



Fuente. (Pautas de mejores prácticas para Diseño estructural de resistencia al fuego de Edificios de hormigón y acero,2009)

1.11.10 PATOLOGIAS DEL CONCRETO FRENTE AL FUEGO

El concreto es un material que presenta buenas características ante el fuego, sin embargo, la exposición a altas temperaturas y durante un tiempo prolongado hace que dicho material vaya adquiriendo la temperatura a la cual se encuentra el flagelo, ocasionando que los elementos expuestos presenten una o varias alteraciones en su estructura. (Alvarado, 2016)

1.11.10.1 FISURACIÓN

Las fisuras pueden sólo afectar la apariencia de una estructura, pero también pueden indicar fallas estructurales significativas o falta de durabilidad. Así mismo, pueden representar la totalidad del daño, como también señalar problemas de mayor magnitud. Cuanto más masiva sea la estructura, mayor será su potencial de generar gradientes térmicos y fisurarse. Los procedimientos para reducir la fisuración de origen térmico incluyen reducir la máxima temperatura interna, demorar el inicio del enfriamiento, controlar la velocidad a la cual se enfría el concreto y aumentar la resistencia a la tracción del concreto. (Castro, 2019)

Tabla 1-5 Clasificación de Fisuras

Clasificación	Descripción
Microfisuras: $e < 0.05$ mm.	Carecen de importancia.
Fisuras: $0.1 < e < 0.2$ mm.	Poco peligrosas, salvo en ambientes agresivos, debido a que puede favorecer la corrosión.
Macrofisuras: $e > 0.2$ mm.	Fisuraciones que pueden tener repercusiones estructurales de importancia.

Fuente: comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: polvo de caucho y vidrio sódico cálcico.

1.11.10.2 CALCINACIÓN

. (Castro, 2019) Sostiene. Este fenómeno se produce a través de 4 modalidades:

Tabla 1-6 Tipos de calcinación del concreto

Tipo de calcinación	Descripción
Calcinación incipiente	El concreto no presenta mayor cambio en su coloración, pero se le pueden identificar microfisuras en forma de mapa.
Calcinación superficial	Leve coloración amarillenta que puede dar origen a descarbonatación. Presenta fisuración térmica por alabeo.
Calcinación avanzada	Muestra coloración gris con clara descarbonatación del material y descascaramiento superficial del elemento.
Calcinación muy avanzada	Aquella que presenta desintegración superficial del concreto, además de una coloración blanca intensa .

Fuente: comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: polvo de caucho y vidrio sódico cálcico.

1.11.10.3 DESCASCARAMIENTO

Según (Castro, 2019)), se ocasiona por el desprendimiento superficial de elementos con presencia de humedad o con un nivel de descarbonatación avanzada en el que se puede observar pérdida de masa.

1.11.10.4 DESINTEGRACION POR FATIGA

Se denomina así al desprendimiento de la superficie del hormigón expuesta al fuego durante un período de tiempo prolongado (Castro, 2019).

1.12 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.12.1 CONCRETO

Es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otro agregado, y agua;

después, esta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones deseadas (Nilson, 2001).

1.12.2 CEMENTO

Aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa solida de resistencia y durabilidad adecuadas (Nilson, 2001).

1.12.3 CEMENTO PORTLAND

Producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. (RNE E060).

1.12.4 AGUA

Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos (RAE, 2019).

1.12.5 ARENA

Agregado fino, proveniente de la desintegración natural de las rocas (RNE E060).

1.12.6 AGREGADO

Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico (RNE E060).

1.12.7 RESISTENCIA

La resistencia es la capacidad que tienen los elementos estructurales de aguantar los esfuerzos a los que están sometidos sin romper. Depende de muchos factores entre los que destacan el material empleado, su geometría y el tipo de unión entre los elementos. (XUNTA DE GALICIA, 2019).

1.12.8 COMBUSTION

Proceso químico de oxidación que ocurre en una velocidad lo suficientemente rápida como para producir un aumento de temperatura y, por lo general, luz ya sea como un resplandor o llama (ASTM, E 176).

1.12.9 FLASHOVER

La transición rápida a un estado de superficie total participación en un incendio de materiales combustibles dentro de un recinto. (ASTM, E 176).

1.12.10 COMPRESION

La compresión es un proceso físico o mecánico que consiste en someter a un cuerpo a la acción de dos fuerzas opuestas para que disminuya su volumen. Se conoce como esfuerzo de compresión al resultado de estas tensiones. (Definicion.de, 2019).

1.12.11 MÓDULO DE ELASTICIDAD

Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. (E.060, 2009).

1.12.12 TEMPERATURA

Del latín temperatura, la temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Dicha magnitud está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura). La temperatura está relacionada con la energía interior de los sistemas termodinámicos, de acuerdo al movimiento de sus partículas, y cuantifica la actividad de las moléculas de la materia: a mayor energía sensible, más temperatura. (DEFINICION.DE, 12).

1.12.13 FUEGO

Del latín focus, el fuego es el calor y la luz producidos por la combustión. El fuego nace a partir de una reacción química de oxidación y supone la generación de llamas y la emanación de vapor de agua y dióxido de carbono. Podría decirse que el fuego es la manifestación visual del mencionado proceso de combustión. (DEFINICION.DE, 12).

CAPITULO 2

2 MARCO METODOLÓGICO

El trabajo de investigación consiste en saber o conocer las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad del concreto para las relaciones agua – cemento de 0.62, 0.55 y 0.45 luego de incrementar su temperatura por exposición al fuego en intervalos de $190^{\circ}\text{C} < T < 210^{\circ}\text{C}$, $390^{\circ}\text{C} < T < 410^{\circ}\text{C}$ y $580^{\circ}\text{C} < T < 600^{\circ}\text{C}$; además se tiene un grupo control a temperatura ambiente para cada relación agua cemento.

En este diseño de investigación se pretende hacer un método para relacionar el incremento de temperatura y las propiedades mecánicas del concreto, para ello se definieron una serie de procedimientos que nos permitan medir dichos valores. Para que las mediciones sean confiables se trabajó con equipos de medición en buen estado y con calibración vigente.

Inicialmente se hará el ensayo de los agregados para obtener sus propiedades físicas como peso específico de masa, peso compactado, contenido de humedad, absorción, módulo de finura y tamaño máximo nominal. Estos resultados son necesarios para realizar el diseño de mezcla usando el método ACI. Con el diseño de mezcla procedemos a fabricar el concreto que es llenado en moldes de 15X30 y 10X20, lo sumergimos al agua para su curado de 28 días.

2.1 NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en el estudio correlacional primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba, según Sampieri (2014).

El nivel de la investigación es correlacional porque se va medir el grado de relación que hay entre las variables: incremento de temperatura por exposición al fuego y propiedades mecánicas como resistencia a la compresión y módulo de elasticidad del concreto. En esta investigación se hará en concretos para relaciones agua cemento de 0.62, 0.55 y 0.45.

El tipo de investigación es cuantitativo y experimental. Es experimental porque las muestras se clasificaron en un grupo control y tres niveles de tratamiento, y cuantitativo porque el ensayo de dichas muestras arroja valores numéricos.

2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Sampieri (2014) define al diseño como el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento. El siguiente diseño de investigación tiene como objetivo la verificación de las hipótesis planteadas.

Según (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012) Los cinco aspectos que más influyen en la selección de un diseño experimental, en el sentido de que cuando cambian por lo general nos llevan a cambiar de diseño, son:

1. El objetivo del experimento.
2. El número de factores a estudiar.
3. El número de niveles que se prueban en cada factor.
4. Los efectos que interesa investigar (relación factores-respuesta).
5. El costo del experimento, tiempo y precisión deseada.

Teniendo en cuenta los cinco aspectos, procedemos a relacionar con nuestra investigación cada uno de ellos para saber que diseño experimental elegir.

- 1- Conocer la variación de las propiedades mecánicas del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego.
- 2- Se define un solo factor denominado incremento de temperatura por exposición al fuego.
- 3- Se realizaron tres niveles de tratamiento y un grupo control.
- 4- Propiedades mecánicas del concreto: resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.
- 5- El tiempo de fabricación y ensayo de muestras fue de dos meses y se logró mayor precisión al trabajar con equipos en buen estado y calibrados.

Habiendo mencionado los aspectos necesarios, se eligió el diseño completamente al azar, sub clasificado de diseños con un factor para comparar dos o más tratamientos, este diseño se procesará utilizando el análisis de varianzas conocido como ANOVA.

Tabla 2-1 Planteamiento experimental

RELACION AGUA - CEMENTO a/c	FACTOR	NIVELES DE PRESENCIA	VARIABLE DE RESPUESTA
0.62	incremento de temperatura por exposición al fuego	190°C<T<210°C	RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULO DE ELASTICIDAD
		390°C<T<410°C	
		580°C<T<600°C	
		GRUPO CONTROL	
0.55	incremento de temperatura por exposición al fuego	190°C<T<210°C	RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULO DE ELASTICIDAD
		390°C<T<410°C	
		580°C<T<600°C	
		GRUPO CONTROL	
0.45	incremento de temperatura por exposición al fuego	190°C<T<210°C	RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULO DE ELASTICIDAD
		390°C<T<410°C	
		580°C<T<600°C	
		GRUPO CONTROL	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 2-1 se tiene tres grupos experimentales y un grupo de control, esto implica comparar los resultados (resistencia a la compresión y módulo de elasticidad) de los tres grupos experimentales (incremento de temperatura por exposición al fuego) con el grupo control (temperatura ambiente), este mismo procedimiento se realizará para tres diseños de concreto.

En la tabla 2-2 se muestra el número de muestras que se va utilizar, obteniéndose un total de 84 muestras para la resistencia a la compresión y 36 muestras para el módulo de elasticidad.

Tabla 2-2 Cantidad de muestras para cada tratamiento

RELACION AGUA - CEMENTO a/c	NIVELES DE PRESENCIA	COMPRESION CILINDROS DE 15X30cm	MODULO DE ELASTICIDAD CILINDROS DE 10X20cm
0.62	190°C<T<210°C	7	3
	390°C<T<410°C	7	3
	580°C<T<600°C	7	3
	GRUPO CONTROL	7	3
0.55	190°C<T<210°C	7	3
	390°C<T<410°C	7	3
	580°C<T<600°C	7	3
	GRUPO CONTROL	7	3
0.45	190°C<T<210°C	7	3
	390°C<T<410°C	7	3
	580°C<T<600°C	7	3
	GRUPO CONTROL	7	3
TOTAL		84	36

Fuente: Elaboración propia

2.3 MATERIALES UTILIZADOS PARA LAS MUESTRAS

2.3.1 CEMENTO

En cemento utilizado para la fabricación del concreto fue Andino PORTLAND TIPO I, que cumple con las especificaciones de la norma ASTM C150 y NTP 334.009. en el ANEXO 3 se adjunta su ficha tecnica.



Figura 2-1 Cemento (a) Andino Portland tipo I, (b) etiqueta que cumple norma.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 AGREGADOS

Como agregados se utilizó piedra chancada angular de $\frac{1}{2}$ " y arena gruesa que fueron traídos de la cantera Andabamba, se realizaron los ensayos de los agregados para verificar que cumple con las especificaciones de las normas ASTM C33 y NTP 400.037.



Figura 2-2 Agregados (a) visita de cantera, (b) agregados puestos en laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 AGUA

Se utilizó agua potable del laboratorio de la UNHEVAL que es suministrado de la red pública por la empresa SEDA Huánuco cumpliendo con lo mencionado en las NTP 339.088.

2.4 ENSAYO DE LOS AGREGADOS Y DISEÑO DE MEZCLA

2.4.1 ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO: PIEDRA CHANCADA

Para realizar el diseño de mezcla con el método ACI se necesitaron los siguientes datos del agregado grueso: peso específico de masa, peso seco compactado, contenido de humedad, absorción y el tamaño máximo nominal. Para obtener estos datos se hicieron los siguientes ensayos.

2.4.1.1 PESO SECO COMPACTADO

El peso compactado del agregado grueso se obtiene cuando se reduce el volumen de vacíos. De acuerdo con la norma N.T.P. 400.017 y ASTM C29, para determinar el peso seco compactado se sigue el siguiente procedimiento:

- Seleccionamos la muestra por el método del cuarteo.
- Llenamos el recipiente cilíndrico de 25 cm de diámetro y 28 cm de altura en tres capas varillado 25 veces cada uno para luego ser pesado, realizamos este procedimiento tres veces para obtener el promedio.
- Con los valores obtenidos procedemos a calcular el peso seco compactado dando el siguiente resultado:

$$\gamma_m = \frac{W1 + W2 + W3}{3 * \text{volumen}} = \frac{20.52 + 21.12 + 20.87}{3 * 0.0141} = 1478 \text{ kg/m}^3$$



Figura 2-3 Agregado grueso (a) selección de muestra por cuarteo, (b) pesado de la muestra.

Fuente: Elaboración propia

2.4.1.2 PESO ESPECÍFICO DE LA MASA Y ABSORCIÓN

El peso específico se define como como el peso por unidad de volumen, esta propiedad es un indicador de buen o mal material. De acuerdo con la norma N.T.P. 400.021 y ASTM C127, para determinar el peso específico de la masa y la absorción se sigue el siguiente procedimiento:

- Seleccionamos una muestra de aproximadamente 2000 gramos, y lo sumergimos al agua durante 24 horas.
- Secamos superficialmente la muestra saturada para obtener el peso saturado (W_{sat}).
- Pesamos nuevamente la muestra para obtener el peso sumergido (W_{sum}).
- Secamos la muestra en horno por 2 horas y lo pesamos para obtener el peso seco (W_{seco}).

- Reemplazamos los valores calculados en la siguiente ecuación obtenemos el

peso específico de la masa: $\gamma_m = \frac{W_{\text{seco}}}{W_{\text{sat}} - W_{\text{sum}}}$

- Para obtener el porcentaje de absorción operamos la siguiente ecuación con los

valores calculados: $\% \text{ABS} = \frac{W_{\text{sat}} - W_{\text{seco}}}{W_{\text{seco}}} * 100$

Siguiendo todo este procedimiento se obtuvieron los siguientes resultados:

$$W_{\text{sat}} = 2106.42 \text{ grs.}$$

$$W_{\text{sum}} = 1317.61 \text{ grs.}$$

$$W_{\text{seco}} = 2086.00 \text{ grs.}$$



$$\gamma_m = 2.64 \frac{\text{grs}}{\text{cm}^3}$$

$$\% \text{ABS} = 0.98 \%$$



Figura 2-4 Sistema para determinar el peso sumergido

Fuente: Elaboración propia

2.4.1.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en su interior, para determinarlo se siguió el siguiente procedimiento:

- Se pesó la muestra con humedad natural (W_{nat}).
- La misma muestra se secó al horno para obtener el peso seco W_{seco} .
- Para determinar el contenido de agua restamos: $W_{nat} - W_{seco}$.
- Finalmente obtenemos el porcentaje del contenido de humedad dividiendo el contenido de agua entre peso de la muestra seca.

$$W_{nat} = 6576 \text{ grs.}$$

$$W_{seco} = 6566 \text{ grs.}$$

$$W_{h_2o} = 10 \text{ grs.}$$



$$\% \text{HUMEDAD} = 0.15 \%$$

2.4.1.4 ANALISIS GRANULOMETRICO

Para verificar la granulometría del agregado nos basamos en lo especificado en la NTP 400.037 y ASTM C33 que contiene una tabla con los valores límites de porcentaje que pasa por los tamices, para esto se siguió el siguiente procedimiento.

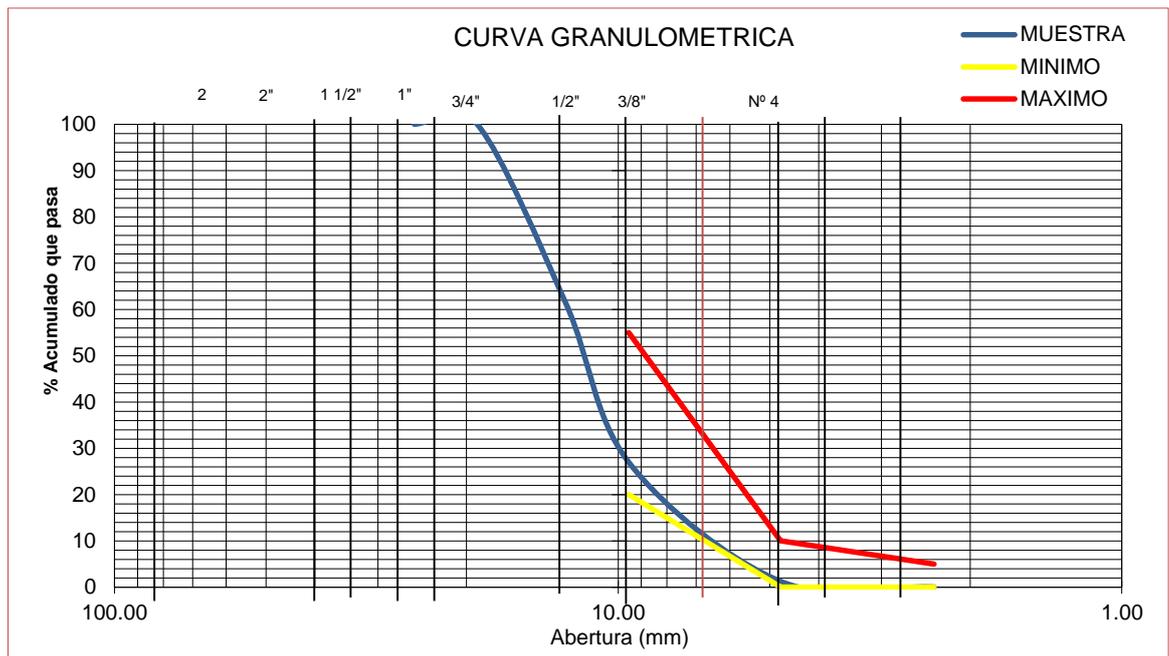
- Selección y lavado de la muestra.
- Hacer secar al sol la muestra lavada para ser pesada.
- Pasar la muestra por los tamices $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°8 y pesar todo los retenidos.

Tabla 2-3 Resultados de la granulometría del agregado grueso.

TAMIZ	PESO RETENIDO (grs)	PORCENTAJE DE LA MUESTRA			DEL ASTM %PASA	
		RETENIDO	PASA	ACUMULADO	MIN.	MAX.
2 1/2"	0.00		100.00	0.00		
2"	0.00		100.00	0.00		
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00		
1 "	0.00	0.00	100.00	0.00		
3/4"	0.000	0.00	100.00	0.00	90	100
1/2"	2540.00	38.68	61.32	38.68		
3/8"	2254.00	34.33	26.99	73.01	20	55
Nro. 4	1688.00	25.71	1.28	98.72	0	10
Nro. 8	80.00	1.22	0.06	99.94	0	5
FONDO	4.00	0.06	1.22	98.78		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2-1 Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia

Habiendo obtenido el peso retenido en cada tamiz, en la tabla 2-3 se calcula el porcentaje de la muestra que pasa para graficar la curva granulométrica abertura (mm) - % acumulado que pasa, también se grafica el porcentaje mínimo y máximo según el ASTM C33. En la gráfica 2-1 se muestra los resultados obtenidos del cual se verifica que la curva granulométrica de la muestra está dentro del mínimo y máximo, además se obtiene que el tamaño máximo nominal es de $\frac{1}{2}$ ”.



Figura 2-5 Tamizado del agregado grueso (a) pasando por cada una de los tamices, (b) retenido de cada tamiz.

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 ENSAYOS DE AGREGADO FINO: ARENA GRUESA

2.4.2.1 PESO ESPECÍFICO DE LA MASA Y ABSORCIÓN

Para determinar el peso específico de la arena gruesa se siguió el siguiente procedimiento establecido por la normativa N.T.P. 400.022 y ASTM C-128:

- Seleccionamos una muestra de aproximadamente 1000 gramos, y lo sumergimos al agua durante 24 horas.

- Secamos superficialmente la muestra saturada para obtener el peso saturado (W_{sat}).
- Llenamos agua en una fiola hasta la marca de 1 lt y lo pesamos (W_{f+h_2o}).
- Sumergimos en la fiola con agua la muestra saturada pesada anteriormente y separamos el agua hasta la misma marca de 1 lt, seguidamente extraemos el aire atrapado con una bomba de vacíos para luego ser pesado (W_{f+h_2o+ar})
- Secamos la muestra en horno por 2 horas y lo pesamos para obtener el peso seco (W_{seco}).
- Reemplazamos los valores calculados en la siguiente ecuación obtenemos el peso específico de la masa:
$$\gamma_m = \frac{W_{seco}}{W_{f+h_2o} + W_{sat} - W_{f+h_2o+ar}}$$
- Para obtener el porcentaje de absorción operamos la siguiente ecuación con los valores calculados:
$$\%ABS = \frac{W_{sat} - W_{seco}}{W_{seco}} * 100$$

Siguiendo todo este procedimiento se obtuvieron los siguientes resultados:

$$W_f + h_2o = 1229.44 \text{ grs.}$$

$$W_{sat} = 500 \text{ grs.}$$

$$W_f + h_2o + ar = 1540.58 \text{ grs.}$$



$$\gamma_m = 2.61 \frac{\text{grs}}{\text{cm}^3}$$

$$\%ABS = 1.47 \%$$



Figura 2-6 (a) secado en el horno, (b) eliminación de vacíos usando la bomba de vacíos, (c) Peso del agregado fino introducido en la fiola.

Fuente: Elaboración propia

2.4.2.2 CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la cantidad de agua que contiene el interior de cada partícula de arena gruesa, para determinarlo se siguió el siguiente procedimiento establecido por la norma N.T.P 339.185:

- Se pesó la muestra con humedad natural (W_{nat}).
- La misma muestra se secó al horno para obtener el peso seco W_{seco} .
- Para determinar el contenido de agua restamos: $W_{nat} - W_{seco}$.
- Finalmente obtenemos el porcentaje del contenido de humedad dividiendo el contenido de agua entre peso de la muestra seca.

$$W_{nat} = 5172 \text{ grs.}$$

Wseco = 5046 grs.



%HUMEDAD= 2.5 %

Wh2o = 126 grs.

2.4.2.3 ANALISIS GRANULOMETRICO

Para verificar la granulometría del agregado nos basamos en lo especificado en la NTP 400.037 y ASTM C33 que contiene una tabla con los valores límites de porcentaje que pasa por los tamices, para esto se siguió el siguiente procedimiento.

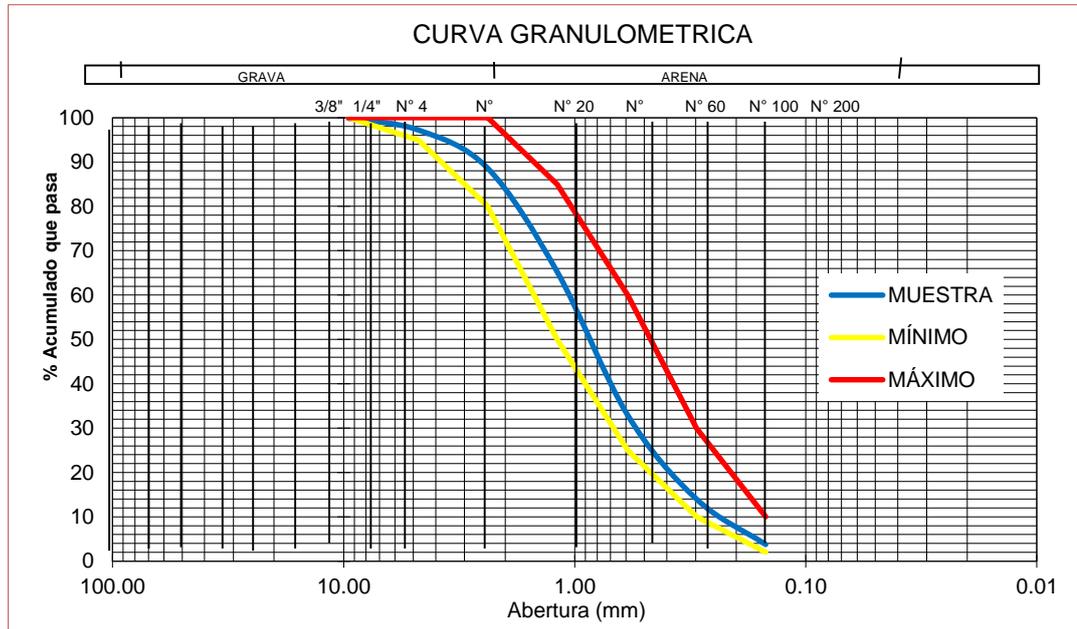
- Selección y lavado de la muestra.
- Hacer secar al sol la muestra lavada para ser pesada.
- Pasar la muestra por los tamices 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y pesar todo los retenidos.

Tabla 2-4 Resultados de la granulometría del agregado fino.

TAMIZ	PESO RETENIDO (grs)	PORCENTAJE DE LA MUESTRA			SEGÚN ASTM %PASA	
		RETENIDO	PASA	ACUMULADO	MIN	MAX
			100.00			
3/8"	6.36	0.13	99.87	0.13	100.00	100.00
4	132.59	2.63	97.24	2.76	95.00	100.00
8	433.75	8.61	88.63	11.37	80.00	100.00
16	1177.21	23.38	65.25	34.75	50.00	85.00
30	1626.04	32.29	32.96	67.04	25.00	60.00
50	954.50	18.95	14.01	85.99	10.00	30.00
100	515.71	10.24	3.77	96.23	2.00	10.00
FONDO	189.84	3.77	0.00	100.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2-2 Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia

Habiendo obtenido el peso retenido en cada tamiz, en la tabla 2-4 se calcula el porcentaje de la muestra que pasa para graficar la curva granulométrica de la arena gruesa, también se grafica los porcentajes mínimo y máximo según el ASTM C33.

En la gráfica 2-2 se verifica que la curva granulométrica de la muestra está dentro del mínimo y máximo, además se puede calcular el módulo de fineza sumando el porcentaje retenido acumulado de la malla N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividirlo entre 100, esto resulta un módulo de fineza de 2.98 que cumple con la norma ASTM que menciona que el módulo de fineza de estar entre 2.3 y 3.1.



Figura 2-7 Tamizado del agregado fino (a) inicio de tamizado por cada una de los tamices, (b) muestra retenida en cada tamiz.

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 DISEÑO DE MEZCLA CON METODO ACI

Con las propiedades físicas de los agregados obtenidos de los ensayos, se realizó el diseño de mezcla usando el método ACI 211.1, se hizo el diseño para tres concretos de resistencia 175, 210, y 280 kg/cm². Se explicará procedimiento seguido paso a paso para el concreto de 175 kg/cm².

- Inicialmente registrar los datos necesarios del agregado grueso y fino, en la tabla 2-5 se muestra los datos obtenidos de los agregados.

Tabla 2-5 Datos obtenidos de ensayos de los agregados para el diseño de mezcla.

DESCRIPCION	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso específico de masa	2.61	2.64
Peso seco compactado	-	1478
Contenido de humedad	2.50%	0.15%
Absorción	1.47%	0.98%
Módulo de finura	2.98	-
Tamaño máximo nominal	-	1/2

Fuente: Elaboración propia

- En este diseño se considera que no se tiene información alguna para la desviación estándar, entonces definimos la resistencia crítica para el concreto 175 kg/cm² seleccionando de la tabla 2-6.

Tabla 2-6 Resistencia a la compresión promedio según ACI.

$f'c$	$f'cr$
menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 85$
sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Elaboración propia

 $f'cr=245 \text{ kg/cm}^2$

- El concreto a trabajar debe ser de consistencia plastica, entonces de la tabla 2-7 definimos el asentamiento correspondiente.

Tabla 2-7 Asentamiento según la consistencia de la mezcla según ACI.

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	>= 5"

Fuente: Elaboración propia

- El volumen unitario de agua sera definido de la tabla 2-8 interceptando los datos de tamaño maximo nominal y el asentamiento, ademas el concreto a utilizar es sin aire incorporado. Esto nos da un valor de 216 lt/m3 de agua.

Tabla 2-8 Clasificación de la cantidad de agua para el concreto según ACI.

Asentamiento	Agua, l/m3 TMN de Agregados gruesos y Slump dado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	...

Fuente: Elaboración propia

- El contenido de aire se obtiene del siguiente la tabla 2-9 conociendo unicamente el tamaño maximo nominal, en nuestra muestra dicho valor es de 1/2" que le corresponde 2.5% de aire atrapado.

Tabla 2-9 Aire atrapado del concreto según ACI.

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%

Fuente: Elaboración propia

- Para determinar la relación agua – cemento, en la tabla 2-10 interpolamos entre los valores que se ubica la resistencia crítica.

Tabla 2-10 Relación agua-cemento del concreto según ACI.

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (kg/cm ²)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: Elaboración propia

Para una resistencia requerida de 245 kg/cm², interpolando se obtiene: a/c=0.63

- Teniendo definido la cantidad de agua y la relación a/c ya se puede calcular el peso del cemento, despejando el cemento obtenemos 344 kg/m³ de cemento.
- Para determinar el contenido de agregado grueso usamos la tabla 2-11, primero nos ubicamos en la fila del tamaño máximo nominal de ½” , en esta fila interpolamos los valores que se encuentra el módulo de fineza de 2.98. El peso de agregado grueso resulta al multiplicar el factor de interpolación y el peso seco compactado.

Tabla 2-11 Volumen del agregado grueso del concreto según ACI.

Tamaño Máximo Nominal	volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de C°, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Elaboración propia

Para un TMN de ½” y módulo de fineza 2.98, interpolando se obtiene: vol=0.53

$$\text{peso seco compactado} = 0.53 * 1478 = 786.22 \text{ kg/m}^3$$

- Para determinar el contenido de agregado fino usamos el metodo de volúmenes absolutos que consiste en restar a 1m³ la suma de los volúmenes ya conocidos de agua, aire, agregado grueso y cemento; el volumen obtenido lo multiplicamos por el peso específico y obtenemos el peso del agregado fino.

$$\text{Cemento} = 0.109 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.216 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 0.297 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} & \Rightarrow \text{VOLaf} = 1 - 0.648 = 0.352 \\ & \text{PESOaf} = 0.352 * 2610 = 920\text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Hasta ahora se logro determinar los valores de diseño, pero la humedad y absorcion de los agregados afecta la cantidad de agua, ante esta situacion se debe hacer la correccion verificando el agua que aporta o necesita los agregados según su humedad y absorcion.
- Determinamos el aporte de la humedad. Primero calculamos la humedad superficial de los agregados restando la humedad y la absorcion, este resultado lo multiplicamos por el peso de cada uno.

$$\text{Agregado fino} = 2.50 - 1.47 = 1.03\% \quad , \quad \text{Aporte de humedad} = 920 * 1.03 = 9 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 0.15 - 0.98 = -0.83\% \quad , \quad \text{Aporte de humedad} = 786 * -0.83 = -6 \text{ lt/m}^3$$

- sumando el aporte de la humedad obtenemos 3lt/m³, entonces al agua efectiva le restaríamos esta cantidad y tendríamos 213lt/m³.
- Para que el peso de los agregados sea lo correcto, se debe incrementar el porcentaje de humedad.

$$\text{Peso agregado fino} = 920 * 1.025 = 943\text{kg}$$

$$\text{Peso agregado grueso} = 786 * 1.0015 = 787\text{kg}$$

- Finalmente obtenemos el peso por metro cúbico de cada uno de los materiales.

$$\text{Cemento} = 344 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} = 213 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Agregado fino seco} = 943 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso seco} = 787 \text{ kg/m}^3$$

Para tener valores trabajables, convertimos los datos para una bolsa de cemento.

Este procedimiento se siguió para el concreto de 210kg/cm² y 280 kg/cm². En

las tablas 2-12, 2-13 y 2-14 se muestra los resultados del diseño de mezcla.

Tabla 2-12 Proporción de materiales para concreto f'c=175kg/cm²

CONCRETO f'c=175 kg/cm ²			
cemento	AF	AG	a/c
1	116.50	97.28	0.62
Bol.	kg	kg	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-13 Proporción de materiales para concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

CONCRETO $f'c=210\text{ kg/cm}^2$			
cimento	AF	AG	a/c
1	99.25	86.25	0.55
Bol.	kg	kg	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-14 Proporción de materiales para concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$

CONCRETO $f'c=280\text{ kg/cm}^2$			
cimento	AF	AG	a/c
1	73.33	69.72	0.45
Bol.	kg	kg	

Fuente: Elaboración propia

2.5 ELABORACION DE PROBETAS Y PROCESO DE QUEMADO

2.5.1 MEZCLADO DEL CONCRETO

La operación de mezclado consiste básicamente en la rotación o batido, con el propósito de cubrir la superficie de todas las partículas del agregado con la pasta de cemento y mezclar todos los ingredientes del concreto en una masa uniforme; esta uniformidad no debe afectarse durante el proceso de descarga de la mezcladora definido por (NEVILLE, 2010).

Para la fabricación del concreto se utilizó una mezcladora de tambor no inclinable con eje de rotación horizontal, de capacidad 11p3. Fabricar el concreto en esta mezcladora nos permitió obtener 28 muestras de 15X30 y 12 muestras de 10X20, esta cantidad de muestras representa el grupo control y los tres niveles de

tratamiento. Este mismo proceso se realizó para los tres tipos de concreto que se está trabajando.



Figura 2-8 Mezclado del concreto (a) mezcladora de 11p3, (b) finalización de los trabajos de preparación del concreto.

Fuente: Elaboración propia

2.5.2 ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO

La consistencia del concreto está relacionado a la trabajabilidad, en nuestro diseño definimos para una mezcla plástica que le corresponde un asentamiento de 3” a 4”. Para determinar la consistencia del concreto se usó el cono de ABRAMS siguiendo el procedimiento que menciona la norma ASTM C-143 y NTP339.035.

- El cono de ABRAMS debe tener las siguientes medidas: 12” de altura, 8” de diámetro en la base, 4” de diámetro en la cara superior. Para empezar la prueba se debe mojar la superficie del cono.
- Colocamos el cono en posición firme sobre una plancha de acero y procedemos a llenar de concreto en tres capas, cada capa debe ser acomodada introduciendo y sacando 25 veces con una varilla de 5/8”, seguidamente eliminar el concreto sobrante en la parte superior.

- Antes de retirar el cono se debe limpiar el área exterior al cono para que no altere la prueba.
- Medir el asentamiento con el flexómetro la variación de la altura del concreto con respecto al cono.



Figura 2-9 Medición del asentamiento usando el cono de ABRAMS.

Fuente: Elaboración propia

Habiendo seguido este procedimiento la tabla 2-15 muestra los resultados.

Tabla 2-15 Resultados de la prueba de SLUMP

A/C	ASENTAMIENTO
0.62	3.9”
0.55	3.5”
0.45	4”

Fuente: Elaboración propia

2.5.3 LLENADO EN LOS MOLDES Y CURADO

El concreto se llenó en moldes de polietileno de 10X20cm y 15X30cm en tres capas, cada capa debe ser acomodada con una varilla de 1/2”, para el mejor acomodo del concreto se hizo ligeros golpes en los costados con comba de goma.

Esperamos aproximadamente una hora para dar el acabado final en la parte superior. Transcurrido 24 horas después del llenado, se retiró el molde con ayuda de una compresora de aire, seguidamente se colocó su respectiva descripción de fecha, resistencia del concreto y código de muestra.

Finalmente se introdujo todas las probetas en la poza de curado verificando que este sumergido en todo su volumen. El curado de las probetas se hizo hasta los 28 días para todas las muestras.



Figura 2-10 Llenado de concreto (a) Primera tanda de llenado en los moldes, (b) segunda tanda de llenado.

Fuente: Elaboración propia



Figura 2-11 Muestras endurecidas (a) Etiquetado de las muestras, (b) sumergido de muestras para el curado.

Fuente: Elaboración propia

2.5.4 PROCESO DE QUEMADO DE MUESTRAS

El quemado de las probetas se realizó al siguiente día de haberse retirado de la poza de curado, se clasifico en tres grupos según los niveles de tratamiento. Como se determinó un tamaño de muestra de 7 para resistencia a la compresión (probetas de 15X30cm) y 3 para módulo de elasticidad (probetas de 15X30cm), según las tablas 2-16 y 2-17 se tiene un total de 84 para resistencia a la compresión de los cuales 21 corresponden al grupo control y 36 para el módulo de elasticidad de los cuales 9 son para el grupo control.

Se propuso alcanzar temperaturas de 200, 400 y 600 °C, pero como se trabajó con fuego no se pudo llegar a una temperatura exacta, entonces se estableció intervalos

de temperatura como $190^{\circ}\text{C} < T < 210^{\circ}\text{C}$, $390^{\circ}\text{C} < T < 410^{\circ}\text{C}$ y $580^{\circ}\text{C} < T < 600^{\circ}\text{C}$. Se utilizó madera o leña como combustible, esto nos permitió llegar a temperaturas aproximadas de 200°C en 40 minutos, para 400°C se necesitó de 2 horas y para llegar a 600°C se necesitó 3.5 horas de fuego continuo.

Se midió la temperatura de la muestra y del horno cada 10 minutos, se pudo verificar que la temperatura del horno era aproximadamente de 150°C a 250°C mayor que la temperatura alcanzada por la probeta. La temperatura del horno se midió con el sensor (termocupla tipo K) y la temperatura del concreto se midió con el infrarrojo, ambos sistemas funcionan con el termómetro infrarrojo digital.

Tabla 2-16 Cantidad de probetas para ensayo de resistencia a la compresión.

RELACION a/c	RESISTENCIA A LA COMPRESION				TOTAL
	GC	T1	T2	T3	
0.62	7	7	7	7	28
0.55	7	7	7	7	28
0.45	7	7	7	7	28
TOTAL, 15X30cm					84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-17 Cantidad de probetas para ensayo de módulo de elasticidad.

RELACION a/c	MODULO DE ELASTICIDAD				TOTAL
	GC	T1	T2	T3	
0.62	3	3	3	3	12
0.55	3	3	3	3	12
0.45	3	3	3	3	12
TOTAL, 10X20cm					36

Fuente: Elaboración propia



Figura 2-12 Quemado de muestras (a) Muestras ubicadas en el horno para ser calentadas, (b) Proceso de quemado de muestras, (c) finalizado del quemado de muestras.

Fuente: Elaboración propia

2.5.4.1 CARACTERISTICAS DEL HORNO

La fabricación del horno se comenzó con una base o cimiento de concreto simple de sección 25X25cm, las paredes se hicieron con ladrillos solidos artesanales hasta una altura de 53cm, para sentar las muestras se colocó una parrilla con varilla de ½” cada 8cm, para la tapa se utilizó una plancha metálica con un hueco en el centro. En la

base se dejó una abertura para introducir la leña y en la tapa un agujero para evacuar el humo.

Se hicieron muestras de prueba para probar el horno, se determinó que se puede trabajar por tanda 14 muestras de 15x30 y 7 muestras de 10x20 como máximo. Se tomaron lecturas continuas cada 10 minutos que nos permitió determinar el tiempo que se necesita para llegar a temperaturas aproximadas de 200°C, 400°C y 600°C.



Figura 2-13 Horno terminado para calentar las muestras.

Fuente: Elaboración propia

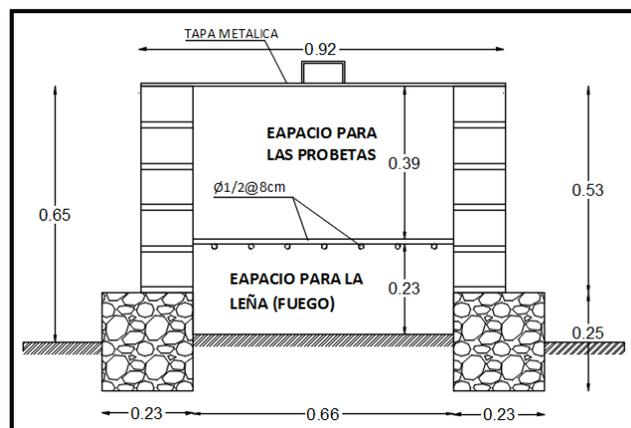


Figura 2-14 Plano de corte del horno con sus medidas correspondientes.

Fuente: Elaboración propia

2.5.4.2 EQUIPO DE MEDICION DE TEMPERATURA

Se utilizó un equipo de laboratorio denominado termómetro infrarrojo digital SCAN TEMP 440 que funciona con dos pilas. Da una lectura digital apuntando el infrarrojo hasta 700°C, además tiene entrada para un sensor que permite tomar lecturas hasta 1200°C.

Para medir la temperatura del horno se utilizó una termocupla tipo K que es un sensor para medir temperatura de preferencia gases y líquidos, se instala al termómetro infrarrojo a través de una entrada tipo enchufe y puede lectura hasta una temperatura de 1200°C. Durante el quemado se midió la temperatura del horno cada 10 minutos que dio un registro de incremento de temperatura por tiempo.

Para medir la temperatura de las probetas se utilizó el láser del termómetro infrarrojo, este equipo nos permitió obtener medidas con una precisión de 0.1°C, además es un instrumento adecuado para medir la temperatura de sólidos. La temperatura de las muestras se midió cada 10 minutos al mismo tiempo que la temperatura del horno.

Para las mediciones con el infrarrojo se utilizó una distancia adecuada según las especificaciones del equipo y por seguridad para evitar accidentes, de forma similar con la termocupla se realizaron mediciones a una distancia segura alargando el cable.



Figura 2-15 Medición de la temperatura (a) termómetro SCAM TEMP440, (b) termocupla o termopar tipo “K”, (c) medición de la temperatura del horno con la termocupla conectada.

Fuente: Elaboración propia

2.6 ENSAYO DE PROBETAS Y RESULTADOS

2.6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION

Para romper las probetas se siguió el siguiente procedimiento:

- Refrendar las caras defectuosas de algunas muestras con una mezcla de cemento y yeso con proporción 1:3 respectivamente.
- Medir el diámetro superior e inferior usando vernier y la altura con regla en milímetros. Al medir los diámetros de las caras se debe considerar dos medidas perpendiculares para promediar.
- Colocar la muestra en la maquina compresora cubriendo con neopreno en las caras de contacto para distribuir de manera uniforme el esfuerzo.
- Habiendo colocado la muestra, aplicar una carga constante de 450 kg/seg hasta la rotura.
- Finalmente para obtener la resistencia a la compresión dividimos la carga de rotura entre el área de la probeta.



Figura 2-16 Ensayo para determinar la resistencia a la compresión de las muestras.

Fuente: Elaboración propia

Durante el quemado algunas muestras salieron fracturados debido a la dilatación, para la rotura se tuvo que cortar la parte afectada reduciendo la altura, para estas muestras se aplicó un factor de corrección según establece la norma ASTM C-39-96 tomando como dato la relación de altura entre diámetro.

Tabla 2-18 Factores de corrección para probetas de diferente relación h/d según el ASTM C39-96.

RELACION h/d	2	1.75	1.5	1.25	1.1	1	0.75	0.5
a	1	0.98	0.96	0.93	0.9	0.87	0.7	0.5
b	1	1.02	1.04	1.06	1.11	1.18	1.43	2

Fuente: Elaboración propia

Donde:

h: altura de la probeta ensayada

d: diámetro de la probeta ensayada

a: factor de corrección de resistencia de la probeta ensayada

b: razón entre las resistencias de la probeta ensayada y del cilindro estándar

$$f'_{\text{corregido}} = f'_{\text{ensayo}} * a/b$$



Figura 2-17 muestras de diferente altura listas para ensayar.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-19 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión para concreto de relación a/c=0.62.

PROBETAS DE CONCRETO CON RELACION a/c=0.62								
tipo de muestra	N° probeta	Altura	diámetro inicial		diámetro (cm)	relación h/d	carga de falla (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
			D1	D2				
GRUPO CONTROL	GC-1	30.80	15.10	15.25	15.18	2.03	45,020.00	248.92
	GC-2	30.65	15.15	15.00	15.08	2.03	45,520.00	255.03
	GC-3	30.60	14.95	15.25	15.10	2.03	44,930.00	250.90
	GC-4	30.70	15.10	15.10	15.10	2.03	42,440.00	236.99
	GC-5	30.50	15.05	15.10	15.08	2.02	40,300.00	225.79
	GC-6	30.70	15.05	15.05	15.05	2.04	40,960.00	230.25
	GC-7	30.80	15.10	15.10	15.10	2.04	43,630.00	243.64
T1	T1-1	30.80	15.05	15.05	15.05	2.05	30,970.00	174.09
	T1-2	30.60	14.95	14.95	14.95	2.05	30,350.00	172.90
	T1-3	30.50	15.05	15.05	15.05	2.03	31,150.00	175.10
	T1-4	30.50	15.10	15.10	15.10	2.02	38,750.00	216.39
	T1-5	30.70	15.10	15.10	15.10	2.03	33,430.00	186.68
	T1-6	30.60	15.05	15.15	15.10	2.03	33,960.00	189.64
	T1-7	30.55	15.10	15.10	15.10	2.02	31,940.00	178.36
T2	T2-1	30.70	15.00	15.00	15.00	2.05	30,300.00	171.46
	T2-2	26.40	15.05	15.05	15.05	1.75	24,660.00	133.19
	T2-3	30.80	15.10	15.10	15.10	2.04	23,450.00	130.95
	T2-4	26.00	15.15	15.15	15.15	1.72	23,590.00	125.73
	T2-5	30.50	14.95	14.95	14.95	2.04	22,540.00	128.40
	T2-6	30.70	15.05	15.05	15.05	2.04	20,860.00	117.26
	T2-7	30.50	15.10	15.10	15.10	2.02	21,400.00	119.50
T3	T3-1	23.00	15.00	15.00	15.00	1.53	11,930.00	62.32
	T3-2	30.60	15.10	15.10	15.10	2.03	12,930.00	72.20
	T3-3	30.60	15.15	15.15	15.15	2.02	12,610.00	69.95
	T3-4	17.00	15.10	15.10	15.10	1.13	15,310.00	69.32
	T3-5	23.00	15.10	15.10	15.10	1.52	13,690.00	70.57
	T3-6	15.10	15.05	15.06	15.06	1.00	13,060.00	73.37
	T3-7	15.10	15.15	15.10	15.13	1.00	12,780.00	71.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-20 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión para concreto de relación a/c=0.55.

PROBETAS DE CONCRETO CON RELACION a/c=0.55								
tipo de muestra	N° probeta	Altura	diámetro inicial		diámetro (cm)	relación h/d	carga de falla (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
			D1	D2				
GRUPO CONTROL	GC-1	30.80	15.00	15.21	15.11	2.04	52,830.00	294.81
	GC-2	30.60	15.05	15.25	15.15	2.02	50,870.00	282.19
	GC-3	30.50	15.03	15.05	15.04	2.03	49,400.00	278.06
	GC-4	30.70	14.90	15.17	15.04	2.04	52,340.00	294.81
	GC-5	30.70	15.08	14.90	14.99	2.05	52,900.00	299.75
	GC-6	30.50	14.95	14.98	14.97	2.04	48,500.00	275.74
	GC-7	30.60	15.03	15.05	15.04	2.03	49,370.00	277.89
T1	T1-1	23.30	15.00	15.20	15.10	1.54	43,890.00	226.23
	T1-2	30.60	15.10	15.10	15.10	2.03	41,240.00	230.29
	T1-3	26.20	15.00	15.15	15.08	1.74	43,630.00	234.86
	T1-4	26.10	15.10	15.20	15.15	1.72	42,370.00	225.82
	T1-5	23.30	15.08	15.10	15.09	1.54	31,170.00	160.88
	T1-6	30.50	15.05	15.00	15.03	2.03	42,530.00	239.87
	T1-7	30.60	15.08	15.05	15.07	2.03	41,330.00	231.87
T2	T2-1	30.60	15.00	15.00	15.00	2.04	30,970.00	175.25
	T2-2	23.10	15.05	15.05	15.05	1.53	32,260.00	167.39
	T2-3	26.20	15.10	15.10	15.10	1.74	31,910.00	171.20
	T2-4	23.00	15.15	15.15	15.15	1.52	30,710.00	157.25
	T2-5	30.70	14.95	14.95	14.95	2.05	34,450.00	196.25
	T2-6	30.60	15.10	15.12	15.11	2.03	33,990.00	189.55
	T2-7	30.40	15.05	15.04	15.05	2.02	32,300.00	181.69
T3	T3-1	30.90	15.00	15.00	15.00	2.06	15,680.00	88.73
	T3-2	30.80	15.10	15.10	15.10	2.04	19,160.00	106.99
	T3-3	30.60	15.15	15.15	15.15	2.02	20,620.00	114.39
	T3-4	30.60	15.10	15.10	15.10	2.03	19,890.00	111.07
	T3-5	30.50	15.10	15.10	15.10	2.02	18,240.00	101.85
	T3-6	30.50	15.05	15.02	15.04	2.03	20,020.00	112.76
	T3-7	30.40	15.08	15.05	15.07	2.02	18,950.00	106.31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-21 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión para concreto de relación a/c=0.45.

PROBETAS DE CONCRETO CON RELACION a/c=0.45								
tipo de muestra	N° probeta	Altura	diámetro inicial		diámetro (cm)	relación h/d	carga de falla (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
			D1	D2				
GRUPO CONTROL	GC-1	30.70	15.10	15.25	15.18	2.02	70,270.00	388.53
	GC-2	30.70	15.15	15.10	15.13	2.03	59,710.00	332.33
	GC-3	30.60	15.00	15.15	15.08	2.03	66,170.00	370.73
	GC-4	30.70	15.10	15.10	15.10	2.03	62,200.00	347.33
	GC-5	30.50	15.10	15.05	15.08	2.02	61,280.00	343.33
	GC-6	30.70	15.05	15.12	15.09	2.04	68,150.00	381.32
	GC-7	30.60	15.10	15.15	15.13	2.02	65,460.00	364.33
T1	T1-1	26.00	15.10	15.10	15.10	1.72	52,620.00	282.31
	T1-2	26.30	15.10	15.05	15.08	1.74	50,500.00	271.84
	T1-3	30.70	15.08	15.00	15.04	2.04	52,640.00	296.30
	T1-4	30.80	15.15	15.12	15.14	2.04	48,170.00	267.75
	T1-5	30.50	15.05	15.07	15.06	2.03	54,030.00	303.32
	T1-6	30.60	15.07	15.10	15.09	2.03	51,920.00	290.51
	T1-7	30.62	15.05	15.15	15.10	2.03	52,190.00	291.44
T2	T2-1	30.70	15.10	15.15	15.13	2.03	46,290.00	257.64
	T2-2	30.60	15.05	15.05	15.05	2.03	41,010.00	230.53
	T2-3	30.60	15.10	15.10	15.10	2.03	38,870.00	217.06
	T2-4	26.00	15.05	15.15	15.10	1.72	41,360.00	221.90
	T2-5	30.51	15.10	15.05	15.08	2.02	42,730.00	239.40
	T2-6	30.62	15.08	15.10	15.09	2.03	40,990.00	229.20
	T2-7	30.83	15.05	15.05	15.05	2.05	43,780.00	246.10
T3	T3-1	30.80	15.05	15.10	15.08	2.04	27,420.00	153.63
	T3-2	30.70	15.10	15.60	15.35	2.00	23,230.00	125.53
	T3-3	30.61	15.05	15.10	15.08	2.03	26,730.00	149.76
	T3-4	30.90	15.10	15.30	15.20	2.03	27,820.00	153.31
	T3-5	30.50	15.10	15.15	15.13	2.02	25,780.00	143.48
	T3-6	30.70	15.05	15.12	15.09	2.04	27,790.00	155.49
	T3-7	30.61	15.08	15.15	15.12	2.03	26,250.00	146.29

Fuente: Elaboración propia

Los resultados sombreados de color crema corresponde a aquellas muestras que se fracturaron en el quemado, estas muestras se tuvieron que cortar reduciendo su altura y afectando a la relación h/d.



Figura 2-18 Ensayo de compresión (a) ensayo para la muestra de $a/c=0.45$, (b) ensayo para la muestra de $a/c=0.55$, (c) ensayo para la muestra de $a/c=0.62$.

Fuente: Elaboración propia

2.6.2 MODULO DE ELASTICIDAD

2.6.2.1 PREPARACION DE MUESTRA PARA ENSAYO EN LA MAQUINA UNIVERSAL

Para obtener el módulo de elasticidad del concreto, la muestra se ensayó en la maquina universal, para el cual se siguió el siguiente procedimiento:

- Usando una amoladora con disco de pulir concreto, lijar las muestras que tienen desnivel en las caras.
- Refrendar las caras de la muestra con DUROMIX dando un espesor máximo de 2mm solo con la finalidad de nivelar la muestra. Según las indicaciones del material por cada 100 gramos de duromix se debe añadir de 28 a 30 ml de agua, siendo esta proporción la ideal para preparar la pasta. Para la nivelación utilizamos un nivel de 1mm de precisión.



Figura 2-19 Refrendado de las muestras (a) nivelado de la muestra lijando las caras, (b) pesado de la pasta DUROMIX.

Fuente: Elaboración propia



Figura 2-20 Refrendado de las muestras con DUROMIX.

Fuente: Elaboración propia

- Como la deformación va ser medido con LVDT (deformímetro) para muestras de madera, se necesitó adaptar la muestra de concreto para sujetar el LVDT, para ello se colocó longitudinalmente dos cubos de madera distanciados 15 cm de su eje. Los cubos de madera fueron pegados con SOLDIMIX que de acuerdo a sus indicaciones si puede ser usado para pegar madera y concreto.



Figura 2-21 Preparado de los sujetadores (a) cortado de cubos de madera, (b) medida del LVDT para pegar los cubos de madera a la muestra.

Fuente: Elaboración propia



Figura 2-22 Proceso de colocado de los sujetadores del LVDT (a) Pegamento SOLDIMIX utilizado, (b) pegado de los cubos de madera a la posición correcta.

Fuente: Elaboración propia

- Para que el ensayo en la maquina universal de buenos resultados, las caras de la probeta deben estar bien niveladas, ante esto se rectificó el nivel de todas las probetas nivelando la superficie de apoyo y lijando la cara hasta que este nivelado.



Figura 2-23 Nivelado de las muestras (a) nivelado de la superficie de apoyo, (b) nivelado de la muestra refrendada.

Fuente: Elaboración propia

- Medir el diámetro superior e inferior usando vernier y la altura con regla en milímetros. Al medir los diámetros de las caras se debe considerar dos medidas perpendiculares para promediar.
- Colocar el deformímetro LVDT a la muestra, seguidamente medir la altura de los puntos de contacto del LVDT para introducir como dato en el sistema de la maquina universal.



Figura 2-24 (a) Colocado de la muestra a la maquina universal, (b) Medida de la altura del LVDT para ser ensayada.

Fuente: Elaboración propia

- Habiendo colocado la muestra, aplicar la carga a una velocidad constante de 1 mm/seg hasta llegar al 40% de la resistencia ultima.



Figura 2-25 Momento del ensayo con el equipo técnico.

Fuente: Elaboración propia

2.6.2.2 RESULTADOS DEL ENSAYO

Al concreto se le considera como un material elástico, pero no tiene comportamiento lineal en ningún tramo de la curva esfuerzo - deformación, ante esto para determinar el módulo de elasticidad del concreto se debe trazar una recta secante a dos puntos. El punto inicial se define para una 50 millonésima parte de la deformación unitaria con su esfuerzo correspondiente y el otro punto se define al 40% de la resistencia última.

En la tabla 2-22 se definen la resistencia última promedio al 40% de todos los ensayos. Con estos esfuerzos al 40% se trazará en la gráfica para obtener la deformación que le corresponde. Para obtener datos más exactos se realizaron los trazos el AUTOCAD.

Tabla 2-22 Datos de resistencia promedio obtenido de las muestras válidas.

RELACION AGUA - CEMENTO a/c	NIVEL DE TRATAMIENTO	RESISTENCIA ULTIMA (kg/cm ²)	40% RESISTENCIA ULTIMA (kg/cm ²)
0.62	GC	239.4	95.76
	T1	179.5	71.8
	T2	125.8	50.32
	T3	71.1	28.44
0.55	GC	283.9	113.56
	T1	231.5	92.6
	T2	180.2	72.08
	T3	108.9	43.56
0.45	GC	365.9	146.36
	T1	289.3	115.72
	T2	237.5	95
	T3	150.3	60.12

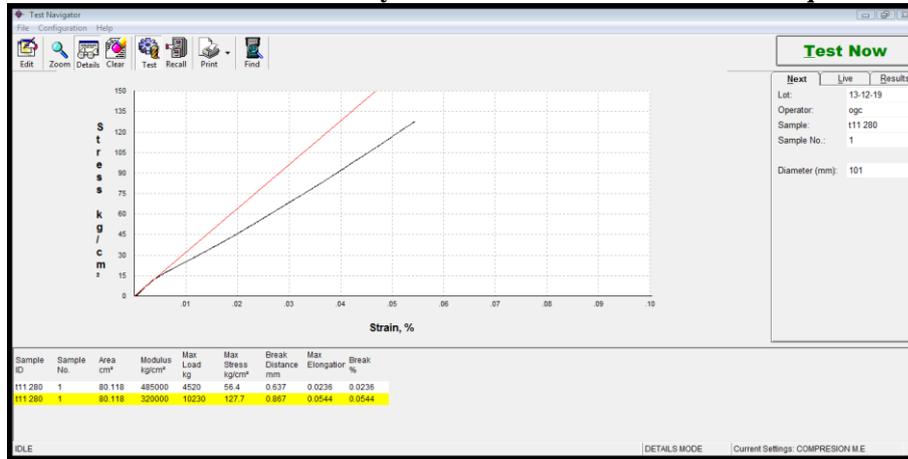
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-23 Determinación de la carga a aplicar en la maquina universal.

RELACION AGUA - CEMENTO	TRATAMIENTO	MUESTRA	RESISTENCIA ULTIMA	40% RESISTENCIA ULTIMA	CARGA A APLICAR (tn)	PROMEDIO DE CARGA (tn)
0.62	GC	GC-1	239.40	95.76	7.60	7.70
		GC-2			7.63	
		GC-3			7.60	
	T1	T1-1	179.50	71.80	5.67	5.70
		T1-2			5.67	
		T1-3			5.70	
	T2	T2-1	125.80	50.32	3.95	4.00
		T2-2			3.95	
		T2-3			3.97	
	T3	T3-1	71.10	28.44	2.26	2.30
		T3-2			2.24	
		T3-3			2.26	
0.55	GC	GC-1	283.90	113.56	8.96	9.00
		GC-3			8.97	
		GC-4			8.96	
	T1	T1-1	231.50	92.60	7.47	7.50
		T1-2			7.35	
		T1-3			7.49	
	T2	T2-1	180.20	72.08	5.89	5.70
		T2-2			5.60	
		T2-3			5.55	
	T3	T3-1	108.90	43.56	3.44	3.50
		T3-2			3.49	
		T3-3			3.49	
0.45	GC	GC-1	365.90	146.36	11.96	8.00
		GC-2			11.96	
		GC-3			0.00	
	T1	T1-1	289.30	115.72	9.27	6.30
		T1-2			9.46	
		T1-3			0.00	
	T2	T2-1	237.50	95.00	7.76	5.30
		T2-2			7.92	
		T2-3			0.00	
	T3	T3-1	150.30	60.12	4.86	3.30
		T3-2			4.86	
		T3-3			0.00	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2-3 Grafica resultado del ensayo de módulo de elasticidad en la maquina universal.



Fuente: maquina universal

$$E = \frac{S2 - S1}{e2 - 0.000050}$$

Donde:

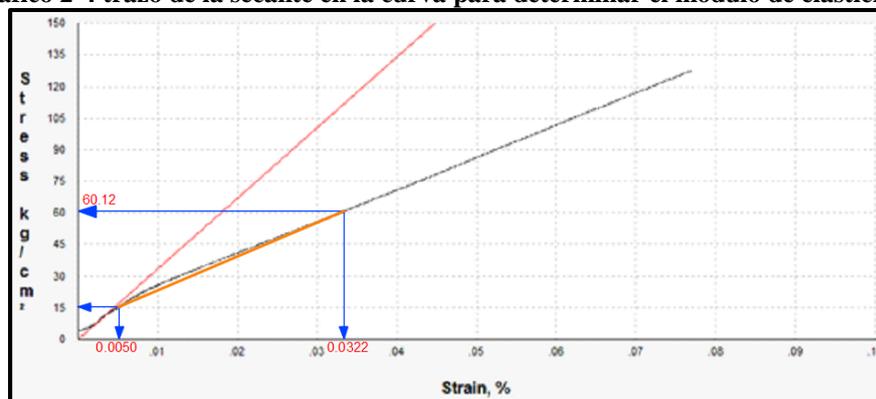
E: Módulo de elasticidad en (kg/cm²)

S2: Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última Kglcm²

S1: "Esfuerzo correspondiente a una deformación longitudinal e1 de 0.000050mmimm."

e2: Deformación longitudinal producida por el esfuerzo S2

Gráfico 2-4 trazo de la secante en la curva para determinar el módulo de elasticidad.



Fuente: maquina universal

Tabla 2-24 Deformación porcentual correspondiente al 40% de la resistencia ultima.

RELACION AGUA - CEMENTO	TRATAMIENTO	MUESTRA	DIAMETRO (cm)		ALTURA DE LVDT (cm)	STRAIN (%)
			SUPERIOR	INFERIOR		
0.62	GC	GC-1	9.90	10.20	15.00	
		GC-2	9.95	10.20	15.50	0.0223
		GC-3	9.90	10.20	15.00	0.0371
	T1	T1-1	9.90	10.15	15.00	0.036
		T1-2	9.90	10.15	14.50	
		T1-3	9.90	10.20	15.00	0.0554
	T2	T2-1	10.10	9.90	14.50	0.04
		T2-2	10.10	9.90	15.00	0.0437
		T2-3	10.15	9.90	15.00	
	T3	T3-1	9.90	10.20	15.00	0.0323
		T3-2	9.90	10.15	15.00	0.031
		T3-3	10.20	9.90	14.90	
0.55	GC	GC-1	9.90	10.15	15.00	0.0373
		GC-3	10.03	10.03	14.50	0.034
		GC-4	9.90	10.15	15.00	
	T1	T1-1	10.12	10.15	14.50	0.0439
		T1-2	9.90	10.20	14.60	0.0442
		T1-3	10.10	10.20	14.85	
	T2	T2-1	10.20	10.20	14.50	0.0413
		T2-2	9.80	10.10	14.50	0.0291
		T2-3	9.75	10.05	15.00	
	T3	T3-1	10.05	10.00	14.60	0.0329
		T3-2	10.00	10.20	15.00	0.0416
		T3-3	10.00	10.20	15.00	0.0308
0.45	GC	GC-1	10.20	10.20	15.00	0.0265
		GC-2	10.20	10.20	14.50	0.02
		GC-3	10.00	10.05	14.50	
	T1	T1-1	10.10	10.10	14.70	0.05
		T1-2	10.20	10.20	15.30	0.0442
		T1-3	10.15	10.00	15.00	
	T2	T2-1	10.20	10.20	15.00	0.0563
		T2-2	10.20	10.40	14.50	0.0428
		T2-3	10.10	10.00	14.50	
	T3	T3-1	10.20	10.10	14.50	0.0541
		T3-2	10.20	10.10	15.00	0.054
		T3-3	10.05	10.10	15.00	

Fuente: Elaboración propia.

2.7 DISEÑO EXPERIMENTAL DE UN FACTOR CON MAS DE DOS NIVELES DE TRATAMIENTO

2.7.1 BUSQUEDA DE VALORES ATIPICOS

El experimento tiene un tamaño de muestra de 7, se definió el factor incremento de temperatura por exposición al fuego y la variable de respuesta resistencia a la compresión. Considerando un grupo control y 3 niveles de tratamiento tenemos 28 ensayos realizados de los cuales no todos son válidos, ante esta situación es necesario usar métodos para detectar dichos valores. El dato atípico detectado debe ser eliminado, esto mejora los resultados de nuestro estudio, para ello se usaran los siguientes métodos:

2.7.1.1 METODO DE GRUBBS

Es un método establecido por el ASTM para la detección del valor que está más alejado del grupo, para un buen procesamiento de datos es recomendable detectar y eliminar dicho valor de lo contrario alteraría nuestros resultados. El método tiene el siguiente procedimiento:

- Ordenar los datos de menor a mayor, en nuestro estudio sería $X_1 < X_2 < X_3 < X_4 < X_5 < X_6 < X_7$ y calculamos su desviación estándar (s).
- Calculamos el estadístico de prueba (T) que es el valor absoluto de la diferencia del mayor o menor valor y la media, todo dividido entre la desviación estándar.
- Considerando un nivel de significancia de 5% y tamaño de muestra 7, buscamos en la tabla 1 del anexo el estadístico de prueba crítico (T crítico). $T = \frac{|X_i - \bar{X}_m|}{S}$

- Finalmente comparamos el estadístico de prueba con T crítico, si el T crítico es mayor quiere decir que se trata de un valor atípico y viceversa.

2.7.1.2 METODO DE DIXON

En este método se hace la suposición de que los datos tienen una distribución normal, no es necesario conocer la media ni la desviación estándar ya que solo se opera con los datos periféricos de la muestra. Para aplicar el método se siguió el procedimiento de (Taylor & Cihon , 2004):

- Se ordenan los datos de menor a mayor, en nuestra muestra sería $X_1 < X_2 < X_3 < X_4 < X_5 < X_6 < X_7$.
- Considerando un nivel de significancia del 5% y tamaño de muestra 7, buscamos en la tabla 2 del anexo el valor crítico de “r”.
- Cuando se tiene un tamaño de muestra de 7 se consideran las siguientes formulas:

$$r_{10} = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1}, \text{ para } X_n \qquad r_{10} = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1}, \text{ para } X_1$$

- Finalmente comparamos r crítico con r10, si r crítico es mayor quiere decir que se trata de un valor atípico y viceversa.

2.7.2 DISEÑOS COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA)

Es un diseño completamente al azar porque todos los datos del experimento se realizan en orden aleatorio, esto para que los posibles efectos ambientales y temporales se vayan repartiendo equitativamente. Este diseño solo considera dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ : parametro de escala comun a todos los tratamientos (media global)

τ_i : parametro que mide el efecto del tratamiento

ε_{ij} : error atribuible a la medicion Y_{ij}

2.7.2.1 PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL

Nuestro diseño experimental está clasificado en experimentos con un solo factor y dos a más niveles de tratamiento con una sola variable de respuesta. El factor se define como incremento de temperatura por exposición al fuego, este factor afectará al grupo control en tres niveles de tratamiento dando como resultado los grupos experimentales, en cada grupo experimental se define un intervalo de valores a las que será tratado la muestra.

Tabla 2-25 Planteamiento experimental de la investigación.

FACTOR	GRUPOS EXPERIMENTALES	NIVELES DE PRESENCIA	VARIABLE DE RESPUESTA
incremento de temperatura por exposición al fuego	GC	Temp. ambiente	Resistencia a la compresión
	T1	190°C<T<210°C	
	T2	390°C<T<410°C	
	T3	580°C<T<600°C	

Fuente: Elaboración propia.

2.7.2.2 DATOS SIN VALORES ATÍPICOS

Habiendo calculado los valores atípicos por el método de Grubbs y Dixon se concluye que solo tienen valores atípicos los niveles de tratamiento, pero (Gutiérrez & Salazar, 2008) recomienda que el tamaño de muestra es mejor que sea igual para

todos los tratamientos. Entonces eliminamos al azar un dato del grupo control para tener un tamaño de muestra de 6 en los cuatro niveles de presencia.

Tabla 2-26 Valores atípicos detectados por el método de Dixon y Grubbs.

Grupo experimental	valor atípico	muestra atípica	valor
Grupo control	no hay valor atípico		Eliminar al azar
T1	x _n es un valor atípico	T1-4	eliminar
T2	x _n es un valor atípico	T2-1	eliminar
T3	x ₁ es un valor atípico	T3-1	eliminar

Fuente: Elaboración propia.

Luego de eliminar los valores atípicos nuestros datos se ordenarían de modo general como se muestra en la tabla 2-27.

Tabla 2-27 Diseño completamente al azar.

Tratamientos				
T_1	T_2	T_3	...	T_k
Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}	...	Y_{k1}
Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}	...	Y_{k2}
Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	...	Y_{k3}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
Y_{1n_1}	Y_{2n_2}	Y_{3n_3}	...	Y_{kn_k}

Fuente: Tabla 3.3 (Gutiérrez & Salazar, 2008).

Donde:

K: números de tratamientos

Y_{ij} : es la j- esima observación que se hizo en el tratamiento i.

n_i : tamaño de muestra o repeticiones observadas en el tratamiento i.

2.7.2.3 ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)

El análisis de varianza es una técnica que consiste en separar la variabilidad debido al tratamiento y al error, cuando el tratamiento es más significativo quiere decir que las medias son diferentes, esto nos llevaría a probar la hipótesis planteada y rechazar la hipótesis nula.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \cdot \mu_k = \mu$$

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots \cdot \tau_k = \tau$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algun } i \neq j$$

$$H_A: \tau_i \neq 0 \text{ para algun } i$$

Tabla 2-28 Tabla de ANOVA para el DCA.

FV	SC	GL	CM	F ₀	Valor-p
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	k - 1	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{k - 1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	P(F > F ₀)
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	N - k	$CM_E = \frac{SC_E}{N - k}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	N - 1			

Fuente: Tabla 3.4 (Gutiérrez & Salazar, 2008).

Donde:

FV: Fuentes de variabilidad.

SC: Suma de cuadrados.

GL: grados de libertad.

CM: cuadrado medio.

Fo: estadístico d prueba.

-p: área bajo la distribución FK-1, N-K a la derecha de Fo

2.7.2.4 SUPUESTOS DEL MODELO DE ANALISIS DE VARIANZAS

Para que tenga validez un diseño experimental ANOVA se debe verificar que cumplan los supuestos de normalidad, varianza constante e independendencia. Para comprobar estos supuestos los residuos (e_{ij}) deben verse como una muestra aleatoria de distribución normal con medio cero y varianza constante, la magnitud de los residuos define si está bien el modelo.

$$e_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{ij} \dots \dots (a)$$

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \dots \dots (b)$$

$$\text{reemplazando a en b: } \bar{Y}_{ij} = \bar{\mu} + \bar{\tau}_i \dots \dots (c)$$

Donde:

\bar{Y}_{ij} : respuesta predicha

$\bar{\mu}$: media global estimada

$\bar{\tau}_i$: efecto estimado del tratamiento i

Como la media global se estima con $\bar{Y}_{..}$ y el efecto del tratamiento $\bar{\tau}_i = \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}$.

Reemplazando en la ecuación (c) se obtiene $\bar{Y}_{ij} = \bar{Y}_{i.}$.

Entonces el residuo vendría a ser la siguiente expresión: $e_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{i.}$

Donde $\bar{Y}_{i.}$ Es la media de las observaciones del i-esimo tratamiento.

Para verificar los supuestos existen métodos gráficos y analíticos. En caso de los métodos gráficos si hay puntos alejados se debe verificar si es un dato atípico o verificar por el método analítico.

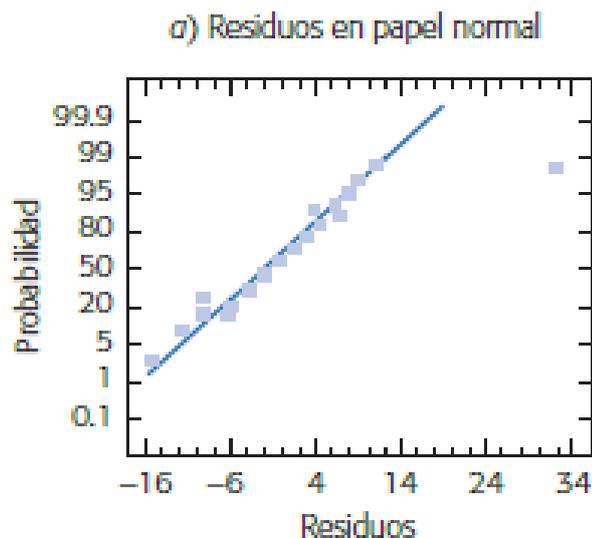
A. SUPUESTO DE NORMALIDAD

Es un procedimiento gráfico que se puede realizar en papel normal o papel ordinario, si los residuos no se alinean quiere decir que el supuesto de normalidad no cumple.

Para hacer esta verificación se debe hacer el siguiente procedimiento:

- Ordenar los valores de la muestra de todos los tratamientos (N de menor a mayor en orden ascendente).
- Calcula la posición del dato en función del rango y el total de observaciones $(i - 0.5) / N$. Para que la gráfica sea en papel ordinario se obtiene el valor normal estandarizado Z_i . $\Phi(Z_i) = \frac{i - 0.5}{N}$
- Los pares ordenados del grafico son (r_i, Z_i) , entonces despejamos el valor normal estandarizado Z_i . $Z_i = \Phi^{-1}\left(\frac{i - 0.5}{N}\right)$. Si se trabaja en Excel el valor de Z_i nos facilita la función DISTR.NORM.ESTAND.INV.

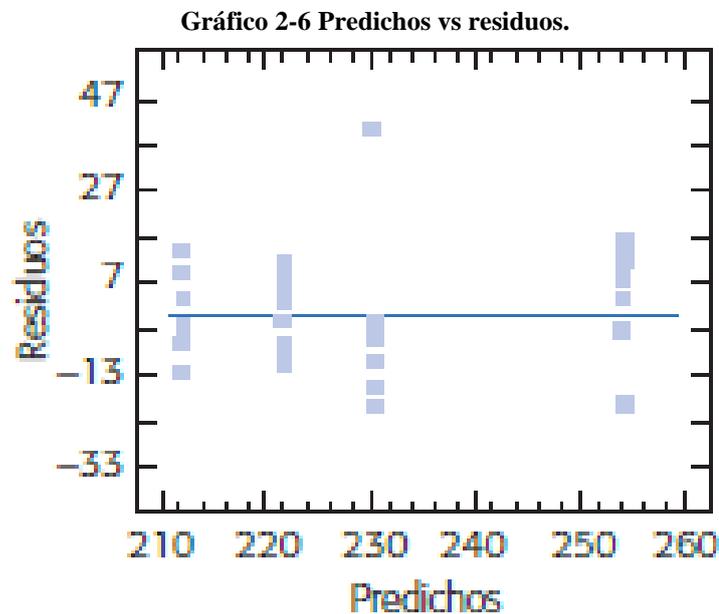
Gráfico 2-5 Residuos en papel normal.



Fuente: Figura 3.7 (Gutiérrez & Salazar, 2008).

B. SUPUESTO DE VARIANZA CONSTANTE

Es un procedimiento gráfico de predichos y residuos, es conveniente colocar los residuos en el eje horizontal (\bar{Y}_{ij}, e_i). La ubicación de puntos se realiza de manera aleatorio que resulta una gráfica sin ninguna forma clara, esto nos indica que los tratamientos tienen igual varianza; en caso que la gráfica tenga una forma clara como embudo, es señal de que no se está cumpliendo el supuesto de varianza constante.

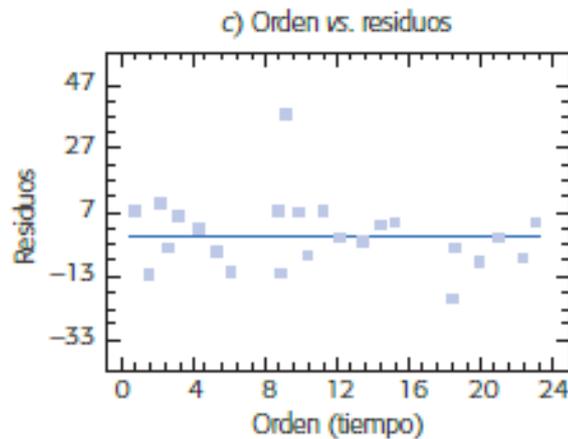


Fuente: Figura 3.7 (Gutiérrez & Salazar, 2008).

C. SUPUESTO DE INDEPENDENCIA

Es un método gráfico donde su eje “x” representa el orden de corrida y el eje “Y” los residuos, el supuesto se cumple cuando los puntos no siguen un orden definido. Si este supuesto no cumple, quiere decir que hubo errores en la aleatorización de las muestras o que aparecieron factores que alteraron los resultados.

Gráfico 2-7 Orden vs residuos.



Fuente: Figura 3.7 (Gutiérrez & Salazar, 2008).

2.7.2.5 COMPARACION DE TRATAMIENTOS CON UN CONTROL (METODO DE DUNNET)

Habiendo rechazado la hipótesis nula, usamos el método de Dunnet para comparar los k-1 tratamientos con el grupo control definido como en k-esimo tratamiento.

$$H_0: u_i = u_k \quad H_A: u_i \neq u_k$$

Siendo $i = 1, 2, \dots, k-1$. La hipótesis nula se rechaza si:

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_k| > D_{\alpha}(k-1, L) \sqrt{\frac{2CMe}{n}} = LSD$$

Donde:

$D_{\alpha}(k-1, L)$: se obtiene de la tabla A7, además L es el grado de libertad de la suma de cuadrados de error N-K.

CMe: cuadrados medios del error.

\bar{Y}_i : media del grupo control.

\bar{Y}_k : media de los tratamientos.

Para tener una visualización de los resultados usamos la gráfica de medias, sus valores se definen aplicando la siguiente formula:

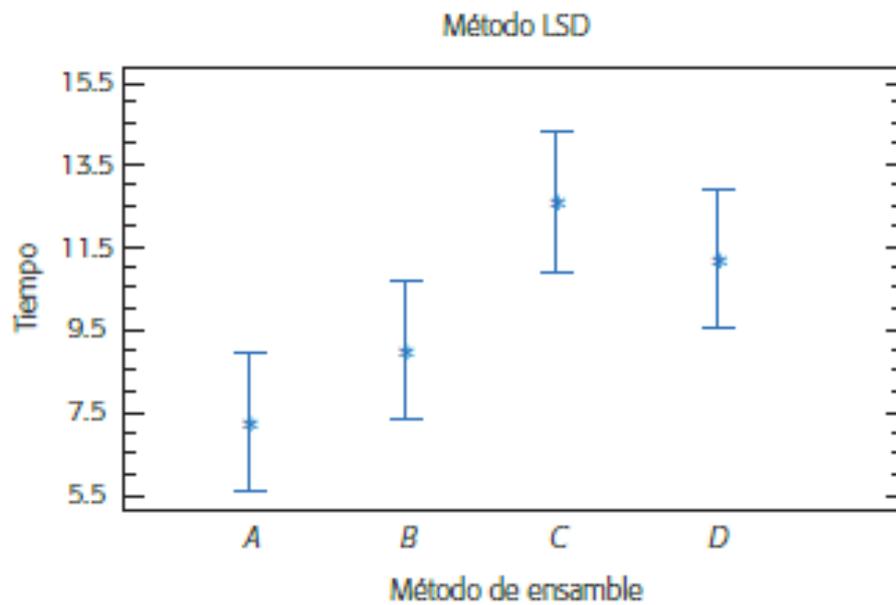
$$Y_i \pm t_{\frac{\alpha}{2}, N-K} \sqrt{\frac{CMe}{n}}$$

Donde:

$t_{\frac{\alpha}{2}, N-K}$: se obtiene de la tabla A3.

Si las barras se traslapan quiere decir que los tratamientos son estadísticamente iguales en cuanto a medias y viceversa.

Gráfico 2-8 Gráfico de medias con el método LSD.



Fuente: Figura 3.4 (Gutiérrez & Salazar, 2008).

2.8 ANALISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

2.8.1 PARA CONCRETO DE RELACION AGUA – CEMENTO 0.62

A. HIPOTESIS NULA Y ALTERNA

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \cdot \mu_k = \mu$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algun } i \neq j$$

B. PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL

Tabla 2-29 Planteamiento experimental para el concreto con relación a/c de 0.62.

FACTOR	GRUPOS EXPERIMENTALES	NIVELES DE PRESENCIA	VARIABLE DE RESPUESTA
incremento de temperatura por exposición al fuego	GC	Control	Resistencia a la compresión
	T1	190°C<T<210°C	
	T2	390°C<T<410°C	
	T3	580°C<T<600°C	

Fuente: Elaboración propia

C. DATOS ATIPICOS

Tabla 2-30 Detección de datos atípicos del grupo control para el concreto con relación a/c de 0.62.

MUESTRA	GRUPO CONTROL								
	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	MÉTODO DE GRUBBS			MÉTODO DE DIXON			
			T de Grubbs	Tcrítico $\alpha=0.05$	resultado	índice de Dixon r10	Dcrítico $\alpha=0.05$	resultado	
1	248.92	225.79	1.44	1.94	Dato válido	0.153	0.51	Dato válido	
2	255.03	230.25	1.04		Dato válido				
3	250.90	236.99	0.42		Dato válido				
4	236.99	243.64	0.18		Dato válido				
5	225.79	248.92	0.66		Dato válido				
6	230.25	250.90	0.84		Dato válido				
7	243.64	255.03	1.22		Dato válido	0.142			Dato válido
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO NO HAY DATOS ATIPICOS						
241.64	120.78	10.99							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-31 Detección de datos atípicos de 190°C<T<210°C para el concreto con relación a/c 0.62.

190°C<T<210°C								
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON		
			T de Grubbs	Tcrítico α=0.05	resultado	índice de Dixon r10	Dcritico α=0.05	resultado
1	174.09	172.90	0.77	1.94	Dato válido	0.027	0.51	Dato válido
2	172.90	174.09	0.69		Dato válido			
3	175.10	175.10	0.63		Dato válido			
4	216.39	178.36	0.42		Dato válido			
5	186.68	186.68	0.13		Dato válido			
6	189.64	189.64	0.32		Dato válido			
7	178.36	216.39	2.06		Atípico	0.615	Atípico	
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO "X7" ES DATO ATIPICO					
184.74	236.07	15.36						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-32 Detección de datos atípicos de 390°C<T<410°C para el concreto con relación a/c 0.62.

390°C<T<410°C								
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON		
			T de Grubbs	Tcrítico α=0.05	resultado	índice de Dixon r10	Dcritico α=0.05	resultado
1	171.46	117.26	0.83	1.94	Dato válido	0.041	0.51	Dato válido
2	133.19	119.50	0.71		Dato válido			
3	130.95	125.73	0.36		Dato válido			
4	125.73	128.40	0.22		Dato válido			
5	128.40	130.95	0.08		Dato válido			
6	117.26	133.19	0.05		Dato válido			
7	119.50	171.46	2.15		Atípico	0.706	Atípico	
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO "X7" ES DATO ATIPICO					
132.36	330.78	18.19						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-33 Detección de datos atípicos de 580°C<T<600°C para el concreto con relación a/c 0.62.

580°C<T<600°C								
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON		
			T de Grubbs	Tcrítico $\alpha=0.05$	resultado	índice de Dixon r10	Dcrítico $\alpha=0.05$	resultado
1	62.32	62.32	2.10	1.94	Atípico	0.634	0.51	Atípico
2	72.20	69.32	0.14		Dato válido	0.105		Dato válido
3	69.95	69.95	0.03		Dato válido			
4	69.32	70.57	0.20		Dato válido			
5	70.57	71.13	0.36		Dato válido			
6	73.37	72.20	0.66		Dato válido			
7	71.13	73.37	0.98		Dato válido			
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO "X1" ES DATO ATIPICO					
69.84	12.85	3.58						

Fuente: Elaboración propia

De los cuadros calculados se puede observar que los niveles de tratamiento tienen un dato atípico y en el grupo control no se detectó ningún valor atípico. Pero es recomendable trabajar con el mismo tamaño de muestra para que nuestra investigación tenga un diseño balanceado, teniendo en cuenta estas consideraciones quitamos un dato del grupo control (se quitó el dato más alejado).

Tabla 2-34 Valores atípicos detectados en los datos del concreto con relación a/c 0.62.

Nivel de tratamiento	valor atípico	muestra atípica	valor
GRUPO CONTROL	NO HAY ATIPICO	GC-2	255.03
190°C<T<210°C	X7	T1-4	216.39
380°C<T<410°C	X7	T2-1	171.46
580°C<T<600°C	X1	T3-1	62.32

Fuente: Elaboración propia

D. DATOS SIN VALORES ATÍPICOS

Tabla 2-35 Datos válidos para la investigación para el concreto con relación a/c 0.62.

DATOS SIN VALORES ATÍPICOS				
MUESTRA	GRUPO CONTROL	T1	T2	T3
1	248.92	174.09	133.19	72.20
2	250.90	172.90	130.95	69.95
3	236.99	175.10	125.73	69.32
4	225.79	186.68	128.40	70.57
5	230.25	189.64	117.26	73.37
6	243.64	178.36	119.50	71.13
PROMEDIO	239.41	179.46	125.84	71.09
VARIANZA	103.11	49.55	40.09	2.22
DESVIACION ESTANDAR	10.15	7.04	6.33	1.49

Fuente: Elaboración propia

E. ANALISIS DE VARIANZAS

Tabla 2-36 Cálculo de parámetros para ANOVA en el DCA para el concreto con relación a/c 0.62.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS SIN VALORES ATÍPICOS					
GRUPO CONTROL	T1	T2	T3	OPERACIONES BASICAS	
248.92	174.09	133.19	72.20	k =	4
250.90	172.90	130.95	69.95	n =	6
236.99	175.10	125.73	69.32	N =	24
225.79	186.68	128.40	70.57	$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 Y_{ij}^2 =$	663456.78
230.25	189.64	117.26	73.37		
243.64	178.36	119.50	71.13	$Y_{..} =$	3694.81
				$\bar{Y}_{..} =$	153.95
1436.5	1076.8	755.0	426.5	$Y_{i.} = \sum_{j=1}^{nt} Y_{ij}$	
239.4	179.5	125.8	71.1	$\bar{Y}_{i.} = \frac{\sum_{j=1}^{ni} Y_{ij}}{ni}$	
85.5	25.5	-28.1	-82.9	$\hat{\tau}_i = \bar{Y}_{i.} - Y_{..}$	

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- Y_i : suma de las observaciones del tratamiento i
- \bar{Y}_i : media de las observaciones del i-esimo tratamiento
- $Y_{..}$: suma total de las $N=n_1+n_2+\dots+n_k$ mediciones
- $\bar{Y}_{..}$: media global o promedio de todas las observaciones
- $\hat{\tau}_i$: efecto del tratamiento i sobre la variable de respuesta

Tabla 2-37 Cálculos manuales para ANOVA para el concreto con relación a/c 0.62.

DESCRIPCION	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
suma total de cuadrados	SCT	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	94640.30
suma de cuadrados de tratamientos	SCTRAT	$\sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$	93665.44
suma de cuadrados del error	SCE	SCT - SCTRAT	974.86
cuadrado medios de los tratamientos	CMTRAT	SCTRAT/(K-1)	31221.81
cuadrado medios del error	CME	SCE/(N-K)	48.74
Estadístico de prueba	F0	CMTRAT/CME	640.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-38 ANOVA para el concreto con relación a/c 0.62 a altas temperaturas.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F0	Valor - p
Tratamiento	93665.44	3	31221.81	640.54	4.9528E-20
Error Aleatorio	974.86	20	48.74		
Total	94640.30	23			

Fuente: Elaboración propia

F. VERIFICACION DE SUPUESTOS

- SUPUESTO DE NORMALIDAD

Tabla 2-39 Cálculo de residuos y parámetros para realizar la gráfica de probabilidad normal para el concreto con relación a/c 0.62.

TRATAMIENTO	Y _{ij}	Y _{i.}	Residuo r _i	Residuo r _i	Rango i	(i-0.5)/N	Z _i
GC	248.92	239.41	9.51	-13.63	1	0.040	-1.756
	250.90		11.48	-9.16	2	0.081	-1.397
	236.99		-2.42	-8.58	3	0.123	-1.161
	225.79		-13.63	-6.56	4	0.165	-0.976
	230.25		-9.16	-6.34	5	0.206	-0.820
	243.64		4.22	-5.37	6	0.248	-0.681
T1	174.09	179.46	-5.37	-4.36	7	0.290	-0.555
	172.90		-6.56	-2.42	8	0.331	-0.436
	175.10		-4.36	-1.77	9	0.373	-0.324
	186.68		7.22	-1.14	10	0.415	-0.216
	189.64		10.18	-1.10	11	0.456	-0.110
	178.36		-1.10	-0.52	12	0.498	-0.005
T2	133.19	125.84	7.35	-0.11	13	0.540	0.099
	130.95		5.11	0.04	14	0.581	0.205
	125.73		-0.11	1.11	15	0.623	0.313
	128.40		2.57	2.28	16	0.665	0.425
	117.26		-8.58	2.57	17	0.706	0.542
	119.50		-6.34	4.22	18	0.748	0.668
T3	72.20	71.09	1.11	5.11	19	0.790	0.805
	69.95		-1.14	7.22	20	0.831	0.959
	69.32		-1.77	7.35	21	0.873	1.140
	70.57		-0.52	9.51	22	0.915	1.370
	73.37		2.28	10.18	23	0.956	1.709
	71.13		0.04	11.48	24	0.998	2.865

Fuente: Elaboración propia

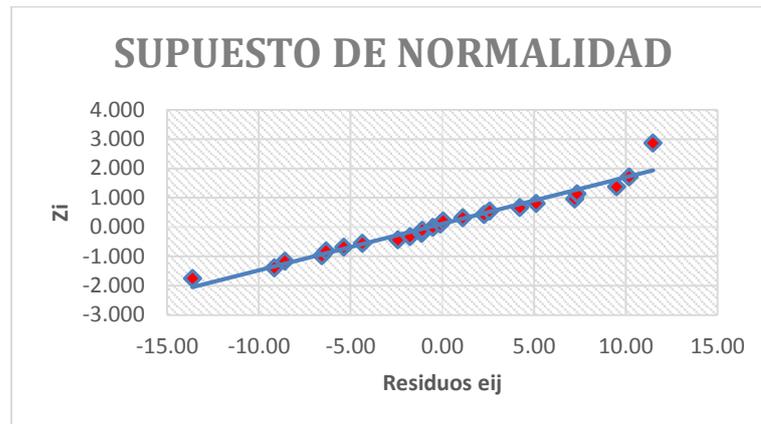


Gráfico 2-9 Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto con relación a/c 0.62.

Fuente: Elaboración propia

• SUPUESTO DE VARIANZA CONSTANTE

Tabla 2-40 Predichos y residuos para gráfico de varianza constante para el concreto con relación a/c 0.62.

GRUPOS ENSAYADAS	PREDICHO	RESIDUOS
GRUPO CONTROL	239.41	9.51
	239.41	11.48
	239.41	-2.42
	239.41	-13.63
	239.41	-9.16
	239.41	4.22
T1	179.46	-5.37
	179.46	-6.56
	179.46	-4.36
	179.46	7.22
	179.46	10.18
	179.46	-1.10
T2	125.84	7.35
	125.84	5.11
	125.84	-0.11
	125.84	2.57
	125.84	-8.58
	125.84	-6.34
T3	71.09	1.11
	71.09	-1.14
	71.09	-1.77
	71.09	-0.52
	71.09	2.28
	71.09	0.04

Fuente: Elaboración propia

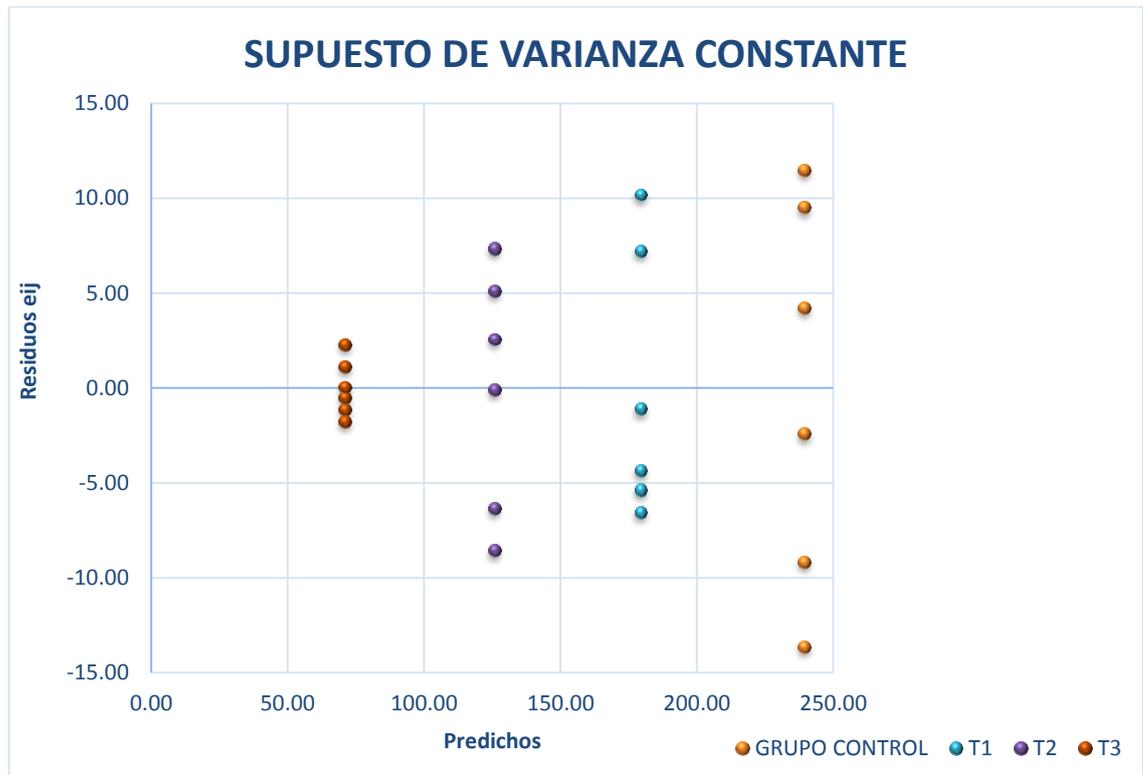


Gráfico 2-10 Gráfico de varianza constante para el concreto con relación a/c 0.62.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-41 Método analítico de Bartlett para el concreto con relación a/c 0.62.

TRATAMIENTO	Si2	ni-1	(ni-1) Si2	(ni-1) log (Si2)
GC	103.11	5	515.54	10.066
T1	49.55	5	247.76	8.475
T2	40.09	5	200.43	8.015
T3	2.22	5	11.12	1.737
Suma			974.86	28.293
Sp2			48.74	c = 1.083
q =			5.465	Xo2 = 11.616
Xo2 (critico)=				9.49
Se Rechaza la Hipótesis nula				

Fuente: Elaboración propia

• SUPUESTO DE INDEPENDENCIA

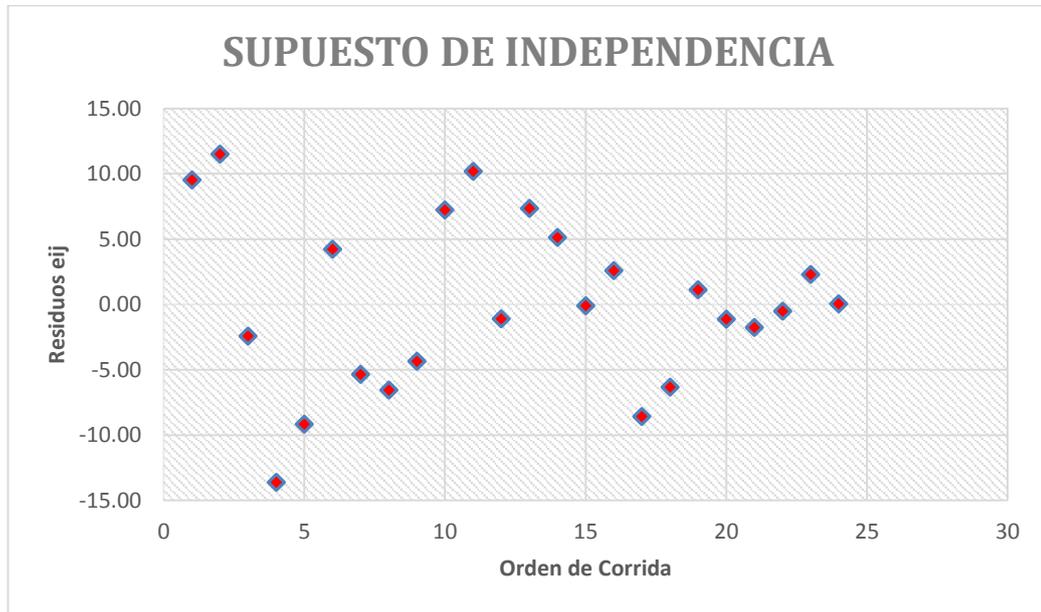


Gráfico 2-11 Gráfico de supuesto de independencia para el concreto con relación a/c 0.62.

Fuente: Elaboración propia

G. COMPARACION DE TRATAMIENTOS CON UN CONTROL (METODO DE DUNNET)

Tabla 2-42 Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para el concreto con relación a/c 0.62.

Yk.	Yc.	Yi.-Yk.I	LSD	Decisión
179.5	239.4	60.0	10.24	significativo
125.8		113.6		significativo
71.1		168.3		significativo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-43 Valores para el grafico de medias para el concreto con relación a/c 0.62.

Tratamiento	MINIMO	MAXIMO	MEDIA
GC	245.37	233.46	239.4
T1	185.42	173.50	179.5
T2	131.80	119.88	125.8
T3	77.05	65.13	71.1

Fuente: Elaboración propia.

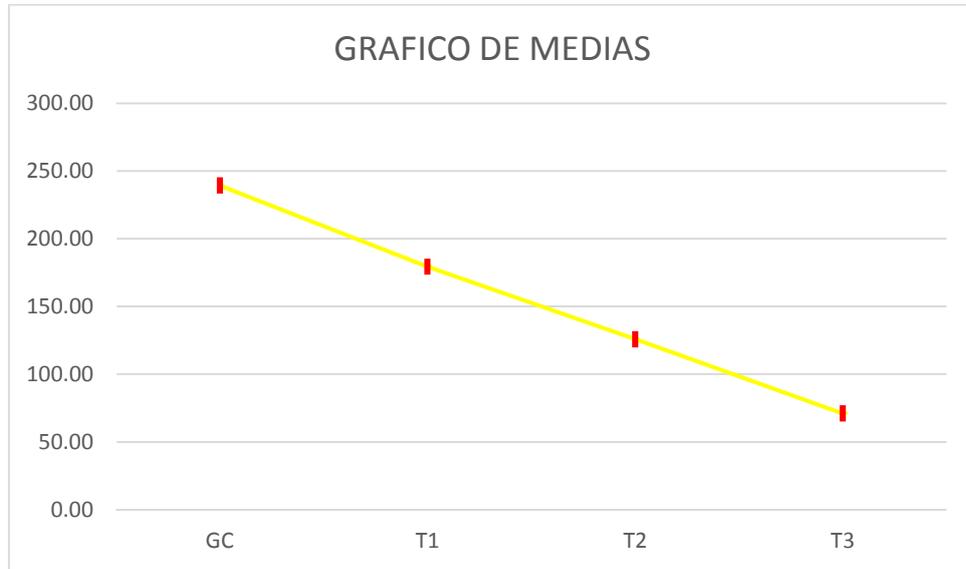


Gráfico 2-12 Gráfico de medias para el concreto con relación a/c 0.62.

Fuente: Elaboración propia

2.9 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL MODULO DE ELASTICIDAD

2.9.1 RESULTADOS PARA CONCRETO DE RELACION a/c=0.62.

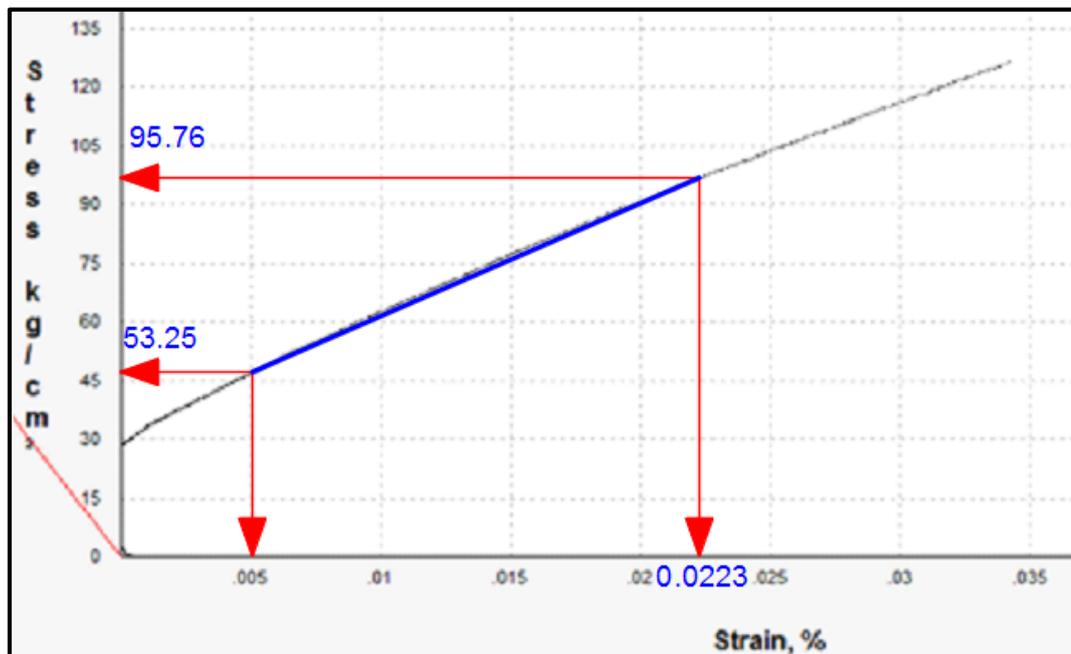


Gráfico 2-13 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra GC-2.

Fuente: Elaboración propia.

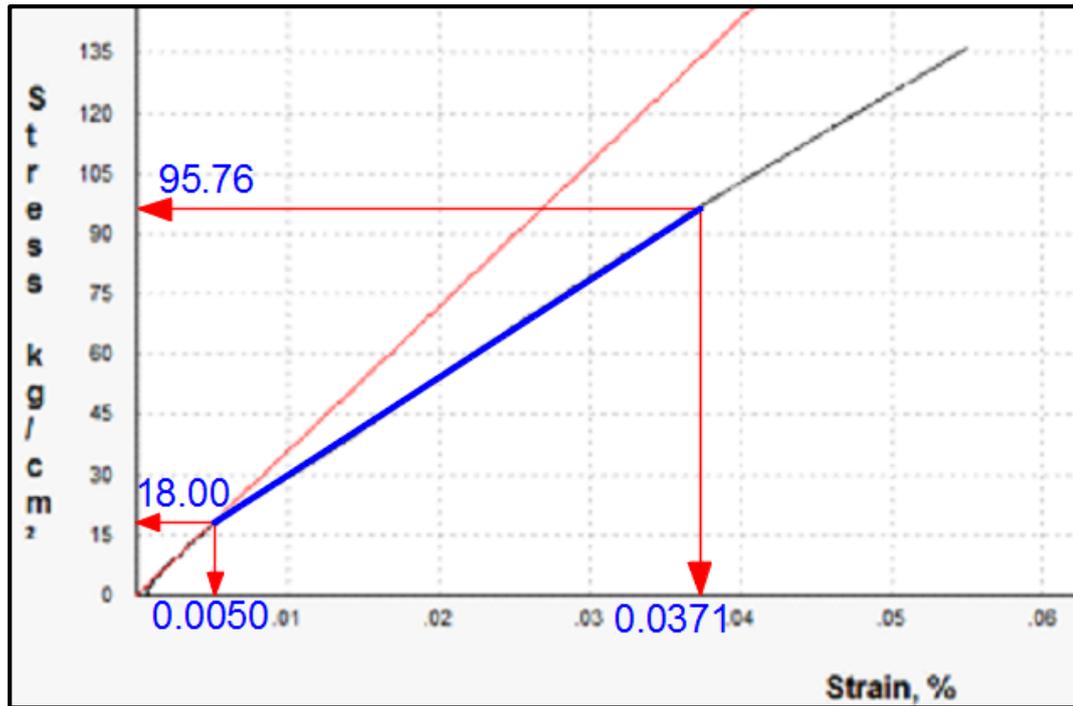


Gráfico 2-14 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra GC-3.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 2-15 Curva de módulo elástico para el grupo T1 concreto de relación a/c=0.62 de la muestra T1-1.
Fuente: Elaboración propia.

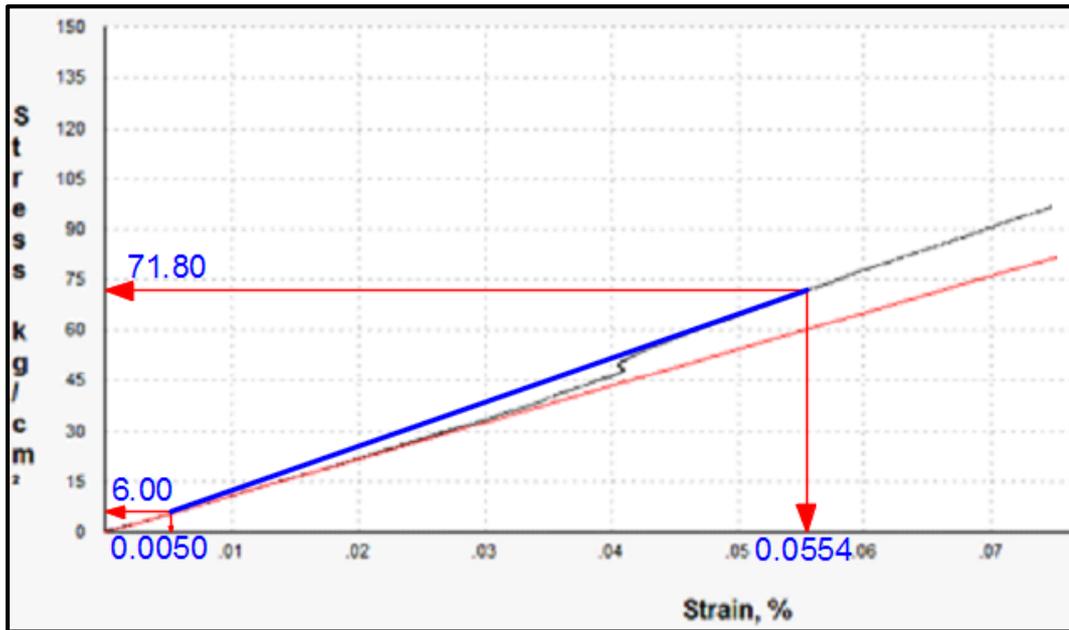


Gráfico 2-16 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación $a/c=0.62$ de la muestra T1-3.

Fuente: Elaboración propia.

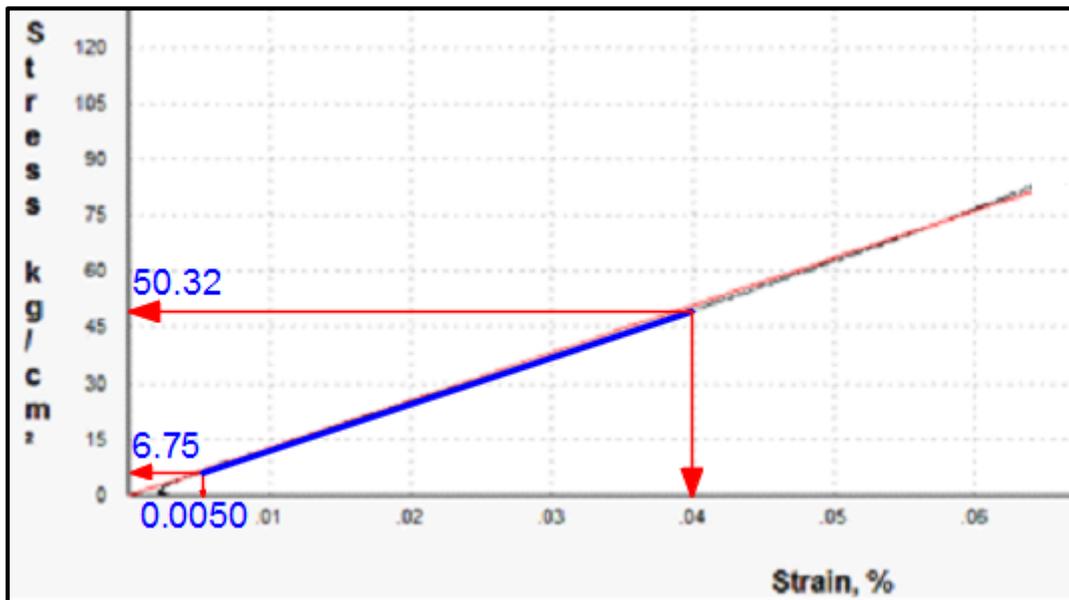


Gráfico 2-17 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación $a/c=0.62$ de la muestra T2-1.

Fuente: Elaboración propia.

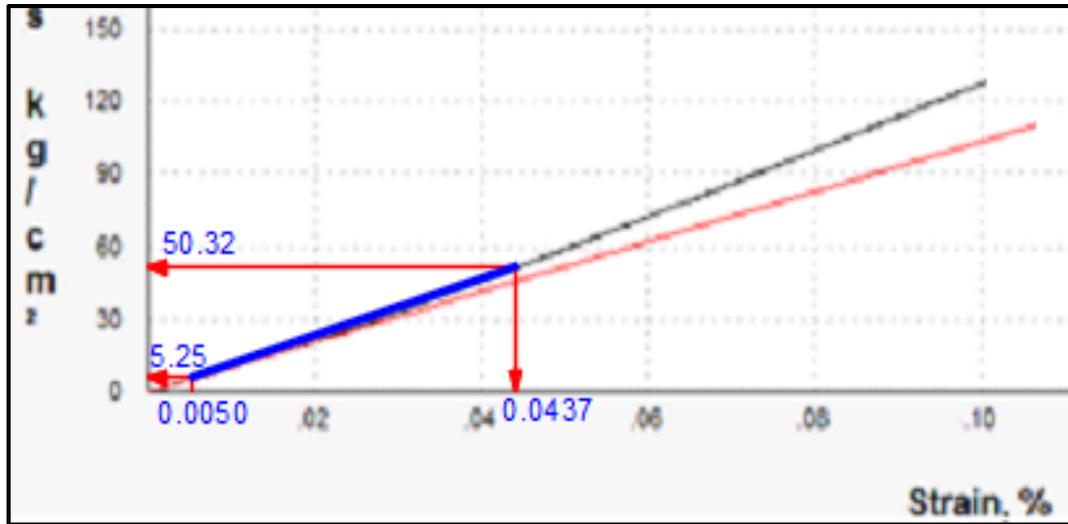


Gráfico 2-18 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra T2-2.
Fuente: Elaboración propia.

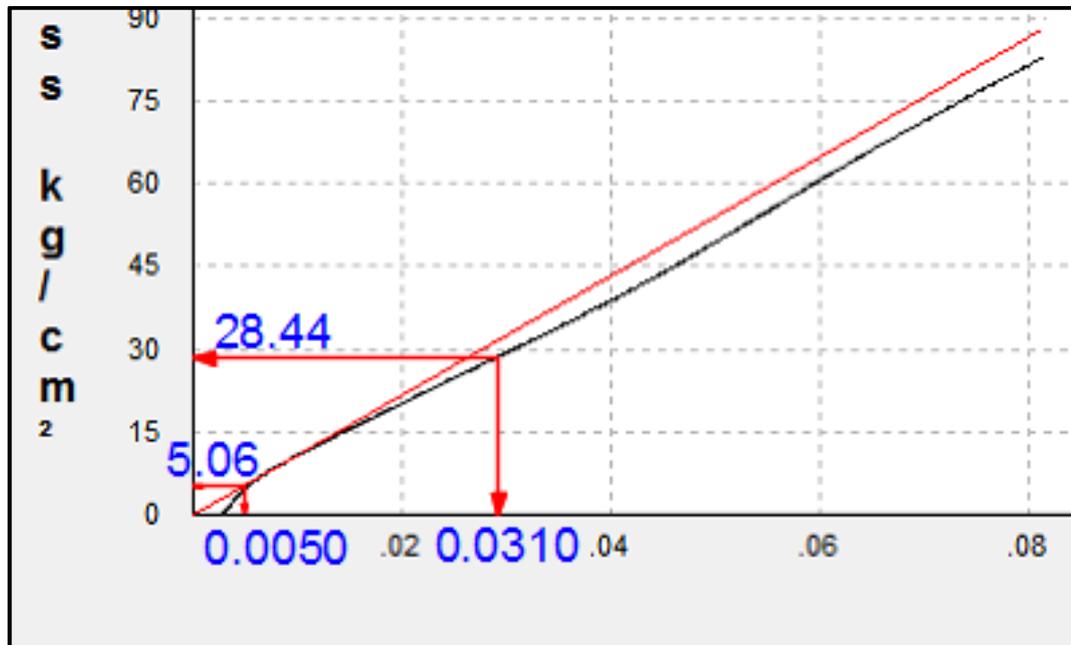


Gráfico 2-19 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra T3-1.
Fuente: Elaboración propia.

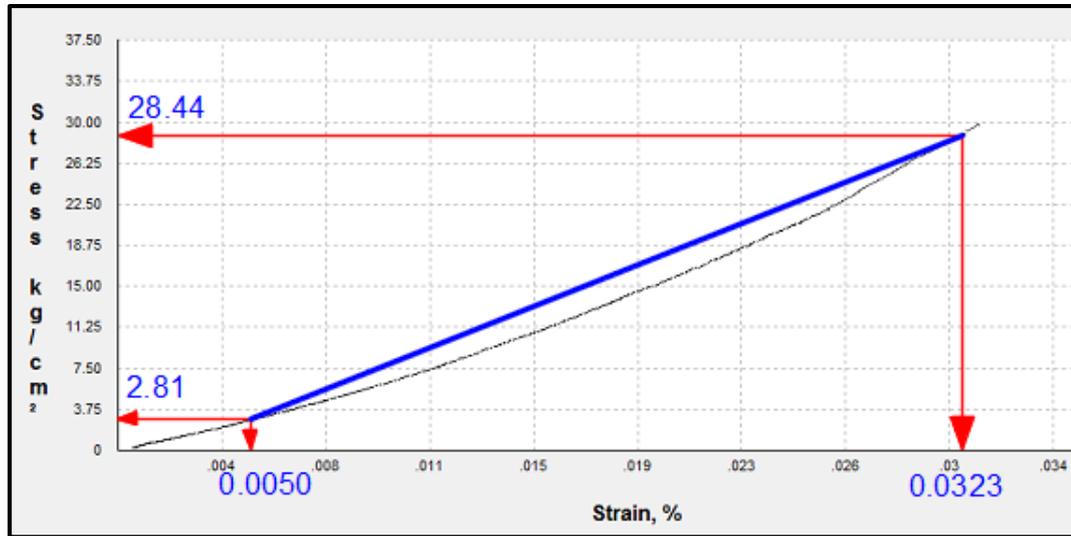


Gráfico 2-20 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación a/c=0.62 de la muestra T3-2.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-44 Modulo elástico calculado del concreto de relación a/c=0.62.

RELACION a/c	TRATAMIENTO	MUESTRA	S1 (kg/cm2)	S2 (kg/cm2)	e2	MODULO ELASTICO (kg/cm2)
0.62	GC	GC-1		95.76	FALLO ENSAYO	
		GC-2	53.25		0.000223	245722.543
		GC-3	18.00		0.000371	242242.991
	T1	T1-1	10.50	71.80	0.00036	197741.935
		T1-2			FALLO ENSAYO	
		T1-3	6.00		0.000554	130555.556
	T2	T2-1	6.75	50.32	0.0004	124485.714
		T2-2	5.25		0.000437	116459.948
		T2-3			FALLO ENSAYO	
	T3	T3-1	2.81	28.44	0.000323	93882.7839
		T3-2	5.06		0.00031	89923.0769
		T3-3			FALLO ENSAYO	

Fuente: Elaboración propia.

2.9.2 RESULTADOS PARA CONCRETO DE RELACION $a/c=0.55$.

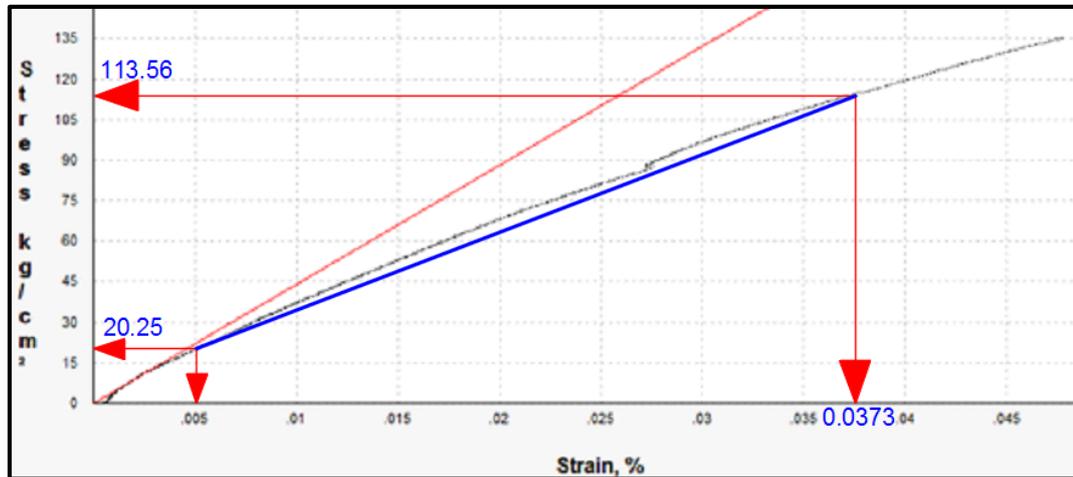


Gráfico 2-21 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra GC-1.
Fuente: Elaboración propia.

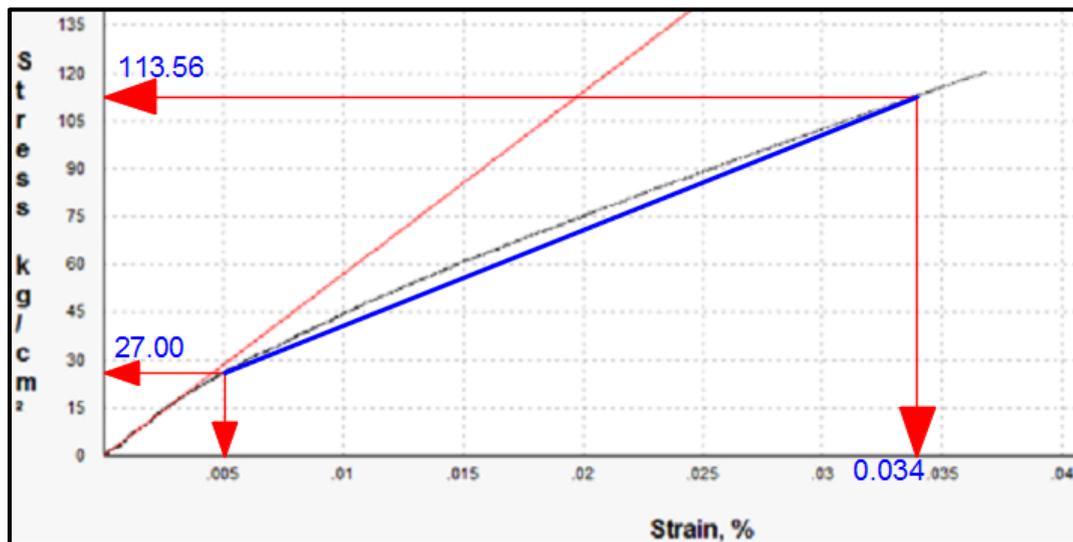


Gráfico 2-22 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación $a/c=0.55$ de la muestra GC-3.
Fuente: Elaboración propia.

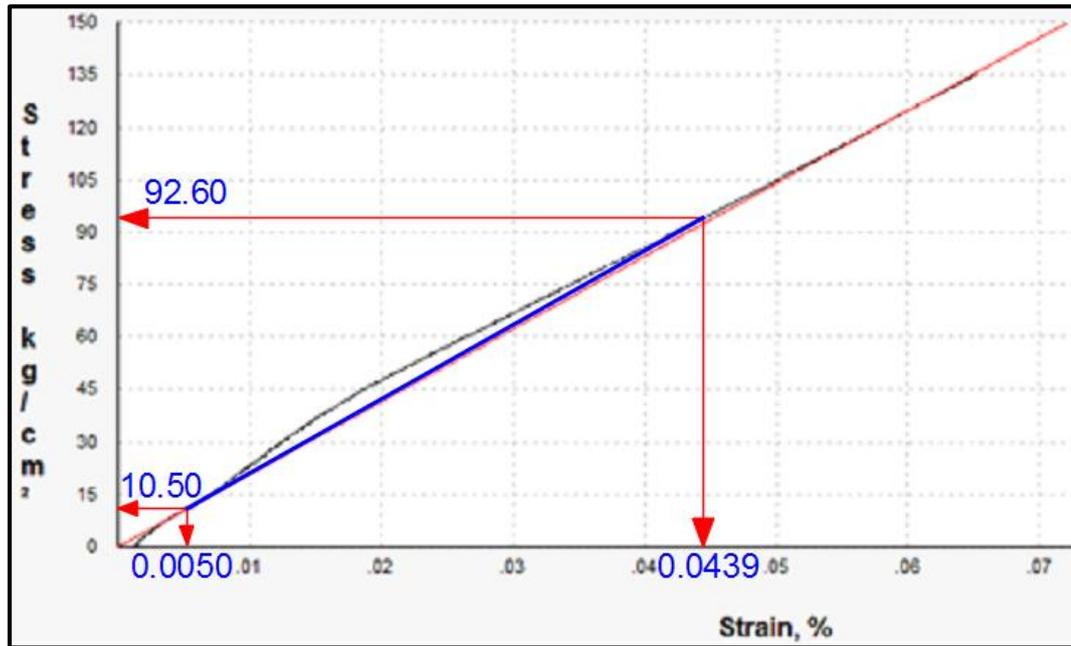


Gráfico 2-23 Curva de módulo elástico para el grupo T1 del concreto de relación a/c=0.55 de la muestra T1-1.
Fuente: Elaboración propia.

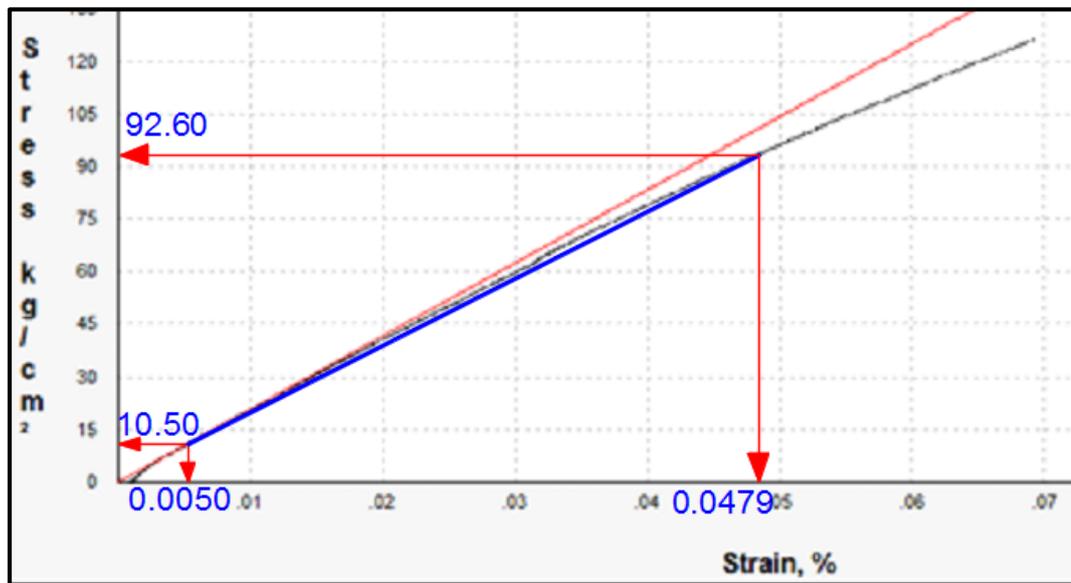


Gráfico 2-24 Curva de módulo elástico para el grupo T1 del concreto de relación a/c=0.55 de la muestra T1-2.
Fuente: Elaboración propia.

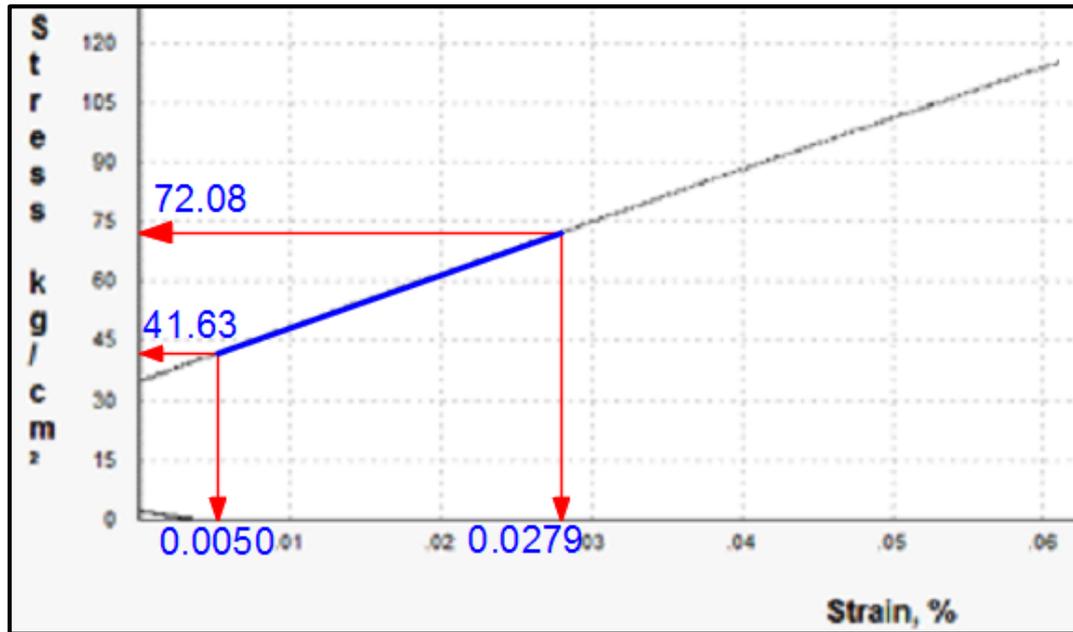


Gráfico 2-25 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación a/c=0.55 de la muestra T2-1.

Fuente: Elaboración propia.

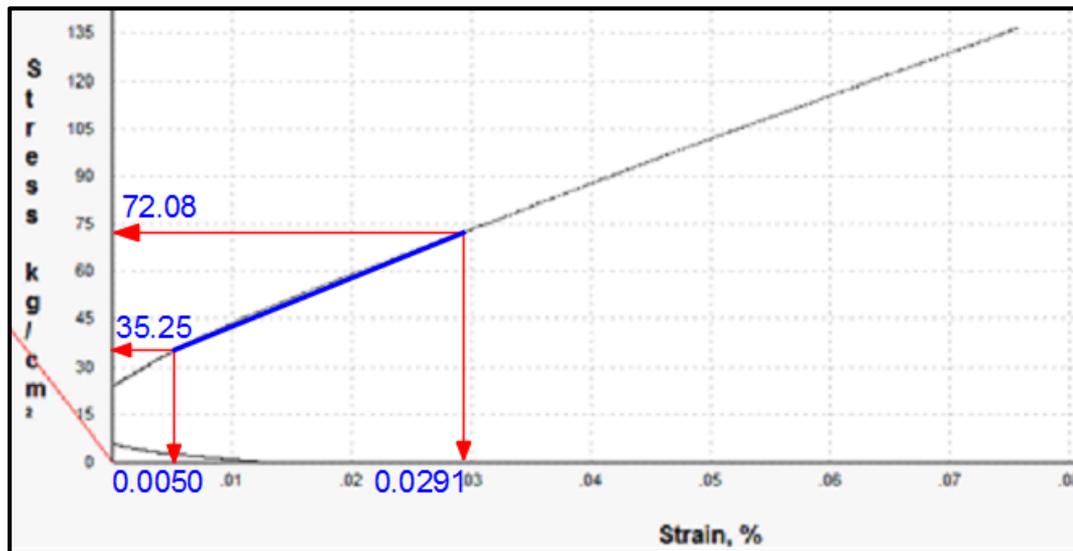


Gráfico 2-26 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación a/c=0.55 de la muestra T1-2.

Fuente: Elaboración propia.

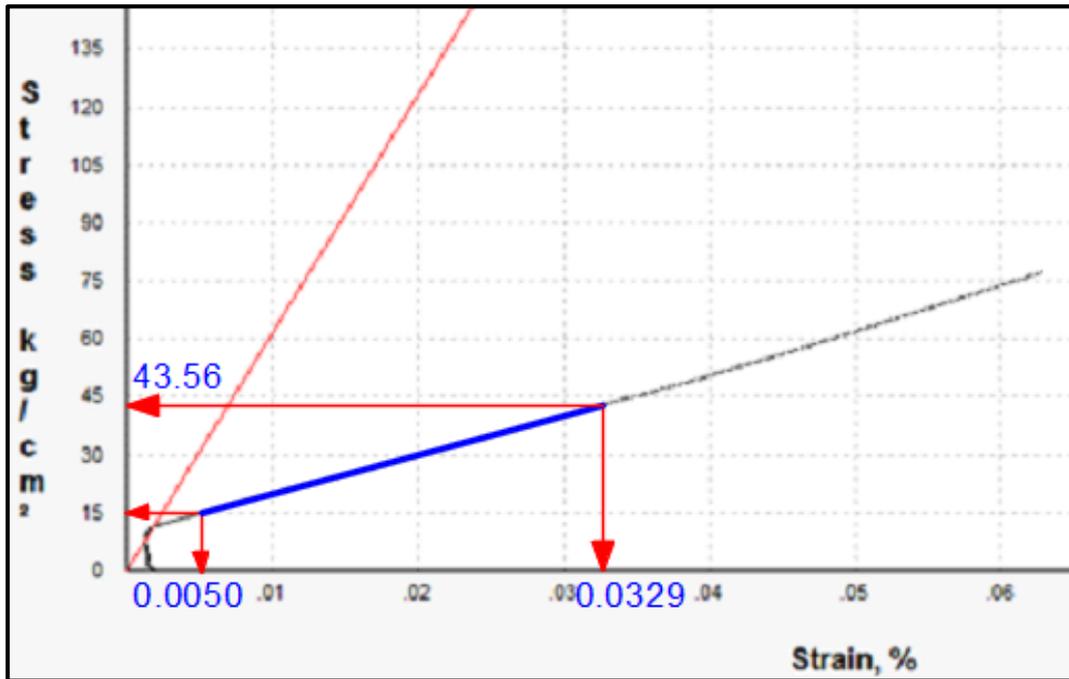


Gráfico 2-27 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación a/c=0.55 de la muestra T3-1.
Fuente: Elaboración propia.

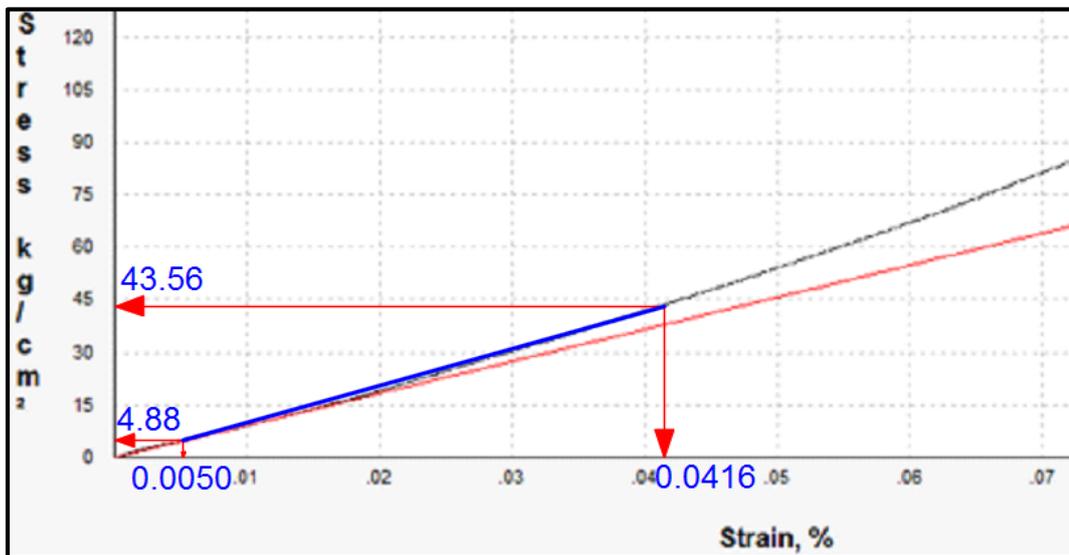


Gráfico 2-28 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación a/c=0.55 de la muestra T3-2.
Fuente: Elaboración propia.

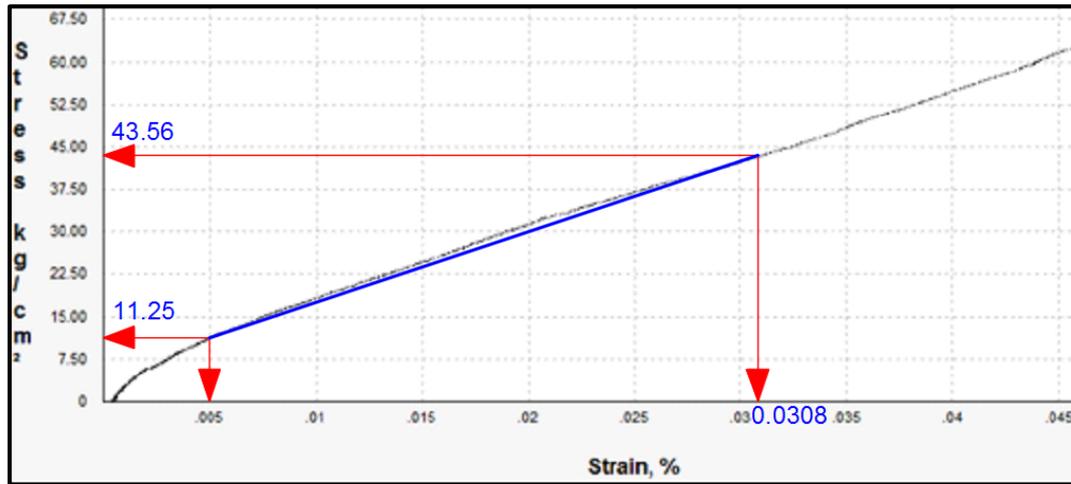


Gráfico 2-29 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación a/c=0.55 de la muestra T3-3.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-45 Modulo elástico calculado del concreto de relación a/c=0.55.

RELACION A/C	TRATAMIENTO	MUESTRA	S1 (kg/cm ²)	S2 (kg/cm ²)	e2	MODULO ELASTICO (kg/cm ²)
0.55	GC	GC-1	20.25	113.56	0.000373	288885.449
		GC-3	27.00		0.00034	298482.759
		GC-4			FALLO ENSAYO	
	T1	T1-1	10.50	92.60	0.000439	211053.985
		T1-2	10.50		0.000442	209438.776
		T1-3			FALLO ENSAYO	
	T2	T2-1	15.00	72.08	0.000413	157245.179
		T2-2	35.25		0.000291	152821.577
		T2-3			FALLO ENSAYO	
	T3	T3-1	15.00	43.56	0.000329	102365.591
		T3-2	4.88		0.000416	105683.06
		T3-3	11.25		0.000308	125232.558

Fuente: Elaboración propia.

2.9.3 RESULTADOS PARA CONCRETO DE RELACION $a/c=0.45$.

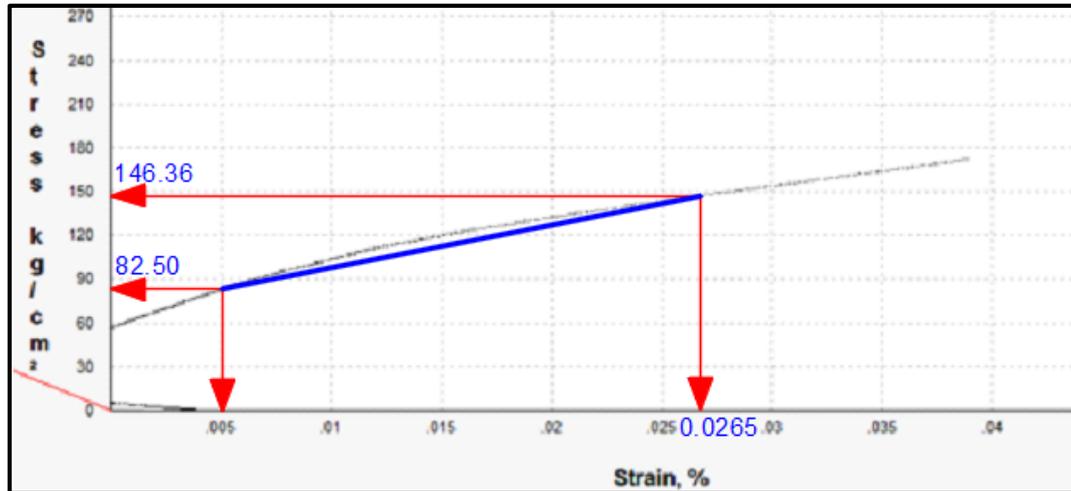


Gráfico 2-30 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra GC-1.
Fuente: Elaboración propia.

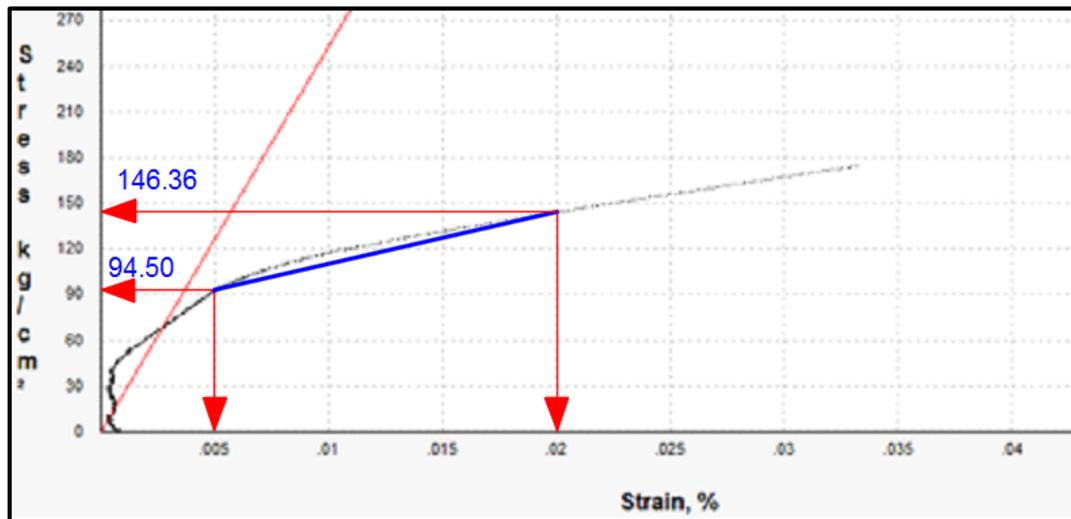


Gráfico 2-31 Curva de módulo elástico para el grupo control del concreto de relación $a/c=0.45$ de la muestra GC-2.
Fuente: Elaboración propia.

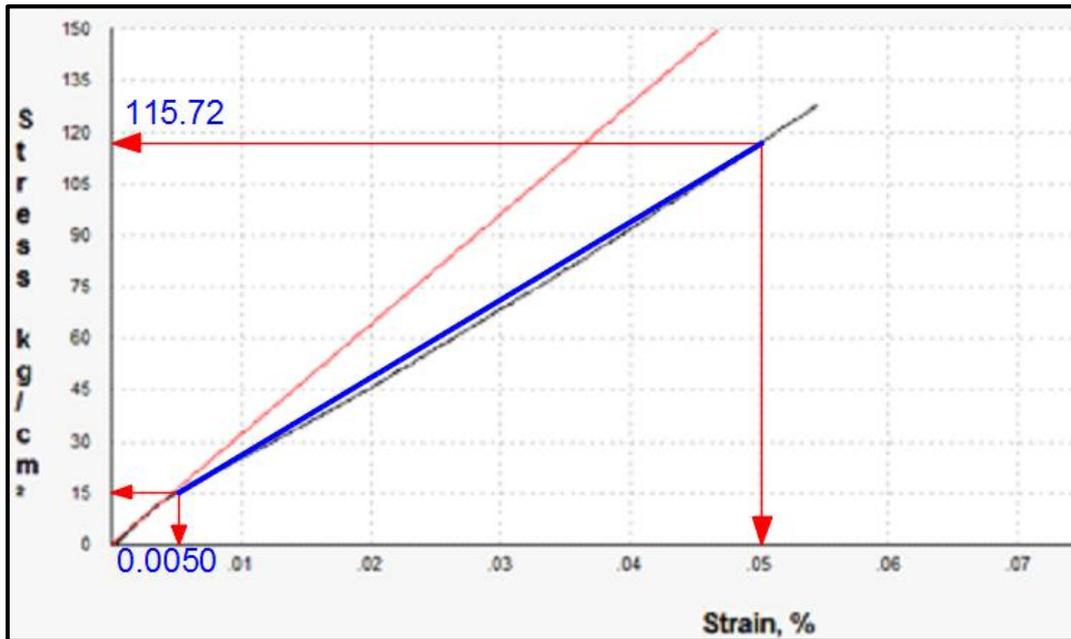


Gráfico 2-32 Curva de módulo elástico para el grupo T1 del concreto de relación a/c=0.45 de la muestra T1-1.
Fuente: Elaboración propia.

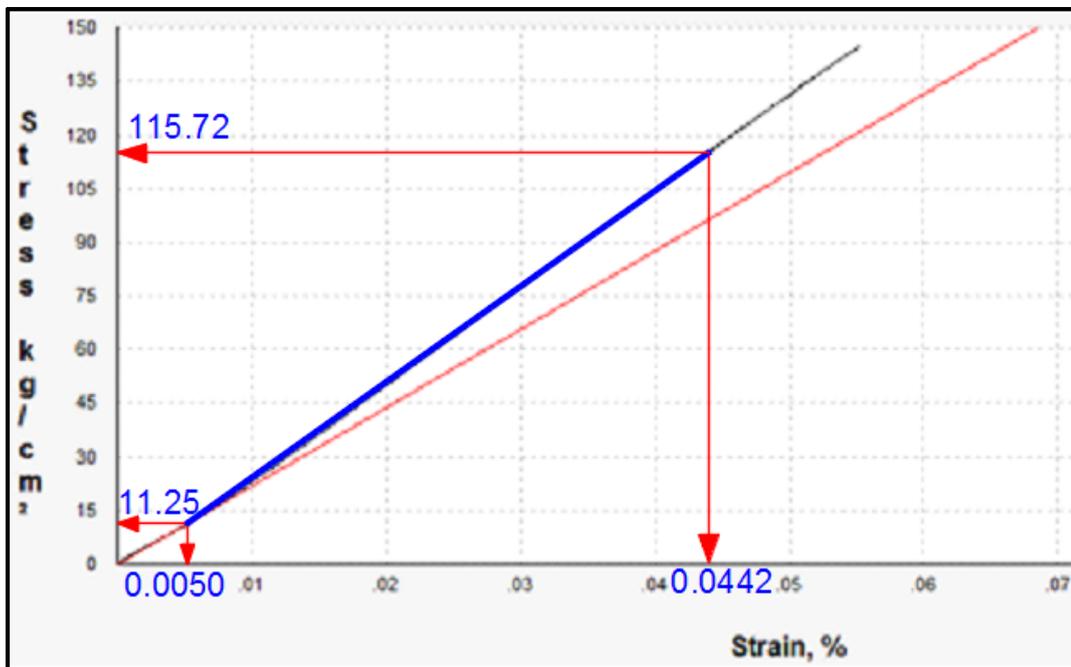


Gráfico 2-33 Curva de módulo elástico para el grupo T1 del concreto de relación a/c=0.45 de la muestra T1-2.
Fuente: Elaboración propia.

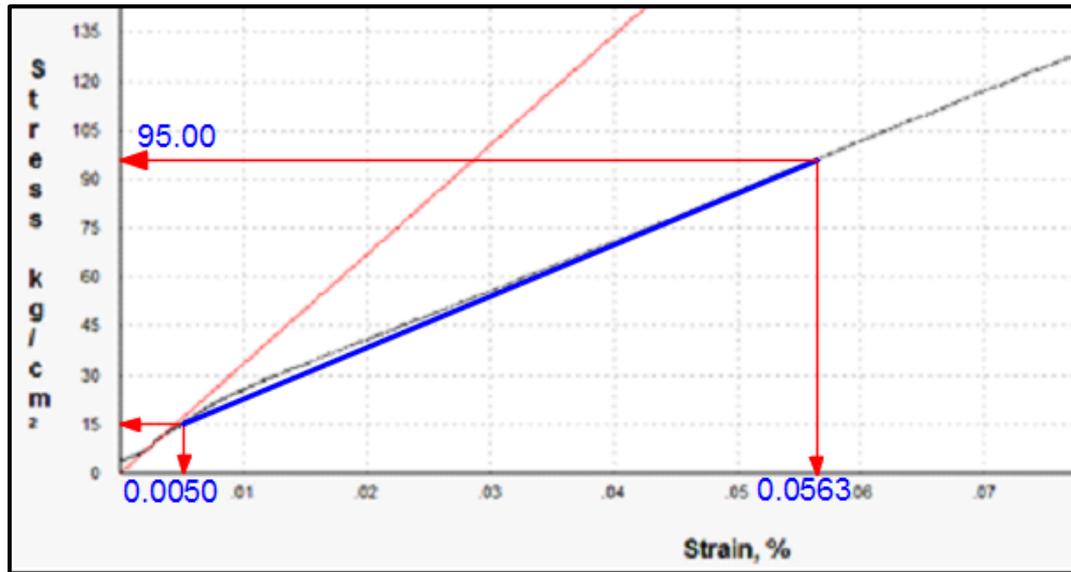


Gráfico 2-34 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación a/c=0.45 de la muestra T2-1.
Fuente: Elaboración propia.

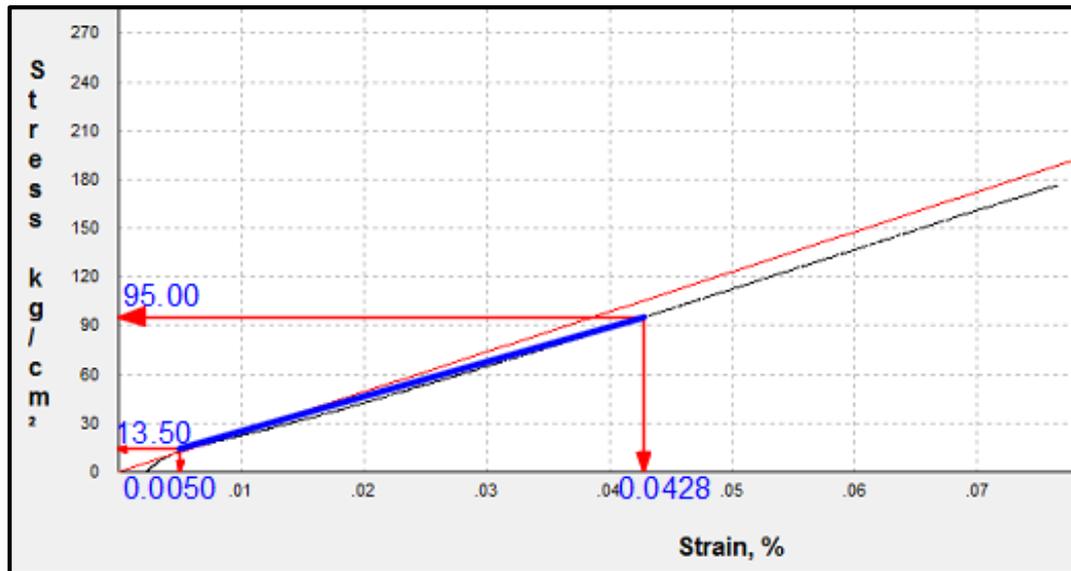


Gráfico 2-35 Curva de módulo elástico para el grupo T2 del concreto de relación a/c=0.45 de la muestra T2-2.
Fuente: Elaboración propia.

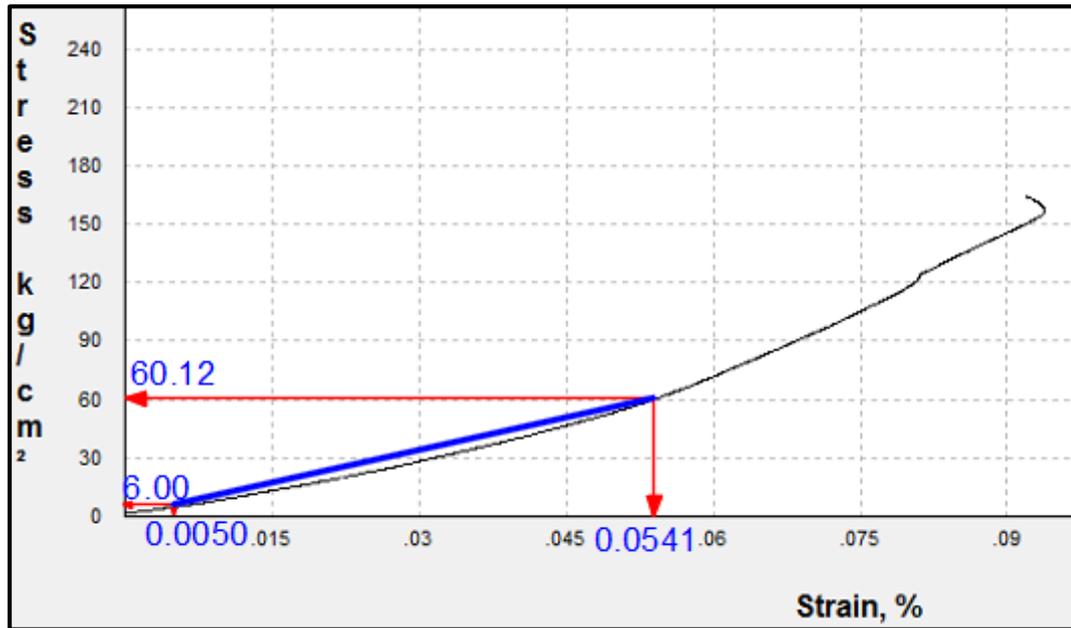


Gráfico 2-36 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación a/c=0.45 de la muestra T3-1.
Fuente: Elaboración propia.

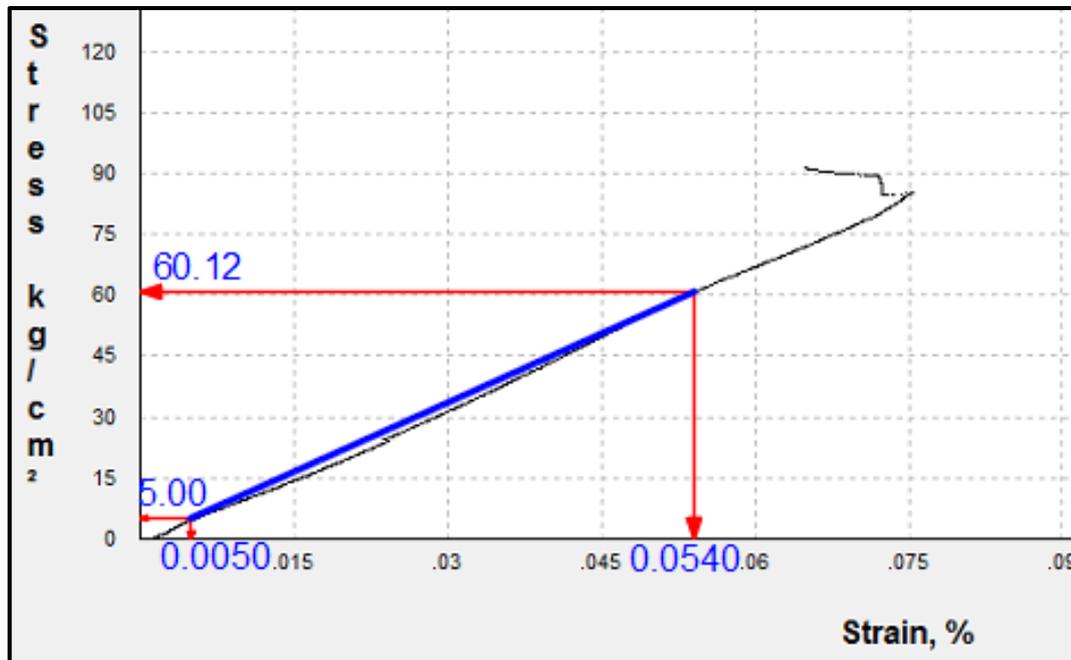


Gráfico 2-37 Curva de módulo elástico para el grupo T3 del concreto de relación a/c=0.45 de la muestra T3-2.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-46 Modulo elástico calculado del concreto de relación a/c=0.45.

RELACION a/c	TRATAMIENTO	MUESTRA	S1 (kg/cm ²)	S2 (kg/cm ²)	e2	MODULO ELASTICO (kg/cm ²)
0.45	GC	GC-1	82.50	146.36	0.000265	297023.256
		GC-2	94.50		0.0002	345733.333
		GC-3			FALLO ENSAYO	
	T1	T1-1	15.00	115.72	0.0005	223822.222
		T1-2	11.25		0.000442	266505.102
		T1-3			FALLO ENSAYO	
	T2	T2-1	15.00	95.00	0.000563	155945.419
		T2-2	13.50		0.000428	215608.466
		T2-3			FALLO ENSAYO	
	T3	T3-1	6.00	60.12	0.000541	110224.033
		T3-2	5.00		0.00054	112489.796
		T3-3			FALLO ENSAYO	

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO 3

3. DISCUSION DE RESULTADOS

3.1 INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Para contrastar la hipótesis se procesaron los datos válidos para generar la tabla de análisis de varianzas para diagramas completamente al azar. Para este método el tamaño de muestra debe ser como mínimo 5, en nuestra investigación se puede aplicar a la propiedad mecánica de resistencia a la compresión, se realizó este procedimiento para concretos diseñados de relación agua – cemento 0.62, 0.55 y 0.45.

Tabla 3-1 ANOVA para el concreto de relación a/c=0.62 a altas temperaturas.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F0	Valor - p	Fo critico
Tratamiento	93665.44	3	31221.81	640.54	4.95E-20	3.10
Error Aleatorio	974.86	20	48.74			
Total	94640.30	23				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-2 ANOVA para el concreto de relación a/c=0.55 a altas temperaturas.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F0	Valor - p	Fo critico
Tratamiento	100318.65	3	33439.55	536.24	2.87E-19	3.10
Error Aleatorio	1247.18	20	62.36			
Total	101565.83	23				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3 ANOVA para el concreto de relación a/c=045 a altas temperaturas.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F0	Valor - p	Fo crítico
Tratamiento	147672.80	3	49224.27	308.77	6.51E-17	3.10
Error Aleatorio	3188.36	20	159.42			
Total	150861.16	23				

Fuente: Elaboración propia

De las tablas 3.1, 3.2 y 3.3 se puede verificar que el estadístico de prueba $F_0 > F$ crítico y que el valor de la significancia observada valor $-p < 0.05$, estos resultados demuestran que se rechaza la hipótesis nula y valida la hipótesis alterna, esto quiere decir que el incremento de la temperatura del concreto por exposición al fuego si afecta a la resistencia a la compresión. Además, se puede observar que la suma de cuadrados por tratamientos es mayor que del error, esto demuestra que existe variabilidad de los tratamientos experimentales y el control.

En estas demostraciones se realizaron diseños de concreto con relación a/c de 0.62, 0.55 y 0.45. Se puede observar que el estadístico de prueba del concreto de relación a/c = 0.62 es mayor y del concreto de relación a/c = 0.45 es menor de los tres, esto demuestra que la afectación del incremento de temperatura por exposición al fuego es mayor para concretos de menor resistencia.

- Para comparar los tratamientos con el grupo control se utilizó el método de Dunnet, las siguientes tablas muestran la aplicación del método para nuestra investigación.

Tabla 3-4 Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para el concreto de relación a/c=0.62.

Y _k .	Y _c .	Y _i -Y _k	LSD	Decisión
179.5	239.4	60.0	10.24	significativo
125.8		113.6		significativo
71.1		168.3		significativo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-5 Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para concreto de relación a/c=0.55.

Y _k .	Y _c .	Y _i -Y _k	LSD	Decisión
231.5	283.9	52.4	11.58	significativo
180.2		103.7		significativo
108.9		175.0		significativo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-6 Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para concreto de relación a/c=0.45.

Y _k .	Y _c .	Y _i -Y _k	LSD	Decisión
289.3	365.9	76.6	18.52	significativo
237.5		128.5		significativo
150.3		215.6		significativo

Fuente: Elaboración propia.

De las tablas 3.4, 3.5 y 3.6 tenemos que en las 03 verificaciones se puede observar que $|Y_i - Y_k| > LSD$ lo que nos indica que la diferencia del grupo control con el tratamiento es significativo, además la diferencia se va incrementando hasta el tercer tratamiento. De esto se concluye que el incremento de temperatura por exposición al fuego del concreto disminuye la resistencia a la compresión.

- Para asegurar la validez de los resultados obtenidos del análisis de varianzas, se debe verificar que cumplan los supuestos de normalidad, varianza constante e independencia. En los siguientes gráficos se muestra los 3 supuestos para todos los diseños de concreto que se realizaron.

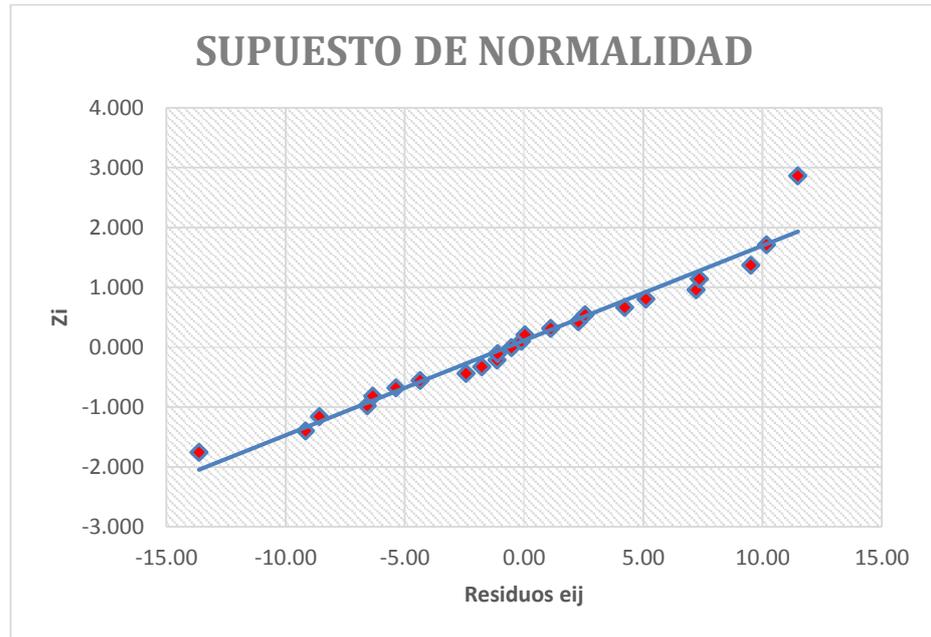


Gráfico 3-1 Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto de relación $a/c=0.62$.
Fuente: Elaboración propia

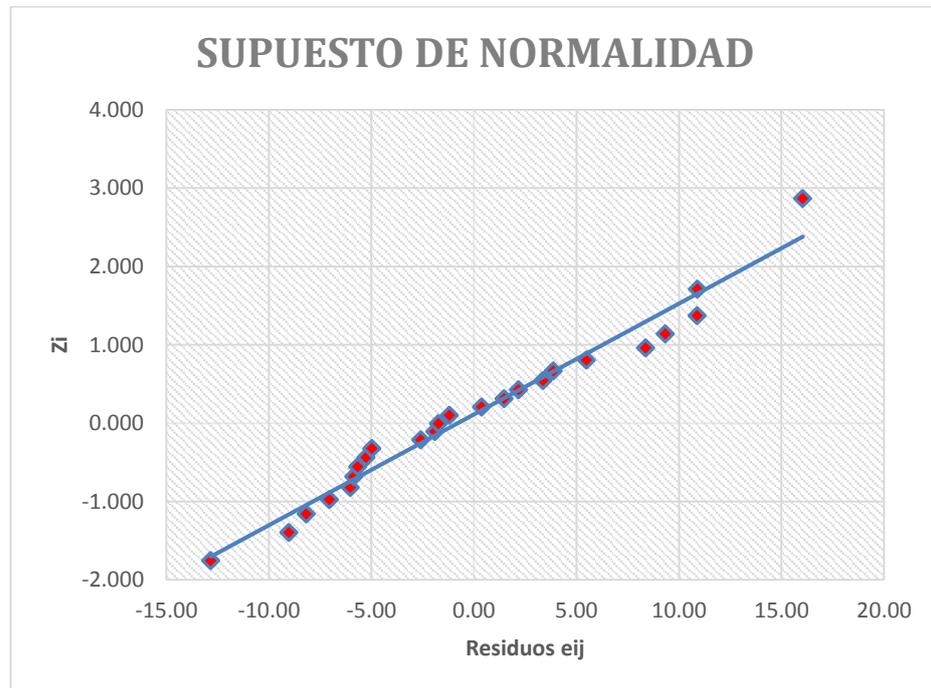


Gráfico 3-2 Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto de relación $a/c=0.55$.
Fuente: Elaboración propia

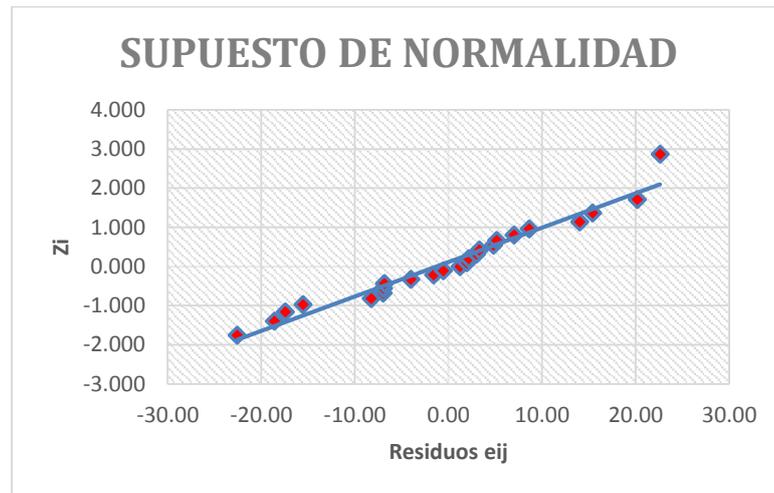


Gráfico 3-3 Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto de relación $a/c=0.45$.

Fuente: Elaboración propia

De los gráficos 3.1, 3.2 y 3.3 se puede observar que los residuos en su mayoría se ajustan a la recta lo que nos indica que siguen una distribución normal y que el supuesto de normalidad si se cumple. Este método no indica que el ajuste de los puntos debe ser perfecto ya que tiene un margen de resistir pequeñas y moderadas desviaciones.

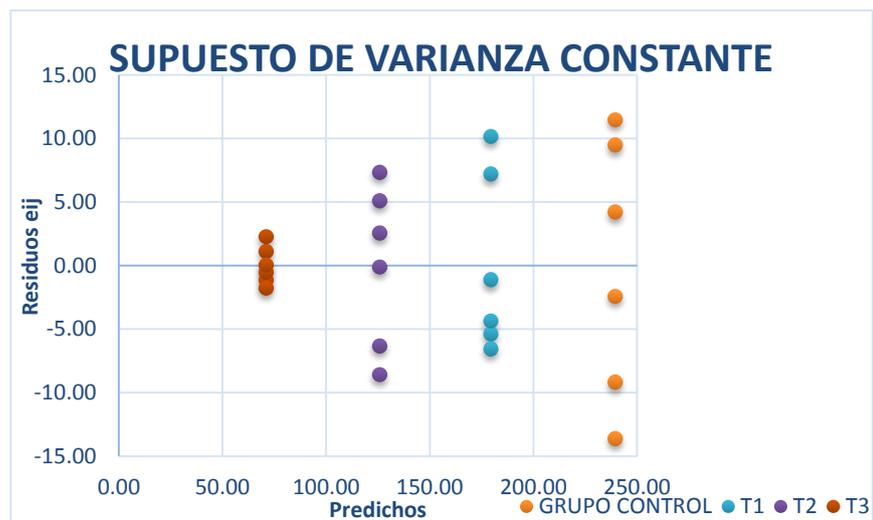


Gráfico 3-4 Gráfico de varianza constante para el concreto de relación $a/c=0.62$.

Fuente: Elaboración propia

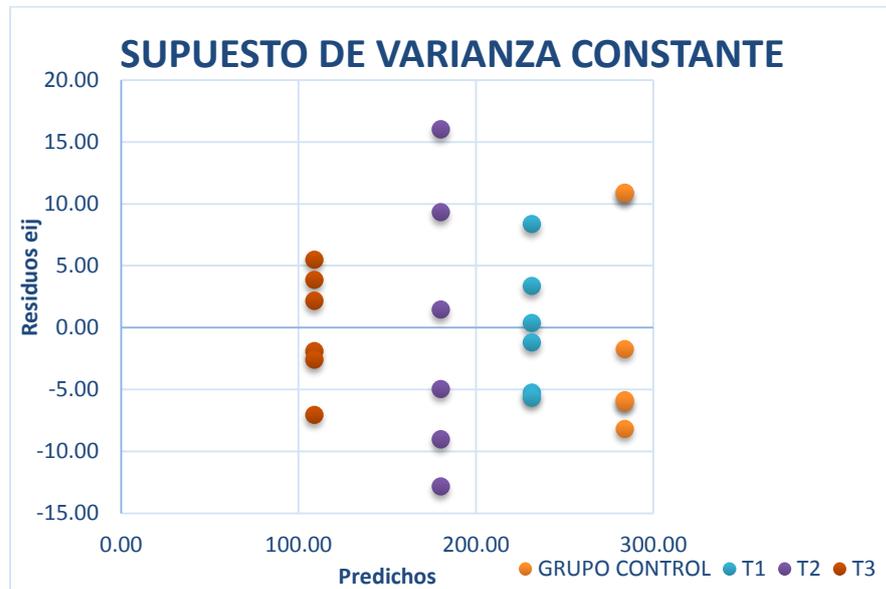


Gráfico 3-5 Gráfico de varianza constante para el concreto de relación a/c=0.55.
Fuente: Elaboración propia

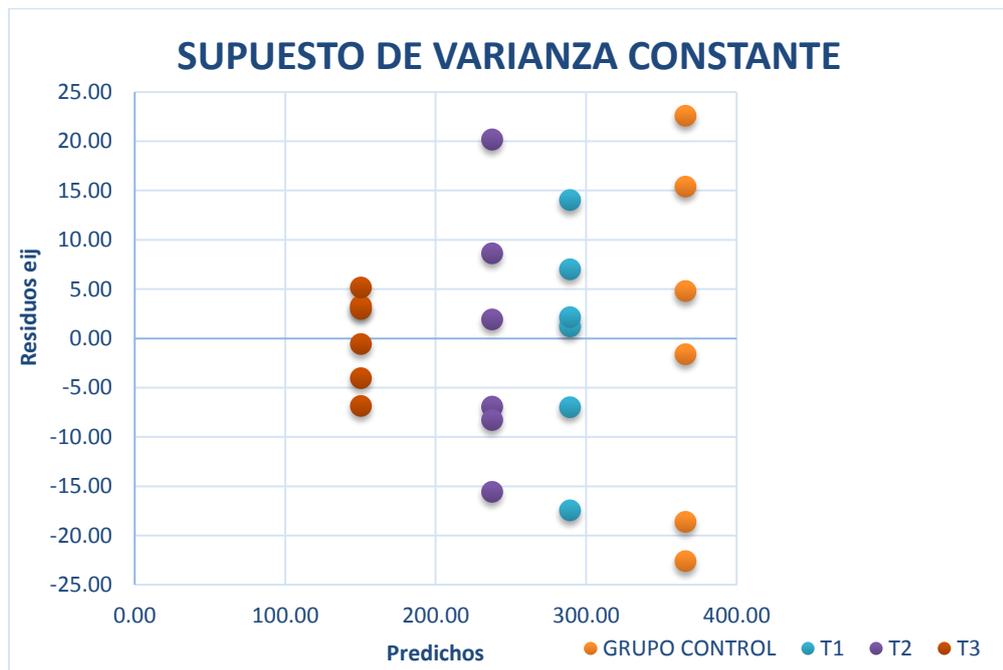


Gráfico 3-6 Gráfico de varianza constante para el concreto de relación a/c=0.45.
Fuente: Elaboración propia

De los gráficos 3.4, 3.5 y 3.6 se puede ver que las gráficas no tienen una forma definida, esto quiere decir que se cumple el supuesto de varianza constante.

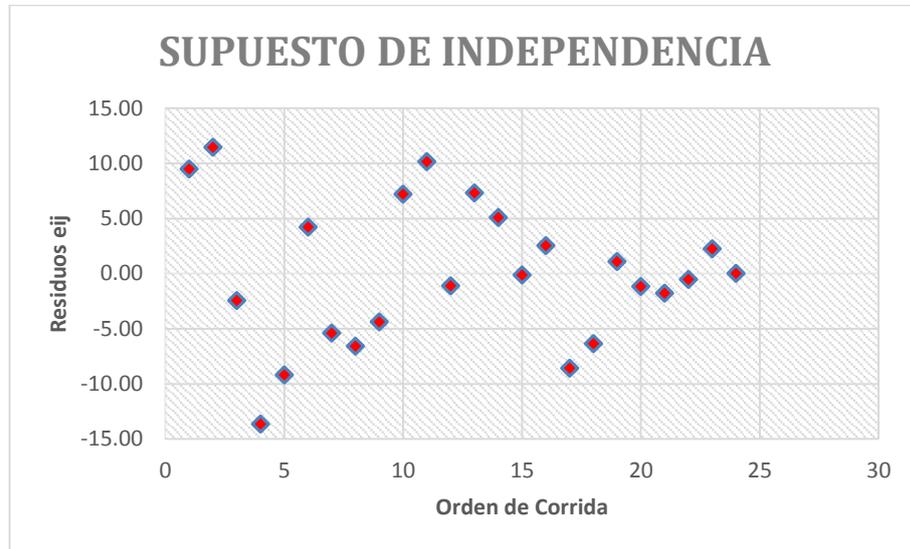


Gráfico 3-7 Gráfico de supuesto de independencia para el concreto de relación $a/c=0.62$.
Fuente: Elaboración propia

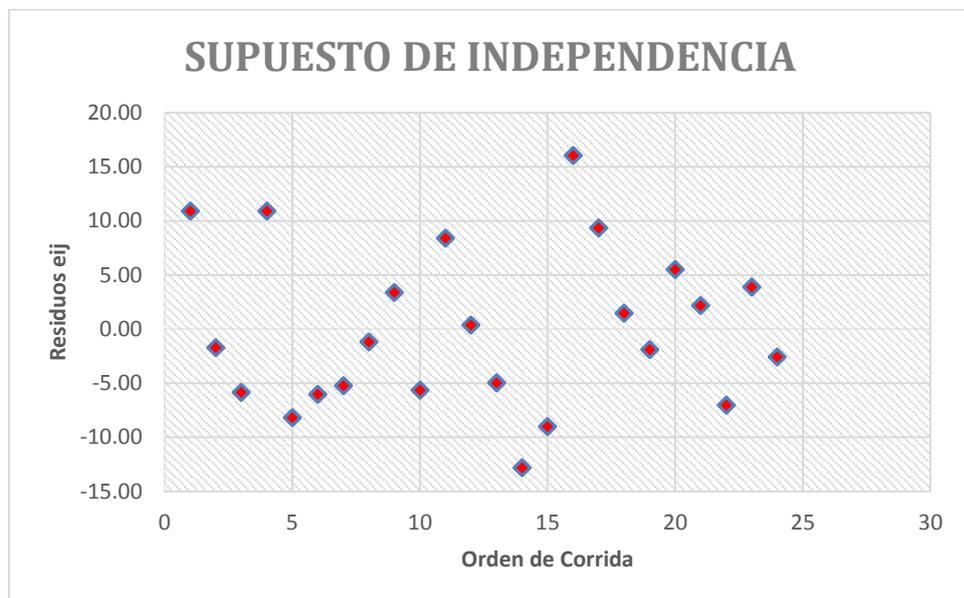


Gráfico 3-8 Gráfico de supuesto de independencia para el concreto de relación $a/c=0.55$.
Fuente: Elaboración propia

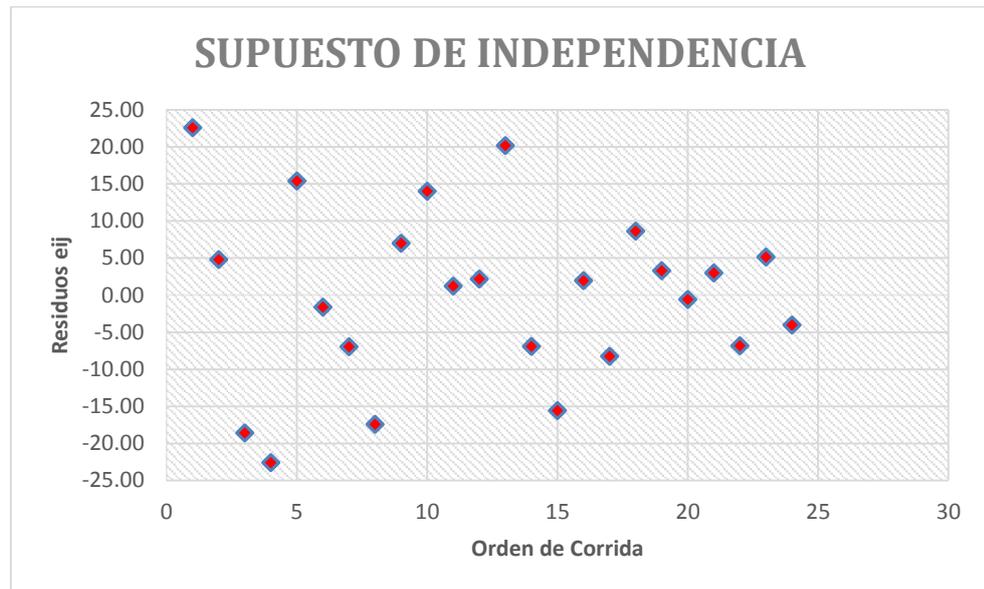


Gráfico 3-9 Gráfico de supuesto de independencia para el concreto de relación a/c=0.45.
Fuente: Elaboración propia

De las figuras 3.7, 3.8 y 3.9 se observa que los datos se distribuyen de manera aleatoria dentro de una banda horizontal porque no tienen una forma definida, esto nos quiere decir que los datos son independientes y que el supuesto si se cumple.

- En el gráfico 3-10 se puede observar que la disminución de la resistencia a la compresión de los tres concretos es similar, pero si revisamos con resultados numéricos porcentuales se puede verificar que el concreto de mayor relación agua- cemento 0.62 pierde más resistencia que los concretos de mayor relación agua – cemento (0.55 y 0.45).

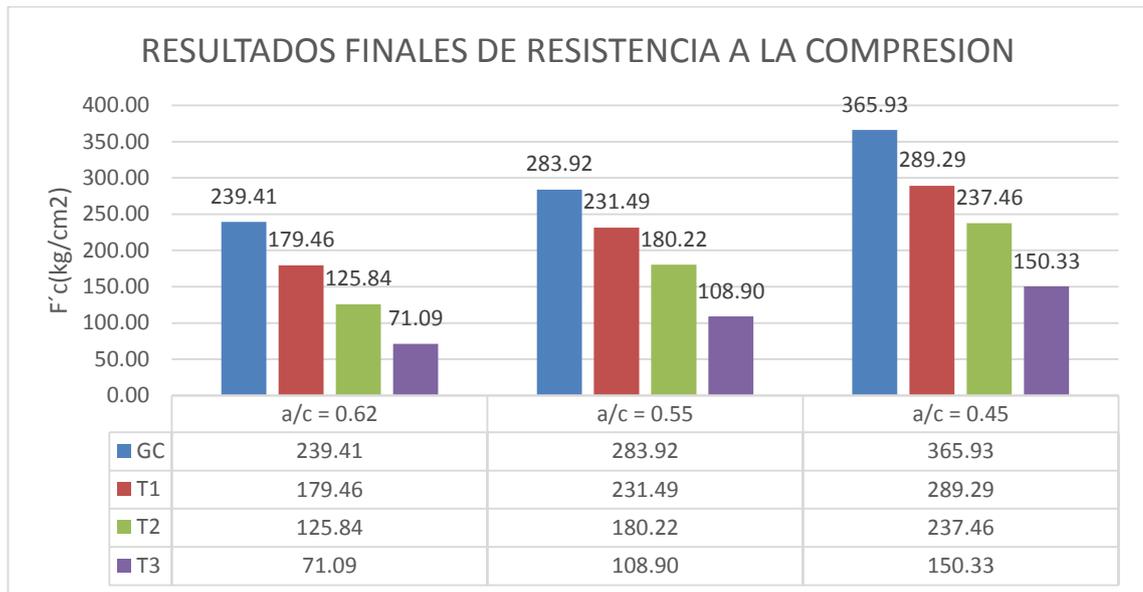


Gráfico 3-10 Gráfico de barras de los resultados finales.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-7 Perdida de resistencia a la compresión del concreto de relación a/c 0.62, 0.55 y 0.45.

Relación a/c	Tratamiento	F'c promedio (kg/cm2)	perdida de resistencia (kg/cm2)	perdida de resistencia (%)
0.62	GC	239.41		
	T1	179.46	59.95	25.04%
	T2	125.84	113.57	47.44%
	T3	71.09	168.32	70.31%
0.55	GC	283.92		
	T1	231.49	52.43	18.47%
	T2	180.22	103.69	36.52%
	T3	108.90	175.02	61.65%
0.45	GC	365.93		
	T1	289.29	76.64	20.94%
	T2	237.46	128.47	35.11%
	T3	150.33	215.60	58.92%

Fuente: Elaboración propia

Concreto de relación agua – cemento de 0.62.

La resistencia promedio del concreto patrón para esta relación a/c fue de 239.42 kg/cm², esto servirá para considerar como resistencia inicial de las muestras que serán sometidas a tres temperaturas de exposición al fuego directo. Las muestras que han sido sometidos para la temperatura (T1) con un rango entre 190 a 210 °C al fuego directo perdieron 25.04% de resistencia en compresión, las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T2) con un rango entre 390 a 410 °C al fuego directo perdieron 47.44% de resistencia en compresión, las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T3) con un rango entre 580 a 600 °C al fuego directo perdieron 70.31 % de resistencia en compresión con respecto del concreto patrón. Las muestras de esta resistencia, han sido las más afectadas por la incidencia del fuego directo, ya que han sufrido la mayor pérdida de la resistencia (%) en las diferentes temperaturas de exposición, en comparación con las otras resistencias del concreto.

Concreto de relación agua – cemento de 0.55.

La resistencia promedio del concreto patrón para esta relación a/c fue de 283.92 kg/cm², esto servirá para considerar como resistencia inicial de las muestras que serán sometidas a tres temperaturas de exposición al fuego directo. Las muestras que han sido sometidos para la temperatura (T1) con un rango entre 190 a 210 °C al fuego directo perdieron 18.47 % de resistencia en compresión, las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T2) con un rango entre 390 a 410 °C al fuego directo perdieron 36.52% de resistencia en compresión, las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T3) con un rango entre 580 a 600 °C al fuego directo

perdieron 61.65 % de resistencia en compresión con respecto del concreto patrón. Las muestras de esta resistencia, han sido afectadas parcialmente por la incidencia del fuego directo, ya que han sufrido una pérdida intermedia de la resistencia (%) en las diferentes temperaturas de exposición, en comparación con las otras resistencias del concreto.

Concreto de relación agua – cemento de 0.45.

La resistencia promedio del concreto patrón para esta relación a/c fue de 365.93 kg/cm². esto servirá para considerar como resistencia inicial de las muestras que serán sometidas a tres temperaturas de exposición al fuego directo. Las muestras que han sido sometidos para la temperatura (T1) con un rango entre 190 a 210 °C al fuego directo perdieron 20.94% de resistencia en compresión, las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T2) con un rango entre 390 a 410 °C al fuego directo perdieron 35.11% de resistencia en compresión, las muestras que han sido sometidos a una temperatura(T3) con un rango entre 580 a 600 °C al fuego directo perdieron 58.92 % de resistencia en compresión con respecto del concreto patrón. Las muestras de esta resistencia, han sido las menos afectadas por la incidencia del fuego directo, ya que han sufrido la menor pérdida de la resistencia (%) en las diferentes temperaturas de exposición, en comparación con las otras resistencias del concreto.

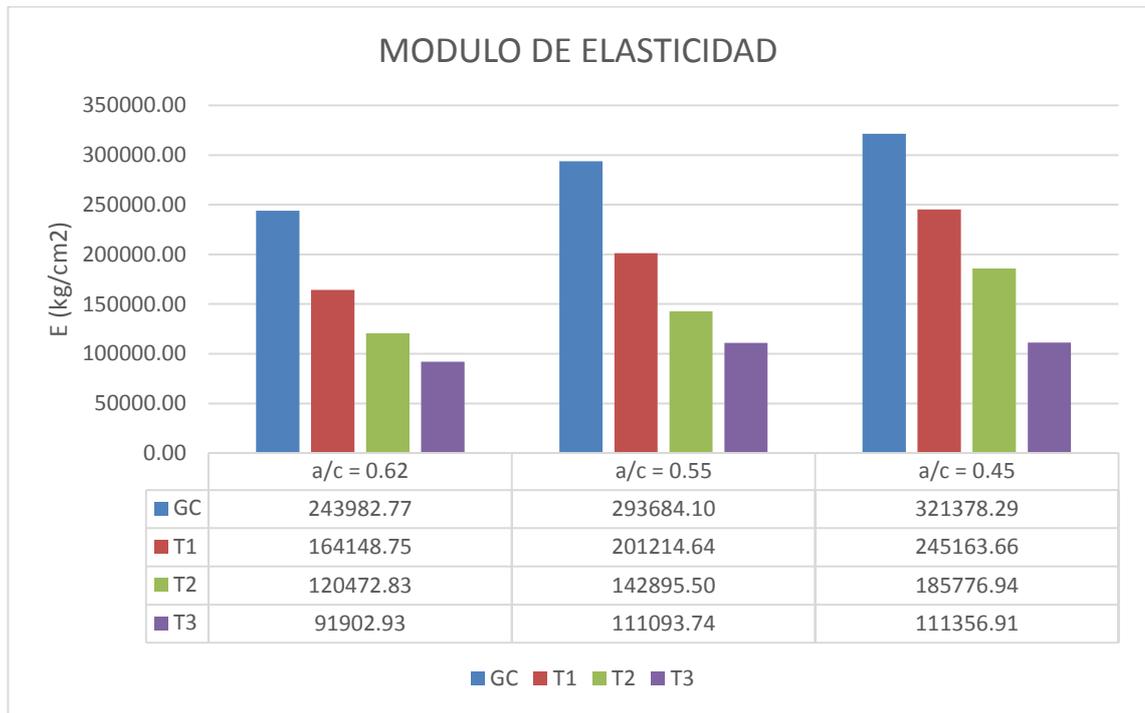


Gráfico 3-11 Gráfico de barras del módulo de elasticidad del concreto.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-8 Perdida de módulo de elasticidad del concreto de relación a/c 0.62, 0.55 y 0.45.

RELACION a/c	TRATAMIENTO	PROMEDIO M.E. (kg/cm ²)	DISMINUCION DE M.E. (kg/cm ²)	DISMINUCION DE M.E. (%)
0.62	GC	243982.77		
	T1	164148.75	79834.02	32.72%
	T2	120472.83	123509.94	50.62%
	T3	91902.93	152079.84	62.33%
0.55	GC	293684.10		
	T1	201214.64	92469.47	37.90%
	T2	142895.50	150788.60	61.80%
	T3	111093.74	182590.37	74.84%
0.45	GC	321378.29		
	T1	245163.66	76214.63	31.24%
	T2	185776.94	135601.35	55.58%
	T3	111356.91	210021.38	86.08%

Fuente: Elaboración propia

Concreto de relación agua – cemento de 0.62.

El módulo de elasticidad del concreto de grupo control es de 243982.77 kg/cm², en la tabla 3-8 se determina el porcentaje de la disminución del módulo elástico con respecto al grupo control. Las muestras que han sido sometidos para la temperatura (T1) con un rango entre 190 a 210 °C al fuego directo disminuyo en 32.72%, las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T2) con un rango entre 390 a 410 °C al fuego directo disminuyo 50.62%, y las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T3) con un rango entre 580 a 600 °C al fuego directo perdieron 62.33% de resistencia en compresión con respecto del concreto de grupo control.

Concreto de relación agua – cemento de 0.55.

El módulo de elasticidad del concreto de grupo control es de 293684.10 kg/cm², en la tabla se determina el porcentaje de la disminución del módulo elástico con respecto al grupo control. Las muestras que han sido sometidos para la temperatura (T1) con un rango entre 190 a 210 °C al fuego directo disminuyo en 37.90%, las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T2) con un rango entre 390 a 410 °C al fuego directo disminuyo 61.80%, y las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T3) con un rango entre 580 a 600 °C al fuego directo perdieron 74.84% de resistencia en compresión con respecto del concreto de grupo control.

Concreto de relación agua – cemento de 0.45.

El módulo de elasticidad del concreto de grupo control es de 321378.29 kg/cm², en la tabla se determina el porcentaje de la disminución del módulo elástico con respecto al grupo control. Las muestras que han sido sometidos para la temperatura (T1) con un rango entre 190 a 210 °C al fuego directo disminuyo en 31.24%, las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T2) con un rango entre 390 a 410 °C al fuego directo disminuyo 55.58%, y las muestras que han sido sometidos a una temperatura (T3) con un rango entre 580 a 600 °C al fuego directo perdieron 86.08% de resistencia en compresión con respecto del concreto de grupo control.

CONCLUSIONES

- Usando el diseño experimental DCA por el método de análisis de varianzas, se rechazó la hipótesis nula para los tres diseños de concreto que se trabajó, esto nos lleva a afirmar que la resistencia a la compresión del concreto si es afectada al incrementar la temperatura, la disminución va de manera de creciente y es distinto para los concretos de diferente relación agua - cemento.

En el caso del concreto de diseño con relación a/c de 0.62 para una temperatura promedio de 200°C la resistencia a la compresión disminuye en 25.04%, para una temperatura promedio de 400°C la resistencia a la compresión disminuye en 47.44% y para una temperatura promedio de 600°C la resistencia a la compresión disminuye en 70.31% respecto a su grupo control.

En el caso del concreto de diseño con relación a/c de 0.55 para una temperatura promedio de 200°C la resistencia a la compresión disminuye en 18.47%, para una temperatura promedio de 400°C la resistencia a la compresión disminuye en 36.52% y para una temperatura promedio de 600°C la resistencia a la compresión disminuye en 61.65% respecto a su grupo control.

En el caso del concreto de diseño con relación a/c de 0.45 para una temperatura promedio de 200°C la resistencia a la compresión disminuye en 20.94%, para una temperatura promedio de 400°C la resistencia a la compresión disminuye en 35.11% y para una temperatura promedio de 600°C la resistencia a la compresión disminuye en 58.92% respecto a su grupo control.

- Respecto del concreto de diseño con relación a/c de 0.62 para una temperatura promedio de 200 °C disminuye su módulo de elasticidad en 32.72%, para una temperatura promedio de 400 °C disminuye su módulo de elasticidad en 50.62%, para una temperatura promedio de 600 de ° C disminuye su módulo de elasticidad en 62.33 % respecto a su grupo control.

Respecto del concreto de diseño con relación a/c de 0.55 para una temperatura promedio de 200 °C disminuye su módulo de elasticidad en 37.90%, para una temperatura promedio de 400 °C disminuye su módulo de elasticidad en 61.80%, para una temperatura promedio de 600 de ° C disminuye su módulo de elasticidad en 74.84 % respecto a su grupo control.

Respecto del concreto de diseño con relación a/c de 0.45 para una temperatura promedio de 200 °C disminuye su módulo de elasticidad en 31.24%, para una temperatura promedio de 400 °C disminuye su módulo de elasticidad en 55.58%, para una temperatura promedio de 600 de ° C disminuye su módulo de elasticidad en 86.08 % respecto a su grupo control.

- Se pudo comprobar que la disminución de las resistencias a la compresión del concreto por incremento de temperatura disminuye sin importar el diseño del concreto, además la disminución de resistencia es menor para concretos más resistentes y mayor para concretos de menor resistencia.

Comparando los resultados de pérdida de resistencia del concreto con relación agua – cemento de 0.62 y 0.55, se pudo determinar que para una temperatura promedio de 200°C la disminución de resistencia del concreto con a/c=0.62 es

6.58% más que del concreto con $a/c=0.55$, para una temperatura promedio de 400°C la disminución de resistencia del concreto con $a/c=0.62$ es 10.92% más que del concreto con $a/c=0.55$, y para una temperatura promedio de 600°C la disminución de resistencia del concreto con $a/c=0.62$ es 8.66% más que del concreto con $a/c=0.55$.

Comparando los resultados de pérdida de resistencia del concreto con relación agua – cemento de 0.62 y 0.45, se puso determinar que para una temperatura promedio de 200°C la disminución de resistencia del concreto con $a/c=0.62$ es 4.10% más que del concreto con $a/c=0.45$, para una temperatura promedio de 400°C la disminución de resistencia del concreto con $a/c=0.62$ es 12.33% más que del concreto con $a/c=0.45$, y para una temperatura promedio de 600°C la disminución de resistencia del concreto con $a/c=0.62$ es 11.93% más que del concreto con $a/c=0.45$.

Comparando los resultados de pérdida de resistencia del concreto con relación agua – cemento de 0.55 y 0.45, se puso determinar que para una temperatura promedio de 200°C la disminución de resistencia del concreto con $a/c=0.55$ es 2.48% más que del concreto $a/c=0.45$, para una temperatura promedio de 400°C la disminución de resistencia del concreto con $a/c=0.55$ es 1.42% más que del concreto $a/c=0.45$, y para una temperatura promedio de 600°C la disminución de resistencia del concreto con $a/c=0.55$ es 2.73% más que del concreto con $a/c=0.45$.

RECOMENDACIONES

- Mantener un control adecuado de todos los ensayos de los agregados finos y grueso en el momento de determinar sus propiedades.
- Mantener un control adecuado en todos los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido según normas nacionales e internacionales.
- En el momento de hacer la mezcla del concreto se recomienda hacer en una sola tanda por resistencia del concreto, para reducir las posibles variaciones y alteraciones en el momento del vertido.
- Se recomienda usar hornos que simulen al más posible la exposición al fuego y que distribuyan el fuego lo más homogénea en las caras del concreto.

LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACION

- Uso de un aditivo especial para el mejoramiento del concreto a para resistir elevadas temperaturas por exposición al fuego.
- Evaluar la resistencia a la compresión y flexión del concreto armado idealizando vigas y columnas a altas temperaturas por exposición al fuego.
- Evaluar las propiedades mecánicas del concreto con muestras revestidas con una capa de tarrajeo luego de incrementar su temperatura por exposición al fuego.
- Evaluar las propiedades mecánicas del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego usando diferentes materiales combustibles.
- Realizar un estudio comparativo de concretos livianos y concretos normales sometidos al fuego.
- Realizar un estudio de las propiedades térmicas del concreto y su influencia en las propiedades mecánicas para diferentes tipos de concreto.

BIBLIOGRAFIA

- Abanto, T. (2018). "Tecnología del Concreto". Lima-Perú: San Marcos.
- Alvarado, G. (2016). "Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego". Ambato-Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato.
- amasifuén, H. (2018). “Diseño de bloques de concreto ligero con la aplicación de perlas de poliestireno, Distrito de Tarapoto, San Martín – 2018”. Tarapoto: "Universidad Cesar Vallejo".
- Anero, M., & Teresa, M. (2007). "Tecnicas de investigacion de incendios de origen electricos". Barcelona: Universidad Autonoma de Barcelona.
- Arbito, G. (2016). “concreto celular para uso estructural”, “Universidad De Cuenca” . Ecuador: “Universidad De Cuenca” .
- Asefa. (13 de 06 de 2011). "Efectos de incendios en estructuras de hormigón armado". Obtenido de Asefaseguros: <https://www.asefa.es/comunicacion/patologias/efectos-de-incendios-en-estructuras-de-hormigon-armado>
- ASTM, E. 1. (E 176). Standard Terminology of Fire Standards. UU.EE.
- Bruno, E., & Peralta, J. (2014). "Determinación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto producido en la planta concretera dino-Chimbote". Chimbote-Perú: "Universidad Nacional del Santa".
- Bustamante, D., & Diaz, c. (2014). “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado”. Arequipa: "Universidad Nacional de San Agustin".
- Bustamante, D., & Diaz, C. (2014). “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado”. Arequipa-Perú: "Universidad Nacional de San Agustin".
- Bustamante, D., & Diaz, clara. (2014). “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado”. Arequipa: "Universida Nacional de San Agustin".
- CASTILLO, F. A. (2009). TECNOLOGIA DE CONCRETO. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Castro, D. (2019). "Comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: polvo de caucho y vidrio sódico cálcico". Pimentel-Perú: Universida Señor de Sipan.

Chauca, D., & Cruz, M. (2014). “Evaluación del concreto $F'c=210$ Kg/cm² a altas Temperaturas”. Nuevo chimbote-Perú: Universidad Nacional del Santa.

Chauca, D., & Cruz, M. (2014). “EVALUACIÓN DEL CONCRETO $F'c=210$ KG/CM² A ALTAS TEMPERATURAS”. Chimbote-Perú: "UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA".

chemicalSafetyFacts. (18 de julio de 2019). chemicalSafetyFacts. Obtenido de chemicalSafetyFacts: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/poliestireno/>

ChemicalSafetyFacts. (18 de julio de 2019). ChemicalSafetyFacts. Obtenido de ChemicalSafetyFacts: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/poliestireno/>

De la cruz, W., & Quispe, W. (2014). "Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la provincia de huamanga -Ayacucho". Huancavelica: "Universidad Nacional de Huancavelica".

DEFINICION.DE. (19 de 08 de 12). DEFINICION.DE. Obtenido de DEFINICION.DE: <https://definicion.de/temperatura/>

Definicion.de. (19 de julio de 2019). Definicion.de. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/compresion/>

Diccionario de Arquitectura y Construcción. (19 de julio de 2019). Diccionario de Arquitectura y Construcción. Obtenido de Diccionario de Arquitectura y Construcción: <http://www.parro.com.ar>

E.060, N. (2009). Norma técnica de edificaciones. Lima-Perú: Ministerio de Vivienda Saneamiento.

Figueroa, D., & Bello, Jhon. (2018). “EVAUACION Y DIAGNOSTICO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y A FLEXIÓN DEL CONCRETO SIMPLE DESPUES DE EXPUESTO A 450°C”. BOGOTA-COLOMBIA: "UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA".

Flores, P., & Reyes, M. (2012). "Evaluación del efecto del mortero sobre la resistencia del concreto a compresion al someterlo al fuego". Bárbula, Venezuela: Universidad de Carabobo.

Flores, P., & Reyes, M. (2012). "EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MORTERO SOBRE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A COMPRESION AL SOMETERLO AL FUEGO". Barbula-Venezuela: "UNIVERSIDAD DE CARABOBO".

Galvez, J., & Garcia, M. (2018). “COMPORTAMIENTO MECANICO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE POLIOLEFINA BAJO LA

ACCION DE TEMPERATURA ELEVADA”. MADRID-ESPAÑA:
"UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID".

Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2012). Análisis y Diseño de Experimentos (Tercera ed.). (P. E. Vásquez, Ed.) México: McGRAW- WILL/ INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.

Gutiérrez, H., & Salazar, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. Mexico DF: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.

Harmsen, T. (2002). "Diseño de estructuras de concreto armado". Lima-Perú: Pontificia univervdad catolica del Perú.

Herrera, v., & celis, J. (2018). “Estudio del Comportamiento Mecánico de un Concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ expuesto al fuego – Lima, 2018”. Lima-Perú: "UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO".

Huincho, M. (2017). “EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS POR INCIDENCIA DEL FUEGO DIRECTO”. Lima-Perú: "UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA".

Lazo, A. (2017). “diseño de concreto celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones”. Arequipa: “Universidad Nacional San Agustín”.

Lazo, J. (2017). “diseño de concreto celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones”. arequipa: “Universidad Nacional San Agustín”.

Manrique, R. (2016). "Diseño de mezcla de concreto experimental sustituyendo el agregado grueso por perlas de poliestireno de $\phi = \frac{3}{4}$ " y un asentamiento de 3", para la resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ". Venezuela: "Universidad Nueva Esparta".

NEVILLE, A. M. (2010). TECNOLOGIA DEL CONCRETO. En A. M. NEVILLE, TECNOLOGIA DEL CONCRETO (pág. 328). MEXICO DF: TRILLAS.

Neville, a., & Brooks, j. (1998). Tecnología de Concreto. México.

Nilson, A. (2001). Diseño de estructuras de concreto. Bogota: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.

Oncoy, J. (2018). "COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'C=210\text{KG/CM}^2$ EXPUESTO A CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURAS, DEBIDO A LA EXTINCION DE UN INCENDIO". Chiclayo-Perú: "Universidad Cesar Vallejo".

- Organista, E. (1999). “optimización en el diseño de mezclas, dosificación, producción y propiedades del concreto celular hecho a base de agentes espumantes”. Mexico: “Instituto tecnológico y de estudios Superiores de Monterrey” .
- Phan, L., McAllister, T., & Gross, J. (2009). "Best Practice Guidelines for Structural Fire Resistance Design of Concrete and Steel Buildings". Estados Unidos: Society of Fire Protection Engineers.
- Rivva, E. (2015). "Diseño de mezclas". Lima-Perú.
- RNE. (E060). Reglamento Nacional de edificaciones.
- Serrano, P. (2018). "Elaboracion de un concreto ligero para uso estructural en la ciudad de Lima metropolitana 2018". Lima: "Universidad Cesar Vallejo".
- Sierra, J. (2014). “Análisis comparativo entre bloques de concreto tradicional y bloques de concreto alivianado con poliestireno”. Ecuador: "Universidad internacional del Ecuador".
- Taylor, J. K., & Cihon , P. (2004). Statistical Techniques for data analysis. New York - EE.UU: CHAPMAN & HALL/CRC.
- TERMOMETRO DIGITAL. (19 de 08 de 12). TERMOMETRO DIGITAL. Obtenido de TERMOMETRO DIGITAL: <https://www.termometrodigital.org/producto/rycom-termometro-infrarrojo-sin-contacto-para-medir-temperatura-corporal/>
- XUNTA DE GALICIA. (19 de Julio de 2019). XUNTA DE GALICIA. Obtenido de XUNTA DE GALICIA: <http://www.edu.xunta.gal/portal/>
- Yupanqui, R., & Rengifo, M. (2013). “estudio del hormigón celular”. Ecuador: “Escuela Politécnica Nacional”.

ANEXOS

ANEXO I: ANALISIS DE RESULTADOS PARA CONCRETO $a/c=0.55$

A. HIPOTESIS NULA Y ALTERNA

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_k = \mu$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algun } i \neq j$$

B. PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL

Planteamiento experimental para el concreto a/c=0.55

FACTOR	GRUPOS EXPERIMENTALES	NIVELES DE PRESENCIA	VARIABLE RESPUESTA
incremento de temperatura por exposición al fuego	GC	Control	Resistencia a la compresión
	T1	190°C<T<210°C	
	T2	380°C<T<410°C	
	T3	580°C<T<600°C	

Fuente: Elaboración propia

C. DATOS ATIPICOS

Detección de datos atípicos del grupo control para el concreto a/c=0.55

GRUPO CONTROL								
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON		
			T de Grubbs	Tcritico $\alpha=0.05$	resultado	índice de Dixon r10	Dcritico $\alpha=0.05$	resultado
1	294.81	275.74	1.05	1.94	Dato válido	0.090	0.51	Dato válido
2	282.19	277.89	0.83		Dato válido			Dato válido
3	278.06	278.06	0.82		Dato válido			Dato válido
4	294.81	282.19	0.40		Dato válido			Dato válido
5	299.75	294.81	0.87		Dato válido			Dato válido
6	275.74	294.81	0.87		Dato válido			Dato válido
7	277.89	299.75	1.37		Dato válido			0.206
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO NO HAY DATOS ATIPICOS					
286.18	98.78	9.94						

Fuente: Elaboración propia

Detección de datos atípicos de 190°C<T<210°C para el concreto a/c=0.55

190°C<T<210°C									
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON			
			T de Grubbs	Tcrítico α=0.05	resultado	índice de Dixon r10	Dcrítico α=0.05	resultado	
1	226.23	160.88	2.23	1.94	Atípico	0.822	0.51	Atípico	
2	230.29	225.82	0.16		Dato válido	0.063		0.51	Dato válido
3	234.86	226.23	0.18		Dato válido				
4	225.82	230.29	0.33		Dato válido				
5	160.88	231.87	0.39		Dato válido				
6	239.87	234.86	0.50		Dato válido				
7	231.87	239.87	0.68		Dato válido				
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO "X1" ES DATO ATIPICO						
221.40	736.05	27.13							

Fuente: Elaboración propia

Detección de datos atípicos de 390°C<T<410°C para el concreto a/c=0.55

380°C<T<410°C									
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON			
			T de Grubbs	Tcrítico α=0.05	resultado	índice de Dixon r10	Dcrítico α=0.05	resultado	
1	175.25	157.25	1.47	1.94	Dato válido	0.260	0.51	Dato válido	
2	167.39	167.39	0.72		Dato válido	0.172		0.51	Dato válido
3	171.20	171.20	0.43		Dato válido				
4	157.25	175.25	0.13		Dato válido				
5	196.25	181.69	0.36		Dato válido				
6	189.55	189.55	0.94		Dato válido				
7	181.69	196.25	1.45		Dato válido				
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO NO HAY DATOS ATIPICOS						
176.94	178.18	13.35							

Fuente: Elaboración propia

Detección de datos atípicos de 580°C<T<600°C para el concreto a/c=0.55.

580°C<T<600°C									
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON			
			T de Grubbs	Tcrítico $\alpha=0.05$	resultado	índice de Dixon r10	Dcritico $\alpha=0.05$	resultado	
1	88.73	88.73	1.98	1.94	Atípico	0.512	0.51	Atípico	
2	106.99	101.85	0.48		Dato válido	0.063		0.51	Dato válido
3	114.39	106.31	0.03		Dato válido				
4	111.07	106.99	0.11		Dato válido				
5	101.85	111.07	0.58		Dato válido				
6	112.76	112.76	0.77		Dato válido				
7	106.31	114.39	0.96		Dato válido				
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO "X1" ES DATO ATIPICO						
106.02	76.38	8.74							

Fuente: Elaboración propia

De los cuadros calculados se puede observar que en los niveles de tratamiento T1 y T3 se detectó un dato atípico, mientras que en T2 y GC no se detectó ningún valor atípico. Pero es recomendable trabajar con el mismo tamaño de muestra para que nuestra investigación tenga un diseño balanceado, teniendo en cuenta estas consideraciones quitamos un dato de GC y T2 (se quitó el dato más alejado).

Valores atípicos detectados en los datos para el concreto a/c=0.55

Nivel de tratamiento	valor atípico	muestra atípica	valor
GRUPO CONTROL	NO HAY ATIPICO		
190°C<T<210°C	X1	T1-5	160.88
380°C<T<410°C	NO HAY ATIPICO		
580°C<T<600°C	X1	T3-1	88.73

Fuente: Elaboración propia

D. DATOS SIN VALORES ATIPICOS

Datos válidos para la investigación para el concreto a/c=0.55.

DATOS SIN VALORES ATÍPICOS				
MUESTRA	GRUPO CONTROL	T1	T2	T3
1	294.81	226.23	175.25	106.99
2	282.19	230.29	167.39	114.39
3	278.06	234.86	171.20	111.07
4	294.81	225.82	196.25	101.85
5	275.74	239.87	189.55	112.76
6	277.89	231.87	181.69	106.31
PROMEDIO	283.92	231.49	180.22	108.90
VARIANZA	75.55	28.58	123.37	21.94
DESVIACION ESTANDAR	8.69	5.35	11.11	4.68

Fuente: Elaboración propia

E. ANALISIS DE VARIANZAS

Cálculo de parámetros para ANOVA en el DCA para el concreto a/c=0.55.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS (TRATAMIENTOS)					
GRUPO CONTROL	T1	T2	T3	OPERACIONES BASICAS	
294.81	226.23	175.25	106.99	k =	4
282.19	230.29	167.39	114.39	n =	6
278.06	234.86	171.20	111.07	N =	24
294.81	225.82	196.25	101.85	$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 Y_{ij}^2 =$	1072466.35
275.74	239.87	189.55	112.76		
277.89	231.87	181.69	106.31	$Y_{..} =$	4827.17
				$\bar{Y}_{..} =$	201.13
1703.5	1388.9	1081.3	653.4	$Y_{i.} = \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}$	
283.9	231.5	180.2	108.9	$\bar{Y}_{i.} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}}{n_i}$	
82.8	30.4	-20.9	-92.2	$\hat{t}_i = \bar{Y}_{i.} - Y_{..}$	

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- Y_i : suma de las observaciones del tratamiento i
- \bar{Y}_i : media de las observaciones del i-esimo tratamiento
- $Y_{..}$: suma total de las $N=n_1+n_2+\dots+n_k$ mediciones
- $\bar{Y}_{..}$: media global o promedio de todas las observaciones
- $\hat{\tau}_i$: efecto del tratamiento i sobre la variable de respuesta

Cálculos manuales para ANOVA para el concreto a/c=0.55

DESCRIPCION	símbolo	ECUACION	VALOR
suma total de cuadrados	SCT	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	101565.83
suma de cuadrados de tratamientos	SCTRAT	$\sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$	100318.65
suma de cuadrados del error	SCE	SCT - SCTRAT	1247.18
cuadrado medios de los tratamientos	CMTRAT	SCTRAT/(K-1)	33439.55
cuadrado medios del error	CME	SCE/(N-K)	62.36
Estadístico de prueba	F0	CMTRAT/CME	536.24

Fuente: Elaboración propia

ANOVA para el concreto a/c=0.55 a altas temperaturas.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F0	Valor - p
Tratamiento	100318.65	3	33439.55	536.24	2.87E-19
Error Aleatorio	1247.18	20	62.36		
Total	101565.83	23			

Fuente: Elaboración propia

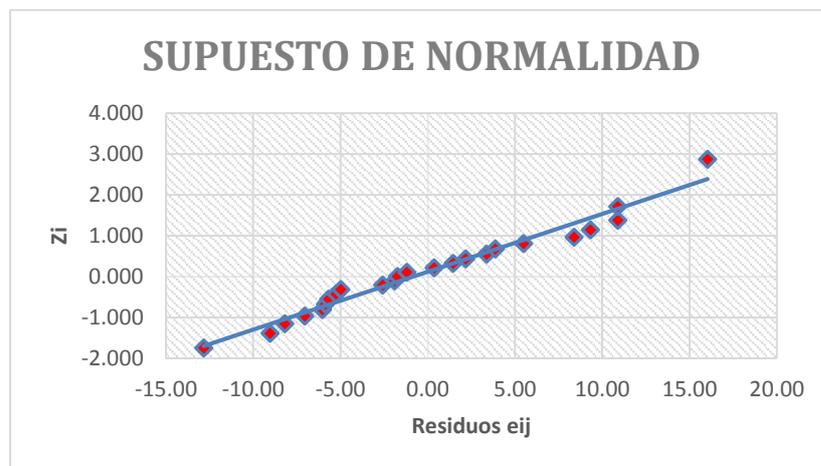
F. VERIFICACION DE SUPUESTOS

- **SUPUESTO DE NORMALIDAD**

Cálculo de residuos y parámetros para realizar la gráfica de probabilidad normal para el concreto a/c=0.55

TRATAMIENTO	Y _{ij}	Y _{i.}	Residuo r _i	Residuo r _i	Rango i	(i-0.5)/N	Z _i
GC	294.81	283.92	10.90	-12.83	1	0.040	-1.756
	282.19		-1.72	-9.02	2	0.081	-1.397
	278.06		-5.86	-8.18	3	0.123	-1.161
	294.81		10.89	-7.04	4	0.165	-0.976
	275.74		-8.18	-6.03	5	0.206	-0.820
	277.89		-6.03	-5.86	6	0.248	-0.681
T1	226.23	231.49	-5.26	-5.67	7	0.290	-0.555
	230.29		-1.20	-5.26	8	0.331	-0.436
	234.86		3.37	-4.97	9	0.373	-0.324
	225.82		-5.67	-2.58	10	0.415	-0.216
	239.87		8.38	-1.90	11	0.456	-0.110
	231.87		0.38	-1.72	12	0.498	-0.005
T2	175.25	180.22	-4.97	-1.20	13	0.540	0.099
	167.39		-12.83	0.38	14	0.581	0.205
	171.20		-9.02	1.46	15	0.623	0.313
	196.25		16.03	2.17	16	0.665	0.425
	189.55		9.33	3.37	17	0.706	0.542
	181.69		1.46	3.87	18	0.748	0.668
T3	106.99	108.90	-1.90	5.49	19	0.790	0.805
	114.39		5.49	8.38	20	0.831	0.959
	111.07		2.17	9.33	21	0.873	1.140
	101.85		-7.04	10.89	22	0.915	1.370
	112.76		3.87	10.90	23	0.956	1.709
	106.31		-2.58	16.03	24	0.998	2.865

Fuente: Elaboración propia



Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto a/c=0.55

Fuente: Elaboración propia

SUPUESTO DE VARIANZA CONSTANTE

Predichos y residuos para gráfico de varianza constante para el concreto a/c=0.55

GRUPOS ENSAYADAS	PREDICHO	RESIDUOS
GRUPO CONTROL	283.92	10.90
	283.92	-1.72
	283.92	-5.86
	283.92	10.89
	283.92	-8.18
	283.92	-6.03
T1	231.49	-5.26
	231.49	-1.20
	231.49	3.37
	231.49	-5.67
	231.49	8.38
	231.49	0.38
T2	180.22	-4.97
	180.22	-12.83
	180.22	-9.02
	180.22	16.03
	180.22	9.33
	180.22	1.46
T3	108.90	-1.90
	108.90	5.49
	108.90	2.17
	108.90	-7.04
	108.90	3.87
	108.90	-2.58

Fuente: Elaboración propia

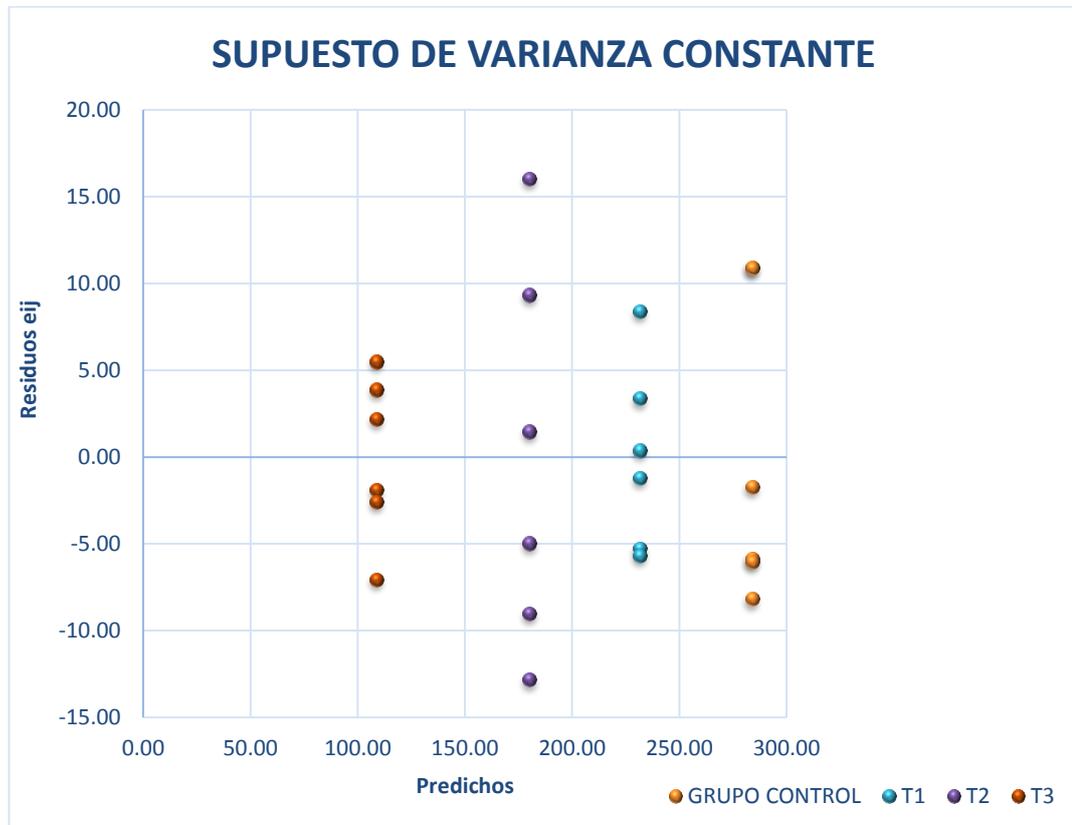


Gráfico de varianza constante para el concreto a/c=0.55
Fuente: Elaboración propia

Método analítico de Bartlett para el concreto a/c=0.55

TRATAMIENTO	Si2	ni-1	(ni-1)Si2	(ni-1)log (Si2)
GC	75.55	5	377.76	9.391
T1	28.58	5	142.88	7.280
T2	123.37	5	616.84	10.456
T3	21.94	5	109.70	6.706
Suma			1247.18	33.833
Sp2			62.36	c = 1.083
q =			2.065	Xo2 = 4.388
Xo2 (critico)=				9.49
Se acepta la hipótesis Nula y se concluye que las varianzas son iguales				

Fuente: Elaboración propia

SUPUESTO DE INDEPENDENCIA

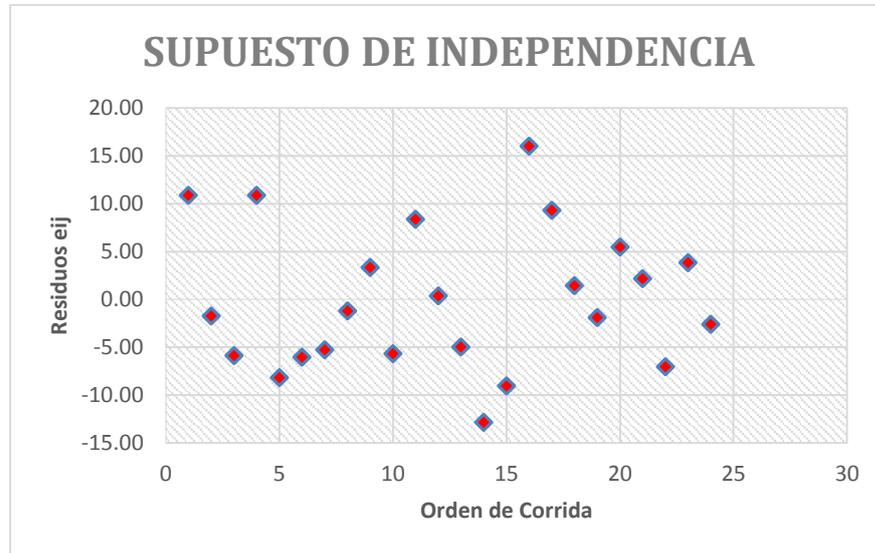


Gráfico de supuesto de independencia para el concreto a/c=0.55
Fuente: Elaboración propia

COMPARACION DE TRATAMIENTOS CON UN CONTROL (METODO DE DUNNET)

Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para concreto a/c=0.55

$Y_k.$	$Y_c.$	$ Y_i - Y_k $	LSD	Decisión
231.5	283.9	52.4	11.58	significativo
180.2		103.7		significativo
108.9		175.0		significativo

Fuente: Elaboración propia.

Valores para el grafico de medias para el concreto a/c=0.55

Tratamiento	MAXIMO	MINIMO	MEDIA
GC	290.66	277.18	283.9
T1	238.23	224.75	231.5
T2	186.96	173.49	180.2
T3	115.63	102.16	108.9

Fuente: Elaboración propia.

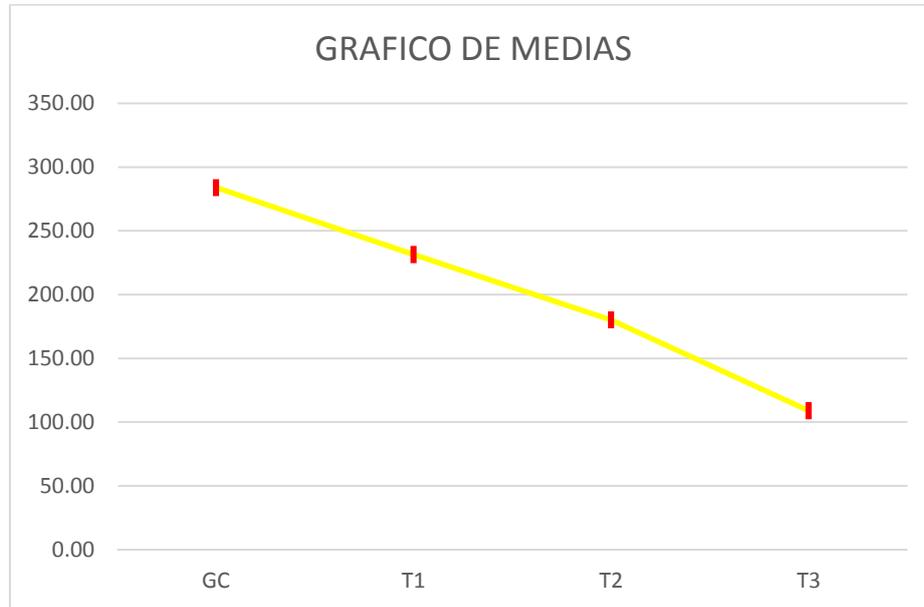


Gráfico de medias para el concreto a/c=0.55
Fuente: Elaboración propia

ANEXO II: ANALISIS DE RESULTADOS PARA CONCRETO a/c=0.45

A. HIPOTESIS NULA Y ALTERNA

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_k = \mu$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algun } i \neq j$$

B. PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL

Planteamiento experimental para el concreto a/c=0.45

FACTOR	GRUPOS EXPERIMENTALES	NIVELES DE PRESENCIA	VARIABLE RESPUESTA
incremento de temperatura por exposición al fuego	GC	Control	Resistencia a la compresión
	T1	190°C<T<210°C	
	T2	380°C<T<410°C	
	T3	580°C<T<600°C	

Fuente: Elaboración propia

C. DATOS ATÍPICOS

Detección de datos atípicos del grupo control para el concreto a/c=0.45

GRUPO CONTROL								
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON		
			T de Grubbs	Terítico $\alpha=0.05$	resultado	índice de Dixon r10	Dcrítico $\alpha=0.05$	resultado
1	388.53	332.33	1.38	1.94	Dato válido	0.196	0.51	Dato válido
2	332.33	343.33	0.86		Dato válido			
3	370.73	347.33	0.66		Dato válido			
4	347.33	364.33	0.15		Dato válido			
5	343.33	370.73	0.46		Dato válido			
6	381.32	381.32	0.97		Dato válido			
7	364.33	388.53	1.32		Dato válido	0.128	Dato válido	
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO NO HAY DATOS ATÍPICOS					
361.13	432.87	20.81						

Fuente: Elaboración propia

Detección de datos atípicos de 190°C<T<210°C para el concreto a/c=0.45

190°C<T<210°C									
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON			
			T de Grubbs	Tcrítico α=0.05	resultado	índice de Dixon r10	Dcrítico α=0.05	resultado	
1	282.31	267.75	1.43	1.94	Dato válido	0.115	0.51	Dato válido	
2	271.84	271.84	1.11		Dato válido				
3	296.30	282.31	0.30		Dato válido				
4	267.75	290.51	0.33		Dato válido				
5	303.32	291.44	0.40		Dato válido				
6	290.51	296.30	0.78		Dato válido				
7	291.44	303.32	1.32		Dato válido	0.197			Dato válido
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO NO HAY DATOS ATIPICOS						
286.21	167.13	12.93							

Fuente: Elaboración propia

Detección de datos atípicos de 390°C<T<410°C para el concreto a/c=0.45

380°C<T<410°C									
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON			
			T de Grubbs	Tcrítico α=0.05	resultado	índice de Dixon r10	Dcrítico α=0.05	resultado	
1	257.64	217.06	1.24	1.94	Dato válido	0.119	0.51	Dato válido	
2	230.53	221.90	0.89		Dato válido				
3	217.06	229.20	0.38		Dato válido				
4	221.90	230.53	0.28		Dato válido				
5	239.40	239.40	0.34		Dato válido				
6	229.20	246.10	0.82		Dato válido				
7	246.10	257.64	1.63		Dato válido	0.284			Dato válido
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO NO HAY DATOS ATIPICOS						
234.55	200.13	14.15							

Fuente: Elaboración propia

Detección de datos atípicos de 580°C<T<600°C para el concreto a/c=0.45

580°C<T<600°C									
MUESTRA	f'c (Kgf/cm2)	f'c (Kgf/cm2)	METODO DE GRUBBS			METODO DE DIXON			
			T de Grubbs	Terítico $\alpha=0.05$	resultado	índice de Dixon r10	Derítico $\alpha=0.05$	resultado	
1	153.63	125.53	2.06	1.94	Atípico	0.599	0.51	Atípico	
2	125.53	143.48	0.32		Dato válido	0.062		0.51	Dato válido
3	149.76	146.29	0.05		Dato válido				
4	153.31	149.76	0.29		Dato válido				
5	143.48	153.31	0.63		Dato válido				
6	155.49	153.63	0.66		Dato válido				
7	146.29	155.49	0.84		Dato válido				
\bar{X}	S2	S	CONCLUSION: EN ESTE GRUPO "X1" ES DATO ATIPICO						
146.79	106.17	10.30							

Fuente: Elaboración propia

De los cuadros calculados se puede observar que los niveles de tratamiento tienen un dato atípico y en el grupo control no se detectó ningún valor atípico. Pero es recomendable trabajar con el mismo tamaño de muestra para que nuestra investigación tenga un diseño balanceado, teniendo en cuenta estas consideraciones quitamos un dato del grupo control (se quitó el dato más alejado).

Valores atípicos detectados en los datos para el concreto a/c=0.45

Nivel de tratamiento	valor atípico	muestra atípica	valor
GRUPO CONTROL	no hay atípico		
190°C<T<210°C	no hay atípico		
380°C<T<410°C	no hay atípico		
580°C<T<600°C	x1	T3-2	125.53

Fuente: Elaboración propia

D. DATOS SIN VALORES ATIPICOS

Datos válidos para la investigación para el concreto a/c=0.45

DATOS SIN VALORES ATÍPICOS				
MUESTRA	GRUPO CONTROL	T1	T2	T3
1	388.53	282.31	257.64	153.63
2	370.73	271.84	230.53	149.76
3	347.33	296.30	221.90	153.31
4	343.33	303.32	239.40	143.48
5	381.32	290.51	229.20	155.49
6	364.33	291.44	246.10	146.29
PROMEDIO	365.93	289.29	237.46	150.33
VARIANZA	325.90	121.02	168.77	21.98
DESVIACION ESTANDAR	18.05	11.00	12.99	4.69

Fuente: Elaboración propia

E. ANALISIS DE VARIANZAS

Cálculo de parámetros para ANOVA en el DCA para el concreto a/c=0.45

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS (TRATAMIENTOS)					
GRUPO CONTROL	T1	T2	T3	OPERACIONES BASICAS	
388.53	282.31	257.64	153.63	k =	4
370.73	271.84	230.53	149.76	n =	6
347.33	296.30	221.90	153.31	N =	24
343.33	303.32	239.40	143.48	$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 Y_{ij}^2 =$	1782642.73
381.32	290.51	229.20	155.49	$Y_{..} =$	6258.02
364.33	291.44	246.10	146.29	$\bar{Y}_{..} =$	260.75
2195.6	1735.7	1424.8	902.0	$Y_{i.} = \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}$	
365.9	289.3	237.5	150.3	$\bar{Y}_{i.} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}}{n_i}$	
105.2	28.5	-23.3	-110.4	$\hat{\tau}_i = \bar{Y}_{i.} - Y_{..}$	

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $Y_{i.}$: suma de las observaciones del tratamiento i
- $\bar{Y}_{i.}$: media de las observaciones del i-esimo tratamiento
- $Y_{..}$: suma total de las $N=n_1+n_2+\dots+n_k$ mediciones
- $\bar{Y}_{..}$: media global o promedio de todas las observaciones
- $\hat{\tau}_i$: efecto del tratamiento i sobre la variable de respuesta

Cálculos manuales para ANOVA para el concreto a/c=0.45

DESCRIPCION	SIMBOLO	ECUACION	VALOR
suma total de cuadrados	SCT	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	150861.16
suma de cuadrados de tratamientos	SCTRAT	$\sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2$	147672.80
suma de cuadrados del error	SCE	SCT - SCTRAT	3188.36
cuadrado medios de los tratamientos	CMTRAT	SCTRAT/(K-1)	49224.27
cuadrado medios del error	CME	SCE/(N-K)	159.42
Estadístico de prueba	F0	CMTRAT/CME	308.77

Fuente: Elaboración propia

ANOVA para el concreto a/c=0.45 a altas temperaturas.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F0	Valor - p
Tratamiento	147672.80	3	49224.27	308.77	6.51E-17
Error Aleatorio	3188.36	20	159.42		
Total	150861.16	23			

Fuente: Elaboración propia

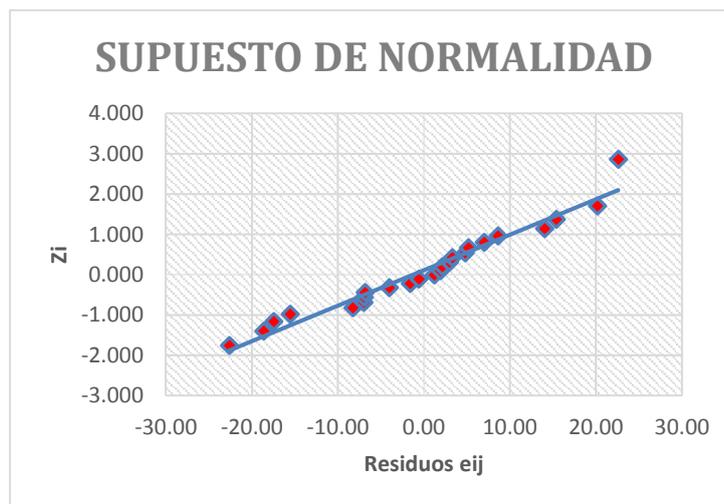
F. VERIFICACION DE SUPUESTOS

SUPUESTO DE NORMALIDAD

Cálculo de residuos y parámetros para realizar la gráfica de probabilidad normal para el concreto a/c=0.45

TRATAMIENTO	Y _{ij}	Y _{i.}	Residuo r _i	Residuo r _i	Rango i	(i-0.5)/N	Z _i
GC	388.53	365.93	22.60	-22.60	1	0.040	-1.756
	370.73		4.80	-18.59	2	0.081	-1.397
	347.33		-18.59	-17.45	3	0.123	-1.161
	343.33		-22.60	-15.56	4	0.165	-0.976
	381.32		15.39	-8.26	5	0.206	-0.820
	364.33		-1.60	-6.97	6	0.248	-0.681
T1	282.31	289.29	-6.97	-6.93	7	0.290	-0.555
	271.84		-17.45	-6.84	8	0.331	-0.436
	296.30		7.01	-4.03	9	0.373	-0.324
	303.32		14.03	-1.60	10	0.415	-0.216
	290.51		1.22	-0.57	11	0.456	-0.110
	291.44		2.15	1.22	12	0.498	-0.005
T2	257.64	237.46	20.17	1.94	13	0.540	0.099
	230.53		-6.93	2.15	14	0.581	0.205
	221.90		-15.56	2.99	15	0.623	0.313
	239.40		1.94	3.30	16	0.665	0.425
	229.20		-8.26	4.80	17	0.706	0.542
	246.10		8.64	5.16	18	0.748	0.668
T3	153.63	150.33	3.30	7.01	19	0.790	0.805
	149.76		-0.57	8.64	20	0.831	0.959
	153.31		2.99	14.03	21	0.873	1.140
	143.48		-6.84	15.39	22	0.915	1.370
	155.49		5.16	20.17	23	0.956	1.709
	146.29		-4.03	22.60	24	0.998	2.865

Fuente: Elaboración propia



Probabilidad normal de datos del experimento para el concreto a/c=0.45

Fuente: Elaboración propia

SUPUESTO DE VARIANZA CONSTANTE

Predichos y residuos para gráfico de varianza constante para el concreto a/c=0.45

GRUPOS ENSAYADAS	PREDICHO	RESIDUOS
GRUPO CONTROL	365.93	22.60
	365.93	4.80
	365.93	-18.59
	365.93	-22.60
	365.93	15.39
	365.93	-1.60
T1	289.29	-6.97
	289.29	-17.45
	289.29	7.01
	289.29	14.03
	289.29	1.22
	289.29	2.15
T2	237.46	20.17
	237.46	-6.93
	237.46	-15.56
	237.46	1.94
	237.46	-8.26
	237.46	8.64
T3	150.33	3.30
	150.33	-0.57
	150.33	2.99
	150.33	-6.84
	150.33	5.16
	150.33	-4.03

Fuente: Elaboración propia

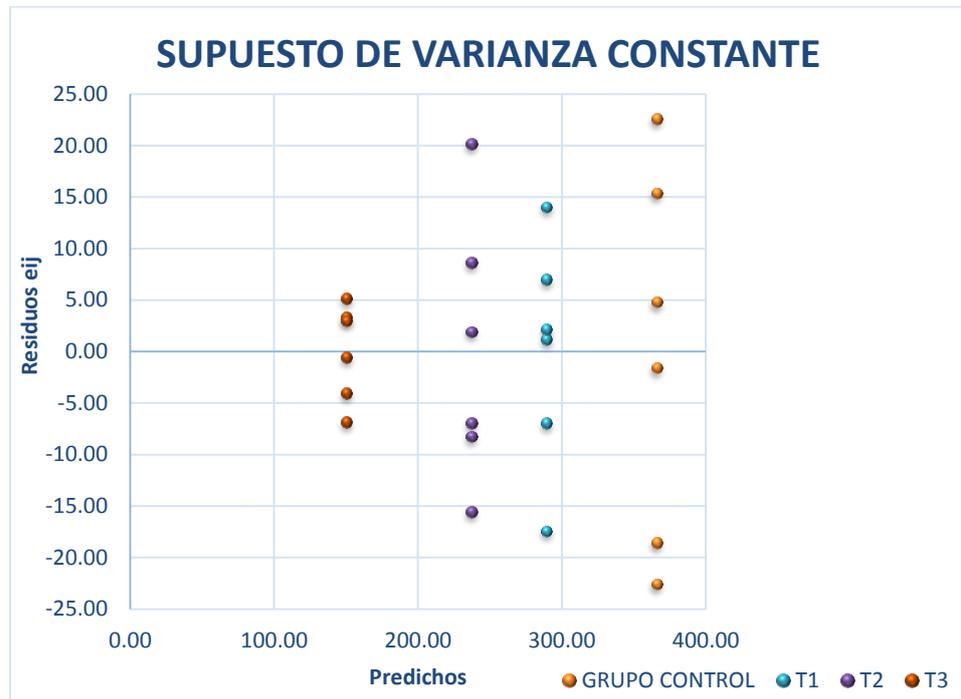


Gráfico de varianza constante para el concreto a/c=0.45

Fuente: Elaboración propia

Método analítico de Bartlett para el concreto a/c=0.45

TRATAMIENTO	Si2	ni-1	(ni-1)Si2	(ni-1)log (Si2)
GC	432.87	5	2164.36	13.182
T1	167.13	5	835.66	11.115
T2	200.13	5	1000.63	11.507
T3	106.17	5	530.87	10.130
Suma			4531.52	45.934
Sp2			226.58	c = 1.083
q =			1.171	Xo2 = 2.488
Xo2 (critico)=				9.49
Se acepta la hipótesis Nula y se concluye que las varianzas son iguales				

Fuente: Elaboración propia

SUPUESTO DE INDEPENDENCIA

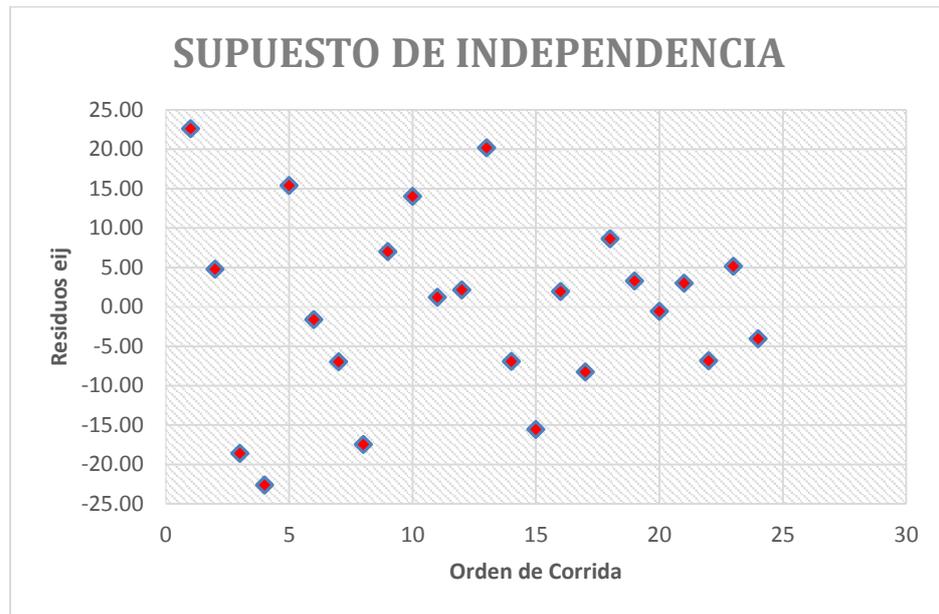


Gráfico de supuesto de independencia para el concreto a/c=0.45
Fuente: Elaboración propia

COMPARACION DE TRATAMIENTOS CON UN CONTROL (METODO DE DUNNET)

Media de los tratamientos para prueba de Dunnett para concreto a/c=0.45

Y_k	Y_c	$ Y_i - Y_k $	LSD	Decisión
289.3	365.9	76.6	18.52	significativo
237.5		128.5		significativo
150.3		215.6		significativo

Fuente: Elaboración propia.

Valores para el gráfico de medias para el concreto a/c=0.45

Tratamiento	MAXIMO	MINIMO	MEDIA
GC	376.70	355.16	365.9
T1	300.06	278.51	289.3
T2	248.23	226.69	237.5
T3	161.10	139.55	150.3

Fuente: Elaboración propia.

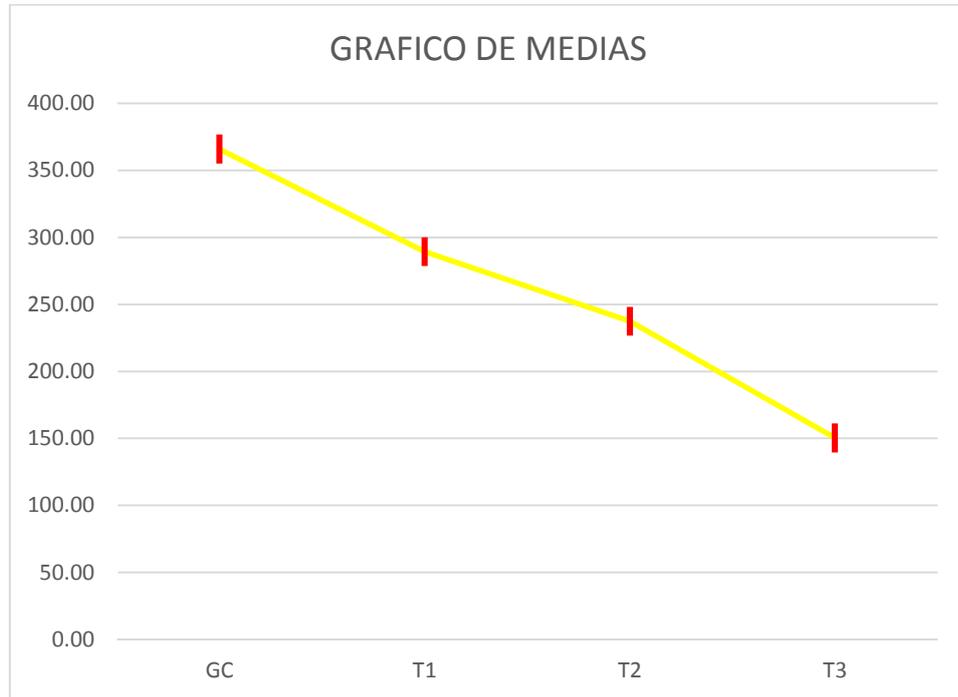


Gráfico de medias para el concreto a/c=0.45

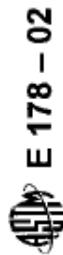
Fuente: Elaboración propia

ANEXO III: VALORES CRÍTICOS PARA T – MÉTODO DE GRUBBS

TABLE 1 Critical Values for T (One-Sided Test) When Standard Deviation is Calculated from the Same Sample^A

number of observations, n	Upper 0.1 % Significance Level	Upper 0.5 % Significance Level	Upper 1 % Significance Level	Upper 2.5 % Significance Level	Upper 5 % Significance Level	Upper 10 % Significance Level
3	1.155	1.155	1.155	1.155	1.153	1.148
4	1.499	1.496	1.492	1.481	1.463	1.425
5	1.780	1.764	1.749	1.715	1.672	1.602
6	2.011	1.973	1.944	1.887	1.822	1.729
7	2.201	2.139	2.097	2.020	1.938	1.828
8	2.358	2.274	2.221	2.126	2.032	1.909
9	2.492	2.387	2.323	2.215	2.110	1.977
10	2.606	2.482	2.410	2.290	2.176	2.036
11	2.705	2.564	2.485	2.355	2.234	2.088
12	2.791	2.636	2.550	2.412	2.285	2.134
13	2.867	2.699	2.607	2.462	2.331	2.175
14	2.935	2.755	2.659	2.507	2.371	2.213
15	2.997	2.806	2.705	2.549	2.409	2.247
16	3.052	2.852	2.747	2.585	2.443	2.279
17	3.103	2.894	2.785	2.620	2.475	2.309
18	3.149	2.932	2.821	2.651	2.504	2.335
19	3.191	2.968	2.854	2.681	2.532	2.361
20	3.230	3.001	2.884	2.709	2.557	2.385
21	3.266	3.031	2.912	2.733	2.580	2.408
22	3.300	3.060	2.939	2.758	2.603	2.429
23	3.332	3.087	2.963	2.781	2.624	2.448
24	3.362	3.112	2.987	2.802	2.644	2.467
25	3.389	3.135	3.009	2.822	2.663	2.486
26	3.415	3.157	3.029	2.841	2.681	2.502
27	3.440	3.178	3.049	2.859	2.698	2.519
28	3.464	3.199	3.068	2.876	2.714	2.534
29	3.486	3.218	3.085	2.893	2.730	2.549
30	3.507	3.236	3.103	2.908	2.745	2.563
31	3.528	3.253	3.119	2.924	2.759	2.577
32	3.546	3.270	3.135	2.938	2.773	2.591
33	3.565	3.286	3.150	2.952	2.786	2.604
34	3.582	3.301	3.164	2.965	2.799	2.616
35	3.599	3.316	3.178	2.979	2.811	2.628
36	3.616	3.330	3.191	2.991	2.823	2.639
37	3.631	3.343	3.204	3.003	2.835	2.650
38	3.646	3.356	3.216	3.014	2.846	2.661
39	3.660	3.369	3.228	3.025	2.857	2.671
40	3.673	3.381	3.240	3.036	2.868	2.682
41	3.687	3.393	3.251	3.046	2.877	2.692
42	3.700	3.404	3.261	3.057	2.887	2.700
43	3.712	3.415	3.271	3.067	2.896	2.710
44	3.724	3.425	3.282	3.075	2.905	2.719
45	3.736	3.435	3.292	3.085	2.914	2.727
46	3.747	3.445	3.302	3.094	2.923	2.736
47	3.757	3.455	3.310	3.103	2.931	2.744
48	3.768	3.464	3.319	3.111	2.940	2.753
49	3.779	3.474	3.329	3.120	2.948	2.760
50	3.789	3.483	3.336	3.128	2.956	2.768
51	3.798	3.491	3.345	3.136	2.964	2.775
52	3.808	3.500	3.353	3.143	2.971	2.783
53	3.816	3.507	3.361	3.151	2.978	2.790
54	3.825	3.516	3.368	3.158	2.986	2.798

ANEXO IV: CRITERIOS DE DIXON PARA ENSAYOS DE OBSERVACIÓN EXTREMA (MUESTRA ÚNICA).



E 178 – 02

TABLE 2 Dixon Criteria for Testing of Extreme Observation (Single Sample)^A

n	Criterion	Significance Level (One-Sided Test)		
		10 percent	5 percent	1 percent
3	$r_{10} = (x_2 - x_1)/(x_n - x_1)$ if smallest value is suspected; $= (x_n - x_{r-1})/(x_n - x_1)$ if largest value is suspected	0.886	0.941	0.988
4		0.679	0.765	0.889
5		0.557	0.642	0.780
6		0.482	0.560	0.698
7		0.434	0.507	0.637
8	$r_{11} = (x_2 - x_1)/(x_{r-1} - x_1)$ if smallest value is suspected; $= (x_n - x_{r-1})/(x_n - x_2)$ if largest value is suspected.	0.479	0.554	0.683
9		0.441	0.512	0.635
10		0.409	0.477	0.597
11	$r_{21} = (x_3 - x_1)/(x_{r-1} - x_1)$ if smallest value is suspected; $= (x_n - x_{r-2})/(x_n - x_2)$ if largest value is suspected.	0.517	0.576	0.679
12		0.490	0.546	0.642
13		0.467	0.521	0.615
14	$r_{22} = (x_3 - x_1)/(x_{r-2} - x_1)$ if smallest value is suspected; $= (x_n - x_{r-2})/(x_n - x_3)$ if largest value is suspected.	0.492	0.546	0.641
15		0.472	0.525	0.616
16		0.454	0.507	0.595
17		0.438	0.490	0.577
18		0.424	0.475	0.561
19		0.412	0.462	0.547
20		0.401	0.450	0.535
21		0.391	0.440	0.524
22		0.382	0.430	0.514
23		0.374	0.421	0.505
24		0.367	0.413	0.497
25		0.360	0.406	0.489
26		0.354	0.399	0.486
27		0.348	0.393	0.475
28		0.342	0.387	0.469
29		0.337	0.381	0.463
30	0.332	0.376	0.457	

^A $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_r$ (See Ref (1), Appendix.)

**ANEXO V: PUNTOS CRITICOS DE LA DISTRIBUCION
F, P ($X > x$) = 0.05.**

Tabla A4 Puntos críticos al 5% de la distribución $F, P(X > x) = 0.05$.

		Grados de libertad en el numerador																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	40	50	75	100	∞			
Grados de libertad en el denominador	1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254			
	2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5		
	3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.66	8.63	8.62	8.59	8.58	8.56	8.55	8.53			
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.70	5.68	5.66	5.63			
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.56	4.52	4.50	4.46	4.44	4.42	4.41	4.37			
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.87	3.83	3.81	3.77	3.75	3.73	3.71	3.67			
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.44	3.40	3.38	3.34	3.32	3.29	3.27	3.23			
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.15	3.11	3.08	3.04	3.02	2.99	2.97	2.93			
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.94	2.89	2.86	2.83	2.80	2.77	2.76	2.71			
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.77	2.73	2.70	2.66	2.64	2.60	2.59	2.54			
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.47	2.46	2.41			
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.54	2.50	2.47	2.43	2.40	2.37	2.35	2.30			
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.46	2.41	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.21			
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.39	2.34	2.31	2.27	2.24	2.21	2.19	2.13			
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.33	2.28	2.25	2.20	2.18	2.14	2.12	2.07			
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.28	2.23	2.19	2.15	2.12	2.09	2.07	2.01			
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.23	2.18	2.15	2.10	2.08	2.04	2.02	1.96			
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.19	2.14	2.11	2.06	2.04	2.00	1.98	1.92			
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	2.00	1.96	1.94	1.88			
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.12	2.07	2.04	1.99	1.97	1.93	1.91	1.84			
	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.90	1.88	1.81			
	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.07	2.02	1.98	1.94	1.91	1.87	1.85	1.78			
	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13	2.05	2.00	1.96	1.91	1.88	1.84	1.82	1.76			
	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.03	1.97	1.94	1.89	1.86	1.82	1.80	1.73			
	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.84	1.80	1.78	1.71			
	26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	1.99	1.94	1.90	1.85	1.82	1.78	1.76	1.69			
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.76	1.74	1.67				
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.79	1.75	1.73	1.65				
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03	1.94	1.89	1.85	1.81	1.77	1.73	1.71	1.64				
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.93	1.88	1.84	1.79	1.76	1.72	1.70	1.62				
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.84	1.78	1.74	1.69	1.66	1.61	1.59	1.51				
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.75	1.69	1.65	1.59	1.56	1.51	1.48	1.39				
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.68	1.62	1.57	1.52	1.48	1.42	1.39	1.28				
∞	3.84	3.00	2.61	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.79	1.75	1.72	1.69	1.67	1.57	1.51	1.46	1.40	1.35	1.28	1.25	1.03				

ANEXO VI: COEFICIENTES α_n PARA EL CONTRASTE DE SHAPIRO WILLKS

Coefficientes a_{in} para el contraste de Shapiro-Wilks

n	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2		0.7071										
3		0.7071	0.0000									
4		0.6872	0.1677									
5		0.6646	0.2413	0.0000								
6		0.6431	0.2806	0.0875								
7		0.6233	0.3031	0.1401	0.0000							
8		0.6052	0.3164	0.1743	0.0561							
9		0.5888	0.3244	0.1976	0.0947	0.0000						
10		0.5739	0.3291	0.2141	0.1224	0.0399						
11		0.5601	0.3315	0.2260	0.1429	0.0695	0.0000					
12		0.5475	0.3325	0.2347	0.1586	0.0922	0.0303					
13		0.5359	0.3325	0.2412	0.1707	0.1099	0.0539	0.0000				
14		0.5251	0.3318	0.2495	0.1802	0.1240	0.0727	0.0240				
15		0.5150	0.3306	0.2495	0.1878	0.1353	0.0880	0.0433	0.0000			
16		0.5056	0.3290	0.2521	0.1988	0.1447	0.1005	0.0593	0.0196			
17		0.4968	0.3273	0.2540	0.1988	0.1524	0.1109	0.0725	0.0359	0.0000		
18		0.4886	0.3253	0.2553	0.2027	0.1587	0.1197	0.0837	0.0496	0.0163		
19		0.4808	0.3232	0.2561	0.2059	0.1641	0.1271	0.0932	0.0612	0.0303	0.0000	
20		0.4734	0.3211	0.2565	0.2085	0.1686	0.1334	0.1013	0.0711	0.0422	0.0140	
21		0.4643	0.3185	0.2578	0.2119	0.1736	0.1339	0.1092	0.0804	0.0530	0.0263	0.0000
22		0.4590	0.3156	0.2571	0.2131	0.1764	0.1443	0.1150	0.0878	0.0618	0.0368	0.0122
23		0.4542	0.3126	0.2563	0.2139	0.1787	0.1480	0.1201	0.0941	0.0696	0.0459	0.0228
24		0.4493	0.3098	0.2554	0.2145	0.1807	0.1512	0.1245	0.0997	0.0764	0.0539	0.0321
25		0.4450	0.3069	0.2543	0.2148	0.1822	0.1539	0.1283	0.1046	0.0823	0.0610	0.0403
26		0.4407	0.3043	0.2533	0.2151	0.1836	0.1563	0.1316	0.1089	0.0876	0.0672	0.0476
27		0.4366	0.3018	0.2522	0.2152	0.1848	0.1584	0.1346	0.1128	0.0923	0.0728	0.0540
28		0.4328	0.2992	0.2510	0.2151	0.1857	0.1601	0.1372	0.1162	0.0965	0.0778	0.0598
29		0.4291	0.2968	0.2499	0.2150	0.1864	0.1616	0.1395	0.1192	0.1002	0.0822	0.0650
30		0.4254	0.2944	0.2487	0.2148	0.1870	0.1630	0.1415	0.1219	0.1036	0.0862	0.0697
31		0.4220	0.2921	0.2475	0.2145	0.1874	0.1641	0.1433	0.1243	0.1066	0.0899	0.0739
32		0.4188	0.2898	0.2463	0.2141	0.1878	0.1651	0.1449	0.1265	0.1093	0.0931	0.0777
33		0.4156	0.2876	0.2451	0.2137	0.1880	0.1660	0.1463	0.1284	0.1118	0.0961	0.0812
34		0.4127	0.2854	0.2439	0.2132	0.1882	0.1667	0.1475	0.1301	0.1140	0.0988	0.0844
35		0.4096	0.2834	0.2427	0.2127	0.1883	0.1673	0.1487	0.1317	0.1160	0.1013	0.0873
36		0.4068	0.2813	0.2415	0.2121	0.1883	0.1678	0.1496	0.1331	0.1179	0.1036	0.0900
37		0.4040	0.2794	0.2403	0.2116	0.1883	0.1683	0.1505	0.1344	0.1196	0.1056	0.0924
38		0.4015	0.2774	0.2391	0.2110	0.1881	0.1686	0.1513	0.1356	0.1211	0.1075	0.0947
39		0.3989	0.2755	0.2380	0.2104	0.1880	0.1689	0.1520	0.1366	0.1225	0.1092	0.0967
40		0.3964	0.2737	0.2368	0.2098	0.1878	0.1691	0.1526	0.1376	0.1237	0.1108	0.0986
41		0.3940	0.2719	0.2357	0.2091	0.1876	0.1693	0.1531	0.1384	0.1249	0.1123	0.1004
42		0.3917	0.2701	0.2345	0.2085	0.1874	0.1694	0.1535	0.1392	0.1259	0.1136	0.1020
43		0.3894	0.2684	0.2334	0.2078	0.1871	0.1695	0.1539	0.1398	0.1269	0.1149	0.1035
44		0.3872	0.2667	0.2323	0.2072	0.1868	0.1695	0.1542	0.1405	0.1278	0.1160	0.1049
45		0.3850	0.2651	0.2313	0.2065	0.1865	0.1695	0.1545	0.1410	0.1286	0.1170	0.1062
46		0.3830	0.2635	0.2302	0.2058	0.1862	0.1695	0.1548	0.1415	0.1293	0.1180	0.1073
47		0.3808	0.2620	0.2291	0.2052	0.1859	0.1695	0.1550	0.1420	0.1300	0.1189	0.1085
48		0.3789	0.2604	0.2281	0.2045	0.1855	0.1693	0.1551	0.1423	0.1306	0.1197	0.1095
49		0.3770	0.2589	0.2271	0.2038	0.1851	0.1692	0.1553	0.1427	0.1312	0.1205	0.1105
50		0.3751	0.2574	0.2260	0.2032	0.1847	0.1691	0.1554	0.1430	0.1317	0.1212	0.1113

Coefficientes a_{in} para el contraste de Shapiro-Wilks

n ⁱ	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
24	0.0107										
25	0.0200	0.0000									
26	0.0284	0.0094									
27	0.0358	0.0178	0.0000								
28	0.0424	0.0253	0.0084								
29	0.0483	0.0320	0.0159	0.0000							
30	0.0537	0.0381	0.0227	0.0076							
31	0.0585	0.0435	0.0289	0.0144	0.0000						
32	0.0629	0.0485	0.0344	0.0206	0.0068						
33	0.0669	0.0530	0.0395	0.0262	0.0187	0.0000					
34	0.0706	0.0572	0.0441	0.0314	0.0187	0.0062					
35	0.0739	0.0610	0.0484	0.0361	0.0239	0.0119	0.0000				
36	0.0770	0.0645	0.0523	0.0404	0.0287	0.0172	0.0057				
37	0.0798	0.0677	0.0559	0.0444	0.0331	0.0220	0.0110	0.0000			
38	0.0824	0.0706	0.0592	0.0481	0.0372	0.0264	0.0158	0.0053			
39	0.0848	0.0733	0.0622	0.0515	0.0409	0.0305	0.0203	0.0101	0.0000		
40	0.0870	0.0759	0.0651	0.0546	0.0444	0.0343	0.0244	0.0146	0.0049		
41	0.0891	0.0782	0.0677	0.0575	0.0476	0.0379	0.0283	0.0188	0.0094	0.0000	
42	0.0909	0.0804	0.0701	0.0602	0.0506	0.0411	0.0318	0.0227	0.0136	0.0045	
43	0.0927	0.0824	0.0724	0.0628	0.0534	0.0442	0.0352	0.0263	0.0175	0.0087	0.0000
44	0.0943	0.0842	0.0745	0.0651	0.0560	0.0471	0.0383	0.0296	0.0211	0.0126	0.0042
45	0.0959	0.0860	0.0765	0.0673	0.0584	0.0497	0.0412	0.0328	0.0245	0.0163	0.0081
46	0.0972	0.0876	0.0783	0.0694	0.0607	0.0522	0.0439	0.0357	0.0277	0.0197	0.0118
47	0.0986	0.0892	0.0801	0.0713	0.0628	0.0546	0.0465	0.0385	0.0307	0.0229	0.0153
48	0.0998	0.0906	0.0817	0.0731	0.0648	0.0568	0.0489	0.0411	0.0335	0.0259	0.0185
49	0.1010	0.0919	0.0832	0.0748	0.0667	0.0588	0.0511	0.0436	0.0361	0.0288	0.0215
50	0.1020	0.0932	0.0846	0.0764	0.0685	0.0608	0.0532	0.0459	0.0386	0.0314	0.0244

n ⁱ	23	24	25
45	0.0000		
46	0.0039		
47	0.0076	0.0000	
48	0.0111	0.0037	
49	0.0143	0.0071	0.0000
50	0.0174	0.0104	0.0035

ANEXO VII: PUNTOS PARA LA DISTRIBUCION X2

Tabla A2 Puntos para la distribución χ^2 .

Grados de libertad	Área a la derecha de los puntos, $P(X > x)$					
	0.995	0.975	0.95	0.05	0.025	0.015
1	0.000	0.001	0.004	3.841	5.024	5.916
2	0.010	0.051	0.103	5.991	7.378	8.399
3	0.072	0.216	0.352	7.815	9.348	10.465
4	0.207	0.484	0.711	9.488	11.143	12.339
5	0.412	0.831	1.145	11.070	12.833	14.098
6	0.676	1.237	1.635	12.592	14.449	15.777
7	0.989	1.690	2.167	14.067	16.013	17.398
8	1.344	2.180	2.733	15.507	17.535	18.974
9	1.735	2.700	3.325	16.919	19.023	20.513
10	2.156	3.247	3.940	18.307	20.483	22.021
11	2.603	3.816	4.575	19.675	21.920	23.503
12	3.074	4.404	5.226	21.026	23.337	24.963
13	3.565	5.009	5.892	22.362	24.736	26.403
14	4.075	5.629	6.571	23.685	26.119	27.827
15	4.601	6.262	7.261	24.996	27.488	29.235
16	5.142	6.908	7.962	26.296	28.845	30.629
17	5.697	7.564	8.672	27.587	30.191	32.011
18	6.265	8.231	9.390	28.869	31.526	33.382
19	6.844	8.907	10.117	30.144	32.852	34.742
20	7.434	9.591	10.851	31.410	34.170	36.093
21	8.034	10.283	11.591	32.671	35.479	37.434
22	8.643	10.982	12.338	33.924	36.781	38.768
23	9.260	11.689	13.091	35.172	38.076	40.094
24	9.886	12.401	13.848	36.415	39.364	41.413
25	10.520	13.120	14.611	37.652	40.646	42.725
26	11.160	13.844	15.379	38.885	41.923	44.031
27	11.808	14.573	16.151	40.113	43.195	45.331
28	12.461	15.308	16.928	41.337	44.461	46.626
29	13.121	16.047	17.708	42.557	45.722	47.915
30	13.787	16.791	18.493	43.773	46.979	49.199

ANEXO VIII: VALORES CRITICOS PARA LA PRUEBA DE DUNNET

Tabla A7 Valores críticos para la prueba de Dunnett. (Hipótesis bilaterales.)

$\alpha - 1 =$ Número de medias de tratamiento (sin contar el control)									
f	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	2.57	3.03	3.29	3.48	3.62	3.73	3.82	3.90	3.97
6	2.45	2.86	3.10	3.26	3.39	3.49	3.57	3.64	3.71
7	2.36	2.75	2.97	3.12	3.24	3.33	3.41	3.47	3.53
8	2.31	2.67	2.88	3.02	3.13	3.22	3.29	3.35	3.41
9	2.26	2.61	2.81	2.95	3.05	3.14	3.20	3.26	3.32
10	2.23	2.57	2.76	2.89	2.99	3.07	3.14	3.19	3.24
11	2.20	2.53	2.72	2.84	2.94	3.02	3.08	3.14	3.19
12	2.18	2.50	2.68	2.81	2.90	2.98	3.04	3.09	3.14
13	2.16	2.48	2.65	2.78	2.87	2.94	3.00	3.06	3.10
14	2.14	2.46	2.63	2.75	2.84	2.91	2.97	3.02	3.07
15	2.13	2.44	2.61	2.73	2.82	2.89	2.95	3.00	3.04
16	2.12	2.42	2.59	2.71	2.80	2.87	2.92	2.97	3.02
17	2.11	2.41	2.58	2.69	2.78	2.85	2.90	2.95	3.00
18	2.10	2.40	2.56	2.68	2.76	2.83	2.89	2.94	2.98
19	2.09	2.39	2.55	2.66	2.75	2.81	2.87	2.92	2.96
20	2.09	2.38	2.54	2.65	2.73	2.80	2.86	2.90	2.95
24	2.06	2.35	2.51	2.61	2.70	2.76	2.81	2.86	2.90
30	2.04	2.32	2.47	2.58	2.66	2.72	2.77	2.82	2.86
40	2.02	2.29	2.44	2.54	2.62	2.68	2.73	2.77	2.81
60	2.00	2.27	2.41	2.51	2.58	2.64	2.69	2.73	2.77
120	1.98	2.24	2.38	2.47	2.55	2.60	2.65	2.69	2.73
∞	1.96	2.21	2.35	2.44	2.51	2.57	2.61	2.65	2.69

f = grados de libertad.

ANEXO IX: PUNTOS PARA LA DISTRIBUCION T- STUDENT

Tabla A3 Puntos críticos para la distribución T de Student.

Grados de libertad	Área a la derecha de los puntos, $P(X > x)$			
	0.10	0.05	0.025	0.015
1	3.0776835	6.3137515	12.706205	21.204949
2	1.8856181	2.9199856	4.3026527	5.6427784
3	1.6377444	2.3533634	3.1824463	3.8960459
4	1.5332063	2.1318468	2.7764451	3.2976297
5	1.475884	2.0150484	2.5705818	3.002875
6	1.4397557	1.9431803	2.4469119	2.8289279
7	1.4149239	1.8945786	2.3646243	2.714573
8	1.3968153	1.859548	2.3060041	2.6338144
9	1.3830287	1.8331129	2.2621572	2.573804
10	1.3721836	1.8124611	2.2281389	2.5274842
11	1.3634303	1.7958848	2.2009852	2.4906639
12	1.3562173	1.7822876	2.1788128	2.4607002
13	1.3501713	1.7709334	2.1603687	2.4358452
14	1.3450304	1.7613101	2.1447867	2.4148977
15	1.3406056	1.7530504	2.1314495	2.397005
16	1.3367572	1.7458837	2.1199053	2.3815454
17	1.3333794	1.7396067	2.1098156	2.3680548
18	1.3303909	1.7340636	2.100922	2.35618
19	1.3277282	1.7291328	2.0930241	2.3456475
20	1.3253407	1.7247182	2.0859634	2.3362422
21	1.3231879	1.7207429	2.0796138	2.3277923
22	1.3212367	1.7171444	2.0738731	2.3201596
23	1.3194602	1.7138715	2.0686576	2.313231
24	1.3178359	1.7108821	2.0638986	2.3069134
25	1.3163451	1.7081408	2.0595386	2.3011295
26	1.3149719	1.7056179	2.0555294	2.2958145
27	1.3137029	1.7032884	2.0518305	2.2909136
28	1.3125268	1.7011309	2.0484071	2.2863802
29	1.3114336	1.699127	2.0452296	2.2821746
30	1.310415	1.6972609	2.0422725	2.2782623

ANEXO X: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿De qué forma cambian las propiedades mecánicas del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego? • ¿Cuál es el módulo de elasticidad del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego? • ¿la reducción de la resistencia a la compresión del concreto por el incremento de temperatura es igual para concretos de diferentes relaciones agua/cemento? 	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Conocer el cambio propiedades mecánicas del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia a la compresión del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego. • Determinar el módulo de elasticidad del concreto al incrementar su temperatura por exposición al fuego. • Determinar si la reducción de la resistencia a la compresión del concreto por el incremento de temperatura es igual para concretos de diferentes relaciones agua/cemento. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Las propiedades mecánicas del concreto disminuyen al de incrementar su temperatura por exposición al fuego.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • La resistencia a la compresión del concreto disminuye al incrementar su temperatura por exposición al fuego. • El módulo de elasticidad del concreto disminuye al incrementar su temperatura por exposición al fuego. • la reducción de la resistencia a la compresión del concreto por el incremento de temperatura no es igual para concretos de diferentes relaciones agua/cemento. 	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Incremento de temperatura por exposición al fuego.</p> <p>DEPENDIENTE</p> <p>Propiedades Mecánicas del concreto</p>	<p>Incremento de Temperatura</p> <p>Resistencia a la compresión</p> <p>Módulo de elasticidad</p>	<p>Temperatura</p> <p>esfuerzo a la compresión</p> <p>Módulo de deformación longitudinal</p>	<p>°C</p> <p>kg/cm²</p> <p>kg/cm²</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El tipo de investigación cuantitativo y experimental. ▪ El nivel de investigación correlacional.

**ANEXO XI: FORMATOS LLENADOS DE LOS
ENSAYOS EN LABORATORIO, DISEÑO DE MEZCLA,
FORMATO DE QUEMADO DE PROBETAS Y
CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPOS.**



TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO - HUÁNUCO 2019"

TESISTAS: OLORTIN VALENTIN, ALEX
CHUQUIYURI RAFAEL, KELER
ASESOR: ING. MOISES TORRES RAMIREZ
CANTERA: ANDABAMBA (FIGUEROA) - PILLCO MARCA - HUANUCO
FECHA : 04-Set-19
MUESTRA: ARENA GRUESA

I- GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (N.T.P. 400.022 ASTM C-128)

DATOS

1	Peso de la Arena Seca (A)	gr	492.78
2	Peso de la fiola + Agua hasta marca (B)	gr	1229.44
3	Peso de la fiola + Arena sss + Agua hasta marca (C)	gr	1540.58
4	Peso de la Arena sss (S)	gr	500.00

RESULTADOS

5	Densidad muestra seca ((A)/(B+S-C))	gr/cm3	2.61
6	Densidad muestra sss ((S)/(B+S-C))	gr/cm3	2.65
7	Densidad aparente ((A)/(B+A-C))	gr/cm3	2.71
8	Porcentaje de Absorción ((S-A)/A)*100	%	1.47

II- PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (N.T.P. 400.017 ASTM C-29)

PESO UNITARIO SUELTO

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6420	6470	6380
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4637	4687	4597
4	Volumen del Recipiente	m3	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S.	kg/m3	1654	1672	1640
7	Promedio P.U.S.	kg/m3	1655		

PESO UNITARIO COMPACTO

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6750	6770	6740
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4967	4987	4957
4	Volumen del Recipiente	m3	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.C.	kg/m3	1772	1779	1768
7	Promedio P.U.C.	kg/m3	1773		

III. HUMEDAD (N.T.P. 339.185)

1	Peso de la Tara	gr	0		
2	Peso de la Tara + Muestra Humeda	gr	5172.00		
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	5046.00		
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr	126.00		
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr	5046.00		
6	Contenido de Humedad (4/5)*100	%	2.50		





TESIS:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO AL
INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO -
HUÁNUCO 2019"

TESISTAS:

OLORTIN VALENTIN, ALEX
CHUQUIYAURI RAFAEL, KELER

ASESOR:

ING. MOISES TORRES RAMIREZ

CANTERA:

ANDABAMBA (FIGUEROA) - PILLCO MARCA - HUANUCO

FECHA :

04-Set-19

MUESTRA:

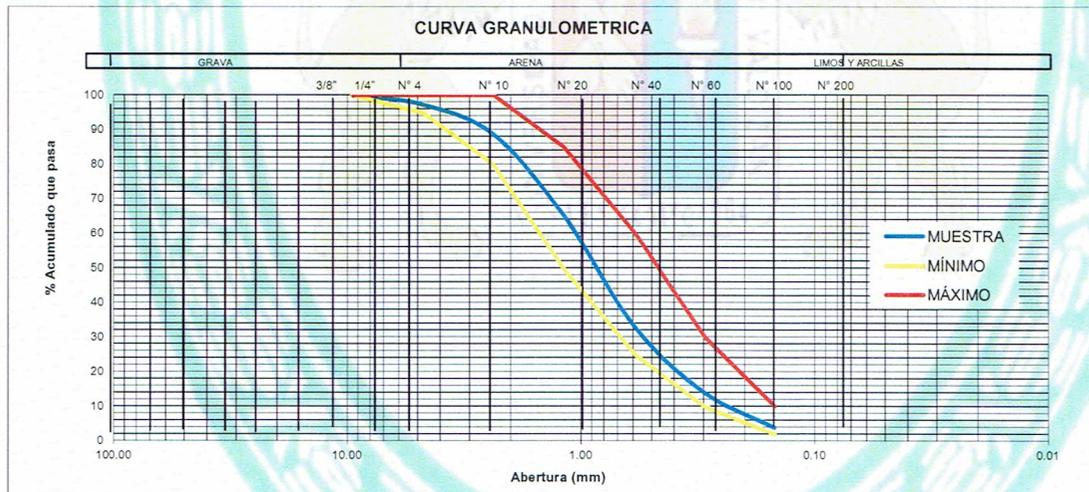
ARENA GRUESA

IV- ANALISIS GRANULOMETRICO: (N.T.P. 400.012)

Peso Muestra 5036.00 grms.

TAMIZ	PESO	PORCENTAJE DE LA MUESTRA			SEGÚN ASTM	
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	ACUMULADO	MIN	MAX
			100.00			
3/8"	6.36	0.13	99.87	0.13	100.00	100.00
4	132.59	2.63	97.24	2.76	95.00	100.00
8	433.75	8.61	88.63	11.37	80.00	100.00
16	1177.21	23.38	65.25	34.75	50.00	85.00
30	1626.04	32.29	32.96	67.04	25.00	60.00
50	954.50	18.95	14.01	85.99	10.00	30.00
100	515.71	10.24	3.77	96.23	2.00	10.00
FONDO	189.84	3.77	0.00	100.00	0.00	0.00

Modulo Fineza 2.98



V- RESULTADOS

DESCRIPCION	AGREGADO FINO:
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.61
PESO SECO COMPACTADO	
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.50%
ABSORCION	1.47%
MODULO DE FINURA	2.98
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	





TESIS: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO - HUÁNUCO 2019"

TESISTAS: OLORTIN VALENTIN, ALEX
CHUQUIYAURI RAFAEL, KELER

ASESOR: ING. MOISES TORRES RAMIREZ

CANTERA: ANDABAMBA (FIGUEROA) - PILLCO MARCA - HUANUCO

FECHA : 04-Set-19

MUESTRA: PIEDRA CHANCADA

I- GRAVEDAD ESPECIFICA DE AGREGADO GRUESO (N.T.P. 400.021 ASTM C-127)

DATOS

1	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (B)	gr	2106.42
2	Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	0.00
3	Peso de la Muestra Saturada + Peso de la Canastilla d	gr	2106.42
4	Peso de la Muestra Saturada Sumergida (C)	gr	1317.61
5	Peso de la Tara	gr	0.00
6	Pes de la Tara + Muestra Seca	gr	2086.00
7	Peso de la Muestra Seca (6-5) (A)	gr	2086.00
RESULTADOS			
8	Gravedad Especifica Seca $((A)/(B-C))$	gr/cm ³	2.64
9	Gravedad Especifico Saturada (S.S.S) $((A/B(B-C))$	gr/cm ³	2.67
10	Peso Especifico Aparente $((A)/(A-C))$	gr/cm ³	2.71
11	Porcentaje de Absorsión $((B-A)/A)*100$	%	0.98

II- PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (N.T.P. 400.017 ASTM C-29)

PESO UNITARIO SUELTO

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	24970	24720	24760
2	Peso del Recipiente	gr	5830	5830	5830
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	19140	18890	18930
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m ³	1358	1340	1343
7	Promedio P.U.S. Seco	kg/m ³		1347	

PESO UNITARIO COMPACTO

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	26350	26950	26700
2	Peso del Recipiente	gr	5830	5830	5830
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	20520	21120	20870





TESIS: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO - HUÁNUCO 2019"

TESISTAS: OLORTIN VALENTIN, ALEX
CHUQUIYAURI RAFAEL, KELER

ASESOR: ING. MOISES TORRES RAMIREZ

CANTERA: ANDABAMBA (FIGUEROA) - PILLCO MARCA - HUANUCO

FECHA : 04-Set-19

MUESTRA: PIEDRA CHANCADA

4	Volumen del Recipiente	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.C	kg/m ³	1456	1498	1481
7	Promedio P.U.S.Compacto	kg/m ³	1478		

III. HUMEDAD (N.T.P. 339.185)

1	Peso de la Tara	gr	0		
2	Peso de la Tara + Muestra Humeda	gr	6576.00		
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	6566.00		
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr	10.00		
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr	6566.00		
6	Contenido de Humedad (4/5)*100	%	0.15		

IV- ANALISIS GRANULOMETRICO: (N.T.P. 400.012)

Peso Muestr: 6566.00 grms.

TAMIZ	PESO		PORCENTAJE DE LA MUESTRA		SEGÚN ASTM		
	RETENIDO		RETENIDO	PASA	ACUMULADO	MIN.	MAX.
2 1/2"	0.00			100.00	0.00		
2"	0.00			100.00	0.00		
1 1/2"	0.00		0.00	100.00	0.00		
1 "	0.00		0.00	100.00	0.00		
3/4"	0.000		0.00	100.00	0.00	90	100
1/2"	2540.00		38.68	61.32	38.68		
3/8"	2254.00		34.33	26.99	73.01	20	55
Nro. 4	1688.00		25.71	1.28	98.72	0	10
Nro. 8	80.00		1.22	0.06	99.94	0	5
FONDO	4.00		0.06	1.22	98.78		

Tamaño Maximo Nominal
Modulo Fineza

1/2
2.72





TESIS: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO - HUÁNUCO 2019"

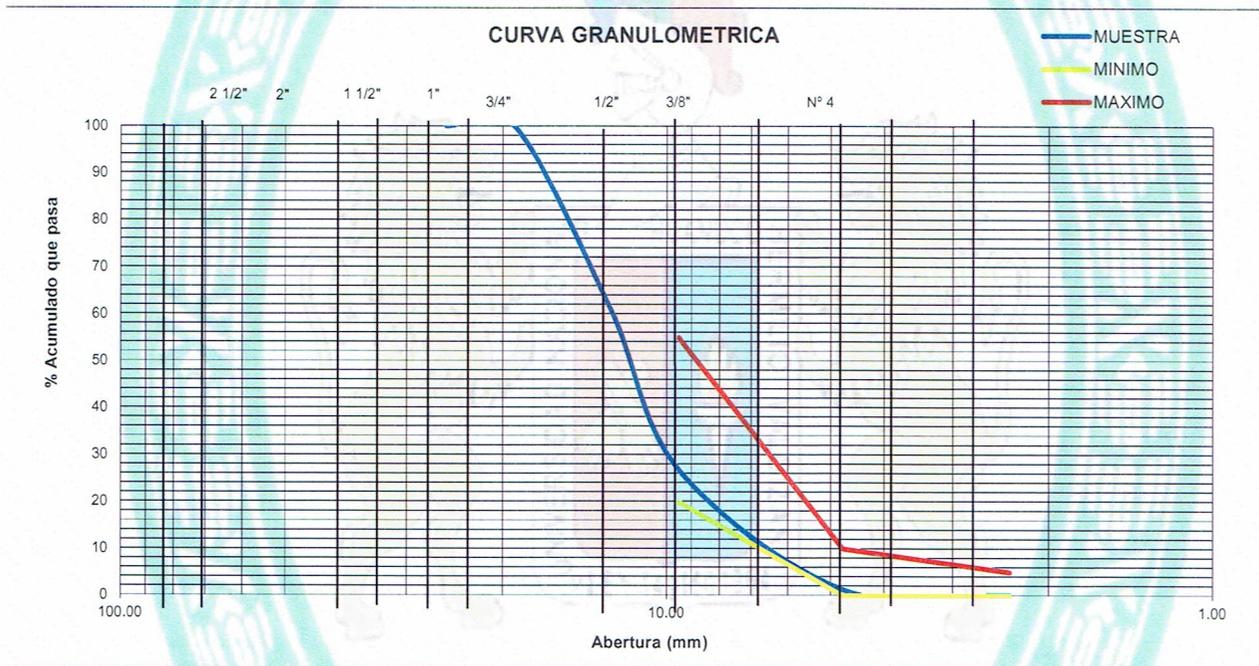
TESISTAS: OLORTIN VALENTIN, ALEX
CHUQUIYURI RAFAEL, KELER

ASESOR: ING. MOISES TORRES RAMIREZ

CANTERA: ANDABAMBA (FIGUEROA) - PILLCO MARCA - HUANUCO

FECHA : 04-Set-19

MUESTRA: PIEDRA CHANCADA



V- RESULTADOS

DESCRIPCION	AGREGADO GRUESO:
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.64
PESO SECO COMPACTADO	1478
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.15%
ABSORCION	0.98%
MODULO DE FINURA	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	1/2



[Handwritten signature]



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO - HUÁNUCO "

TESISTAS: OLORTIN VALENTIN, ALEX
CHUQUIYAURI RAFAEL, KELER

ASESOR: ING. MOISES TORRES RAMIREZ

1- ESPECIFICACIONES

Resistencia requerida:

175 kg/cm²

LEYENDA



INGRESAR DATOS

DATO SELECCIONADO

2- MATERIALES

CEMENTO: PORTLAND TIPO I

Peso específico= 3.15

AGUA: POTABLE DE LA RED DE SERVICIO PUBLICO SEDA HUANUCO

DESCRIPCION	AGREGADO FINO:	AGREGADO GRUESO:
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.61	2.64
PESO SECO COMPACTADO	-	1478
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.50%	0.15%
ABSORCION	1.47%	0.98%
MODULO DE FINURA	2.98	-
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	-	1/2

3- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

a) Si se conoce la desviacion estandar:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35$$

No se tiene la desviación estándar

b) No se conoce la desviacion estandar:

f'c	f'cr
menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 85
sobre 350	f'c + 98



f'cr= 245 kg/cm²



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

4- SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Según la granulometría del agregado grueso:

1/2

5- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	>= 5"

6- VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Asentamiento	Agua, l/m ³ TMN de Agregados gruesos y Slump dado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con Aire Incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Agregado grueso = 1/2

Asentamiento = 3" a 4"



Volumen de agua =

216 lt

7- CONTENIDO DE AIRE

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado	Aire Incorporado		
		Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8"	3.0%	4.5%	6.0%	7.5%
1/2"	2.5%	4.0%	5.5%	7.0%
3/4"	2.0%	3.5%	5.0%	6.0%
1"	1.5%	3.0%	4.5%	6.0%
1 1/2"	1.0%	2.5%	4.5%	5.5%
2"	0.5%	2.0%	4.0%	5.0%
3"	0.3%	1.5%	3.5%	4.5%
6"	0.2%	1.0%	2.0%	4.0%

Agregado grueso = 1/2



Contenido de aire =

2.50%



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

8- RELACION AGUA/CEMENTO

Resistencia a la compresion a los 28 días (f'cr) (kg/cm ²)	Relacion agua-cemento de diseño en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Interpolando según la resistencia:

250	0.62
245	a/c
200	0.70

$$a/c = 0.63$$

9- FACTOR CEMENTO

$$\text{Peso de cemento} = \text{Volumen de agua} / a/c = 344 \text{ kg}$$

10- CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Tamaño Máximo Nominal	volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de C°, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

$$\text{Agregado grueso} = 1/2 \quad \text{Modulo de fineza} \quad 2.98$$

Interpolando según el módulo de fineza:

3.00	0.53
2.98	VOL
2.80	0.55

$$\text{Vol} = 0.53$$

→ Volumen a usar = 0.53

$$\text{Peso del agregado grueso} = 786.22$$



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

11- CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento =	0.109 m ³
Agua =	0.216 m ³
Aire =	0.025 m ³
Agregado grueso =	0.297 m ³
Total =	0.648 m ³

12- CONTENIDO DE AGREGADO FINO (AF)

Volumen de AF =	0.352 m ³
Peso del agregado fino seco =	920.00 kg

13- VALORES DE DISEÑO

Cemento =	344 kg
Agua de diseño =	216 kg
Agregado fino seco =	920 kg
Agregado grueso seco =	786 kg

14- CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

<u>Peso humedo</u>	
Agregado fino	943 kg/m ³
Agregado grueso	787 kg/m ³
<u>Humedad superficial</u>	
Agregado fino	1.03%
Agregado grueso	-0.83%
<u>Aporte de humedad</u>	
Agregado fino	9 lt/m ³
Agregado grueso	-6 lt/m ³
total =	3 lt/m ³

Agua efectiva = 213 lt/m³

PESOS DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Cemento =	344 kg/m ³
Agua de diseño =	213 lt/m ³
Agregado fino seco =	943 kg/m ³
Agregado grueso seco =	787 kg/m ³

15- PROPORCION EN PESO POR BOLSA DE CEMENTO

CONCRETO $f' = 175 \text{ kg/cm}^2$			
cemento	AF	AG	a/c
1	116.50	97.28	0.62
Bol.	kg	kg	



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO - HUÁNUCO"

TESISTAS: OLORTIN VALENTIN, ALEX
CHUQUIYAURI RAFAEL, KELER

ASESOR: ING. MOISES TORRES RAMIREZ

1- ESPECIFICACIONES

Resistencia: 210 kg/cm²

LEYENDA

 INGRESAR DATOS
 DATO SELECCIONADO

2- MATERIALES

CEMENTO: PORTLAND TIPO I Peso específico= 3.15

AGUA: POTABLE DE LA RED DE SERVICIO PUBLICO SEDA HUANUCO

DESCRIPCION	AGREGADO FINO:	AGREGADO GRUESO:
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.61	2.64
PESO SECO COMPACTADO	-	1478
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.50%	0.15%
ABSORCION	1.47%	0.98%
MODULO DE FINURA	2.98	-
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	-	1/2

3- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

a) Si se conoce la desviacion estandar:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35$$

No se tiene la desviación estándar

b) No se conoce la desviacion estandar:

f _c	f _{cr}
menos de 210	f _c + 70
210 a 350	f _c + 85
sobre 350	f _c + 98



f' cr= 295 kg/cm²



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

4- SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Según la granulometría del agregado grueso: 1/2

5- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	>= 5"

6- VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Asentamiento	Agua, l/m ³ TMN de Agregados gruesos y Slump dado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con Aire Incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Agregado grueso = 1/2 Asentamiento = 3" a 4"

➔ Volumen de agua = 216 lt

7- CONTENIDO DE AIRE

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado	Aire Incorporado		
		Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8"	3.0%	4.5%	6.0%	7.5%
1/2"	2.5%	4.0%	5.5%	7.0%
3/4"	2.0%	3.5%	5.0%	6.0%
1"	1.5%	3.0%	4.5%	6.0%
1 1/2"	1.0%	2.5%	4.5%	5.5%
2"	0.5%	2.0%	4.0%	5.0%
3"	0.3%	1.5%	3.5%	4.5%
6"	0.2%	1.0%	2.0%	4.0%

Agregado grueso = 1/2

➔ Contenido de aire = 2.50%



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

8- RELACION AGUA/CEMENTO

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (kg/cm ²)	Relacion agua-cemento de diseño en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Interpolando según la resistencia:

300	0.55
295	a/c
250	0.62

$$a/c = 0.56$$

9- FACTOR CEMENTO

$$\text{Peso de cemento} = \text{Volumen de agua} / a/c = 388 \text{ kg}$$

10- CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Tamaño Máximo Nominal	volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de C°, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1}{2} \text{ Modulo de fineza} = 2.98$$

3.00	0.53
2.98	VOL
2.80	0.55

$$\text{Vol} = 0.53$$

$$\rightarrow \text{Volumen a usar} = 0.5319$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = 786.22$$



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

11- CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento =	0.123 m ³
Agua =	0.216 m ³
Aire =	0.025 m ³
Agregado grueso =	0.297 m ³
Total =	0.661 m ³

12- CONTENIDO DE AGREGADO FINO (AF)

Volumen de AF =	0.339 m ³
Peso del agregado fino seco =	884.00 kg

13- VALORES DE DISEÑO

Cemento =	388 kg
Agua de diseño =	216 kg
Agregado fino seco =	884 kg
Agregado grueso seco =	786 kg

14- CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Peso humedo	
Agregado fino	906 kg/m ³
Agregado grueso	787 kg/m ³

Humedad superficial	
Agregado fino	1.03%
Agregado grueso	-0.83%

Aporte de humedad	
Agregado fino	9 lt/m ³
Agregado grueso	-6 lt/m ³
total =	3 lt/m ³

Agua efectiva = 213 lt/m³

PESOS DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Cemento =	388 kg/m ³
Agua de diseño =	213 lt/m ³
Agregado fino seco =	906 kg/m ³
Agregado grueso seco =	787 kg/m ³

15- PROPORCION EN PESO

CONCRETO f'=210 kg/cm ²			
cemento	AF	AG	a/c
1	99.25	86.25	0.55
Bol.	kg	kg	



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO - HUÁNUCO"

TESISTAS: OLORTIN VALENTIN, ALEX
CHUQUIYAURI RAFAEL, KELER

ASESOR: ING. MOISES TORRES RAMIREZ

1- ESPECIFICACIONES

Resistencia: 280 kg/cm²

LEYENDA
 INGRESAR DATOS
 DATO SELECCIONADO

2- MATERIALES

CEMENTO: PORTLAND TIPO I Peso específico= 3.15

AGUA: POTABLE DE LA RED DE SERVICIO PUBLICO SEDA HUANUCO

DESCRIPCION	AGREGADO FINO:	AGREGADO GRUESO:
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.61	2.64
PESO SECO COMPACTADO	-	1478
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.50%	0.15%
ABSORCION	1.47%	0.98%
MODULO DE FINURA	2.98	-
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	-	1/2

3- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

a) Si se conoce la desviacion estandar:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35$$

No se tiene la desviación estándar

b) No se conoce la desviacion estandar:

f'c	f'cr
menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 85
sobre 350	f'c + 98



f'cr= 365 kg/cm²



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

4- SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Según la granulometría del agregado grueso: 1/2

5- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	>= 5"

6- VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Asentamiento	Agua, l/m ³ TMN de Agregados gruesos y Slump dado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con Aire Incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Agregado grueso = 1/2 Asentamiento = 3" a 4"

→ Volumen de agua = 216 lt

7- CONTENIDO DE AIRE

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado	Aire Incorporado		
		Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8"	3.0%	4.5%	6.0%	7.5%
1/2"	2.5%	4.0%	5.5%	7.0%
3/4"	2.0%	3.5%	5.0%	6.0%
1"	1.5%	3.0%	4.5%	6.0%
1 1/2"	1.0%	2.5%	4.5%	5.5%
2"	0.5%	2.0%	4.0%	5.0%
3"	0.3%	1.5%	3.5%	4.5%
6"	0.2%	1.0%	2.0%	4.0%

Agregado grueso = 1/2

→ Contenido de aire = 2.50%



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

8- RELACION AGUA/CEMENTO

Resistencia a la compresion a los 28 días (f'cr) (kg/cm2)	Relacion agua-cemento de diseño en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Interpolando según la resistencia:

400	0.38
365	a/c
350	0.48

$$a/c = 0.45$$

9- FACTOR CEMENTO

Peso de cemento = Volumen de agua / a/c = 480 kg

10- CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Tamaño Máximo Nominal	volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de C°, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Agregado grueso = 1/2 Modulo de fineza 2.98136

3.00	0.53
2.98	VOL
2.80	0.55

$$\text{Vol} = 0.53$$

→ Volumen a usar = 0.53

Peso del agregado grueso = 786.22



DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL ACI

11- CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento = 0.152 m³
 Agua = 0.216 m³
 Aire = 0.025 m³
 Agregado grueso = 0.297 m³
 Total = 0.691 m³

12- CONTENIDO DE AGREGADO FINO (AF)

Volumen de AF = 0.309 m³
 Peso del agregado fino seco = 808.00 kg

13- VALORES DE DISEÑO

Cemento = 480 kg
 Agua de diseño = 216 kg
 Agregado fino seco = 808 kg
 Agregado grueso seco = 786 kg

14- CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Peso humedo
 Agregado fino 828 kg/m³
 Agregado grueso 787 kg/m³

Humedad superficial
 Agregado fino 1.03%
 Agregado grueso -0.83%

Aporte de humedad
 Agregado fino 8 lt/m³
 Agregado grueso -6 lt/m³
 total = 2 lt/m³

Agua efectiva = 214 lt/m³

PESOS DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Cemento = 480 kg/m³
 Agua de diseño = 214 lt/m³
 Agregado fino seco = 828 kg/m³
 Agregado grueso seco = 787 kg/m³

15- PROPORCION EN PESO

CONCRETO f' = 280 kg/cm ²			
cemento	AF	AG	a/c
1	73.33	69.72	0.45
Bol.	kg	kg	



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE
MATERIALES



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS

TESIS: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO LUEGO DE SER SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS
LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS DE LA UNHEVAL

DATOS GENERALES: F_c = 175 Kg/Cm²

atc: 0.62

edad: 30 dias

FABRICACION DE PROBETAS

FECHA: 13/09/2019

HORA: 04:30 p.m.

SLUMP: 4"

DESMOLDADO Y SUMERGIDO

FECHA: 14/09/2019

HORA: 10:00 a.m.

RETIRADO DE LA POZA DE CURADO

FECHA: 14/10/2019

HORA: 9:00 a.m.

tipo de muestra	N° probeta	peso inicial (kg)	temperatura inicial (°C)	dimensiones inicial (cm)			tiempo al fuego (min)	peso final (kg)	temperatura final (°C)		dimensiones final (cm)		carga de falla (TN)	Resistencia en Equipo(Kg/Cm ²)	Condición Después de exposicion del Fuego
				DI	D2	altura			No exp	Exp	diametro	altura			
GRUPO CONTROL	GC-1	13.47	22.90	15.10	15.25	30.80	-	-	-	-	-	-	45.020.00	253.10	-
	GC-2	13.20	22.10	15.15	15.00	30.65	-	-	-	-	-	-	45.520.00	255.90	-
	GC-3	13.22	22.50	14.95	15.25	30.60	-	-	-	-	-	-	44.930.00	252.60	-
	GC-4	13.37	22.30	15.10	15.10	30.70	-	-	-	-	-	-	42.440.00	238.60	-
	GC-5	13.33	22.20	15.05	15.10	30.50	-	-	-	-	-	-	40.300.00	226.50	-
	GC-6	13.46	21.10	15.05	15.05	30.70	-	-	-	-	-	-	40.960.00	230.30	-
	GC-7	13.33	22.50	15.10	15.10	30.80	-	-	-	-	-	-	43.630.00	245.30	-
T1	T1-1	13.39	22.30	15.05	15.05	30.70	60.00	13.06	114.80	191.80	15.10	30.80	30.970.00	174.10	Sin Fisura
	T1-2	13.18	22.10	14.95	14.95	30.60	60.00	12.80	116.00	220.00	15.07	30.60	30.350.00	170.60	Sin Fisura
	T1-3	13.31	22.90	15.05	15.05	30.50	60.00	13.05	105.00	195.80	15.10	30.50	31.150.00	175.10	Sin Fisura
	T1-4	13.24	21.70	15.10	15.10	30.60	60.00	13.01	99.40	210.20	15.00	30.50	38.750.00	217.80	Sin Fisura
	T1-5	13.45	22.00	15.10	15.10	30.50	60.00	13.15	98.10	150.40	15.12	30.70	33.430.00	187.90	Sin Fisura
	T1-6	13.15	22.40	15.05	15.15	30.54	60.00	13.09	120.00	180.20	15.10	30.60	33.960.00	190.90	Sin Fisura
	T1-7	13.35	21.00	15.10	15.10	30.50	60.00	13.06	125.00	200.50	15.12	30.55	31.940.00	179.50	Sin Fisura
T2	T2-1	13.32	21.90	15.00	15.00	30.60	120.00	12.88	260.00	473.00	15.10	30.70	30.300.00	170.30	Sin Fisura
	T2-2	13.25	22.40	15.05	15.05	30.50	120.00	11.06	225.00	348.00	15.05	26.40	24.660.00	138.60	Roto
	T2-3	13.39	22.20	15.10	15.10	30.60	120.00	12.77	210.00	350.00	15.05	30.80	23.450.00	131.80	Sin Fisura
	T2-4	13.41	22.60	15.15	15.15	30.80	120.00	10.85	190.10	343.00	15.00	26.00	23.590.00	132.60	Roto
	T2-5	13.18	21.60	14.95	14.95	30.60	120.00	12.63	292.10	397.00	14.90	30.50	22.540.00	126.70	Sin Fisura
	T2-6	13.27	22.00	15.05	15.05	30.70	120.00	12.55	285.00	420.00	15.10	30.70	20.860.00	117.30	Sin Fisura
	T2-7	13.22	21.50	15.10	15.10	30.50	120.00	12.70	265.00	405.00	15.10	30.50	21.400.00	120.30	Sin Fisura
T3	T3-1	13.25	22.10	15.00	15.00	30.70	180.00	9.33	376.00	526.00	14.80	23.00	11.930.00	67.10	Roto
	T3-2	13.40	22.30	15.10	15.10	30.80	180.00	12.50	442.00	592.00	15.10	30.60	12.930.00	72.70	Con Fisuras
	T3-3	13.28	22.40	15.15	15.15	30.60	180.00	12.29	455.00	605.00	15.00	30.60	12.610.00	70.90	Con Fisuras
	T3-4	13.44	22.50	15.10	15.10	30.70	180.00	6.78	406.00	556.00	15.10	17.00	15.310.00	86.10	Roto
	T3-5	13.36	22.50	15.10	15.10	30.60	180.00	9.32	474.00	624.00	15.05	23.00	13.690.00	76.90	Roto
	T3-6	13.47	21.80	15.05	15.06	30.40	180.00	12.35	420.00	570.00	15.08	15.10	13.060.00	73.40	Con Fisuras
	T3-7	13.45	22.00	15.15	15.10	30.60	180.00	12.42	448.00	598.00	15.15	15.10	12.780.00	71.80	Con Fisuras



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES



ENSAYO DE CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS

TESIS: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO LUEGO DE SER SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS DE LA UNHEVAL

DATOS GENERALES: $f'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ Peso unitario = a/c: 0.55 edad: 30 dias

FABRICACION DE PROBETAS FECHA: 13/09/2019 HORA: 04:30 p.m. SLUMP: 4"

DESMOLDADO Y SUMERGIDO FECHA: 14/09/2019 HORA: 10:00 a.m.

RETIRADO DE LA POZA DE CURADO FECHA: 14/10/2019 HORA: 9:00 a.m.

tipo de muestra	N° probeta	peso inicial (kg)	temperatura inicial (°C)	dimensiones inicial (cm)		tiempo al fuego (min)	peso final (kg)	temperatura final (°C)		dimensiones final (cm)		carga de falla (TN)	Resistencia en Equipo(Kg/Cm2)	Condición Despues de exposicion del Fuego
				D1	D2			No exp	Exp	diametro	altura			
GRUPO CONTROL	GC-1	13.30	21.10	15.00	15.21	30.80	-	-	-	-	-	52,830.00	298.90	
	GC-2	13.33	20.10	15.05	15.25	30.60	-	-	-	-	-	50,870.00	287.80	
	GC-3	13.31	21.00	15.03	15.05	30.50	-	-	-	-	-	49,400.00	279.50	
	GC-4	13.34	21.80	14.90	15.17	30.70	-	-	-	-	-	52,340.00	296.10	
	GC-5	13.30	21.60	15.08	14.90	30.70	-	-	-	-	-	52,900.00	299.30	
	GC-6	13.37	21.40	14.95	14.98	30.50	-	-	-	-	-	48,500.00	274.40	
	GC-7	13.30	21.00	15.03	15.05	30.60	-	-	-	-	-	49,370.00	279.30	
T1	T1-1	13.29	20.50	15.00	15.20	30.60	9.72	125.40	242.00	15.11	23.30	43,890.00	248.30	Roto
	T1-2	13.38	21.30	15.10	15.10	30.80	12.77	126.40	270.00	15.10	30.60	41,240.00	233.30	Sin Fisura
	T1-3	13.34	21.60	15.00	15.15	30.50	10.98	102.00	166.00	14.98	26.20	43,630.00	246.80	Roto
	T1-4	13.27	20.80	15.10	15.20	30.70	11.01	105.10	214.00	15.05	26.10	42,370.00	239.70	Roto
	T1-5	13.36	21.40	15.08	15.10	30.70	9.87	107.60	150.00	15.11	23.30	31,170.00	176.30	Roto
	T1-6	13.34	21.00	15.05	15.00	30.40	12.85	120.00	180.00	15.05	30.50	42,530.00	240.60	Sin Fisura
	T1-7	13.35	21.10	15.08	15.05	30.50	12.93	118.00	189.00	15.08	30.60	41,330.00	233.80	Sin Fisura
T2	T2-1	13.34	21.00	15.00	15.00	30.60	12.54	230.00	420.00	15.02	30.60	30,970.00	175.20	Sin Fisura
	T2-2	13.32	21.50	15.05	15.05	30.60	9.49	170.80	370.00	14.95	23.10	32,260.00	182.50	Roto
	T2-3	13.29	21.30	15.10	15.10	30.80	10.63	166.00	378.00	14.90	26.20	31,910.00	180.50	Roto
	T2-4	13.37	21.70	15.15	15.15	30.60	9.28	170.90	375.00	14.95	23.00	30,710.00	173.70	Roto
	T2-5	13.39	21.00	14.95	14.95	30.60	12.46	184.60	381.00	14.95	30.70	34,450.00	194.90	Sin Fisura
	T2-6	13.35	21.40	15.10	15.12	30.50	12.45	245.00	415.00	15.10	30.60	33,990.00	192.30	Sin Fisura
	T2-7	13.30	21.80	15.05	15.04	30.40	15.40	223.00	385.00	15.05	30.40	32,300.00	182.70	Sin Fisura
T3	T3-1	13.39	21.00	15.00	15.00	30.90	12.84	388.00	538.00	15.00	30.90	15,680.00	88.70	Roto
	T3-2	13.35	21.40	15.10	15.10	30.70	12.26	434.00	584.00	15.00	30.80	19,160.00	108.40	Con Fisuras
	T3-3	13.40	21.10	15.15	15.15	30.80	12.27	454.00	604.00	15.05	30.60	20,620.00	116.60	Con Fisuras
	T3-4	13.28	21.80	15.10	15.10	30.70	12.21	420.00	570.00	15.00	30.60	19,890.00	112.50	Con Fisuras
	T3-5	13.33	21.60	15.10	15.10	30.70	11.44	475.00	625.00	14.90	30.50	18,240.00	103.20	Roto
	T3-6	13.37	21.40	15.05	15.02	30.50	12.30	440.00	590.00	15.05	30.50	20,020.00	113.20	Con Fisuras
	T3-7	13.30	21.30	15.08	15.05	30.40	12.25	460.00	610.00	15.10	30.40	18,950.00	107.20	Con Fisuras



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES



ENSAYO DE CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN

FACULTAD: INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO LUEGO DE SER SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

LABORATO

RIO: MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS DE LA UNHEVAL

DATOS GENERALES: $f_c = 280 \text{ Kg/Cm}^2$ Peso unitario =

a/c: 0.45

edad: 32 dias

FABRICACION DE PROBETAS FECHA: 11/09/2019

HORA: 04:35 p.m.

SLUMP: 3.9"

DESMOLDADO Y SUMERGIDO FECHA: 12/09/2019

HORA: 10:00 a.m

RETIRADO DE LA POZA DE CURADO FECHA: 14/10/2019

HORA: 9:00 a.m

tipo de muestra	N° probeta	peso inicial (kg)	temperatura inicial (°C)	dimensiones inicial (cm)		tiempo al fuego (min)	peso final (kg)	temperatura final (°C)		dimensiones final (cm)		carga de falla (TN)	Resistencia en Equipo(kg/Cm2)	Condición Después de exposición del Fuego
				D1	D2			No exp	Exp	diametro	altura			
GRUPO CONTROL	GC-1	13.68	23.30	15.10	15.25	30.70						70,270.00	397.60	
	GC-2	13.51	23.90	15.15	15.10	30.70						59,710.00	337.80	
	GC-3	13.48	24.00	15.00	15.15	30.60						66,170.00	374.40	
	GC-4	13.69	23.90	15.10	15.10	30.70						62,200.00	351.90	
	GC-5	13.45	23.50	15.10	15.05	30.50						61,280.00	346.70	
	GC-6	13.55	23.80	15.05	15.12	30.70						68,150.00	385.60	
	GC-7	13.63	23.60	15.10	15.15	30.60						65,460.00	370.40	
T1	T1-1	13.47	23.70	15.10	15.10	30.55	11.12	106.70	225.00	15.10	26.00	52,620.00	297.70	Roto
	T1-2	13.48	23.60	15.10	15.05	30.60	11.19	118.00	196.00	15.10	26.30	50,500.00	285.70	Roto
	T1-3	13.22	23.90	15.08	15.00	30.80	12.91	157.00	196.90	15.10	30.70	52,640.00	297.80	Sin Fisura
	T1-4	13.55	24.00	15.15	15.12	30.70	13.20	185.00	210.50	15.16	30.80	48,170.00	272.50	Sin Fisura
	T1-5	13.44	23.20	15.05	15.07	30.50	12.65	175.00	214.50	15.05	30.50	54,030.00	305.70	Roto
	T1-6	13.37	23.50	15.07	15.10	30.57	13.05	188.00	215.00	15.06	30.60	51,920.00	293.80	Sin Fisura
	T1-7	13.20	23.90	15.05	15.15	30.60	12.75	186.00	220.00	15.05	30.62	52,190.00	295.30	Sin Fisura
T2	T2-1	13.59	24.10	15.10	15.15	30.70	12.81	332.00	395.00	15.05	30.70	46,290.00	261.90	Sin Fisura
	T2-2	13.50	23.40	15.05	15.05	30.60	12.63	338.00	415.00	15.00	30.60	41,010.00	232.00	Sin Fisura
	T2-3	13.60	23.50	15.10	15.10	30.60	12.77	352.00	406.00	15.05	30.60	38,870.00	219.90	Con Fisuras
	T2-4	13.54	23.40	15.05	15.15	30.70	10.80	329.00	386.00	15.05	26.00	41,360.00	234.00	Roto
	T2-5	13.47	23.50	15.10	15.05	30.50	12.86	355.00	400.00	15.08	30.51	42,730.00	241.80	Sin Fisura
	T2-6	13.52	23.40	15.08	15.10	30.60	12.45	345.00	412.00	15.12	30.62	40,990.00	231.90	Sin Fisura
	T2-7	13.55	23.00	15.05	15.05	30.80	12.69	337.00	410.00	15.07	30.83	43,780.00	247.70	Sin Fisura
T3	T3-1	13.65	23.20	15.05	15.10	30.70	12.78	434.00	584.00	15.05	30.80	27,420.00	155.10	Con Fisuras
	T3-2	13.64	23.00	15.10	15.60	180.00	12.73	455.00	605.00	15.05	30.70	23,230.00	131.40	Con Fisuras
	T3-3	13.49	23.00	15.05	15.10	30.60	12.70	458.00	608.00	15.08	30.61	26,730.00	151.20	Roto
	T3-4	13.67	22.90	15.10	15.30	30.80	12.89	440.00	590.00	15.10	30.90	27,820.00	157.40	Con Fisuras
	T3-5	13.57	23.50	15.10	15.15	30.50	12.81	452.00	602.00	15.12	30.50	25,780.00	145.80	Roto
	T3-6	13.62	22.80	15.05	15.12	30.70	12.75	446.00	596.00	15.08	30.70	27,790.00	157.20	Roto
	T3-7	13.68	23.00	15.08	15.15	30.60	12.65	434.00	584.00	15.10	30.61	26,250.00	148.50	Roto



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
ENSAYO DE CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE
MATERIALES



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN FACULTAD: INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

TESIS: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO LUEGO DE SER SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS DE LA UNHNEVAL

DATOS GENERALES: $f_c =$ 175 Kg/Cm2 Peso unitario = a/c: edad: 30 dias

FABRICACION DE PROBETAS FECHA: 13/09/2019 HORA: 04:30 p.m. SLUMP: 4"

DESMOLDADO Y SUMERGIDO FECHA: 14/09/2019 HORA: 10:00 a.m. Probetas: 15X30

RETIRADO DE LA POZA DE CURADO FECHA: 14/10/2019 HORA: 9:00 a.m.

tipo de muestra	N° probeta	peso inicial (kg)	temperatura inicial (°C)	dimensiones inicial (cm)		tiempo al fuego (min)	temperatura final (°C)		Condición Después de	
				D1	D2		altura	No exp		Exp
GRUPO CONTROL	GC-1	3.94	22.30	9.90	10.20	21.00				
	GC-2	3.94	22.60	9.95	10.20	20.80				
	GC-3	3.95	22.50	9.90	10.20	20.90				
T1	T1-1	3.93	22.20	9.90	10.15	20.80	60.00	192.00	198.00	Sin Fisura
	T1-2	3.89	21.80	9.90	10.15	20.70	60.00	196.00	205.00	Sin Fisura
	T1-3	3.95	21.60	9.90	10.20	20.70	60.00	198.00	205.00	Sin Fisura
T2	T2-1	3.88	21.60	10.10	9.90	15.40	120.00	395.00	406.00	Roto
	T2-2	3.95	21.60	10.10	9.90	15.20	120.00	389.00	398.00	Roto
	T2-3	3.90	20.90	10.15	9.90	15.30	120.00	395.00	606.00	Roto
T3	T3-1	3.94	21.80	9.90	10.20	20.90	180.00	597.00	605.00	
	T3-2	3.80	21.60	9.90	10.15	20.80	180.00	590.00	601.00	
	T3-3	3.95	21.80	10.20	9.90	21.00	180.00	586.00	598.00	



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
ENSAYO DE CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE
MATERIALES



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN

FACULTAD: INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

TESIS:

EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO LUEGO DE SER SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

LABORATORIO:

MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS DE LA UNHEVAL

DATOS GENERALES:

$f'c =$ 210 Kg/Cm² Peso unitario =

a/c: edad: 30 dias

FABRICACION DE PROBETAS

FECHA: 13/09/2019

HORA: 04:30 p.m. SLUMP: 4"

DESMOLDADO Y SUMERGIDO

FECHA: 14/09/2019

HORA: 10:00 a.m. Probetas: 15X30

RETRADO DE LA POZA DE CURADO

FECHA: 14/10/2019

tipo de muestra	N° probeta	peso inicial (kg)	temperatura inicial (°C)	dimensiones inicial (cm)		tiempo al fuego (min)	temperatura final (°C)		Condición Despues de
				D1	D2		altura	No exp	
GRUPO CONTROL	GC-1			9.90	10.15	20.80			
	GC-3			10.03	10.03	20.80			
	GC-4			9.90	10.15	20.80			
T1	T1-1			10.12	10.15	20.60	60.00	192.00	Sin Fisura
	T1-2			9.90	10.20	21.00	60.00	195.00	Sin Fisura
	T1-3			10.10	10.20	20.80	60.00	197.00	Sin Fisura
T2	T2-1			10.20	10.20	20.50	120.00	390.00	Roto
	T2-2			9.80	10.10	20.70	120.00	393.00	Roto
	T2-3			9.75	10.05	20.70	120.00	390.00	Roto
T3	T3-1			10.05	10.00	20.30	180.00	594.00	Roto
	T3-2			10.00	10.20	21.20	180.00	586.00	Roto
	T3-3			10.00	10.20	21.00	180.00	589.00	Roto



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
ENSAYO DE CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE
MATERIALES



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN

FACULTAD: INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

TESIS:

EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO LUEGO DE SER SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS DE LA UNHEVAL

DATOS GENERALES:

f'c = 280 Kg/Cm2 Peso unitario =

a/c: edad: 32 dias

FABRICACION DE PROBETAS

FECHA: 11/09/2019

HORA: 04:35 p.m. SLUMP: 3.9"

DESMOLDADO Y SUMERGIDO

FECHA: 12/09/2019

HORA: 10:00 a.m.

RETIRADO DE LA POZA DE CURADO

FECHA: 14/10/2019

HORA: 9:00 a.m. Probetas: 10x20

tipo de muestra	N° probeta	peso inicial (kg)	temperatura inicial (°C)	dimensiones inicial (cm)		tiempo al fuego (min)	temperatura final (°C)		Condición Despues de
				D1	D2		altura	No exp	
GRUPO CONTROL	GC-1		23.40	10.20	10.20				
	GC-2		23.10	10.20	10.20				
	GC-3								
T1	T1-1		21.90	10.10	10.10	60.00	190.00	195.00	Sin Fisura
	T1-2		23.10	10.20	10.20	60.00	198.00	206.00	Sin Fisura
	T1-3					60.00	197.00	207.00	
T2	T2-1		23.30	10.20	10.20	120.00	391.00	406.00	Sin Fisura
	T2-2		22.60	10.20	10.40	120.00	387.00	410.00	Sin Fisura
	T2-3					120.00	392.00	407.00	
T3	T3-1		23.60	10.20	10.10	180.00	595.00	603.00	Roto
	T3-2		22.10	10.20	10.10	180.00	585.00	595.00	Roto
	T3-3					180.00	587.00	598.00	

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument

Rangos

Measurement range

FABRICANTE

Manufacturer

Modelo

Model

Serie

Identification number

Ubicación de la máquina

Location of the machine

Norma de referencia

Norm of used reference

Intervalo calibrado

Calibrated interval

Solicitante

Customer

Dirección

Address

Ciudad

City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Measurement standard

Tipo / Modelo

Type / Model

Rangos

Measurement range

Fabricante

Manufacturer

No. serie

Identification number

Certificado de calibración

Calibration certification

Incertidumbre de medida

Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

27 kN

ELE INTERNATIONAL

EL78-0760

780760-00078

Laboratorio de la UNIV. NAC. HERMILIO VALDIZAN HUANUCO

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

UNIV. NAC. HERMILIO VALDIZAN HUANUCO

AV. UNIVERSITARIA 601 - 607 NRO. 601- URB. CAYHUAYNA HUANUCO - PILLCO MARCA

HUANUCO

T71P / DEF – A

5 tn

OHAUS / KELI

B504530209 / AGB8505

N° 011 – 2018 GLF

0.062 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2018 – 11 – 20

2018 – 11 – 28

Pág. 1 de 7

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

7

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signature

Téc. Gilmer A. Huamán Podquioma

Responsable Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **322-2018 GLF**
Pág. 2 de 7

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: ANILLO DE CARGA

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.005 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	UNIDADES	1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
10	115	kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
20	230	2.74	2.74	No Aplica	2.74	No Aplica
30	345	5.47	5.47		5.47	
40	460	8.21	8.21		8.21	
50	575	10.94	10.94		10.93	
60	690	13.66	13.65		13.66	
70	805	16.36	16.35		16.36	
80	920	19.02	19.03		19.03	
90	1035	21.71	21.72		21.72	
100	1150	24.39	24.39		24.40	
		27.07	27.08		27.07	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	2.73	-0.36	0.00	No Aplica	No Aplica	0.172	0.140
20	5.48	0.21	0.00			0.086	0.110
30	8.22	0.08	0.00			0.057	0.103
40	10.94	0.01	0.09			0.043	0.118
50	13.65	-0.08	0.07			0.034	0.111
60	16.34	-0.08	0.06			0.029	0.107
70	19.03	0.02	0.05			0.025	0.105
80	21.71	-0.02	0.05			0.022	0.103
90	24.39	-0.02	0.04			0.019	0.102
100	27.06	-0.04	0.04			0.017	0.101
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	No Aplica		

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: **23.8 °C**
Temperatura Máxima: **24.0 °C**

Humedad Mínima: **57.0 %Hr**
Humedad Máxima: **57.0 %Hr**



Av. Miraos Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: @gyllaboratorio.com
Correos: ventas@gyllaboratorio.com
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **322-2018 GLF**
Pág. 3 de 7

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,21	0,09	No Aplica	No Aplica	0,00	0,086

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 0.5 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

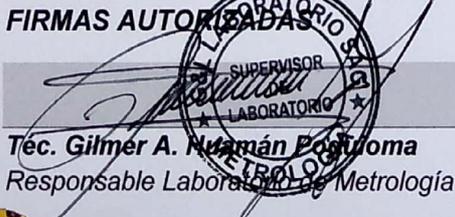
PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: 87747 con LLF = 0,39, Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,06 % con INFORME TÉCNICO LEA – PUCP, INF – LE – 191 – 18.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración **No.** 322-2018 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS


Tec. Gilmer A. Nuaman Postuoma
Responsable Laboratorio de Metrología



Av. Miraos Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com
Correos: ventas@gyllaboratorio.com
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 322-2018 GLF
Pág. 4 de 7

TABLA DE CALIBRACIÓN

Carga en kN = $A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$, donde X = Lectura del Dial

$A_0 = -3.96700E-02$
 $A_1 = 2.41700E-02$

$A_2 = -7.60109E-07$
 $A_3 = 2.04356E-10$

Desvío estandar del ajuste = 0.02426 kN

Lecturas	Carga en kN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	.20	.23	.25	.27	.30	.32	.35	.37	.40	.42
20	.44	.47	.49	.52	.54	.56	.59	.61	.64	.66
30	.68	.71	.73	.76	.78	.81	.83	.85	.88	.90
40	.93	.95	.97	1.00	1.02	1.05	1.07	1.09	1.12	1.14
50	1.17	1.19	1.22	1.24	1.26	1.29	1.31	1.34	1.36	1.38
60	1.41	1.43	1.46	1.48	1.50	1.53	1.55	1.58	1.60	1.62
70	1.65	1.67	1.70	1.72	1.74	1.77	1.79	1.82	1.84	1.87
80	1.89	1.91	1.94	1.96	1.99	2.01	2.03	2.06	2.08	2.11
90	2.13	2.15	2.18	2.20	2.23	2.25	2.27	2.30	2.32	2.35
100	2.37	2.39	2.42	2.44	2.47	2.49	2.51	2.54	2.56	2.59
110	2.61	2.63	2.66	2.68	2.71	2.73	2.75	2.78	2.80	2.83
120	2.85	2.87	2.90	2.92	2.95	2.97	2.99	3.02	3.04	3.07
130	3.09	3.11	3.14	3.16	3.19	3.21	3.23	3.26	3.28	3.31
140	3.33	3.35	3.38	3.40	3.43	3.45	3.47	3.50	3.52	3.55
150	3.57	3.59	3.62	3.64	3.67	3.69	3.71	3.74	3.76	3.78
160	3.81	3.83	3.86	3.88	3.90	3.93	3.95	3.98	4.00	4.02
170	4.05	4.07	4.10	4.12	4.14	4.17	4.19	4.22	4.24	4.26
180	4.29	4.31	4.34	4.36	4.38	4.41	4.43	4.45	4.48	4.50
190	4.53	4.55	4.57	4.60	4.62	4.65	4.67	4.69	4.72	4.74
200	4.77	4.79	4.81	4.84	4.86	4.88	4.91	4.93	4.96	4.98
210	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.12	5.15	5.17	5.20	5.22
220	5.24	5.27	5.29	5.31	5.34	5.36	5.39	5.41	5.43	5.46
230	5.48	5.51	5.53	5.55	5.58	5.60	5.62	5.65	5.67	5.70
240	5.72	5.74	5.77	5.79	5.82	5.84	5.86	5.89	5.91	5.93
250	5.96	5.98	6.01	6.03	6.05	6.08	6.10	6.13	6.15	6.17
260	6.20	6.22	6.24	6.27	6.29	6.32	6.34	6.36	6.39	6.41
270	6.43	6.46	6.48	6.51	6.53	6.55	6.58	6.60	6.63	6.65
280	6.67	6.70	6.72	6.74	6.77	6.79	6.82	6.84	6.86	6.89
290	6.91	6.93	6.96	6.98	7.01	7.03	7.05	7.08	7.10	7.12

TABLA DE CALIBRACIÓN

300	7.15	7.17	7.20	7.22	7.24	7.27	7.29	7.31	7.34	7.36
310	7.39	7.41	7.43	7.46	7.48	7.50	7.53	7.55	7.58	7.60
320	7.62	7.65	7.67	7.69	7.72	7.74	7.77	7.79	7.81	7.84
330	7.86	7.88	7.91	7.93	7.96	7.98	8.00	8.03	8.05	8.07
340	8.10	8.12	8.15	8.17	8.19	8.22	8.24	8.26	8.29	8.31
350	8.34	8.36	8.38	8.41	8.43	8.45	8.48	8.50	8.53	8.55
360	8.57	8.60	8.62	8.64	8.67	8.69	8.71	8.74	8.76	8.79
370	8.81	8.83	8.86	8.88	8.90	8.93	8.95	8.98	9.00	9.02
380	9.05	9.07	9.09	9.12	9.14	9.16	9.19	9.21	9.24	9.26
390	9.28	9.31	9.33	9.35	9.38	9.40	9.43	9.45	9.47	9.50
400	9.52	9.54	9.57	9.59	9.61	9.64	9.66	9.69	9.71	9.73
410	9.76	9.78	9.80	9.83	9.85	9.87	9.90	9.92	9.95	9.97
420	9.99	10.02	10.04	10.06	10.09	10.11	10.13	10.16	10.18	10.21
430	10.23	10.25	10.28	10.30	10.32	10.35	10.37	10.39	10.42	10.44
440	10.47	10.49	10.51	10.54	10.56	10.58	10.61	10.63	10.65	10.68
450	10.70	10.73	10.75	10.77	10.80	10.82	10.84	10.87	10.89	10.91
460	10.94	10.96	10.98	11.01	11.03	11.06	11.08	11.10	11.13	11.15
470	11.17	11.20	11.22	11.24	11.27	11.29	11.32	11.34	11.36	11.39
480	11.41	11.43	11.46	11.48	11.50	11.53	11.55	11.57	11.60	11.62
490	11.65	11.67	11.69	11.72	11.74	11.76	11.79	11.81	11.83	11.86
500	11.88	11.90	11.93	11.95	11.98	12.00	12.02	12.05	12.07	12.09
510	12.12	12.14	12.16	12.19	12.21	12.23	12.26	12.28	12.30	12.33
520	12.35	12.38	12.40	12.42	12.45	12.47	12.49	12.52	12.54	12.56
530	12.59	12.61	12.63	12.66	12.68	12.71	12.73	12.75	12.78	12.80
540	12.82	12.85	12.87	12.89	12.92	12.94	12.96	12.99	13.01	13.03
550	13.06	13.08	13.10	13.13	13.15	13.18	13.20	13.22	13.25	13.27
560	13.29	13.32	13.34	13.36	13.39	13.41	13.43	13.46	13.48	13.50
570	13.53	13.55	13.58	13.60	13.62	13.65	13.67	13.69	13.72	13.74
580	13.76	13.79	13.81	13.83	13.86	13.88	13.90	13.93	13.95	13.97
590	14.00	14.02	14.04	14.07	14.09	14.12	14.14	14.16	14.19	14.21
600	14.23	14.26	14.28	14.30	14.33	14.35	14.37	14.40	14.42	14.44
610	14.47	14.49	14.51	14.54	14.56	14.58	14.61	14.63	14.66	14.68
620	14.70	14.73	14.75	14.77	14.80	14.82	14.84	14.87	14.89	14.91
630	14.94	14.96	14.98	15.01	15.03	15.05	15.08	15.10	15.12	15.15
640	15.17	15.19	15.22	15.24	15.27	15.29	15.31	15.34	15.36	15.38
650	15.41	15.43	15.45	15.48	15.50	15.52	15.55	15.57	15.59	15.62
660	15.64	15.66	15.69	15.71	15.73	15.76	15.78	15.80	15.83	15.85
670	15.87	15.90	15.92	15.94	15.97	15.99	16.02	16.04	16.06	16.09
680	16.11	16.13	16.16	16.18	16.20	16.23	16.25	16.27	16.30	16.32
690	16.34	16.37	16.39	16.41	16.44	16.46	16.48	16.51	16.53	16.55

TABLA DE CALIBRACIÓN

700	16.58	16.60	16.62	16.65	16.67	16.69	16.72	16.74	16.76	16.79
710	16.81	16.83	16.86	16.88	16.90	16.93	16.95	16.97	17.00	17.02
720	17.04	17.07	17.09	17.12	17.14	17.16	17.19	17.21	17.23	17.26
730	17.28	17.30	17.33	17.35	17.37	17.40	17.42	17.44	17.47	17.49
740	17.51	17.54	17.56	17.58	17.61	17.63	17.65	17.68	17.70	17.72
750	17.75	17.77	17.79	17.82	17.84	17.86	17.89	17.91	17.93	17.96
760	17.98	18.00	18.03	18.05	18.07	18.10	18.12	18.14	18.17	18.19
770	18.21	18.24	18.26	18.28	18.31	18.33	18.35	18.38	18.40	18.42
780	18.45	18.47	18.49	18.52	18.54	18.56	18.59	18.61	18.63	18.66
790	18.68	18.70	18.73	18.75	18.77	18.80	18.82	18.84	18.87	18.89
800	18.91	18.94	18.96	18.98	19.01	19.03	19.05	19.08	19.10	19.12
810	19.15	19.17	19.19	19.22	19.24	19.26	19.29	19.31	19.33	19.36
820	19.38	19.40	19.43	19.45	19.47	19.50	19.52	19.54	19.57	19.59
830	19.61	19.64	19.66	19.68	19.71	19.73	19.75	19.78	19.80	19.82
840	19.85	19.87	19.89	19.92	19.94	19.96	19.99	20.01	20.03	20.06
850	20.08	20.10	20.13	20.15	20.17	20.20	20.22	20.24	20.27	20.29
860	20.31	20.34	20.36	20.38	20.41	20.43	20.45	20.48	20.50	20.52
870	20.55	20.57	20.59	20.62	20.64	20.66	20.69	20.71	20.73	20.76
880	20.78	20.80	20.83	20.85	20.87	20.90	20.92	20.94	20.97	20.99
890	21.01	21.04	21.06	21.08	21.11	21.13	21.15	21.18	21.20	21.22
900	21.25	21.27	21.29	21.32	21.34	21.36	21.39	21.41	21.43	21.46
910	21.48	21.50	21.53	21.55	21.57	21.60	21.62	21.64	21.67	21.69
920	21.71	21.74	21.76	21.78	21.81	21.83	21.85	21.88	21.90	21.92
930	21.95	21.97	21.99	22.02	22.04	22.06	22.09	22.11	22.13	22.15
940	22.18	22.20	22.22	22.25	22.27	22.29	22.32	22.34	22.36	22.39
950	22.41	22.43	22.46	22.48	22.50	22.53	22.55	22.57	22.60	22.62
960	22.64	22.67	22.69	22.71	22.74	22.76	22.78	22.81	22.83	22.85
970	22.88	22.90	22.92	22.95	22.97	22.99	23.02	23.04	23.06	23.09
980	23.11	23.13	23.16	23.18	23.20	23.23	23.25	23.27	23.30	23.32
990	23.34	23.37	23.39	23.41	23.43	23.46	23.48	23.50	23.53	23.55
1 000	23.57	23.60	23.62	23.64	23.67	23.69	23.71	23.74	23.76	23.78
1 010	23.81	23.83	23.85	23.88	23.90	23.92	23.95	23.97	23.99	24.02
1 020	24.04	24.06	24.09	24.11	24.13	24.16	24.18	24.20	24.23	24.25
1 030	24.27	24.30	24.32	24.34	24.37	24.39	24.41	24.44	24.46	24.48
1 040	24.50	24.53	24.55	24.57	24.60	24.62	24.64	24.67	24.69	24.71
1 050	24.74	24.76	24.78	24.81	24.83	24.85	24.88	24.90	24.92	24.95
1 060	24.97	24.99	25.02	25.04	25.06	25.09	25.11	25.13	25.16	25.18
1 070	25.20	25.23	25.25	25.27	25.30	25.32	25.34	25.37	25.39	25.41
1 080	25.43	25.46	25.48	25.50	25.53	25.55	25.57	25.60	25.62	25.64
1 090	25.67	25.69	25.71	25.74	25.76	25.78	25.81	25.83	25.85	25.88

TABLA DE CALIBRACIÓN

1 100	25.90	25.92	25.95	25.97	25.99	26.02	26.04	26.06	26.09	26.11
1 110	26.13	26.16	26.18	26.20	26.22	26.25	26.27	26.29	26.32	26.34
1 120	26.36	26.39	26.41	26.43	26.46	26.48	26.50	26.53	26.55	26.57
1 130	26.60	26.62	26.64	26.67	26.69	26.71	26.74	26.76	26.78	26.81
1 140	26.83	26.85	26.88	26.90	26.92	26.95	26.97	26.99	27.01	27.04
1 150	27.06									

FIRMAS AUTORIZADAS

Téc. Gilmer A. Huancabamba
Responsable Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-007-2017**

Peticionario : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN

Atención : Ing. Jorge Meyzan Briceño.

Lugar de calibración : Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura UNHEVAL - HUANUCO

Tipo de equipo : Máquina Universal

Capacidad del equipo : 60,000 Kgf

División de escala : 1 N

Marca : TINIUS OLSEN TESTING MACHINE CO.

Modelo : 602

Nº de serie del equipo : 225177

Lector digital : DIGITAL

Nº de serie lector digital : N/I.

Procedencia : USA

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 24,1°C / 53%

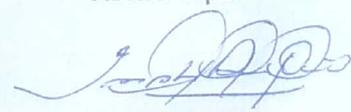
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 24,1°C / 55%

Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, Nº de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte Nº C-8517B0416

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2017-02-02

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-02-10	 Vladimir Tello TECNICO DE LABORATOR	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. Nº 89945

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
		(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(%)	U (%)
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
8	5000	4972	4976	4982	4976,7	0,5	0,1
17	10000	9944	9983	9975	9967,3	0,3	0,1
25	15000	14881	14881	14902	14888,0	0,8	0,1
33	20000	19876	19896	19911	19894,3	0,5	0,1
42	25000	24852	24752	24826	24810,0	0,8	0,1
50	30000	29784	29856	29887	29842,3	0,5	0,1
58	35000	34724	34815	34841	34793,3	0,6	0,1
67	40000	39693	39711	39795	39733,0	0,7	0,1
75	45000	45301	45021	44994	45105,3	-0,2	0,1
83	50000	49824	49885	49741	49816,7	0,4	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado, es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y no necesita corrección alguna, ya que el error en todo el rango calibrado no supera el $\pm 1\%$.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-013-2019

Página 1 de 2

N° Expediente : 1622_2019

Fecha de emisión : 2019-08-23

Solicitante : METROLOGIA E INSTRUMENTACION
INDUSTRIAL S.A.C. - METRINDUST S.A.C.
Dirección : CALLE LOS JAZMINES MZ. G LOTE 13 COO.
TALAVERA DE LA REYNA - EL AGUSTINO -
LIMA - LIMA
Unidad bajo prueba : TERMÓMETRO DIGITAL
Marca : DELTA OHM
Modelo : HD 2128.1
N° de serie : 16018154
Identificación : TH-07 (Para el indicador)(*)
TH-07-25A (Para el sensor)
Procedencia : Italia
Alcance de medición : -200 °C a 1 370 °C (**)
Resolución : 0,1 °C (***)
Ubicación : Laboratorio de Temperatura - Humedad
Fecha de calibración : Desde 2019-08-19 al 2019-08-22
Lugar de calibración : Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.

UNIMETRO S.A.C. ofrece a la industria y laboratorios de ensayo en general, los servicios de calibración y certificación de equipos e instrumentos de medición, contando para ello con un laboratorio equipado con equipos de alta tecnología y patrones trazables a patrones nacionales y patrones de referencia (DM-INACAL).

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIMETRO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo e instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de calibración que figuran en este documento.

El usuario debe recalibrar sus equipos en intervalos adecuados, teniendo como base las características del trabajo realizado así como el mantenimiento del instrumento y el tiempo de vida del mismo.

Método de Calibración

Calibración por comparación siguiendo el " Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" PC-017 Diciembre 2012 edición 2° del SNM-INDECOPI.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones de referencia del Laboratorio Nacional y/o laboratorios acreditados, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

TRAZABILIDAD	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología - INACAL	Termómetro digital con termopar tipo S con Incertidumbre del orden de 1,3 °C IT-22	LT-080-2019
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología - INACAL	Termómetro digital con termopar tipo S con Incertidumbre del orden de 1,3 °C IT-23	LT-081-2019

Observaciones

(*) Identificaciones asignadas por EL SOLICITANTE adheridas al indicador y sensor de temperatura respectivamente.

(**) Para el indicador según especificaciones del fabricante con termopar tipo K.

(***) La resolución 0,1 °C de 200 °C hasta 1 000 °C, según especificaciones del fabricante.

La incertidumbre reportada en el certificado es obtenido con un factor de cobertura de k=2, con un nivel de confianza aproximada del 95%.

Se colocó un sticker con la indicación "CALIBRADO".



Ing. Moisés A. Inga Chutos
Gerente de Metrología
Reg. CIP N° 137294

INGENIERÍA EN METROLOGÍA

Condiciones ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	20,7 °C	22,3 °C
Humedad relativa	63 %hr	69 %hr

Resultados

Indicación de Termómetro (°C)	Temperatura Convencionalmente Verdadera (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
298,8	300,3	1,5	2,1
647,1	650,7	3,6	2,6
997,6	999,8	2,2	3,0

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

$$TCV = \text{Indicación de termómetro} + \text{corrección}$$

Nota:

Tiempo de estabilización no menor a 45 minutos.

La profundidad de inmersión del termopar fue de 20 cm aproximadamente.

La calibración se realizó introduciendo el sensor en la entrada superior del indicador "Entrada A".

FIN DEL DOCUMENTO




CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura - Humedad

N° DE CERTIFICADO

MT - 0283 - 2019

Página : 1 de 2

EXPEDIENTE : EXP - 0192BT1 - 2019

METRINDUST S.A.C. Departamento de Metrología realiza calibraciones y certificaciones metrológicas según procedimientos de calibración validados o normalizados.

SOLICITANTE : CHUQUIYAURI RAFAEL ELVIN KELER

Dirección : Pasaje Ricardo Palma # 222 Lima - Lima - Lima

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO INFRARROJO

Marca : SCAN TEMP
Modelo : PRO440
Serie : E2082020832
Código de Identificación : No indica
Alcance de Indicación : -33 °C a 500 °C Infrarojo
-64 °C a 1400 °C Termopar
División/Resolución : 0,1 °C
Elemento Sensor : Termopila
Identificación del sensor : No indica
Procedencia : No Indica
Ubicación : No Indica

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de calibración : 2019-09-27
Fecha de emisión : 2019-09-27
Lugar de calibración : Laboratorio de **METRINDUST S.A.C.**

Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del Departamento de Metrología de METRINDUST S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa siguiendo el procedimiento PC-017 "Procedimiento para la calibración de Termómetros Digitales".
Segunda Edición - Diciembre 2012. SNM - INDECOPI

REVISADO:

Gamarra Rodriguez Dennis
Gerente Técnico

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
INACAL - DM	Una termoresistencia de platino con incertidumbre del orden desde 0,028 °C hasta 0,039 °C	LT - 065 - 2019
UNIMETRO	Un termopar tipo K con incertidumbre del orden desde 2,1 °C hasta 3,00 °C	CT - 013 - 2019

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,3 °C
Humedad Relativa	66 %hr	66 %hr

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación Termómetro (°C)	Corrección (°C)	TCV (°C)	Incertidumbre (°C)
200,2	-0,20	200,00	0,42
525,5	-0,50	525,00	2,90
850,9	-0,90	850,00	3,30

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde (CALIBRADO).

Las mediciones obtenidas fueron tomadas con el sensor tipo K.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

**** FIN DEL DOCUMENTO ****

Ficha Técnica

CEMENTO ANDINO PREMIUM

Descripción:

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda Clinker Tipo I y yeso.

Beneficios:

- Alta resistencia a mediano y largo plazo, alta durabilidad.
- Excelente trabajabilidad y acabado.
- Bajo contenido de álcalis. Buena resistencia a los agregados álcali reactivos.
- Moderada resistencia al salitre.

Usos:

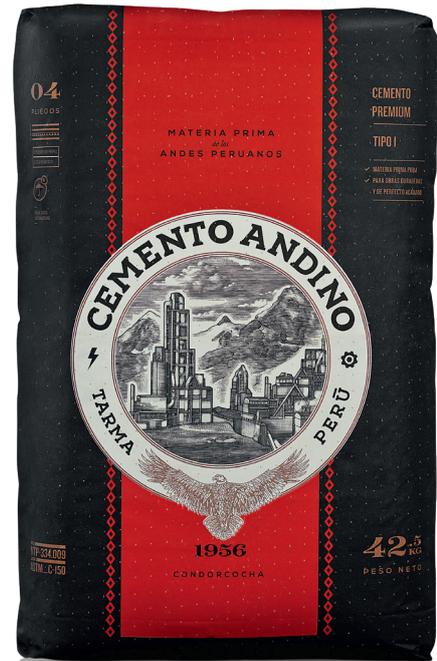
- Estructuras sólidas de acabados perfectos.
- Construcciones en general de gran envergadura como, puentes, estructuras industriales y conjuntos habitacionales.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

Formato de Distribución:

- **Bolsas de 42.5 Kg:** 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- **Granel:** A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

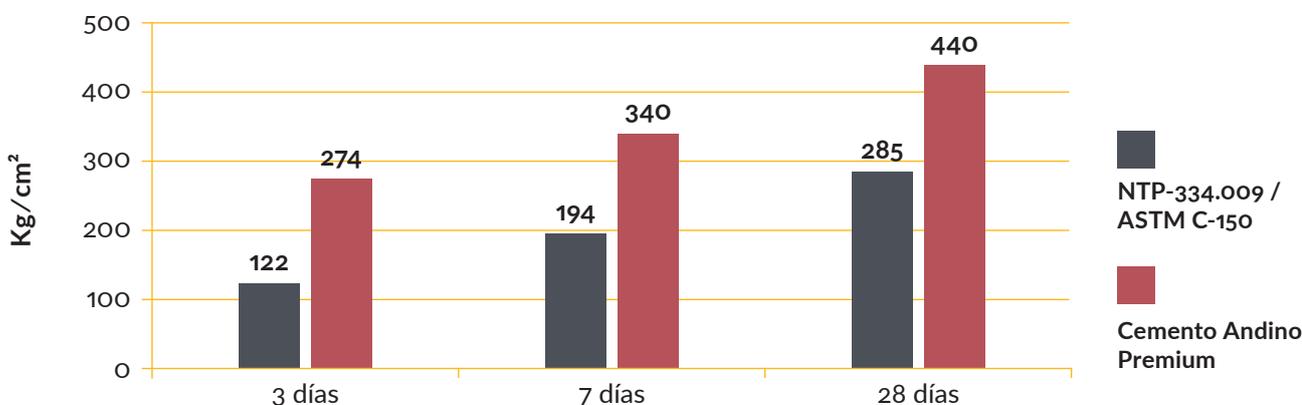
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Andino Premium



Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.01	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	361	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No especifica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	440	Mínimo 285*
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	116	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	1.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.68	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.69	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	15.53	No especifica
C ₃ S	%	57.35	No especifica
C ₃ A	%	7.50	No especifica
C ₄ AF	%	10.61	No especifica
Álcalis Equivalentes			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Requisito opcional, máximo 0.60
Resistencia a los Sulfatos			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días

*Requisito opcional



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los trece días del mes de agosto del 2020, siendo las 18:30 pm, se dará cumplimiento a la Resolución N° 029-2020-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y Evaluación del borrados de Tesis), y la Resolución Virtual N° 170-2020-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 07.AGO.2020 (Fijando fecha y hora de sustentación virtual de tesis), en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N° 0970-2020-UNHEVAL (Aprobando la Directiva de Asesoría y Sustentación Virtual de PPP, Trabajos de Investigación y Tesis), los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación virtual de la Tesis titulada **"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO - HUÁNUCO"**, para optar el Título de Ingeniero Civil de los Bachilleres **Alex OLORTÍN VALENTIN** y **Elvin Keler CHUQUIYAURI RAFAEL**, a través de la plataforma virtual del Cisco Meeting Webex.

Finalizado el acto de sustentación virtual de tesis, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

APELLIDOS Y NOMBRES	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
OLORTÍN VALENTIN, Alex	APROBADO	16	BUENO
CHUQUIYAURI RAFAEL, Elvin Keler	APROBADO	15	BUENO

Dándose por finalizado dicho acto a las: 8.30 PM, del mismo día 13 DE AGOSTO 2020, con lo que se dió por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:

.....


Jorge ZEVALLOS HUARANGA
 PRESIDENTE


Victor M. GOICOCHEA VARGAS
 SECRETARIO


Ana María MATOS RAMÍREZ
 VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSIÓN	FECHA	PÁGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	1 de 2

ANEXO 2

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL: (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: Olortin Valentin, Alex

DNI: 46927539 Correo electrónico: alex32_ov@hotmail.com

Teléfonos: _____ Celular 999476022 Oficina _____

Apellidos y Nombres: Chuquiyauri Rafael, Elvin Keler

DNI: 72686203 Correo electrónico: keler 6 25@hotmail.com

Teléfonos: _____ Celular 940066166 Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: _____ Celular _____ Oficina _____

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS:

Pregrado
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Título Profesional obtenido:

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSIÓN	FECHA	PÁGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	2 de 2

Título de la Tesis:

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO AL INCREMENTAR SU TEMPERATURA POR EXPOSICIÓN AL FUEGO – HUÁNUCO”.

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor (es):

Marcar (X)	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
X	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional - UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web repositorio.unheval.edu.pe, por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el periodo de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- () 1 año
- () 2 años
- () 3 años
- () 4 años

Luego del periodo señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Huánuco, 13 de octubre del 2020.


Orlin Valentin, Alex


Chuquiyauri Rafael, Elvin Keler