

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**ESTUDIO DEL CONCRETO PROYECTADO,
REFORZADO CON FIBRA DE POLIPROPILENO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

LLANOS PÉREZ SEGUNDO WILDER

ASESOR:

Ing. MCs. PÉREZ LOAYZA HÉCTOR ALBARINO

CAJAMARCA – PERÚ

2014

DEDICATORIA

Esta Tesis se la dedico a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Además quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona.

Wilder

AGRADECIMIENTO

...Hago extensivo mi agradecimiento a Dios por darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida; a mis padres porque siempre me están apoyando con los trabajos y a seguir afrontando las dificultades de la vida cotidiana; también profesores y compañeros que me ayudaron y dieron algunos aportes para poder realizar este trabajo; de igual manera quiero expresar mi agradecimiento al Ing. Mc Héctor Pérez Loayza, por el apoyo y dedicación como asesor para la elaboración de esta Tesis...

Wilder



ÍNDICE GENERAL

**“ESTUDIO DEL CONCRETO PROYECTADO,
REFORZADO CON FIBRA DE POLIPROPILENO”**

CONTENIDO.	PÁGINAS
ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE IMÁGENES	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
RESUMEN	IX

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.3.1. HIPÓTESIS	5
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	5
1.5. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.5.1. DELIMITACIONES	6
1.5.2. LIMITACIONES	6
1.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN	6

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. CONCRETO FIBROREFORZADO.

2.1.1. INTRODUCCIÓN	7
2.1.1.1. NORMAS DE LAS FIBRAS REFORZADORAS DE CONCRETO Y CONCRETO LANZADO	7
2.1.1.2. REPORTE DEL COMITÉ ACI 506	8
2.1.2. DEFINICIÓN DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRAS	8
2.1.2.1. TIPOS DE FIBRAS	8
2.1.2.2. HISTORIA	9
2.1.3. USOS DEL CONCRETO PROYECTADO	10
2.1.3.1. TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	11
2.1.3.1.1. ESTABILIZACIÓN	11
2.1.3.1.2. REVESTIMIENTO	11
2.1.4. TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PROYECTADO	12
2.1.4.1. REQUERIMIENTOS	12
2.1.4.1.1. MATERIALES CONSTRUCTIVOS	12
2.1.4.1.2. DESARROLLO DE LA RESISTENCIA TEMPRANA	13
2.1.4.1.3. RESISTENCIA FINAL	14



2.1.4.1.4. CONCRETO PROYECTADO REFORZADO CON FIBRA.	14
2.1.4.1.5. DURABILIDAD.	15
2.1.4.2. CONCRETO PROYECTADO VÍA HÚMEDA.	15
2.1.4.2.1. USOS.	15
2.1.4.2.2. VENTAJAS.	16
2.1.4.2.3. DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO PROYECTADO HÚMEDO.	16
2.1.4.2.4. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.	16
2.1.5. APLICACIÓN DEL CONCRETO PROYECTADO.	18
2.1.5.1. SEGURIDAD.	18
2.1.5.1.1. TRANSPORTE.	18
2.1.5.1.2. TRANSFERENCIA DEL CONCRETO.	18
2.1.5.1.3. ACARREO DEL CONCRETO PROYECTADO.	18
2.1.5.1.4. EN LA APLICACIÓN DEL CONCRETO PROYECTADO.	18
2.1.5.2. SUSTRATO.	19
2.1.5.3. LANZADO.	19
2.1.5.4. CONFIGURACIONES DE LA BOQUILLA.	20
2.1.5.5. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA TEMPRANA.	21
2.1.5.5.1. RESISTENCIA MUY TEMPRANA.	21
2.1.5.5.2. DESARROLLO DE RESISTENCIA INICIAL.	22
2.1.5.5.3. RESISTENCIA DE DESARROLLO.	22
2.1.5.6. REBOTE.	23
2.1.5.7. MECANIZACIÓN/AUTOMATIZACIÓN.	24
2.1.5.7.1. ROCIADO A MANO.	24
2.1.5.7.2. ROCIADO POR OPERADOR.	25
2.1.5.7.3. ROCIADO POR ROBOT.	25
2.1.6. PROCESO DE LANZADO.	25
2.1.6.1. LANZADO VÍA HÚMEDA.	25
2.1.6.1.1. VENTAJAS.	26
2.1.6.1.2. EQUIPOS.	27
2.1.6.1.3. UNIDADES DE DOSIFICACIÓN.	28
2.1.7. ASPECTOS ARQUITECTÓNICOS.	28

2.2. EL CEMENTO.

2.2.1. INTRODUCCIÓN.	30
2.2.2. DEFINICIÓN DEL CEMENTO.	30
2.2.3. CEMENTO PORTLAND ASTM C-150.	30
2.2.3.1. DEFINICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND.	30
2.2.3.2. FASES DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND.	31
2.2.3.3. COMPONENTES Y COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND.	33
2.2.3.4. PROPIEDADES QUÍMICAS.	34
2.2.3.5. PROPIEDADES FÍSICAS.	35
2.2.3.6. TIPOS DE CEMENTO PORTLAND.	38
2.2.4. LAS NORMAS DE CEMENTO EN PERÚ.	39
2.2.4.1. COMITÉ DE NORMALIZACIÓN.	40

2.3. CANTERA DON NATY.

2.3.1. ELECCIÓN.	41
2.3.2. UBICACIÓN.	41
2.3.3. EXTENSIÓN.	41
2.3.4. GEOLOGÍA.	42



2.3.5. ACCESIBILIDAD	42
2.3.6. TOPOGRAFÍA	42
2.3.7. CLIMA	43
2.3.8. PROCESO DE CHANCADO	43
2.4. AGREGADOS.	
2.4.1. DEFINICIÓN	44
2.4.2. NATURALEZA	44
2.4.3. CLASIFICACIÓN	44
2.4.4. FUNCIÓN	45
2.4.5. CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS PARA CONCRETO	46
2.4.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO	51
2.4.6.1. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	51
2.4.6.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	55
2.4.6.3. MÓDULO DE FINURA	57
2.4.6.4. TAMAÑO MÁXIMO Y TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	59
2.4.6.5. PESO UNITARIO	60
2.4.6.6. CONTENIDO DE HUMEDAD	63
2.4.6.7. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	66
2.4.6.8. MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ N° 200	69
2.4.7. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO	70
2.4.7.1. CONTROL DE CALIDAD AGREGADO FINO	70
2.4.7.2. CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO	70
2.5. AGUA.	
2.5.1. DEFINICIÓN	71
2.5.2. FUNCIONES DEL AGUA EN LA MEZCLA	72
2.5.3. USOS DEL AGUA	72
2.5.4. REQUISITOS DE CALIDAD	73
2.5.5. VERIFICACIÓN DE CALIDAD	74
2.6. FIBRAS DE POLIPROPILENO.	
2.6.1. DESCRIPCIÓN	75
2.6.2. DATOS TÉCNICOS	75
2.6.3. USOS	75
2.6.4. DOSIFICACIÓN	76
2.6.5. APLICACIONES	76
2.6.6. VENTAJAS	76
2.6.7. MODO DE EMPLEO	76
2.6.8. PRECAUCIONES	76
2.6.9. MEDIDAS DE SEGURIDAD	76
2.6.10. ALMACENAMIENTO	76
2.7. ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE.	
2.7.1. DEFINICIÓN DE ADITIVO	77
2.7.2. PROPIEDADES	77
2.7.3. APLICACIONES PRINCIPALES	78
2.7.4. CARACTERÍSTICAS/BENEFICIOS	78
2.7.5. RENDIMIENTO	79



2.7.6. INFORMACIÓN TÉCNICA.	79
2.7.7. ESPECIFICACIONES/NORMAS.	79
2.7.8. DIRECCIÓN PARA SU USO.	79
2.7.9. PRESENTACIÓN.	79
2.7.10. PRECAUCIONES PARA SU USO.	79
2.7.11. MANEJO Y ALMACENAMIENTO.	79

2.8. ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE.

2.8.1. DEFINICIÓN DE EUCO AIR MIX -200.	80
2.8.2. PROPIEDADES.	80
2.8.3. APLICACIONES PRINCIPALES.	80
2.8.4. CARACTERÍSTICAS/BENEFICIOS.	80
2.8.5. DOSIFICACIÓN.	81
2.8.6. ESPECIFICACIONES/NORMAS.	81
2.8.7. DIRECCIONES PARA SU USO.	81
2.8.8. PRESENTACIÓN.	82
2.8.9. PRECAUCIONES PARA SU USO.	82
2.8.10. MANEJO Y ALMACENAMIENTO.	82

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOLÓGIA.

3.1. MATERIALES.

3.1.1. AGREGADOS.	83
3.1.2. CEMENTO.	84
3.1.3. AGUA.	84
3.1.4. FIBRA DE POLIPROPILENO.	84
3.1.5. SUPERPLASTIFICANTE.	84
3.1.6. INCORPORADOR DE AIRE.	84

3.2. METODOLOGÍA.

3.2.1. DISEÑO DEL EQUIPO.

3.2.1.1. MATERIALES.	85
3.2.1.2. PRUEBAS DEL EQUIPO.	86
3.2.1.3. PROCEDIMIENTO.	87
3.2.1.4. CONSIDERACIONES.	87
3.2.1.5. RECOMENDACIÓN.	87

3.2.2. DISEÑO DE MEZCLAS.

3.2.2.1. DEFINICIÓN.	88
3.2.2.1.1. PROCEDIMIENTO.	88
3.2.2.1.2. DATOS.	89
3.2.2.1.3. EQUIPOS Y MATERIALES.	90
3.2.2.2. ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO.	91
3.2.2.2.1. CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	91
3.2.2.2.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA.	92
3.2.2.3. ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO.	93
3.2.2.4. SELECCIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO.	93
3.2.2.5. ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE.	94



3.2.2.6. ELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)	96
3.2.2.6.1. POR RESISTENCIA	96
3.2.2.6.2. POR DURABILIDAD	97
3.2.2.7. CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO	97
3.2.2.8. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y FINO	98
3.2.2.9. AJUSTE POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN	99
3.2.2.10. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN PESO	100
3.2.2.11. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN	100
3.2.2.11.1. DATOS NECESARIOS	100
3.2.2.11.2. VOLÚMENES EN ESTADO SUELTO	100
3.2.2.11.3. PROPORCIONES EN VOLUMEN	101
3.2.2.12. VOLUMEN DE TANDA	101

3.2.3. ENSAYOS.

3.2.3.1. DEFINICIÓN	102
3.2.3.2. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS	102
3.2.3.3. PROCESO DE ELABORACIÓN	104
3.2.3.4. PROCESO DE EVALUACIÓN	104
3.2.3.5. TIPOS DE ENSAYOS	106
3.2.3.5.1. PRUEBA DE ESPECÍMENES A LA COMPRESIÓN	106
3.2.3.5.2. PRUEBA DE ESPECÍMENES A LA TRACCIÓN	111
3.2.3.5.3. PRUEBA DE ESPECÍMENES A LA FLEXIÓN	112
3.2.3.5.4. PRUEBA DE ESPECÍMENES PANELES CIRCULARES	118

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. ANÁLISIS A COMPRESIÓN.

4.1.1. RESULTADOS DE ENSAYOS	122
4.1.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	124
4.1.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN PORCENTUAL	125
4.1.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN VALORES INDIVIDUALES Y GRÁFICO DE CAJA	125
4.1.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LOS TRATAMIENTOS	126
4.1.6. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS	127
4.1.7. ANÁLISIS AL TIPO DE FRACTURA	127
4.1.8. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD	128

4.2. ANÁLISIS A TRACCIÓN.

4.2.1. RESULTADOS DE ENSAYOS	129
4.2.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	131
4.2.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN PORCENTUAL	132
4.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN VALORES INDIVIDUALES Y GRÁFICO DE CAJA	132
4.2.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LOS TRATAMIENTOS	133
4.2.6. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS	134
4.2.7. ANÁLISIS AL TIPO DE FRACTURA	134
4.2.8. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD	135

4.3. ANÁLISIS A FLEXIÓN.

4.3.1. RESULTADOS DE ENSAYOS	136
4.3.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	138



4.3.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN PORCENTUAL	139
4.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN VALORES INDIVIDUALES Y GRÁFICO DE CAJA	139
4.3.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LOS TRATAMIENTOS	140
4.3.6. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DE LOS ESPECÍMENES PRISMÁTICOS	141
4.3.7. ANÁLISIS AL TIPO DE FRACTURA	141
4.3.8. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD	142

4.4. ANÁLISIS A LOS PANELES CIRCULARES.

4.4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS	143
4.4.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	144
4.4.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN PORCENTUAL	145
4.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN VALORES INDIVIDUALES	146
4.4.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LOS TRATAMIENTOS	146
4.4.6. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DE LOS PANELES CIRCULARES	146
4.4.7. ANÁLISIS AL TIPO DE FRACTURA	147

4.5. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS. 147**CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

5.1. CONCLUSIONES	148
5.2. RECOMENDACIONES	149

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 150**ANEXOS. 152****ÍNDICE DE FIGURAS.**

Figura 01. Primera Máquina de Concreto Lanzado	09
Figura 02. Laboratorio Móvil de Concreto Proyectado	10
Figura 03. Comparación de Aplicación con el Shotcrete	11
Figura 04. Brazo de Proyectado con Cabina de Proyección	11
Figura 05. Factores que afecta la Calidad del Concreto Proyectado	17
Figura 06. Lanzado Aplicado Manual	19
Figura 07. Brazo de Lanzado Automático en Operación	19
Figura 08. Manejo de la Boquilla para Regularizar la Superficie Lanzada	20
Figura 09. La Influencia del Ángulo de Lanzado en el Rebote	20
Figura 10. Pobre Distribución del Lanzado sobre el Corte Transversal	20
Figura 11. Buena Distribución del Lanzado Sobre el Corte Transversal	20
Figura 12. Boquilla Actual	20
Figura 13. Boquilla Tradicional	20
Figura 14. Diagrama del Manejo de la Boquilla	21
Figura 15. Resistencia muy Temprana de 0 a 1 N/mm ² - Con el Método de Penetración con Aguja	21
Figura 16. Resistencia muy Temprana de 1 a 15 N/mm ² - Con el Método de Proyectil	22
Figura 17. Prueba de Compresión de un Núcleo	22
Figura 18. Evaluación del Concreto Proyectado para Controlar el Rebote en Vía Seca	23
Figura 19. Evaluación del Concreto Proyectado para Controlar el Rebote en Vía Húmeda	23
Figura 20. Concreto Proyectado Vía Húmeda Flujo Diluido	26
Figura 21. Bomba Putzmeister de Doble Pistón	27
Figura 22. Putzmeister BOMBA Estacionaria de Concreto Sika®-PM702E	27
Figura 23. Multi Putzmeister Bomba Estacionaria de Concreto BSA 1002 D	27
Figura 24. Sika ® - PM500	27
Figura 25. TBM utilizado para el concreto proyectado	27
Figura 26. Esquema de la Sección Trasversal de una Dosificadora	28
Figura 27. Aliva® - 403 Extendida	28
Figura 28. Algunas formas para Estructuras que se pueden realizar con Concreto Lanzado	29



Figura 29. Estructuras realizadas con Concreto Lanzado.	29
Figura 30. Proceso De Fabricación Del Cemento Portland.	32
Figura 31. Ubicación Topográfica de la Cantera DON NATY.	41
Figura 32. Circuito en el Proceso del Chancado de los Agregados.	42
Figura 33: Modelo del Equipo de Proyección.	86
Figura 34. Equipos y Materiales Utilizados en la Preparación de las Probetas.	90
Figura 35. Detalle de los Materiales y Equipos utilizados para los Ensayos.	103
Figura 36. Detalles como se Determina la Resistencia a Compresión.	108
Figura 37. Representación Esquemática para Determinar la Resistencia a Tensión del Concreto.	110
Figura 38. Prueba de Resistencia a la Flexión con Carga en los Tercios.	113
Figura 39. Detalle de Preparación con las Probetas Prismáticas.	114
Figura 40. Detalle de Medición y Calibración.	115
Figura 41. Detalle de Información del Ensayo a Flexión.	115
Figura 42. Diagrama de Esfuerzos Solicitantes.	116

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 3.1. Módulo de Finura de los diferentes Tipos de Cemento.	36
Tabla 3.2. Porcentaje de Agregado Fino que Pasa en los Tamices.	46
Tabla 3.3. Porcentaje de Peso que Pasa en la Gradación C.	47
Tabla 3.4. Porcentaje que Pasa los Tamices Normalizados.	48
Tabla 3.5. Cantidad de Muestra que Corresponde al Tamaño Máximo.	57
Tabla 3.6. Gradación de la muestra de ensayo para la Carga Abrasiva.	68
Tabla 3.7. Coeficiente de Control y Grados de Control.	89
Tabla 3.8. Factores de Corrección.	92
Tabla 3.9. Resistencia a la Compresión Promedio.	92
Tabla 3.10. Consistencia y Asentamiento.	93
Tabla 3.11. Asentamientos Recomendados para Varios Tipos de construcción.	93
Tabla 3.12. Porcentaje Que Pasan Por Las Siguietes Mallas.	94
Tabla 3.13. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.	94
Tabla 3.14. Contenido de Agua de Mezcla.	95
Tabla 3.15. Determinación del Aire Atrapado según el Tamaño Máximo Nominal.	95
Tabla 3.16. Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.	96
Tabla 3.17. Estimación de la relación A/C para Agregado Grueso del Tamaño Máximo Nominal indicado.	96
Tabla 3.18. Máxima relación A/C permisible para Concretos sometida a condiciones Especiales de Exposición.	97
Tabla 3.19. Relación Agua/Cemento para Tipos de Estructuras.	97
Tabla 3.20. Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.	98
Tabla 3.21. Estándares para control del concreto (ACI 214-77).	110
Tabla 4.1. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión.	122
Tabla 4.2. Promedio de Ensayos de Resistencia a Compresión.	123
Tabla 4.3. Resultados de la Estadística Descriptiva de Resistencia a Compresión - 28 días.	124
Tabla 4.4. Resumen de los Promedios de Resistencia y la Variación Porcentual.	125
Tabla 4.5. Comportamiento de Resistencia a Compresión.	126
Tabla 4.6. Asentamiento del Concreto Según la Dosificación de Fibra de Polipropileno.	127
Tabla 4.7. Promedio de Pesos Unitarios de Especímenes Cilíndricos para Ensayos de Compresión.	127
Tabla 4.8. Promedio del Módulo de Elasticidad.	128
Tabla 4.9. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Tracción.	129
Tabla 4.10. Promedio de Ensayos de Resistencia a Tracción.	130
Tabla 4.11. Resultados de la Estadística Descriptiva de Resistencia a Tracción Diametral - 28 días.	131
Tabla 4.12. Resumen de los promedios de resistencia y la variación porcentual.	132
Tabla 4.13. Comportamiento de Resistencia a Tracción.	133
Tabla 4.14. Asentamiento del Concreto Según la Dosificación de Fibra de Polipropileno.	134
Tabla 4.15. Promedio de Pesos Unitarios de Especímenes Cilíndricos para Ensayos de Tracción.	134
Tabla 4.16. Módulo de Elasticidad.	135
Tabla 4.17. Resultados de los Ensayos a Flexión.	136
Tabla 4.18. Promedio de Ensayos de Resistencia a Flexión.	137
Tabla 4.19. Resultados de la Estadística Descriptiva de Resistencia a Flexión - 28 días.	138
Tabla 4.20. Resumen de los promedios de resistencia y la variación porcentual.	139
Tabla 4.21. Comportamiento de Resistencia a Flexión.	140
Tabla 4.22. Asentamiento del Concreto Según la Dosificación de Fibra de Polipropileno.	141
Tabla 4.23. Promedio de Pesos Unitarios de Especímenes Prismáticos para Ensayos de Flexión.	141



Tabla 4.24. Módulo de Elasticidad.	142
Tabla 4.25. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Flexo Tracción.	143
Tabla 4.26. Promedio de Ensayos de Resistencia a Flexo Tracción.	143
Tabla 4.27. Resultados de la Estadística Descriptiva de Resistencia a Flexo Tracción – 28 días.	144
Tabla 4.28. Resumen de los promedios de resistencia y la variación porcentual.	145
Tabla 4.29. Asentamiento del Concreto Según la Dosificación de Fibra de Polipropileno.	146
Tabla 4.30. Promedio de Pesos Unitarios de Paneles Circulares para Ensayos de Flexo Tracción.	146

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Imagen 3.1. Extracción de Agregados Mediante Explosivos.	83
Imagen 3.2. Proceso de Trituración de los Agregados en Planta Chancadora.	83
Imagen 3.3. Prueba del Equipo de Proyección.	86
Imagen 3.4. Diseño Final del Equipo de Proyección para Concreto.	87
Imagen 3.5. Control del Revenimiento o Asentamiento (SLUMP).	104

ÍNDICE DE GRÁFICAS.

Gráfica 4.1. Comparación Gráfica de Resistencia a Compresión vs. Edad – Tiempo/Días.	123
Gráfica 4.2. Comparación Gráfica de Resistencia Promedio a Compresión vs. (%) Fibra de Polipropileno.	123
Gráfica 4.3. Gráfica de la Desviación Estandar vs. (%) Fibra de Polipropileno.	124
Gráfica 4.4. Comparación de Variación Porcentual.	125
Gráfica 4.5. Esfuerzo a Compresión – 28 días.	125
Gráfica 4.6. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 7 días.	125
Gráfica 4.7. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 14 días.	126
Gráfica 4.8. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 28 días.	126
Gráfica 4.9. Comparación de Gráfica del Esfuerzo Promedio a Compresión de los Diseños.	128
Gráfica 4.10. Comparación Gráfica de Resistencia a Tracción vs. Edad – Tiempo/Días.	130
Gráfica 4.11. Comparación Gráfica de Resistencia Promedio a Tracción vs. (%) Fibra de Polipropileno.	130
Gráfica 4.12. Gráfica de la Desviación Estandar vs. (%) Fibra de Polipropileno.	131
Gráfica 4.13. Comparación de Variación Porcentual.	132
Gráfica 4.14. Esfuerzo a Tracción – 28 días.	132
Gráfica 4.15. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 7 días.	132
Gráfica 4.16. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 14 días.	133
Gráfica 4.17. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 28 días.	133
Gráfica 4.18. Comparación de Gráfica del Esfuerzo Promedio a Tracción de los Diseños.	135
Gráfica 4.19. Comparación Gráfica de Resistencia a Flexión vs. Edad – Tiempo/Días.	137
Gráfica 4.20. Comparación Gráfica de Resistencia Promedio a Flexión vs. (%) Fibra de Polipropileno.	137
Gráfica 4.21. Gráfica de la Desviación Estandar vs. (%) Fibra de Polipropileno.	138
Gráfica 4.22. Comparación de Variación Porcentual.	139
Gráfica 4.23. Esfuerzo a Flexión – 28 días.	139
Gráfica 4.24. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 7 días.	139
Gráfica 4.25. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 14 días.	140
Gráfica 4.26. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 28 días.	140
Gráfica 4.27. Comparación de Gráfica del Esfuerzo Promedio a Flexión de los Diseños.	142
Gráfica 4.28. Comparación Gráfica de Resistencia a Flexo Tracción vs. Edad – Tiempo/Días.	144
Gráfica 4.29. Resumen de los Promedios de Resistencia y la Variación Porcentual.	145
Gráfica 4.30. Comparación de Variación Porcentual.	145
Gráfica 4.31. Esfuerzo a Flexo Tracción – 28 días.	145
Gráfica 4.32. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 28 días.	146

ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO I. CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO.	152
1.1. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.	152
1.1.1. AGREGADO FINO.	152
1.1.2. AGREGADO GRUESO.	152
1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.	153
1.2.1. AGREGADO FINO.	153
1.2.2. AGREGADO GRUESO.	154



1.3. PESO UNITARIO	155
1.4. CONTENIDO DE HUMEDAD	156
1.5. ABRASIÓN	156
1.6. MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ N° 200.	156
ANEXO II. ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGREGADO PARA CONCRETO.	157
2.1. CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO.	157
2.1.1. TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES.	157
2.1.2. SALES SOLUBLES TOTALES, AGREGADO FINO.	157
2.1.3. CONTENIDO DE SULFATOS, EXPRESADOS COMO IÓN SO ₄	157
2.1.4. CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS.	157
2.1.5. CONTENIDO DE CLORUROS, EXPRESADOS COMO IÓN CL.	157
2.1.6. DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD AGREGADO / ÁLCALI (MÉTODO QUÍMICO).	158
2.1.7. IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO.	158
2.2. CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO.	158
2.2.1. TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES.	158
2.2.2. SALES SOLUBLES TOTALES, AGREGADO GRUESO.	158
2.2.3. CONTENIDO DE SULFATOS, EXPRESADOS COMO IÓN SO ₄	159
2.2.4. CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS.	159
2.2.5. CONTENIDO DE CLORUROS, EXPRESADOS COMO IÓN CL.	159
2.2.6. REACTIVIDAD CEMENTO ÁLCALIS, AGREGADO GRUESO.	159
2.2.7. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE CARBÓN Y LIGNITO.	159
ANEXO III: DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO F'c: 280KG/CM².	160
3.1. CONCRETO NORMAL CON 0.00% DE FIBRA DE POLIPROPILENO.	161
3.2. CONCRETO CON 0.10%, 0.15% Y 0.20% DE FIBRA DE POLIPROPILENO.	162
ANEXO IV: COSTO Y PRESUPUESTO.	163
4.1. CONCEPTOS PRELIMINARES.	163
4.2. COSTO.	163
4.3. PRESUPUESTO.	163
4.4. ANÁLISIS DE COSTO.	163
4.5. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO.	164
4.5.1. PRECIOS DE LOS INSUMOS.	164
4.5.2. COSTO POR METRO CUBICO PARA CADA DISEÑO DE MEZCLA.	165
ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I EMPLEADO.	166
ANEXO VI: FICHA TÉCNICA DEL EUCO WR – 91.	167
ANEXO VII: FICHA TÉCNICA DEL EUCO AIR MIX – 200.	168
ANEXO VIII: CONSTANCIA DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNC.	169
ANEXO IX: CONSTANCIA DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - COSAPI.	170
ANEXO X: PRESENTACIÓN FOTOGRÁFICA.	171
10.1. ENSAYOS PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.	171
10.2. ENSAYO DE CONCRETO PROYECTADO.	172
10.3. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN.	173
10.4. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN.	174
10.5. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS A FLEXIÓN.	175
10.6. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS A FLEXO TRACCIÓN – PANELES CIRCULARES.	176

**RESUMEN**

Llanos Pérez, Segundo Wilder (2014). **“ESTUDIO DEL CONCRETO PROYECTADO, REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”**, Tesis de Pregrado. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Cajamarca. Para lo cual se ha empleado los agregados de la Cantera “DON NATY”, ubicado en el Distrito de Sucre, Provincia de Celendín - Cajamarca, aplicando **fibras de polipropileno** con dosificación de **0.10%, 0.15% y 0.20%** respecto al peso del cemento, aditivo superplastificante **EUCO WR – 91** e incorporado de aire **EUCO AIR MIX - 200**, realizando el Diseño de Mezclas mediante el Método **“Módulo de Finura de la Combinación de Agregados”** obteniendo una proporción de materiales en peso de **1:2.20:1.58/22.66 lts/bolsa** logrando los resultados de la **resistencia a compresión** promedio de un concreto normal (0.00% fibra de polipropileno) a los 28 días es 307.79 Kg/cm², al incrementar 0.10%, 0.15% y 0.20% fibra de polipropileno respecto al peso del cemento es 330.83 Kg/cm², 355.58 Kg/cm² y 387.59 Kg/cm², logrando un incremento porcentual de 7.49%, 15.53% y 25.96% y una desviación estándar de 12.34 Kg/cm², 13.49 Kg/cm² y 13.91 Kg/cm². **La resistencia a Tracción** promedio por compresión diametral de un concreto normal (0.00% fibra de polipropileno) a los 28 días es 24.63 Kg/cm², al incrementar 0.10%, 0.15% y 0.20% fibra de polipropileno respecto al peso del cemento es 25.53 Kg/cm², 26.92 Kg/cm² y 28.98 Kg/cm², logrando un incremento porcentual de 3.65%, 9.30% y 17.66% y una desviación estándar de 1.17 Kg/cm², 1.58 Kg/cm² y 1.73 Kg/cm². **La resistencia a Flexión** promedio ensayado por viga con carga a los tercios de la luz, de un concreto normal (0.00% fibra de polipropileno) a los 28 días es 38.79 Kg/cm², al incrementar 0.10%, 0.15% y 0.20% fibra de polipropileno respecto al peso del cemento es 41.98 Kg/cm², 46.18 Kg/cm² y 50.02 Kg/cm², logrando un incremento porcentual de 8.24%, 19.07% y 28.96% y una desviación estándar de 2.16 Kg/cm², 2.26 Kg/cm² y 2.61 Kg/cm². **La resistencia a Flexo Tracción** promedio de carga en los paneles circulares aplicando carga puntual central hasta lograr la falla radial, de un concreto normal (0.00% fibra de polipropileno) a los 28 días es 21.63 KN, al incrementar 0.10%, 0.15% y 0.20% fibra de polipropileno respecto al peso del cemento es 21.82 KN, 22.08 KN y 22.70 KN, logrando un incremento porcentual de 0.88%, 2.08% y 4.95% y una desviación estándar de 1.08 KN, 1.23 KN y 1.13 KN con respecto concreto normal.



CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1.1. ANTECEDENTES.

La aparición en el mercado de nuevos tipos de fibras y su utilización para el refuerzo del concreto permite mejorar notablemente su calidad, propiedades y su comportamiento a los refuerzos y deformaciones, nos encontramos con una alternativa eficaz ante la necesidad de reforzar y mejorar el comportamiento estructural del concreto tradicional, en hacer el diseño de concreto proyectado con fibras de polipropileno con los agregados de la cantera DON NATY, para obtener estructuras más resistentes, económicas y fáciles de ejecutar.

➤ ANTECEDENTES LOCALES.

El uso de aditivos y adiciones en el concreto, no es una tecnología reciente. Actualmente, el uso de se ha difundido mundialmente, estando en apogeo el uso de materiales el concreto se debe principalmente a las mejoras de las propiedades de la misma, tanto en estado fresco como en estado endurecido. En nuestro medio, estos materiales y su aplicación son poco conocidos. Además en la Universidad Nacional Cajamarca no se ha realizado investigaciones similares al presente trabajo.

➤ ANTECEDENTES NACIONALES.

PATRICIA VILCA ARANDA. En su tesis titulada *“Obtención de concreto de alta resistencia”* – UNI, Lima – 2008, Concluye:

- ✓ “La resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto con aditivo, a los 90 días de edad se incrementa en 12%, y con aditivo más microsíllice se incrementa en 73%.”
- ✓ “La resistencia a la compresión del concreto se incrementa conforme aumenta su edad:
Concreto patrón a los 28 días=100% (638.09 kg/cm²).
Concreto patrón más aditivo (1.2%) a los 90 días =127% (812.12 kg/cm²).
Concreto patrón más aditivo (1.5%) más microsíllice (15%) a los 180 días = 219% (1400.05 kg/cm²)”

Fuente: PATRICIA VILCA ARANDA. Tesis titulado “Obtención de concreto de alta resistencia” – UNI, Lima – 2008.



ALEKSEY BERESOVSKY DE LAS CASAS (2009) en su tesis de grado Titulado *“Estudio experimental del comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas”* realizada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Donde Concluye lo siguiente:

- ✓ Concreto para sostenimiento de túneles y/o taludes = Fibra tipo A, en dosis de 20 kg/m³ del fabricante 1 y la fibra tipo A, en dosis de 20 kg/m³ del fabricante 3.
- ✓ Estructuras sometidas a impactos = Fibra tipo B, en dosis de 20 kg/m³ del fabricante 2.
- ✓ Concretos sometidos a abrasión superficial y desgaste (pavimentos, estructuras hidrodinámicas) = Fibra tipo B, en dosis de 20 kg/m³ del fabricante 2.
- ✓ Elementos prefabricados = Fibra tipo A, en dosis de 20 kg/m³ del fabricante 2.

Fuente: ALEKSEY BERESOVSKY DE LAS CASAS (2009) en su tesis de grado Titulado *“Estudio experimental del comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas”* PUCP- Lima-Perú.

➤ ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

ALBORNOZ, R. Y FARIAS, M. (2000) en su Tesis de Grado Titulado *“Comportamiento de la resistencia del concreto con el uso de aditivos Superplastificantes”*. En la ciudad de Valencia, realizó esta investigación con el propósito de analizar el comportamiento de la resistencia del concreto con el uso de dos aditivos reductores de agua de fácil obtención en el mercado. Donde Concluye lo siguiente:

- ✓ Dependiendo de la dosis y; tipo de aditivo la resistencia a las 24 horas se incrementan entre un mínimo del 14 por ciento y un máximo del 78 por ciento; a los 3 días entre un 32 por ciento y un 45 por ciento; a los 23 días entre un 10 por ciento y un 27 ciento.

Fuente: ALBORNOZ, R. Y FARIAS, M. (2000) en su Tesis de Grado Titulado *“Comportamiento de la resistencia del concreto con el uso de aditivos Superplastificantes”*.

PATRICIA CRISTINA MÁRMOL SALAZAR (2010), Master en ingeniería de estructuras, cimentaciones y materiales, trabajo fin de master titulado *“Hormigones con fibras de acero, características mecánicas”* Madrid – España. Realizada en la Universidad politécnica de Madrid, Donde concluye lo siguiente.



- ✓ Que los hormigones con fibras de acero pueden trabajar estructuralmente, pero no sustituye al acero convencional en la mayoría de sus aplicaciones.
- ✓ Las fibras de polipropileno, por su bajo módulo de elasticidad en comparación con el hormigón, no son aplicables estructuralmente, pero se están utilizando cada día más por el incremento de la resistencia al impacto que inducen en los hormigones y por disminuir el rebote en hormigones proyectados.

Fuente: PATRICIA CRISTINA MÁRMOL SALAZAR, "Hormigones con fibras de acero, características mecánicas" Madrid-2010

1.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La localización del Perú en el "Círculo de Fuego del Océano Pacífico" lo convierte en una zona de alto potencial sísmico, que concentra el 85% de la actividad sísmica mundial, por eso no debe extrañar que ocurran más sismos de grandes proporciones en el futuro; el cual puede traer grandes desastres naturales con el colapso de viviendas, edificaciones, puentes, canales, túneles y deslizamiento de taludes. (Instituto Geofísico del Perú, 2007)

Debido al incremento poblacional y crecimiento económico del país lo que ha llevado a la construcción de edificaciones, viviendas y nuevas vías de comunicación como carreteras, puentes, túneles, canales, etc. Además por la accidentada geografía y los desastres naturales, está sujeto a los deslizamientos de taludes y desprendimiento de rocas obstaculizando el libre tránsito, el cual es necesario la reparación inmediata de las estructuras (Banco Mundial, 2013).

La industria moderna ha ido reemplazando las estructuras hechas con materiales tradicionales, en particular durante el siglo XX, tales como piedra, madera y albañilería convirtiéndose, junto con el acero, en el material de mayor uso en la actualidad. Uno de los múltiples desarrollos que ha tenido el concreto es el concreto lanzado o "shotcrete", inicialmente desarrollado para la actividad minera pero actualmente en expansión hacia el ámbito urbano en la forma de estabilización de rocas, revestimiento de túneles e incluso en la construcción de estructuras variables. (Jurgen Hofler, 2004).

En la ciudad de Cajamarca, en las dos últimas décadas se ha producido un incremento poblacional y un incremento económico que han llevado a una notable expansión de la zona urbana. En este crecimiento urbano se observa en las construcciones de edificaciones el uso



masivo de materiales como el concreto ladrillo y acero; reduciendo el uso de materiales tradicionales como el adobe, tapial y madera para la construcción. (Bach. Enrique Javier Tafur Sarmiento y Víctor Humberto Narro, Tesis: "Estudio de la Vulnerabilidad de Viviendas en la Ciudad de Cajamarca" Universidad Nacional de Cajamarca - Perú.)

1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Esta investigación se precisa mediante la siguiente interrogante.

¿De qué manera influye el uso de fibras de polipropileno en el comportamiento del concreto proyectado?

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Esta tesis se justifica por lo siguiente.

- ✓ Al no contar con este tipo de investigaciones realizadas en la Universidad Nacional de Cajamarca, nos encontramos en la necesidad de realizar esta investigación en el concreto proyectado de cómo influirá la resistencia adicionando fibras de polipropileno.
- ✓ La necesidad del concreto proyectado en la estabilización de taludes y revestimiento de estructuras, usando fibras de polipropileno; logrando un aumento en la resistencia a flexión, compresión, tracción y flexo tracción de acuerdo a la dosificación en la mezcla.
- ✓ La importancia del uso de concreto proyectado reforzado con fibras de polipropileno en realizar estructuras y viviendas arquitectónicas en formas libres, con un acabado áspero, superficies lisas, las aristas agudas, denticiones, trazos, nervaduras, paraboloides, domos y altamente efectivas como decoración.
- ✓ Perú es un país de zona sísmica, el cual es muy común el deslizamiento de tierras; motivo por el cual se ve la necesidad de investigar cómo se pueden evitar estos deslizamientos de manera que las personas que circulen a su alrededor estén protegidas y no existan daños. Además se ejecutan proyectos de construcción, donde se tienen que estabilizar taludes y no hay suficiente información del proceso constructivo de este método.



- ✓ El concreto proyectado se puede utilizar porque es un sistema útil, económico, rápido y se aplica en obras donde no es posible utilizar otros sistemas constructivos, además se adhiere a la superficie de aplicación y permite obtener la forma de superficie deseada.

1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.

1.3.1. HIPÓTESIS.

- ✓ El uso de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a Compresión, Tracción, Flexión y flexo tracción; de acuerdo a la dosificación en la mezcla para un concreto proyectado.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar la influencia del uso de fibras de polipropileno en el comportamiento del concreto proyectado fresco y endurecido.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto fibroreforzado fresco y endurecido.
- ✓ Realizar un proporcionamiento económico, resistente y seguro a la vez, además lograr sistemas constructivos adecuados; especialmente en la construcción de pavimentos, estructuras hidráulicas, túneles, tabiques, estructuras lineales y estructuras sometidas a acciones dinámicas.
- ✓ Realizar el diseño adecuado mediante el método del *Módulo de Finura de la Combinación de Agregados* y determinar la resistencia a compresión, tracción y flexión, además módulo de elasticidad del concreto fabricado en el laboratorio.



1.5. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.5.1. DELIMITACIONES.

- ✓ Esta investigación se ha realizado en el año 2013, por lo que la información obtenida de parte de las personas colaboradoras y en cuanto a diversos aspectos como, el uso de mano de obra, materiales, costos, corresponden a este periodo de tiempo; la cual, puede variar en los próximos años.
- ✓ El agregado utilizado para la investigación es roca caliza extraída de la cantera “DON NATY” mediante explosivos y transportado para el proceso de trituración, mediante una planta chancadora estacionaria.
- ✓ El Tesista no ha agotado todas las fuentes bibliográficas existentes sobre el tema de investigación que se hayan desarrollado en el extranjero, por falta de recursos.

1.5.2. LIMITACIONES.

- ✓ Los diferentes ensayos fueron realizados con los equipos y herramientas que se encuentran en el Laboratorio de “Tecnología de Materiales” de COSAPI S.A. y el Laboratorio de “Ensayo de Materiales” de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- ✓ No contar con equipos sofisticados para el lanzamiento del concreto fibroreforzado y la pericia del operador para proyectar.
- ✓ El equipo de bombeo utilizado en la investigación, solo para proyectar concreto en pequeñas cantidades por la capacidad de la compresora.

1.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Al tratar de obtener los datos de las probetas mediante ensayos establecidos, normados y realizar las comparaciones entre las diferentes combinaciones; por su naturaleza misma se trata de una investigación **Experimental - Comparativa**.



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. CONCRETO FIBROREFORZADO

2.1.1. INTRODUCCIÓN.

El concreto con fibras, es el que está formado por un conglomerado hidráulico, generalmente Cemento Portland, Agua, Fibras, Agregado Fino y Grueso. La incorporación de fibras de acero, plásticas, naturales, en materiales compuestos de matriz frágil o cuasi frágil, ha demostrado ser un medio eficaz para mejorar la tenacidad del material, aumentar su resistencia, capacidad de deformación, controlar el desarrollo y la propagación de fisuras.

La proporción adecuada de estas fibras es la que aporta al concreto un mayor o menor refuerzo, que se traduce en una mejora en sus características de tenacidad, control de fisuración y resistencia a flexo tracción. La respuesta mecánica del concreto reforzado con fibras depende de las dimensiones y cantidad de fibras incorporada a la matriz. Para el caso del concreto su aplicación se ha ido consolidando en los últimos tiempos, especialmente en la construcción de pavimentos, estructuras hidráulicas, túneles, tabiques, estructuras lineales y estructuras sometidas a acciones dinámicas. (Jurgen Hofler, 2004)

Como referencia histórica se puede mencionar que los materiales estuvieron como uso estructural similar al concreto, adobe, tapial compactado y los morteros de cal entre otros, las fibras siempre estuvieron presentes.

2.1.1.1. NORMAS DE LAS FIBRAS REFORZADORAS DE CONCRETO Y CONCRETO LANZADO.

Las propiedades de las fibras de refuerzo para concreto están dadas por las normas ACI 544.2R, que también son aplicables para el concreto lanzado (Shotcrete). La ASTM C 1018, es la más importante pues evalúa el comportamiento del pos agrietamiento de las fibras reforzadoras del concreto normal y del concreto lanzado.



2.1.1.2. REPORTE DEL COMITÉ ACI 506.

El presente reporte describe la tecnología y usos de los shotcretos reforzados con fibras de acero y polipropileno; sus propiedades mecánicas, en forma particular, la ductilidad, dureza, resistencia al impacto y a la flexión. El mezclado y forma de aplicación, incluyendo los métodos para reducir el rebote y equipo utilizado para el shotcrete reforzado con fibras. Son referidas las aplicaciones en Norte América, Europa y Escandinava; que incluyen trabajos de estabilización de rocas en pendientes, construcción y reparación de coberturas en túneles, fortalecimiento de arcos en puentes y estructuras en forma de domo. (COMITÉ ACI 506)

2.1.2. DEFINICIÓN DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRAS.

El concreto lanzado reforzado con fibras es aquel concreto que contiene fibras discontinuas, el cual es lanzado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie. Las mallas continuas, tejidos prefabricados, barras largas no son consideradas como fibras reforzadoras para el shotcrete.

2.1.2.1. TIPOS DE FIBRAS.

Las fibras para el concreto lanzado pueden ser de acero, vidrio, materiales sintéticos (**polipropileno**) y naturales.

Uno de los parámetros usados para caracterizar a las fibras es su proporción dimensional, definida por el largo de la fibra entre su diámetro o el equivalente diámetro de fibra, que es el diámetro de un círculo cuya área es igual a la sección transversal de la fibra.

Típicamente la proporción dimensional va de 30 a 150 para largos de 6mm a 75mm. Para shotcrete las longitudes usualmente son de 20mm a 40mm.

El diámetro de las fibras más usadas en el concreto proyectado son de:

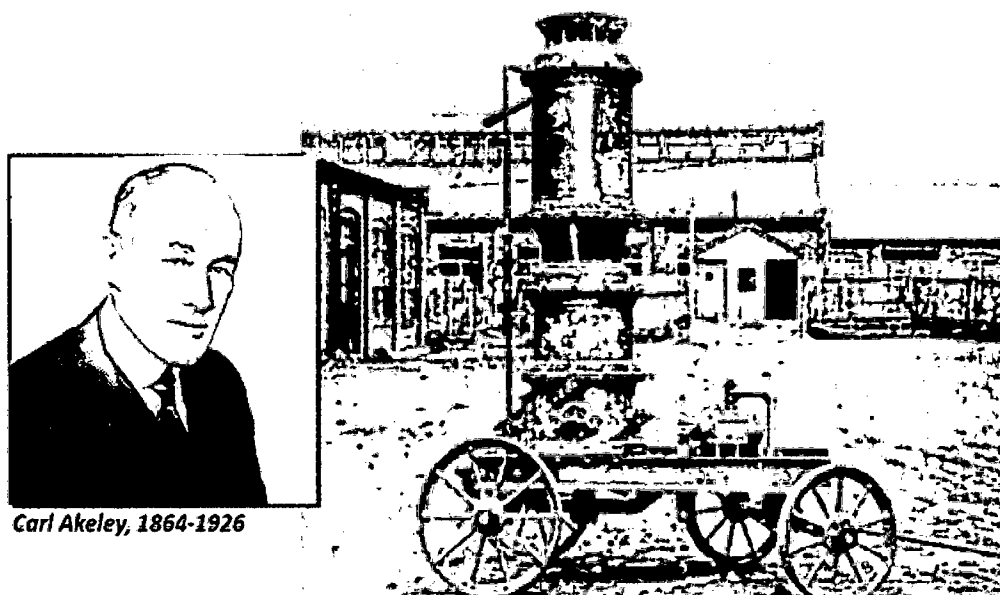
- Acero : 0.25mm a 0.76mm
- Sintético: 0.02mm a 0.5mm

2.1.2.2. HISTORIA.

La primera máquina de concreto lanzado se fabricó por Carl Akeley, para reparar la fachada del museo natural de Chicago en 1907. (Hermida, 2010)

El concreto lanzado reforzado con fibras de polipropileno, fue usado por primera vez en Europa en 1968 y en 1971 se desarrolló el concreto lanzado reforzado con fibras en EE.UU.

Durante el siglo pasado, el concreto proyectado ha remplazado los métodos tradicionales de revestimiento de túneles, estabilización de rocas en pendientes, domos de espesor delgado, recubrimiento refractario, represas, reparación de superficies y se ha convertido en una alternativa muy importante en la estabilización de taludes. (Hermida, 2010)



Carl Akeley, 1864-1926

Figura 01: Primera Máquina de Concreto Lanzado.

El concreto proyectado es llevado al frente de trabajo por medio de tubos o mangueras selladas y resistentes a alta presión es lanzado y compactado mediante los métodos disponibles para esta etapa del proceso.

- ✓ Concreto proyectado vía húmeda flujo denso.
- ✓ Concreto proyectado vía seca flujo diluido.
- ✓ Concreto proyectado vía húmeda flujo diluido.



2.1.3. USOS DEL CONCRETO PROYECTADO.

La construcción con concreto proyectado es usada en muy diversos tipos de proyectos, la flexibilidad y economía de este material sobresale en edificaciones superficiales, túneles y en construcciones subterráneas especiales, de hecho en toda la industria de la construcción. (Jurgen Hofler, 2004)

- ❖ Estabilización de excavaciones en tunelería y construcción subterránea.
- ❖ Revestimiento de túneles y cámaras subterráneas.
- ❖ Reparación de concreto (reemplazo de concreto y reforzamiento).
- ❖ Restauración de edificios históricos (estructuras de piedra).
- ❖ Trabajos de sello en filtraciones.
- ❖ Estabilización de zanjas.
- ❖ Estabilización de taludes.
- ❖ Revestimiento protector de estructuras.
- ❖ Estructuras especiales portantes livianas.
- ❖ Aplicaciones artísticas en domos, cúpulas, dovelas, etc.

En términos de importancia, encabezan la lista de tunelería, minería y reparación de concretos. Las limitaciones de su utilización radican en aspectos técnicos y económicos comparados con los otros procesos de colocación del concreto y/o métodos de construcción.

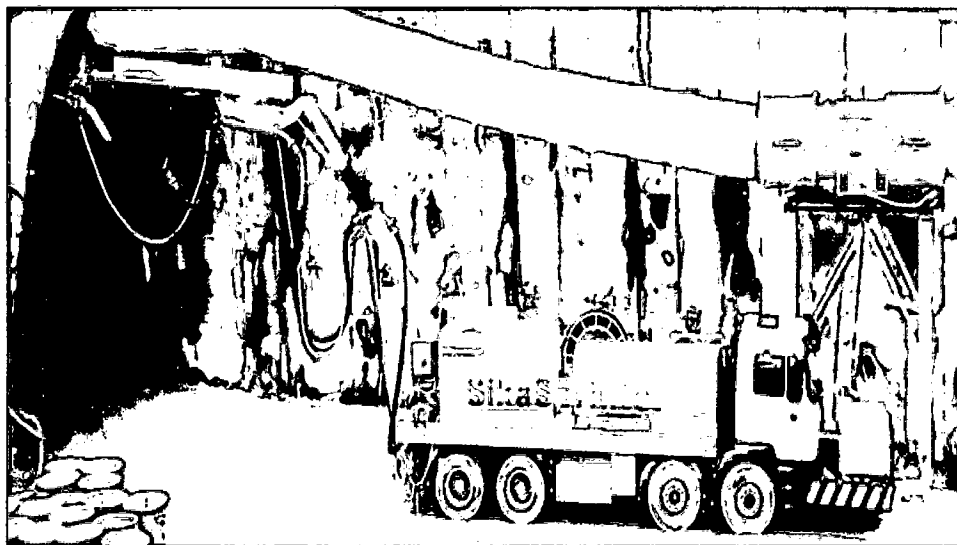


Figura 02: Laboratorio Móvil de Concreto Proyectado.

2.1.3.1. TIPOS DE CONSTRUCCIÓN.

El concreto proyectado se utiliza en todo tipo de túneles; vehiculares, ferroviarios, drenaje de aguas y estructuras militares subterráneas, adicionalmente está la estabilización de taludes ya sea en la construcción de túnel bajo una edificación o excavando a través de algún obstáculo.

2.1.3.1.1. ESTABILIZACIÓN.

El concreto proyectado es el material perfecto para estabilizar excavaciones, su flexibilidad única en la elección del espesor a ser aplicado, la formulación del material (fibra), el rendimiento, su desarrollo de resistencia a muy temprana edad (en seco y/o húmedo) y la capacidad que tiene al ser proyectado sobre el concreto existente en cualquier momento. (Jurgen Hofler, 2004)

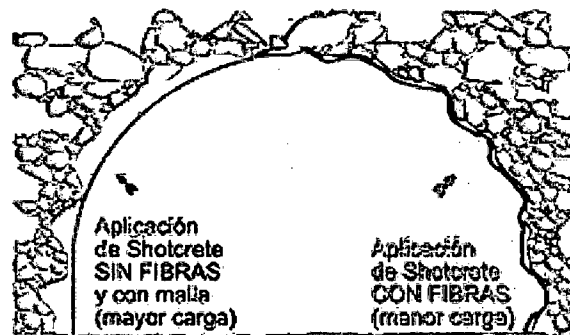


Figura 03: Comparación de Aplicación con el Shotcrete.

2.1.3.1.2. REVESTIMIENTO.

El revestimiento final es la carta de presentación visible, tanto el concreto de revestimiento interior como el concreto proyectado se utilizan para un revestimiento final durable. (Jurgen Hofler, 2004)

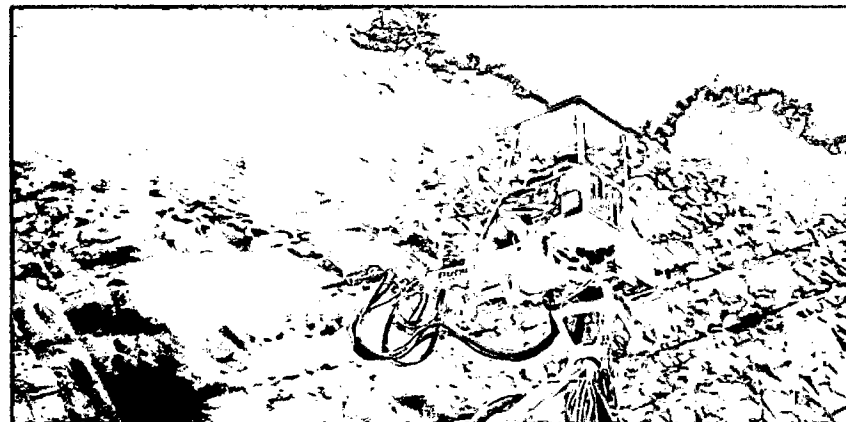


Figura 04: Brazo de Proyectado con Cabina de Proyección.



2.1.4. TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PROYECTADO.

2.1.4.1. REQUERIMIENTOS.

Básicamente, esto involucra la elección entre los procesos de proyección en seco o en húmedo, el diseño óptimo de la mezcla, la correcta ponderación del desarrollo de la resistencia temprana y la durabilidad del material proyectado. (Jurgen Hofler, 2004)

2.1.4.1.1. MATERIALES CONSTITUTIVOS.

El concreto es un sistema de tres materiales como es el cemento, agregados y agua. Para extender sus propiedades y aplicaciones potenciales puede fácilmente convertirse en un sistema de cinco componentes, resultando en una interacción compleja especialmente cuando se combinan con los parámetros de aplicación del concreto proyectado.

A. CEMENTO.

El cemento actúa como un “aglutinante” en la mezcla de concreto proyectado que une y fija las partículas de agregado a través de la matriz.

Además es el lubricante principal del concreto proyectado, tiene un fraguado hidráulico y por lo tanto es parcialmente responsable de las propiedades mecánicas del concreto endurecido.

B. ADICIONES.

Las adiciones se emplean en concreto proyectado para una variedad de requerimientos por lo que cambian considerablemente en características.

- ❖ Para lograr un balance adecuado de finos < 0,125 mm (relleno).
- ❖ Para mejorar propiedades de durabilidad (resistencia a solventes o acción de agresores).
- ❖ Para aumentar la capacidad de retención de agua (estabilización de la mezcla).
- ❖ Para reducir la presión de bombeo durante el suministro (lubricante).



C. AGREGADOS.

Los agregados constituyen el esqueleto de la matriz de concreto proyectado. Aproximadamente 75% del volumen es arena y grava. La composición geológica del agregado tiene una fuerte influencia en la manejabilidad y otras propiedades del concreto endurecido.

D. AGUA.

El agua va dentro del concreto proyectado como agua añadida durante su producción y como humedad inherente en el agregado. La consistencia (plasticidad) de la mezcla, la regula el agua y los aditivos.

E. ADITIVOS PARA EL CONCRETO PROYECTADO.

Los aditivos para el concreto se utilizan para mejorar y/o cambiar las propiedades del concreto que no pueden correctamente ser controladas por los componentes cemento, agregados y agua.

Los aditivos de concreto proyectado se adicionan como porcentaje del peso o volumen del cemento en un rango aproximado de 0.5% a 6% y son colocados en el concreto durante su producción en la planta de mezcla después de la medición inicial de agua a excepción es el acelerante del fraguado, el cual se adiciona inmediatamente antes del proyectado.

2.1.4.1.2. DESARROLLO DE RESISTENCIA TEMPRANA.

Tener en cuenta las variables que inciden en el desarrollo de la resistencia temprana, dependiendo del requerimiento del concreto proyectado, debe hacerse una distinción entre *Desarrollo de resistencia muy temprana en el rango de unos pocos minutos hasta una hora* y *Desarrollo de resistencia temprana en el rango de una hora hasta máximo un día*. Después de eso se necesita el desarrollo de resistencia normal, comparable con el concreto estructural, la resistencia está influenciada por los siguientes factores. (Jurgen Hofler, 2004)

- ❖ Contenido y tipo de cemento.
- ❖ Contenido de agua.



- ❖ Temperaturas del concreto y del ambiente (sustrato).
- ❖ Grosor de la capa.

2.1.4.1.3. RESISTENCIA FINAL.

Junto con las resistencias muy temprana y temprana requeridas específicamente en el concreto proyectado, hay requerimientos mecánicos para el concreto proyectado endurecido, así como los hay para el concreto convencional, generalmente a los 28 días, nivel de resistencia se basa en los requerimientos de diseño. (Jurgen Hofler, 2004)

2.1.4.1.4. CONCRETO PROYECTADO REFORZADO CON FIBRA.

El concreto proyectado reforzado con fibra se ha vuelto ahora mucho más importante debido al desarrollo de nuevos y más efectivos tipos de fibra, su disponibilidad creciente y su inclusión en varios estándares.

Puede considerarse que actúa en perfecta combinación con el concreto proyectado cuyas ventajas son.

- ❖ Distribución homogénea del refuerzo de fibra en el concreto proyectado.
- ❖ Incrementando en la ductilidad del concreto proyectado.
- ❖ Alta resistencia a la tensión y flexión.
- ❖ Mayor seguridad debido a la deformación postfisuración.
- ❖ Aumento de la resistencia al impacto.
- ❖ Mejora de la adherencia.
- ❖ Reducción de la fisuración por retracción temprana.
- ❖ Mayor resistencia al fuego.

Las siguientes pautas aplican en la producción de concreto proyectado reforzado con fibra:

- ❖ La consistencia del concreto fresco debe ser más plástica de manera que pueda bombearse.
- ❖ Como la superficie es más grande el requerimiento de película lubricante y adhesiva es mayor y por consiguiente el contenido de cementante debe aumentarse.
- ❖ Las propiedades adhesivas se mejoran mediante el uso de humo de sílice.



- ❖ El punto para agregar la fibra depende del tipo de fibra y puede cambiarse si ocurriera algún problema.
- ❖ Recuerde que las fibras también se pierden con el rebote y que por lo tanto el contenido y la eficiencia en el concreto proyectado están determinados por este factor y no por la dosis teórica de fibras

2.1.4.1.5. DURABILIDAD.

La cantidad de agua en una mezcla afecta en mucho todas las propiedades del concreto endurecido y es el factor que más influye en la durabilidad. El concreto proyectado no es la excepción a más bajo contenido de agua en una mezcla mayor es la durabilidad del material, pero solamente si se combina con un curado adecuado. El parámetro de análisis es la relación agua/cemento. Esta relación está muy influenciada por el agregado por lo cual los límites de contenido de agua están en función de los materiales disponibles. (Jurgen Hofler, 2004).

Tanto el contenido de agua, como la del agregado y la del aglutinante influyen la durabilidad. Además, el concreto proyectado está sujeto a la influencia del fraguado temprano y muy temprano, lo cual es usualmente controlado mediante un acelerante de fraguado o un cemento especial.

2.1.4.2. CONCRETO PROYECTADO VÍA HÚMEDA.

El concreto proyectado vía húmeda implica el suministro de una mezcla lista y manejable compuesta por agregado, cemento, agua y aditivos. Para la proyección por vía húmeda se mezcla con aire y con acelerante de fragua puede transportarse en flujo denso o flujo diluido, es el proceso más reciente y permite alto desempeño. (Jurgen Hofler, 2004)

2.1.4.2.1. USOS.

El concreto proyectado vía húmeda se emplea siempre que se especifique alta calidad del concreto endurecido y que se requiera alto rendimiento.

- ❖ Alto rendimiento en trabajos de concreto proyectado.
- ❖ Mejoras sustanciales de las condiciones de trabajo en el área de proyección.
- ❖ Mayor durabilidad debido al control de la cantidad de agua de la mezcla.



2.1.4.2.2. VENTAJAS.

Las ventajas en el proceso de proyectado vía húmeda cubre varias áreas diferentes, además es el método más moderno y eficiente.

- ❖ Aumento del rendimiento, hasta 25 m³/h en algunos casos.
- ❖ Nivel de rebote reducido en un factor de 2 a 4.
- ❖ Mejoras en las condiciones de trabajo debido a una menor emisión de polvo.
- ❖ Reducción de costos por desgaste en el equipo de proyección.
- ❖ Bajo requerimiento de aire durante la proyección.
- ❖ Mejor calidad del concreto proyectado colocado (contenido constante de agua).

2.1.4.2.3. DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO PROYECTADO EN HÚMEDO.

El diseño de la mezcla del concreto proyectado vía húmeda depende de los requerimientos de la especificación y de la manejabilidad esperada.

- ❖ Las especificaciones del concreto endurecido (resistencia a la compresión/durabilidad).
- ❖ El concepto logístico a utilizarse (métodos de manejo/condiciones de temperatura).
- ❖ Las condiciones especificadas del material colocado.
- ❖ Los costos de la mezcla de concreto proyectado vía húmeda.

En base a parámetros se seleccionan el tipo de cemento y su contenido, el tipo de agregado y su gradación, el contenido de agua, el tipo y cantidad de aditivos se evalúan mediante ensayos que confirman el diseño para determinar la elección de la curva de gradación.

2.1.4.2.4. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

Debe suministrar un plan de aseguramiento de calidad como parte de los ensayos de calificación (ensayos iniciales) y también para el aseguramiento de calidad regular.

Para que resulte un trabajo eficiente en costos y de esta manera implemente efectivamente el plan propuesto.



PROCESO	ETAPA	PARÁMETRO DE PRUEBA	FRECUENCIA
COMPONENTES	Agregados	Humedad Curva de gradación Composición de partículas	Cada suministro/bachada Periódicamente Periódicamente
	Cemento/adiciones	Documentos de suministro	Cada suministro/bachada
	Aditivos de concreto	Documentos de suministro	Cada suministro/bachada
PRODUCCIÓN DE CONCRETO	Planta de mezcla	Equipos de pesaje/mezcla	Según plan de mantenimiento
	Producción de concreto	Consistencia en la producción (carga de la mezcladora)	Cada suministro/bachada
		Inspección del concreto fresco Contenido de agua Densidad del concreto fresco Temp. (concreto/aire) Consistencia y Contenido de aire	Periódicamente
TRANSPORTE	Equipo de mantenimiento	Mantenimiento	Según plan de mantenimiento
APLICACIÓN	Equipos para la proyección de concreto	Mantenimiento: Partes de desgaste Aire / concreto Dosificación del acelerante	Según plan de mantenimiento
	Concreto proyectado	Consistencia	Diariamente

✓ Factores que afecta la Calidad del Concreto Proyectado. (Jurgen Hofler, 2004)

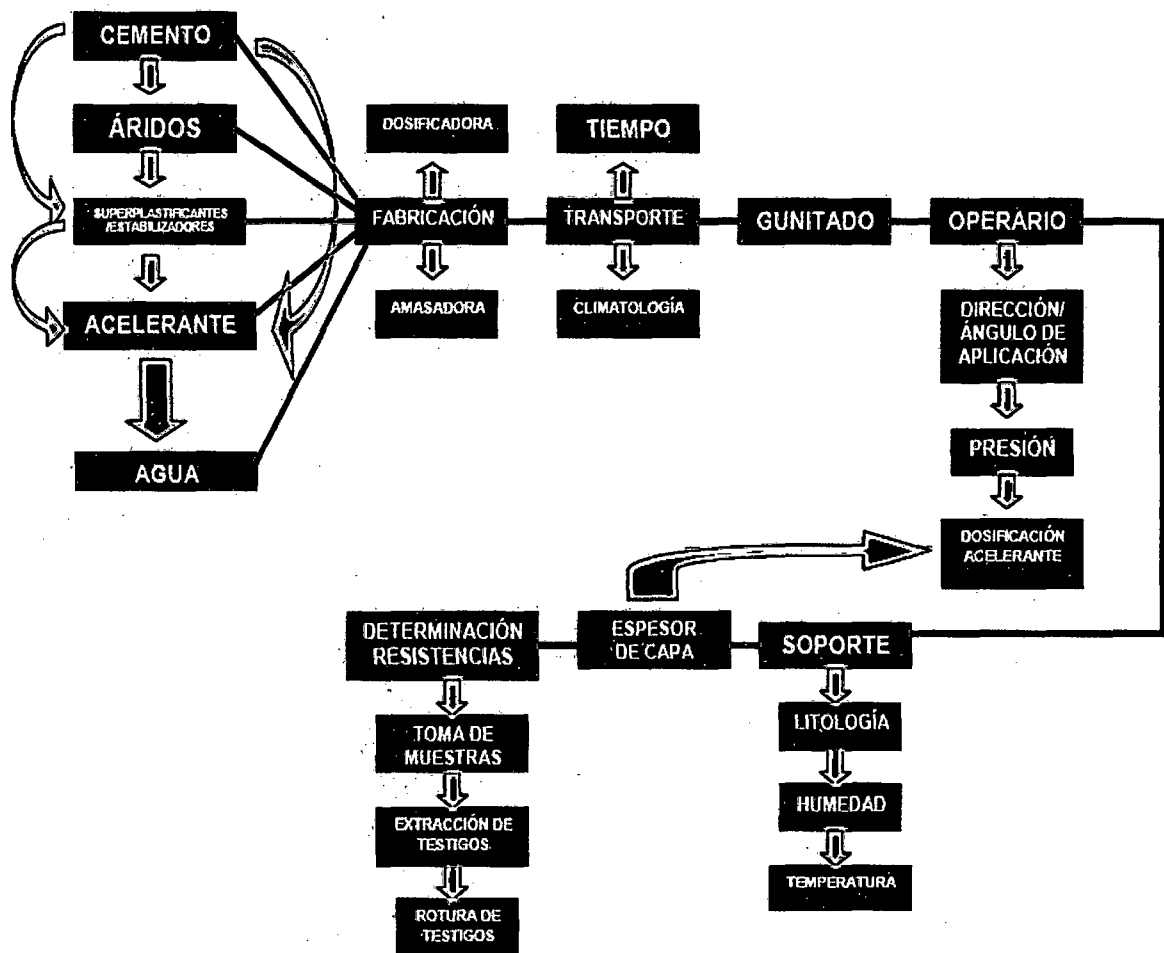


Figura 05: Factores que afecta la Calidad del Concreto Proyectado.



2.1.5. APLICACIÓN DEL CONCRETO PROYECTADO.

2.1.5.1. SEGURIDAD.

La seguridad es un concepto básico en la industria de la construcción, pero particularmente en la colocación del concreto proyectado, ya que combina maquinaria altamente eficiente (hidráulica/neumática/electrónica) con un método de aplicación en el cual se lanza el concreto con aire. (Jurgen Hofler, 2004)

2.1.5.1.1. TRANSPORTE.

El concreto proyectado es transportado en vehículos grandes, las precauciones personales incluyen permanecer visibles con suficiente anticipación; vestir ropas protectoras de alta visibilidad; contar con iluminación apropiada en el vehículo; señal de alarma audible para dar reversa.

2.1.5.1.2. TRANSFERENCIA DEL CONCRETO.

Vigilancia para prevenir el acceso a la unidad transportadora; equipo de protección personal.

2.1.5.1.3. ACARREO DEL CONCRETO PROYECTADO.

Acelerante de fraguado y aire en el punto de la aplicación; mantenimiento frecuente del equipo de acuerdo con un plan (particularmente deben verificarse los tubos y mangueras de transporte); entrenamiento apropiado del personal técnico y de los mecánicos con sus respectivos equipos de protección.

2.1.5.1.4. EN LA APLICACIÓN DEL CONCRETO PROYECTADO.

El equipo del personal (a prueba de impacto, gafas protectoras, casco, guantes, mascarillas de respiración, protectores de oídos, botas de seguridad e indumentaria que proteja todo el cuerpo).



2.1.5.2. SUSTRATO.

El vínculo entre el concreto proyectado y el sustrato resulta efectivo solamente si la calidad de las dos superficies de contacto es buena, el alto contenido de cementante y la velocidad de impacto del lanzado, hace que el concreto proyectado tenga las condiciones apropiadas para un adecuado anclaje y una alta adherencia, es decir el sustrato, generalmente es el factor clave en la unión. (Jurgen Hofler, 2004)

2.1.5.3. LANZADO.

El concreto proyectados se aplican en capas, bien sea en la misma operación mediante lanzado repetitivo sobre la misma área o en una operación subsecuente y después de una larga pausa debe limpiarse y remojarse nuevamente la superficie. Las cantidades que deben aplicarse en cada operación dependen de varios factores:

- ❖ Adherencia de la mezcla de concreto proyectado (cemento/tamaño máximo de partícula / acelerante).
- ❖ Naturaleza del sustrato o de la capa de la base.
- ❖ Proceso del lanzado.
- ❖ Volumen de Lanzado.
- ❖ Dirección del lanzado (hacia arriba/horizontalmente).
- ❖ Obstrucciones (refuerzo/agua).

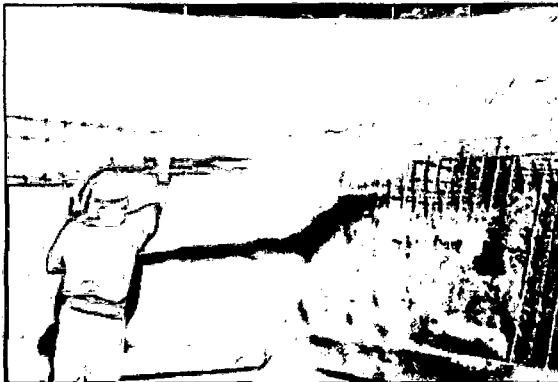


Figura 06: Lanzado Aplicado Manual.



Figura 07: Brazo de Lanzado Automático en Operación.

Un volumen menor de lanzado y capas más delgadas generan menos rebote da mejor resultado. El concreto proyectado debe aplicarse en ángulos rectos con respecto al concreto

colocado maximiza la adherencia, compactación y minimiza el rebote. La distancia óptima para lanzar es de 1.2m a 1.5 m, pero a menudo se hace dentro del rango de 1m a 2 m. A distancias mayores aumentan el rebote y la generación de polvo lo que reduce la eficiencia de la aplicación.

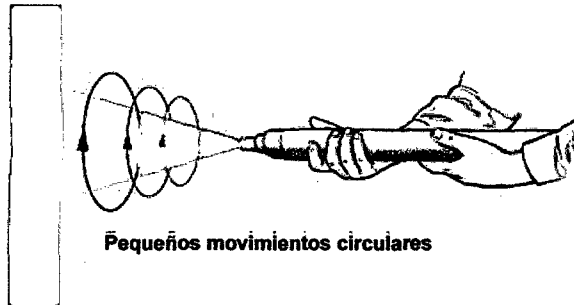


Figura 08. Manejo de la Boquilla para regularizar la Superficie Lanzada.

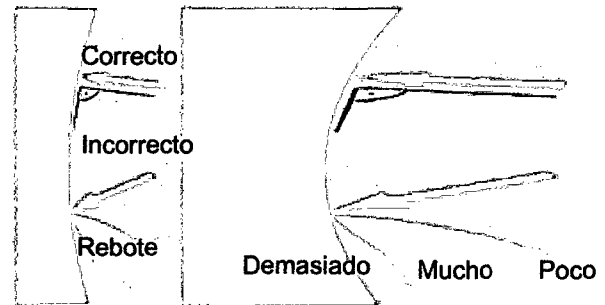


Figura 09. La Influencia del Ángulo de Lanzado en el Rebote.

2.1.5.4. CONFIGURACIONES DE LA BOQUILLA.

Estas configuraciones determinan las maneras en que pueden mezclarse e introducirse dentro de la manguera principal los elementos necesarios para la aplicación.

La boquilla concentra el chorro y es responsable de la configuración del lanzado. Las boquillas de alta calidad están diseñadas para dejar todo el material sobre el sustrato, sin pérdidas. Al mismo tiempo las partículas deben distribuirse de manera uniforme sobre el corte transversal del lanzado.

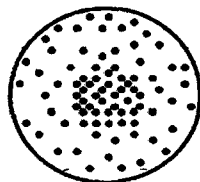


Figura 10: Pobre distribución del lanzado sobre el corte transversal.

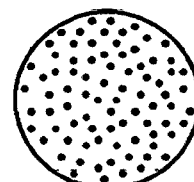


Figura 11: Buena distribución del lanzado sobre el corte transversal.

La boquilla es la parte del equipo que sufre mayor desgaste en el proyectado. Los sistemas tradicionales son piezas de metal muy costosos. Atendiendo la necesidad se desarrolló un sistema de menor costo y fácil manejo que refleja el estado del arte actual.



Figura 12: Boquilla Actual.

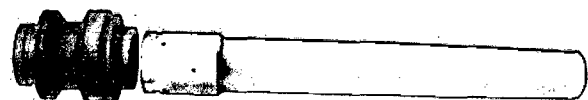


Figura 13: Boquilla Tradicional.

Debido a que la boquilla completa es una pieza única y totalmente de plástico, es más fácil de manejar. El principio de la boquilla moderna permite el diseño de la forma del interior de tal manera que el chorro que pasa, está concentrado por lo que la pieza se desgasta uniformemente, prolongando la vida de las boquillas y reduciendo así los costos por desgaste.

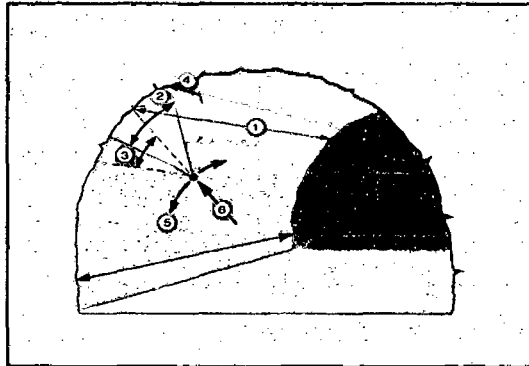


Figura 14: Diagrama del manejo de la boquilla.

2.1.5.5. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA TEMPRANA.

Se emplean tres métodos para medir el desarrollo de resistencia del concreto proyectado. Estos permiten que se evalúe el desarrollo de resistencia mecánica por medios prácticos.

ETAPA DE DESARROLLO DE RESISTENCIA	MÉTODO DE PRUEBA	RANGO DE APLICACIÓN
Resistencia muy temprana	Método de penetración con aguja	0 a 1 N/mm ²
Resistencia temprana	Método de disparo de proyectil (broca)	1 a 15 N/mm ²
Resistencia	Resistencia a la compresión de una muestra cilíndrica	Más de 10 N/mm ²

2.1.5.5.1. RESISTENCIA MUY TEMPRANA.

Este método mide la fuerza requerida para presionar una aguja con dimensiones definidas dentro del concreto proyectado. Se puede deducir la resistencia por la fuerza que opone. Es un método que se adecua para niveles de resistencia dados inmediatamente después de la aplicación de hasta 1 N/mm². (Jurgen Hofler, 2004)



Figura 15: Resistencia muy temprana de 0 a 1 N/mm² - Con el método de penetración con aguja.



2.1.5.5.2. DESARROLLO DE RESISTENCIA INICIAL.

Con este método (el método de disparo de proyectiles del Dr. Kusterle), se disparan puntillas estandarizadas en del concreto proyectado con una Pistola Hilti DX 450L. Se puede obtener la resistencia a la compresión, determinando la profundidad de penetración y la fuerza para extraer la puntilla. Puede permitirse el cambio de la resistencia utilizando diferentes tipos de puntilla y munición. El Dr. G. Bracher ha simplificado éste método de manera que puede determinarse la resistencia a partir de la profundidad de penetración. (Jurgen Höfler, 2004)



Figura 16: Resistencia muy temprana de 1 a 15 N/mm² - Con el método de proyectil.

2.1.5.5.3. RESISTENCIA DE DESARROLLO.

Más allá de los 10 N/mm², la resistencia a la compresión puede obtenerse fallando núcleos directamente con una prensa hidráulica. Este método se emplea principalmente para verificar la resistencia final a los 28 días. (Jurgen Hofler, 2004)

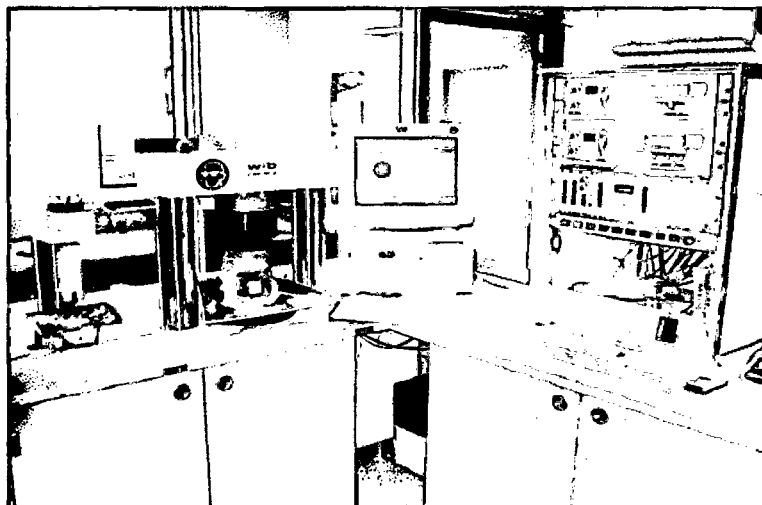


Figura 17: Prueba de compresión de un núcleo.

2.1.5.6. REBOTE.

Unos de los desafíos más complejos en el lanzado del concreto proyectado es reducir la cantidad de material de rebote. Son tantos los factores que influyen en ello que es extremadamente difícil efectuar un control sistemático. Desde luego que el factor primordial, es el operador de la boquilla. La cantidad de material que rebota depende enormemente de la habilidad y experiencia del operador. (Jurgen Hofler, 2004)

Los factores que influyen en la cantidad de rebote son:

- ❖ La experiencia y pericia del operador de la boquilla.
- ❖ Dirección del lanzado (hacia abajo, hacia arriba u horizontalmente).
- ❖ Unidad de lanzado (presión del aire, boquilla, volumen lanzado).
- ❖ Proceso de lanzado (en seco/en húmedo).
- ❖ Diseño del concreto proyectado (agregado, gradación, acelerante, fibra, cementante).
- ❖ Concreto proyectado (resistencia muy temprana, adherencia, espesor de las capas).
- ❖ Condición del substrato (uniformidad, adherencia).
- ❖ Relación agua/cemento, Proporción de la mezcla, Eficacia de la hidratación, Presión del agua o del aire, Diseño y tamaño de la boquilla, Velocidad de la proyección, Capacidad del compresor, Ángulo y distancia del impacto, etc.



Figura 18: Evaluación del concreto proyectado para controlar el rebote en vía seca.

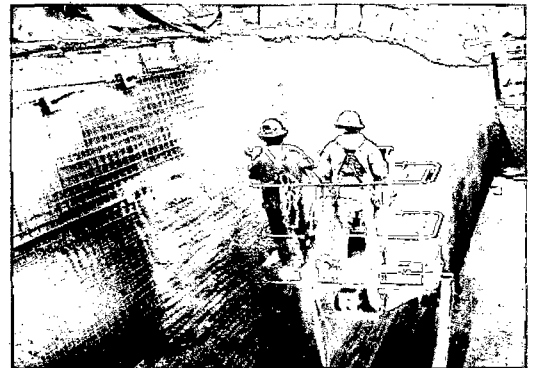


Figura 19: Evaluación del concreto proyectado para controlar el rebote en vía húmeda.

El rebote cambia durante el proceso de lanzado; en los primeros minutos lo que rebota principalmente es el agregado debido a que es preciso hacer una capa de adherencia sobre el substrato, luego, todo los componentes de la mezcla rebotan durante la operación de lanzado.



Calidad del Material Rebotado. Puede estimarse solamente a grosso modo, la cantidad de material de rebote si no hay mediciones separadas y bajo las condiciones que prevalezcan en el lugar.

- ❖ Para concreto proyectado en seco el rebote es de 20% a 30% en aplicaciones verticales hacia arriba.
- ❖ Para concreto proyectado vía húmeda el rebote es de 5 a 15% en aplicaciones verticales hacia arriba.

Reutilización/desecho. El material rebotado de concreto proyectado es concreto reciclable con todos los componentes de la mezcla original. Sin embargo, puede estar contaminado por las condiciones reinantes en el medio y puede reutilizarse sin ningún problema máximo de un 10% a un 20% del material rebotado en el proceso de lanzado, siempre y cuando sea correctamente tratado.

2.1.5.7. MECANIZACIÓN / AUTOMATIZACIÓN.

La investigación busca desarrollar los procesos de control para la total automatización, esta tarea la realiza un robot, y puede ser operado en forma manual, semiautomática y totalmente automática, logrando un mejor desempeño con menos peligro para el trabajador.

El control de calidad se expresa en términos del espesor de la capa de concreto, la compactación y la homogeneidad. Esta uniformidad se consigue por el hecho de que al aumentar la velocidad del fluido en su recorrido a lo largo de la tobera, disminuye su presión y temperatura al conservar la energía. En términos comparativos en condiciones de lanzamiento húmedo de concreto, la productividad es menos de 5 a 8 m³/h cuando es realizada en forma manual, y de más de 20 m³/h usando operadores (llegando incluso a 30). (Jurgen Hofler, 2004)

2.1.5.7.1. ROCIADO A MANO.

En este caso el operador empuña el tubo y la boquilla, y a su criterio dispone de la cantidad de concreto que debe manipular y colocar. Debe mantener una distancia y ángulo adecuados en relación con la superficie, la distancia típica es de 1m a 2 m.

**2.1.5.7.2. ROCIADO POR OPERADOR.**

A fin de mejorar la operación, se usa un transporte y una bomba de mayor capacidad, así como una manguera más larga que reduce los efectos de la pulsación y mejora la uniformidad del llenado de la superficie. El operador debe manejar las diferentes partes articuladas y hacerlo con diferentes palancas.

2.1.5.7.3. ROCIADO POR ROBOT.

El rociado por robot está destinado a mejorar la calidad y simplificar la técnica de operación. El robot está montado sobre un vehículo que no se mueve durante el proceso de rociado. Los movimientos longitudinales y de rotación se controlan con sensores asociados a los movimientos de las articulaciones. Adicionalmente, un sensor está adherido a la boquilla para controlar su movimiento de rotación en 4 grados para un mejor esparcido del concreto.

2.1.6. PROCESO DE LANZADO.

El proceso de lanzado define el acarreo del concreto o mortero proyectado desde que es transportado del vehículo que lo suministro hasta la boquilla y lanzado. Ya se ha visto que hay diferencia entre el concreto proyectado en seco y en húmedo, esta diferencia también aplica para los procesos, porque estos deben transportarse y lanzarse de modo distinto debido a las propiedades del material. (Jurgen Hofler, 2004)

2.1.6.1. LANZADO VÍA HUMEDA.

El suministro por flujo denso es estándar y muy común para el concreto proyectado vía húmeda, pero este material puede suministrarse también mediante flujo diluido empleando máquinas adecuadas.

El llamado concreto bombeable en flujo denso, se suministra mediante:

- ❖ Bombas dúplex.
- ❖ Bombas helicoidales.
- ❖ Bombas de prensa (bomba de rotor).

Para concreto proyectado fluido se carga el material en la bomba desde una tolva alimentadora y se pasa a través de mangueras y tubos, el aire comprimido se incorpora en la boquilla, desde el compresor de aire mediante mangueras separadas. El dosificador incorpora el acelerante en la boquilla, también mediante mangueras separadas. Se sincroniza la dosificación con la cantidad de concreto de manera que la cantidad presente de acelerante de fraguado se mantenga constante.

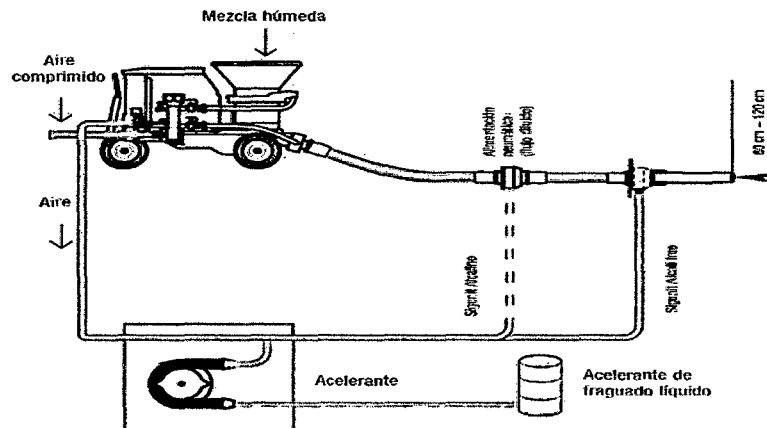


Figura 20: Concreto proyectado vía húmeda flujo diluido.

2.1.6.1.1. VENTAJAS.

El lanzado vía húmeda es el método más moderno y eficiente para colocar concreto proyectado, son muchas y muy variadas.

- ❖ Rendimiento mayor hasta de 25m³/h en algunos casos.
- ❖ Cantidad reducida de material de rebote un factor de 2 a 4.
- ❖ Notoria mejoría de las condiciones de trabajo por la menor generación de polvo.
- ❖ Menores costos de desgaste para el equipo de lanzado.
- ❖ Menor consumo de aire comprimido al lanzar con flujo denso.
- ❖ Mejor calidad del concreto proyectado (contenido constante de agua).

El concreto proyectado vía húmeda flujo denso demanda más trabajo al principio (arranque) y al final (limpieza) del lanzado que en el proceso en seco.

- ❖ Rendimientos entre altos y muy altos.
- ❖ Especificaciones mecánicas del concreto endurecido entre altas y muy altas.
- ❖ Requerimiento de durabilidad altos.

2.1.6.1.2. EQUIPOS.

En el lanzado de concreto proyectado en húmedo, se emplean métodos manuales y mecánicos, pero tradicionalmente se aplica con máquina. Los grandes volúmenes y las enormes secciones transversales que se elaboran, requieren que el trabajo sea mecanizado. (Jurgen Hofler, 2004)

PUTZMEISTER, bombas de doble pistón. El alma de una bomba consiste en un cilindro comunicante, un cilindro de alimentación con émbolo de repartición, tanque de agua entre los dos, tolva de concreto con agitador, tubería de intercambio, palanca y cilindro de reversión para la tubería de intercambio.

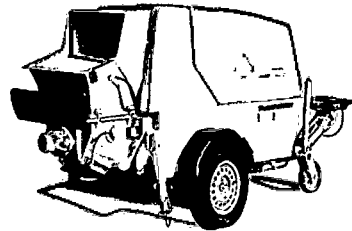
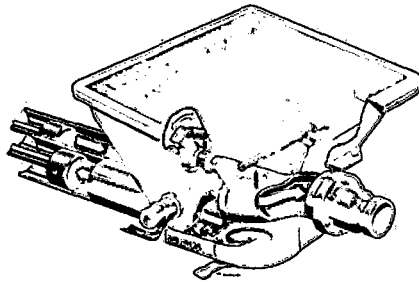


Figura 21: Bomba Putzmeister de doble pistón. **Figura 22:** Putzmeister Bomba Estacionaria de Concreto Sika-PM702E.

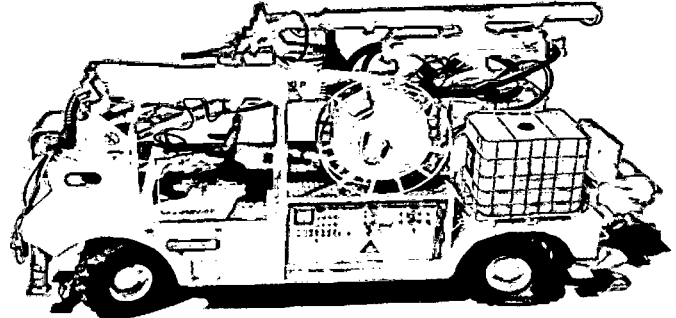


Figura 23: Multi Putzmeister Bomba estacionaria de concreto BSA 1002 D. **Figura 24:** Sika ® - PM500.

Las máquinas de perforación de túneles (TBM) se ha ido mecanizando y automatizando que llevan la delantera. También se utiliza el concreto proyectado cuando se usan TBM si las condiciones del sustrato, el recubrimiento y el método de estabilización lo permiten.

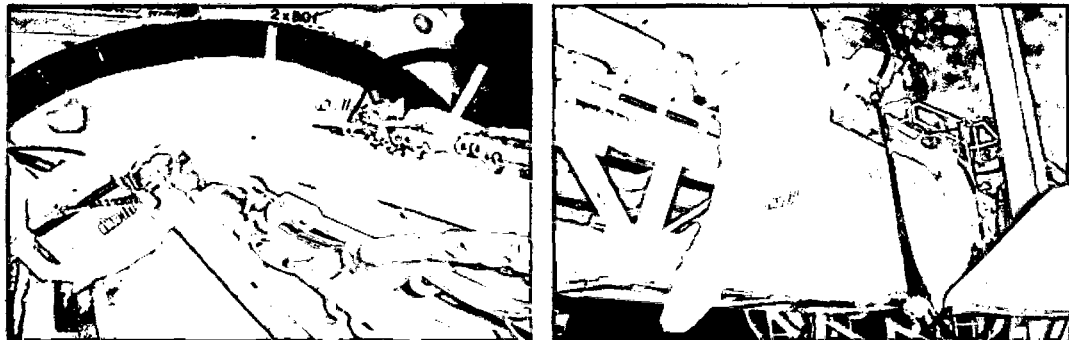


Figura 25: TBM Utilizado para el Concreto Proyectado.



2.1.6.1.3. UNIDADES DE DOSIFICACIÓN.

Los dosificadores se usan para adicionar el acelerante, garantizar una estabilidad del fraguado del concreto proyectado, la cantidad dosificada debe correlacionarse con la cantidad del concreto; es decir el dosificador debe estar sincronizado con el suministro de concreto (Dosis mínima y máxima multiplicadas por el contenido de cemento en la cantidad de concreto proyectado suministrado.) (Jurgen Hofler, 2004)

ALIVA, dosificadores para acelerantes de fraguado. El acelerador líquido de fraguado se incorpora dentro de la bomba a través de una manguera. Esta manguera es comprimida por dos rodamientos en un rotor y el contenido de la manguera es transportado mediante la revolución del rotor.

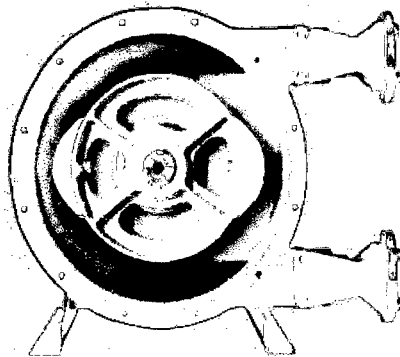


Figura 26: Esquema de la sección transversal de una dosificadora.

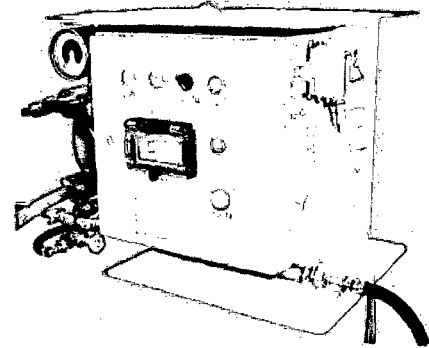
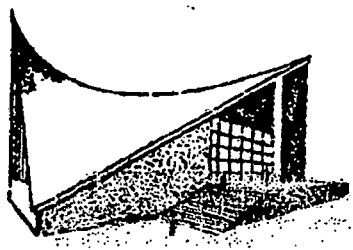


Figura 27: Aliva® - 403 Extendida.

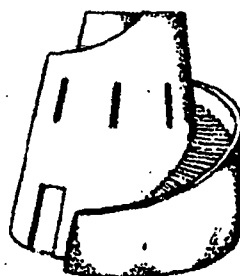
2.1.7. EFECTOS ARQUITECTONICOS.

El concreto lanzado se considera como un material para formas libres con un acabado áspero. Puede lograrse las superficies lisas, las aristas agudas, denticiones, trazos y nervaduras decorativas que aunque son aceptables y altamente efectivas como decoración, son costosas y en general no resultan beneficio de una buena mano de obra.

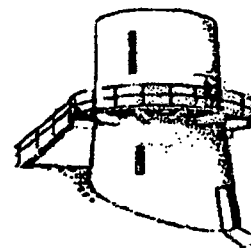
Como material de forma libre, las cualidades del concreto lazado son únicas. Es responsabilidad del arquitecto usar estas cualidades y no tratar de usar el concreto lanzado como una imitación de los sistemas tradicionales.



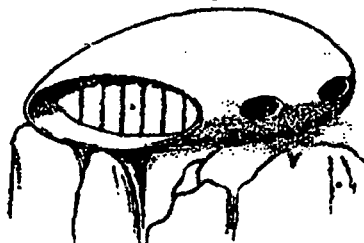
Paraboloide Hiperbólica



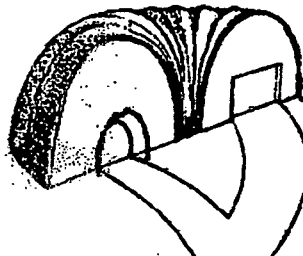
Casa Torre - Cónica



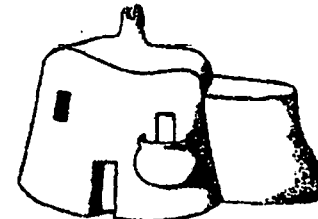
Casa Torre - Cilíndrica



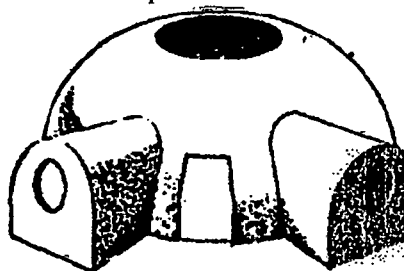
Elipsoide Total



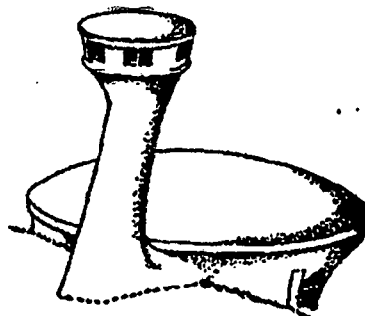
Sombrilla Parabólica



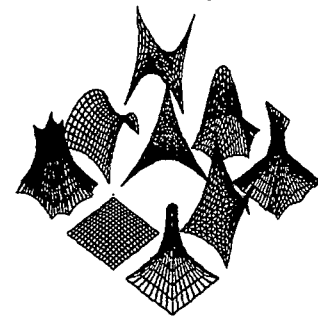
Forma Libre



Domo Elevado



Domo Bajo



Domos Parabólicas

Figura 28: Algunas formas para estructuras que se pueden realizar con Concreto Lanzado.

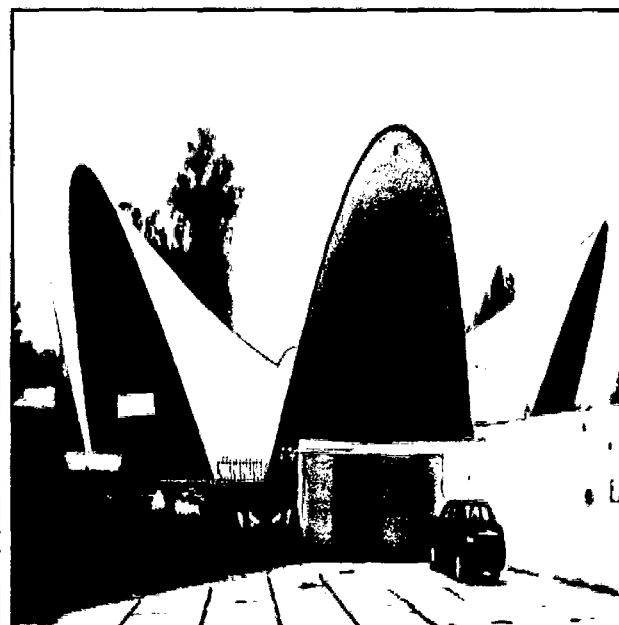
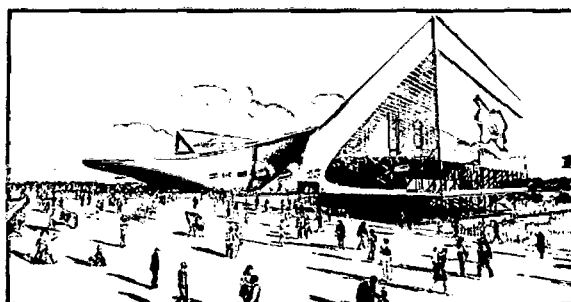


Figura 29: Estructuras realizadas con Concreto Lanzado.



2.2. CEMENTO.

2.2.1. INTRODUCCIÓN.

Los usos industriales de la cal han proporcionado importantes contratos para los químicos e ingenieros desde años atrás cuando la cal y los cementos naturales fueron introducidos. En la actualidad solo se necesita mencionar las paredes y las vigas de concreto reforzado, túneles, diques y carreteras para imaginar la dependencia de la civilización actual con estos productos. La conveniencia, precio accesible, adaptabilidad, resistencia y durabilidad de ambos productos han sido fundamentales para estas aplicaciones.

El cemento es una sustancia conglomerante que mezclado con los agregados pétreos (árido grueso o grava, más árido fino o arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica; la misma que fragua y endurece al reaccionar con el agua, adquiriendo consistencia pétreo, denominado hormigón o concreto. Su uso está muy generalizado en la construcción. No obstante, de los modernos caminos de concreto y edificios alrededor de nosotros, es difícil imaginar el tremendo crecimiento de la industria del cemento durante el siglo pasado.

2.2.2. DEFINICIÓN DEL CEMENTO.

Se define como una mezcla de caliza quemada, hierro, sílice y alúmina. Dichos materiales son mezclados en un horno de secar y pulverizados hasta convertirlo en un polvo fino llamado cemento.

2.2.3. CEMENTO PÓRTLAND ASTM C 150

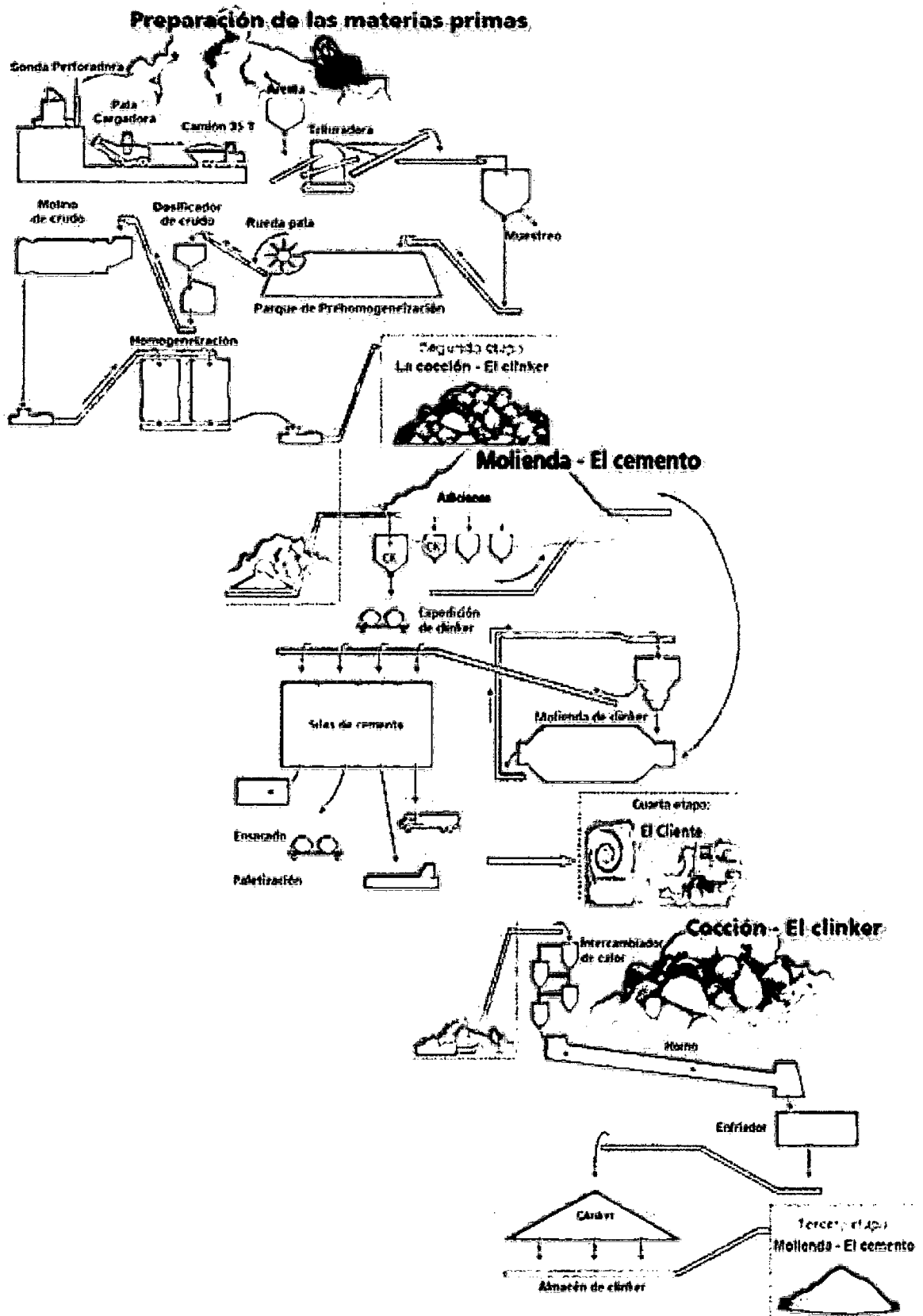
2.2.3.1. DEFINICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND.

Es un aglomerante hidráulico producido por la pulverización del Clinker, compuesto esencialmente de silicato de calcio hidráulico y que contiene una o más formas de silicato de calcio. Con una adición de yeso u otro material durante la molienda.



2.2.3.2. FASES DE LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND.

- A. EXTRACCIÓN DE MATERIA PRIMA.** A partir de explosiones de cielo abierto (canteras), se extrae la piedra caliza, materia prima del proceso, mediante micro detonaciones controladas. También se extraen arcillas de tierras de cultivo, sin necesidad de utilizar explosivos.
- B. TRITURACIÓN.** En la misma cantera las rocas fragmentadas, que pueden llegar a medir un metro, se trituran en fases sucesivas para obtener fragmentos de hasta un máximo de 50 mm, que serán transportados a los parques o almacenes de pre homogenización.
- C. PREHOMOGENIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA.** Partiendo de las calidades y proporciones más o menos variables de la piedra, tiene como finalidad de conseguir desde el inicio del proceso una composición mineralógica uniforme y óptima.
- D. MOLIENDA DE CRUDO.** La mezcla del material pre homogenizado se transporta por medios mecánicos a los molinos del crudo, de barras o bolas de acero. La molienda tiene la finalidad de conseguir la composición química adecuada según el tipo de Clinker a producir y la granulometría deseada, con el mismo consumo energético.
- E. PRECALENTAMIENTO.** Antes de entrar al horno, la harina de crudo homogenizada pasa por el intercambiador de ciclones de pre calcinación.
- F. CLINKERIZACIÓN.** La harina de crudo pasa por los hornos rotatorios de calcinación, formada por grandes cilindros de acero recubiertos internamente de material refractario. El crudo sufre una serie de transformaciones físicas y químicas a medida que aumenta la temperatura.
Secado hasta los 150°C.
Deshidratación de la arcilla, hasta los 500°C.
Descarbonatación, entre 550°C y 1100°C.
Clinkerización, entre 1300°C y 1500°C.
- G. ENFRIAMIENTO.** El Clinker pasa de 1450°C a 140°C mediante parrillas de refrigeración o tubos satélites adosados al final del horno. Los gases liberados con el calor residual del horno se envían a los ciclones de pre calcinación en un proceso continuo que optimiza el aprovechamiento energético.
- H. ALMACENAMIENTOS DEL CLINKER.** El Clinker se almacena en grandes hangares o silos antes de llegar a la fase final del proceso de producción.
- I. YESO Y ADICIONES.** Antes de efectuar la molienda del Clinker se dosifican cantidades variables de yeso (3%-10%) para alargar el tiempo de fraguado del cemento y de otras adiciones (filler calcáreo, cenizas, puzolanas, etc.) con lo que se obtiene diferentes calidades de cemento según el proceso de construcción a los que serán destinados.
- J. MOLIENDA DEL CEMENTO.** Una vez dosificados el yeso y las adiciones los materiales se muelen y homogenizan dentro de los molinos de bolas de acero, se obtiene el producto final.
- K. EXPEDICIÓN.** El proceso de distribución del cemento se realiza en sacos de papel krap extensible tipo klupac, generalmente compuesto de 2 a 3 capas y con capacidad de 25 a 45 kg. O en granel mediante camiones de cisterna que suelen transportar entre 28 y 30 toneladas.



**2.2.3.3. COMPONENTES Y COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND.****A. COMPONENTES PRINCIPALES.**

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento son:

- ❖ Cal (Oxido de Calcio) CaO
- ❖ Sílice (Anhídrido Silficio) SiO₂
- ❖ Alúmina (Oxido de Aluminio) Al₂O₃
- ❖ Oxido Férrico Fe₂O₃

Estos componentes, aportados por la materia prima caliza y arcillosa, reaccionan entre sí en el horno formando una serie de productos más complejos.

B. COMPUESTOS.

Durante el proceso de fusión de la materia prima que ha de dar origen al Clinker se forman los siguientes compuestos:

B.1. PRINCIPALES.

- ❖ Silicato Tricálcico: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S}$: El más rico en cal que es posible obtener, se compone de 73.7% de cal y 26.3% de ácido silficio.
- ❖ Silicato Bicálcico: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$: Se compone de 65.1% de cal y de 34.9% de ácido silficio.
- ❖ Aluminato Tricálcico: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$: Se compone de 62.3% de cal y 37.7% de alúmina.
- ❖ Ferroaluminato Tetracálcico: $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF}$: Se compone de 46.1% de cal, de 21% de alúmina y de 32.9% de óxido de fierro.

B.2. SECUNDARIOS.

- ❖ Oxido de Cal Libre
- ❖ Oxido de Magnesio MgO



- ❖ Óxidos de Potasio y Sodio K_2O, Na_2O
- ❖ Óxidos de Manganeso y Titanio Mn_2O_3, TiO_2
- ❖ Cantidades pequeñas de otros óxidos

Los cuatro primeros compuestos mencionados (silicatos y aluminatos) son los denominados compuestos principales, del Clinker suponen el 90% al 95% del total. El porcentaje restante corresponde a los llamados compuestos secundarios.

Los compuestos principales necesariamente no son los más trascendentes, pues algunos de los compuestos secundarios tienen mucha importancia para ciertas condiciones de uso de los cementos.

B.3. PRODUCTOS SECUNDARIOS COMPLEMENTARIOS.

El grupo de los componentes secundarios complementarios incluye:

- ❖ Pérdida por Calcinación PC
- ❖ Residuo Insoluble RI
- ❖ Anhídrido Sulfúrico SO_3

2.2.3.4. PROPIEDADES QUÍMICAS.

Los cementos pertenecen a la clase de materiales denominados aglomerantes en construcción, como la cal aérea y el yeso (no hidráulico), el cemento endurece rápidamente y alcanza resistencias altas; esto gracias a reacciones complicadas de la combinación cal – sílice. Ej: Análisis químico del cemento.

❖ CaO	63 %	(Cal)
❖ SiO_2	20 %	(Sílice)
❖ Al_2O_3	6 %	(Alúmina)
❖ Fe_2O_3	3 %	(Oxido de Hierro)
❖ MgO	1.5 %	(Oxido de Magnesio)
❖ $K_2O + Na_2O$	1 %	(Álcalis)
❖ Perdida por calcinación	2 %	
❖ Residuo insoluble	0.5 %	
❖ SO_3	2 %	(Anhídrido Sulfúrico)
❖ CaO Residuo	1 %	(Cal libre)
SUMA	100%	



CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

- ❖ Módulo fundente.
- ❖ Compuestos secundarios.
- ❖ Perdida por calcinación.
- ❖ Residuo insoluble.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

- ❖ Superficie específica.
- ❖ Tiempo de fraguado.
- ❖ Falso fraguado.
- ❖ Estabilidad de volumen.
- ❖ Resistencia mecánica.
- ❖ Contenido de aire.
- ❖ Calor de hidratación.

2.2.3.4. PROPIEDADES FÍSICAS.

A. PESO ESPECÍFICO. NTP 334.005 - 2001.

El peso específico del cemento corresponde al material al estado compacto. Su valor suele variar, para los cementos Pórtland normales, entre 3.0 y 3.2. Las normas norteamericanas consideran un valor promedio de 3.15 y las normas alemanas e inglesas un valor promedio de 3.12. Su determinación es particularmente necesaria en relación con el control y diseño de las mezclas de concreto.

B. FINEZA Y SUPERFICIE ESPECÍFICA. NTP 334.072-2001

La fineza de un cemento es función del grado de molienda del mismo y se expresa por su superficie específica, la cual es definida como el área superficial total, expresada en centímetros cuadrados, de todas las partículas contenidas en un gramo de cemento. Se asume que todas las partículas tienen un perfil esférico.



Debido a su pequeño tamaño, las partículas finas de cemento son difícilmente separables por fracciones empleando tamices, habiendo sido necesario desarrollar métodos de ensayo especiales para medir la aproximación cuantitativa de su distribución por tamaños. Los dos aparatos especialmente desarrollados para medir la fineza de los cementos, de acuerdo a la Norma ASTM, son el Turbidímetro Wagner, (NTP 334.072-2001) y el aparato Blaine.

Tabla 3.1. Módulo de Finura de los diferentes Tipos de Cemento.

Tipo de cemento	Finura de Blaine m ² /Kg
I	370
II	370
III	540
IV	380
V	380

C. CONTENIDO DE AIRE - NTP 334.048-2003.

La presencia de cantidades excesivas de aire en el cemento puede ser un factor que contribuya a reducir la resistencia de los concretos preparados con éste. El ensayo de contenido de aire da un índice indirecto de la fineza y grado de molienda del cemento. El ensayo se realiza de acuerdo a la NTP 334.048-2003.

D. FRAGUADO.

El término fraguado se refiere al cambio del estado fluido al estado sólido. Se dice que la pasta de cemento Pórtland ha fraguado cuando está lo suficientemente rígida como para soportar una presión arbitraria definida.

El tiempo de fraguado se divide en dos partes: el comienzo y el fin de la fragua, conocidos como la “fragua inicial” y la “fragua final”. Cuando la pasta de cemento Portland ha logrado la fragua final, empieza un nuevo período de incremento de su rigidez y resistencia denominado “endurecimiento”. El porcentaje de agua que se mezcla con el cemento tiene gran importancia sobre el tiempo de fraguado. Esta cantidad de agua se determina para cada tipo de cemento mediante el ensayo de consistencia normal.

El tiempo de fragua de las pastas de cemento, a las que se ha dado consistencia normal, se mide por la capacidad que tenga la pasta de soportar el peso de una varilla o aguja determinada. Para determinar el tiempo de fraguado se siguen las siguientes normas.



- ✓ Fraguado Vicat, de acuerdo a la NTP 334.006-2003.
- ✓ Fraguado Gillmore, de acuerdo a la NTP 334.056-2002.

E. RESISTENCIA MECÁNICA - NTP 334.051-1998.

La resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad física que define la capacidad del mismo para soportar esfuerzos sin fallar y normalmente se emplea como uno de los criterios de aceptación por ser la más requerida desde el punto de vista estructural. El valor de la resistencia a los 28 días se considera como la resistencia del cemento.

La resistencia de un cemento se determina por ensayos de compresión y tracción en morteros preparados con dicho cemento y arena estándar. Los ensayos de resistencia a la compresión de cubos de mortero de cemento Portland de 50 mm de lado se efectúan de acuerdo a la NTP 334.051-1998.

F. ESTABILIDAD DE VOLUMEN- NTP 334.004-1999

Se define como estabilidad de volumen de un cemento a la capacidad de éste para mantener un volumen constante una vez fraguado. Se considera que un cemento es poco estable cuando tiende a sufrir un proceso de expansión lentamente y por un largo período de tiempo. El efecto de un cemento poco estable puede no ser apreciado durante meses, pero a la larga es capaz de originar fuertes agrietamientos en el concreto y aún fallas eventuales.

La falta de estabilidad de volumen es debida a la presencia de yeso o a un exceso de cal libre o magnesio, los cuales tienden a hidratarse y expandir. La estabilidad de volumen de los cementos se determina mediante el ensayo de expansión en autoclave, que se encuentra normalizada bajo la NTP 334.004-1999.

G. CALOR DE HIDRATACIÓN - NTP 334.064-1999

El fraguado y endurecimiento de la pasta es un proceso químico por lo que, durante las reacciones que tienen lugar entre los compuestos del cemento y el agua, la hidratación del cemento es acompañada por liberación de una cantidad de calor, la cual depende principalmente de la composición química y de la fineza del cemento.



De lo expuesto puede definirse al calor de hidratación como la cantidad de calor, expresada en calorías por gramo de cemento no hidratado, desarrollada por hidratación completa a una temperatura determinada.

El calor de hidratación de los cementos normales es de 85 a 100 cal/gr., por lo que en las condiciones normales de construcción el calor se disipa rápidamente por radiación, siendo los cambios de temperatura dentro de la estructura relativamente pequeños y probablemente de pocas consecuencias. Para determinar el calor de hidratación de los cementos se emplea el método indicado en la NTP 334.064-1999.

2.2.3.6. TIPOS DE CEMENTOS PORTLAND.

TIPO I: Normal es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifique la utilización de otro tipo. (Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales). Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.

TIPO II: De moderada resistencia a los sulfatos, es el Cemento Portland destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cuando así sea especificado.(Puentes, tuberías de concreto).

TIPO III: Alta resistencia inicial, como cuando se necesita que la estructura de concreto reciba carga lo antes posible o cuando es necesario desencofrar a los pocos días del vaciado.

TIPO IV: Se requiere bajo calor de hidratación en que no deben producirse dilataciones durante el fraguado.

TIPO V: Usado donde se requiera una elevada resistencia a la acción concentrada de los sulfatos (canales, alcantarillas, obras portuarias).

Es interesante destacar los cementos denominados “mezclados ó adicionados” dado que algunos de ellos se usan en nuestro medio.

TIPO IS. Cemento al que se ha añadido entre un 25% a 70% de escoria de altos hornos referido al peso total.

TIPO ISM. Cemento al que se ha añadido menos de 25% de escoria de altos hornos referido al peso total.



TIPO IP. Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40% del peso total.

TIPO IPM. Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje hasta el 15% del peso total.

Todos estos cementos tienen variantes en que se les añade aire incorporado (sufijo A), se induce resistencia moderada a los sulfatos (sufijo M), ó se modera el calor de hidratación (sufijo H).

2.2.4. LAS NORMAS DE CEMENTO EN PERU.

El cemento en el Perú es uno de los productos con mayor número de normas, que datan del inicio del proceso de normalización en el país. La normalización del cemento se lleva a cabo por el Comité Técnico Permanente de Normalización de Cementos y Cales, cuya gestión tiene a su cargo la Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM.

2.2.4.1. COMITE DE NORMALIZACION.

El Comité está constituido por las siguientes instituciones.

A. SECTOR PRODUCCIÓN:

Cemento Andino S.A.; Cementos Lima S.A.; Cementos Pacasmayo S.A.A.; Yura S.A.;
Cemento Sur S.A.; Agregados Calcáreos S.A.

B. SECTOR TÉCNICO:

ARPL Tecnología Industrial S.A.; Asociación de Productores de Cemento ASOCEM;
Colegio de Ingenieros del Perú (Consejo Departamental de Lima); Pontificia Universidad
Católica del Perú (Facultad de Ciencias e Ingeniería); Universidad Nacional de Ingeniería
(Facultad de Ingeniería Civil); Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la
Construcción (SENCICO).

C. SECTOR CONSUMO:

Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales (MITINCI);
Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (División de Control
de Calidad); Premix S.A.; UNICOM - Concreto Premezclado.



2.3. CANTERA DON NATY.

2.3.1. ELECCIÓN.

La cantera que ha sido elegida para la presente tesis es DON NATY (José Gálvez - Celendín), por presentar agregados limpios y de mejor calidad al ser utilizados en el proyecto **“Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera Cajamarca – Celendín – Balsas. Tramo: Km. 52+000 – Celendín”**.

2.3.2. UBICACIÓN.

La presente cantera se encuentra ubicado en:

País : Perú
Departamento : Cajamarca
Provincia : Celendín
Distrito : José Gálvez
Centro poblado : Fraylecocha
Cantera : DON NATY
Altitud : 3100 – 3120 m.s.n.m.
Coordenadas UTM:

Este: 814460 - 814560

Norte: 9230335 - 9230420

2.3.3. EXTENSIÓN.

Los datos técnicos de la cantera son:

Perímetro : 283.00 mts.

Área : 5130.00 m2.

Potencia : 40484.00 m3.



2.3.4. GEOLOGÍA.

Esta cantera está conformada por un manto rocoso de roca caliza con estratos de material arcilloso limoso en sectores puntuales.

2.3.5. ACCESIBILIDAD.

El acceso desde la ciudad de Cajamarca: La cantera "DON NATY" se ubica en el margen derecho de la carretera Cajamarca - Celendín, en la progresiva Km.72+250.00, el acceso se realiza a través de una trocha carrozable de 6.55 km de longitud y a una altitud promedio de 3110.00 m.s.n.m.

2.3.6. TOPOGRAFÍA.

Tiene una topografía ondulada en su mayor parte y en sectores pequeños presenta una topografía accidentada. A continuación se muestra el levantamiento topográfico de la cantera.

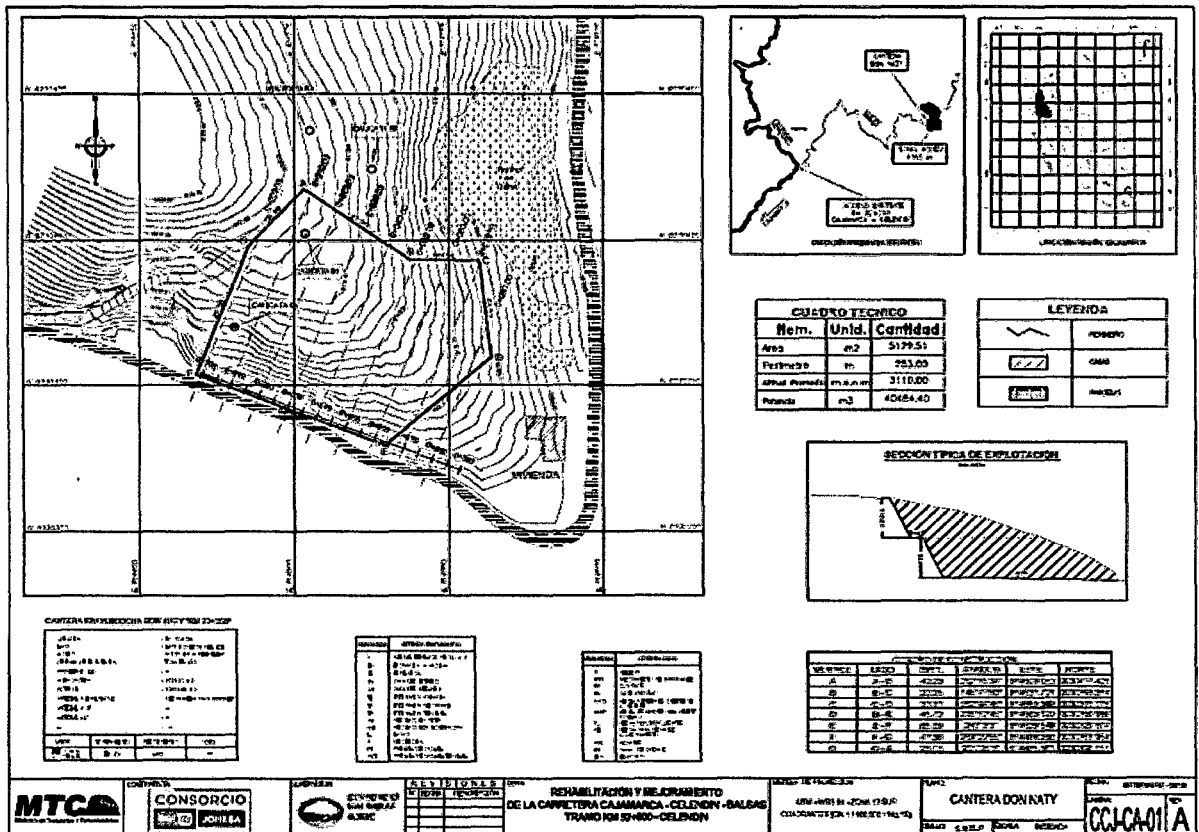


Figura 31: Ubicación Topográfica de la Cantera DON NATY.

2.3.7. CLIMA.

El clima es variado propio de la sierra con temperaturas variables, frío en las partes altas y cálidas en las partes bajas, con precipitaciones pluviales de mayor intensidad en los meses de Noviembre a Abril y el resto se encuentra en temporada de estiaje.

2.3.8. PROCESO DE CHANCADO.

La planta chancadora de rocas, consta de maquinarias utilizadas para transformar los grandes bloques de rocas, en rocas pequeñas, arenilla y arena.

Debido a las características y tamaño de las piedras como producto final, pues es necesario contar con diferentes tipos y tamaños de máquinas chancadoras y alimentadoras. A pesar del tipo de planta, el proceso de manufactura es básicamente el mismo, requiere sólo dos pasos simples.

- ❖ Las rocas son alimentadas en la chancadora primaria por un transportador vibratorio, y luego pasadas por la chancadora secundaria y terciaria, o la máquina fragmentadora, donde son hechas rocas pequeñas.
- ❖ Luego las rocas chancadas pasan a través de un proceso de cribado para seleccionarlas de acuerdo a su tamaño.

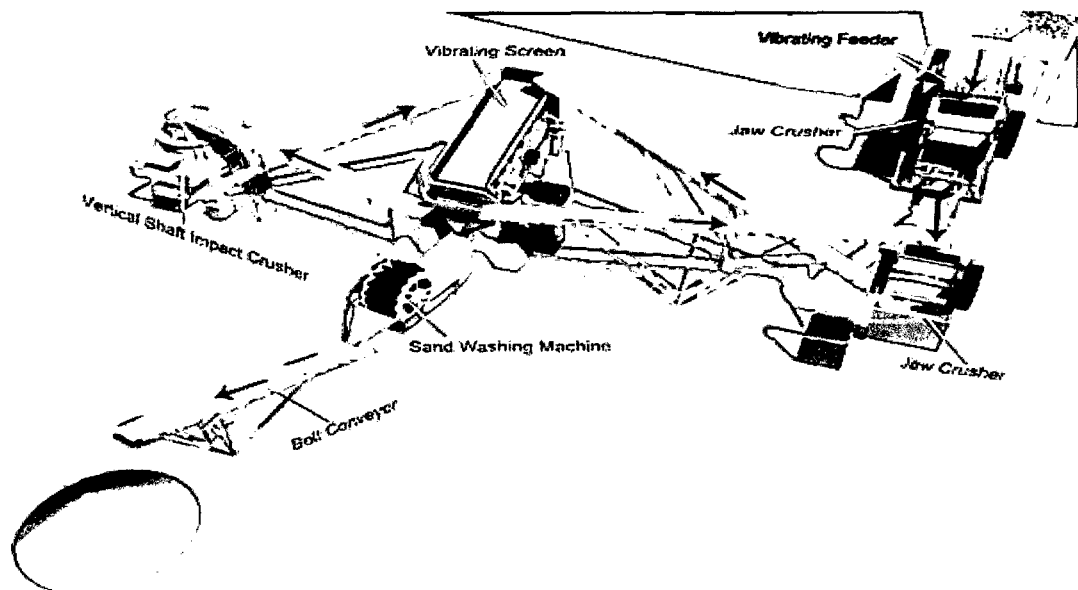


Figura 32: Circuito en el Proceso del Chancado de los Agregados.



2.4. AGREGADOS.

2.4.1. DEFINICIÓN.

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. Viene a ser el conjunto de partículas provenientes de los materiales naturales o artificiales, pudiendo ser tratados o elaborados, de forma estable y cuyas dimensiones varían desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros apropiados para la confección de morteros y concretos.

La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor entre un 70% y 85% en volumen de una mezcla típica de concreto. Cuyas finalidades específicas son abaratar los costos de la mezcla y dotarla de ciertas características favorables dependiendo de la obra que se quiera ejecutar.

2.4.3. NATURALEZA.

Es preciso indicar que los tres grandes grupos de rocas, que dan origen a los agregados según su formación son:

A. ROCA MAGMÁTICA.

Estas a subdividen a su vez en: plutónicas y volcánicas

Ejm. Granito, cuarzo, riolita, traquita, etc.

B. ROCA SEDIMENTARIA.

Según su composición química, se pueden mencionar las siguientes: las rocas silíceas, carbonatadas aluminosas y salinas.

Ejm. Areniscas, calizas, arcilla y yeso.

C. ROCA METAMÓRFICA.

Entre las cuales se pueden enumerar: las cuarcitas, mármoles, pizarras y las filitas.



2.4.4. CLASIFICACIÓN.

Los agregados naturales se clasifican en:

A. AGREGADOS FINOS.

- Arena fina.
- Arena gruesa.

B. AGREGADOS GRUESOS.

- Grava.
- Piedra triturada o chancada.

C. HORMIGÓN.

- Agregado integral

2.4.4. FUNCIÓN.

Las funciones principales de los agregados en el concreto son:

- a. Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y por tanto reduciendo el costo de la unidad cubica de concreto.
- b. Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste o de interperismo que puedan actuar sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen resaltantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

Los agregados deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) deberán cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o de la Norma ASTM C - 33, así como los de las especificaciones del proyecto.



- Los agregados finos y gruesos deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea con autorización del Proyectista, el agregado integral denominado “hormigón” deberá cumplir como lo indica la Norma E.060.
- Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar:
 - ✓ Que la pérdida de finos sea mínima.
 - ✓ Se mantendrá la uniformidad del agregado.
 - ✓ No se producirá contaminación con sustancias extrañas.
 - ✓ No se producirá rotura o segregación importante en ellos.
- Los agregados expuestos a la acción de los rayos solares deberán, si es necesario, enfriarse antes de su utilización en la mezcladora.

Si el enfriamiento se efectúa por aspersión de agua o riego, se deberá considerar la cantidad de humedad añadida al agregado a fin de corregir el contenido de agua de la mezcla y mantener la relación agua - cemento de diseño seleccionada.

2.4.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO.

A. AGREGADO FINO. (Rivva, E. 2004)

Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm. (3/8”) y queda retenido en el tamiz 74 um (Nº200) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes. Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

Es recomendable tener en cuenta lo siguiente.

- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas Nº4, Nº8, Nº16, Nº30, Nº50 y Nº100 de la serie de Tyler.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.



- En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites.

Tabla 3.2. Porcentaje del Agregado Fino que pasa en los Tamices

MALLA	% QUE PASA
9.51mm (3/8")	100
4.76 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 um (N°30)	25 a 60
300 um (N°50)	10 a 30
150 um (N°100)	2 a 10

- El porcentaje indicado para las mallas N°50 y N°100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado que contenga más de 225 kg de cemento por metro cúbico, o si se emplea un aditivo mineral para compensar la deficiencia en los porcentajes mencionados.
- El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.35 y 3.15. Si excede el límite indicado de ± 0.2 , el agregado podrá ser rechazado por la Inspección, o alternativamente ésta podrá autorizar ajustes en las proporciones de la mezcla para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar reducciones en el contenido de cemento.
- El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la NTP 400.013.

Podrá emplearse agregado fino que no cumple con los requisitos de la norma indicados siempre que.

- La coloración en el ensayo se deba a la presencia de pequeñas partículas de carbón, lignito u otras partículas similares; o Realizado el ensayo, la resistencia a los siete días de morteros preparados con dicho agregado no sea menor del 95% de la resistencia de morteros similares preparados con otra porción de la misma muestra de agregado fino previamente lavada con una solución al 3% de hidróxido de sodio.

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites.



- ✓ Lentes de arcilla y partículas desmenuzables.....3%
- ✓ Material más fino que la Malla N°200:
 - a. Concretos sujetos a abrasión.....3%
 - b. Otros concretos.....0.5%
- ✓ Carbón:
 - a. Cuando la apariencia superficial del concreto es importante.....0.5%
 - b. Otros Concretos.....1%

Finalmente, la granulometría deberá corresponder a la gradación C de la siguiente tabla (similar a la normalizada por el ASTM C33). NTP 400.037

Tabla 3.3. Porcentaje de Peso que Pasa en la Gradación C.

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA			
	LIMITES TOTALES	*C	M	F
9.5 mm (3/8)	100	100	100	100
4.75 mm (N°4)	89 - 100	95 - 100	89 - 100	89 - 100
2.36 mm (N°8)	65 - 100	80 - 100	65 - 100	80 - 100
1.18 mm (N°16)	45 - 100	50 - 85	45 - 100	70 - 100
600 um (N°30)	25 - 100	25 - 60	25 - 80	55 - 100
300 um (N°50)	5 - 70	10 - 30	5 - 48	5 - 70
150 um (N°100)	0 - 12	2 - 10	0 - 12*	0 - 12

* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos.

B. AGREGADO GRUESO. (Rivva, E. 2004)

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

- Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- Es recomendable tener en consideración lo siguiente: Según NTP400.037 ó la Norma ASTM C33.
 - ✓ 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 11/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

El agregado grueso debería estar graduado dentro de los límites especificados en la NTP 400.037, tal como sigue:

Tabla 3.4. Porcentaje que Pasa los Tamices Normalizados.

Nº ASTM	TAMAÑO NOMINAL	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100	90	75	63	50	37,5	25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
		4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	¾"	½"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15			0 a 5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15			0 a 5					
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	2" a Nº4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	1 1/2" a ¾"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	1 1/2" a Nº4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	1" a ½"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	1" a Nº4						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	¾" a 3/8"							100	90 a 10	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	¾" a Nº4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	½" a Nº4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
9	3/8" a Nº8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	

- Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea el mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. Se considera que, en ningún caso el tamaño nominal máximo del agregado no deberá ser mayor de:
 - ✓ Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
 - ✓ Un tercio del peralte de las losas; o
 - ✓ Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de refuerzo.
- En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura; se podrá con autorización de la Inspección reducir el tamaño nominal máximo del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.



- El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores.
 - ✓ Arcilla0.25%
 - ✓ Partículas deleznales.....5.00%
 - ✓ Material más fino que pasa la malla N ° 200.....1.00%
 - ✓ Carbón y lignito:
 - a. Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia..... 0.50%
 - b. Otros concretos.....1.00%
- El agregado grueso cuyos límites de partículas perjudiciales excedan a los indicados, podrá ser aceptado siempre que en un concreto preparado con agregado de la misma procedencia; haya dado un servicio satisfactorio cuando ha estado expuesto de manera similar al estudiado; o en ausencia de un registro de servicios siempre que el concreto preparado con el agregado tenga características satisfactorias, ensayado en el laboratorio.
- El agregado grueso empleado en concreto para pavimentos, en estructuras sometidas a procesos de erosión, abrasión o cavitación, no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a la NTP 400.019 ó NTP 400.020, ó a la Norma ASTM C 131.
- EL lavado de las partículas de agregado grueso se deberá hacer con agua potable. De no ser así, el agua deberá estar libre de sales, materia orgánica, o sólidos en suspensión.

C. ARENA.

La NTP 400.011 define a la arena como el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas. También se define la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidas por fenómenos mecánicos, naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales y médanos o que se forman en in-situ por descomposición; o el conjunto de piedras producidas por acción mecánica artificial.

Se clasifican según la “Comisión de Normalización” de la Sociedad de Ingenieros del Perú.

Arena Fina	0.05	a	0.5 mm.
Arena Media	0.5	a	2.0 mm.
Arena gruesa	2.0	a	5.0 mm.



D. GRAVA.

La NTP 400.011 Define a la grava como el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

E. PIEDRA TRITURADA O CHANCADA.

La NTP 400.011 Define como el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

F. HORMIGON.

La NTP 400.011 define al hormigón como al material compuesto de grava y arena empleado en forma natural de extracción.

En lo que sea aplicable, se seguirá para el hormigón las recomendaciones correspondientes a los agregados fino y grueso. Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica, u otras sustancias dañinas para el concreto. Su granulometría deberá estar comprendida entre la malla de 2” como máximo y la malla N° 100 como mínimo. El hormigón deberá ser manejado, transportado y almacenado de manera tal de garantizar la ausencia de contaminación con materiales que podrían reaccionar con el concreto.

G. FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL.

La forma y textura de las partículas de agregados influyen grandemente en los resultados a obtenerse en las propiedades del concreto. Existiendo un efecto de anclaje mecánico que resulta más o menos favorable en relación con el tamaño, la forma, la textura superficial y el acomodo entre ellas, también se producen fenómenos de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, condicionados por estos factores; que contribuyen en el comportamiento de resistencia y durabilidad del concreto.



2.4.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO.

2.4.6.1. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN. (NTP: 400.021 - NTP: 400.022 o ASTM C-127 ASTM C-128)

A. DEFINICIONES.

A.1. PESO ESPECÍFICO (P.e.)

Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de gas, a una temperatura especificada. Según el Sistema Internacional de Unidades (I.S.D) el término correcto es Densidad.

A.2. PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.e.a)

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción impermeable.

A.3. PESO ESPECIFICO DE MASA (P.e.m)

Viene a ser la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (Incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material), a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.

A.4. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (P.e.s.s)

Tiene la misma definición que el Peso Específico de Masa, con la salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables. El peso específico que más se utiliza, por su fácil determinación para calcular el rendimiento del concreto o la cantidad necesaria de agregado para un volumen dado de concreto; es aquel que está referido a la condición de saturado con superficie seca del agregado.



A.5. ABSORCION.

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta. La relación del incremento en peso de la muestra seca, expresada en porcentaje, se denomina Porcentaje de Absorción.

Esta particularidad de los agregados, que dependen de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto. A su vez, la Absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

A menudo se considera que, los agregados absorben o ceden el agua en defecto o exceso para quedar saturados y superficialmente secos (S.S.S.), antes de que el concreto llegue a fraguar, sin embargo, cuando se trabaja con agregados secos, los poros permeables se pueden obstruir, e impedir que se llegue a la saturación. Es aconsejable, determinar el porcentaje de absorción entre los 10 y 30 primeros minutos, ya que la absorción total en la práctica nunca se cumple.

B. MÉTODO DE ENSAYO.

El método que se aplica es el tradicional, tanto como para el agregado fino como para el agregado grueso.

C. MATERIALES Y EQUIPOS.

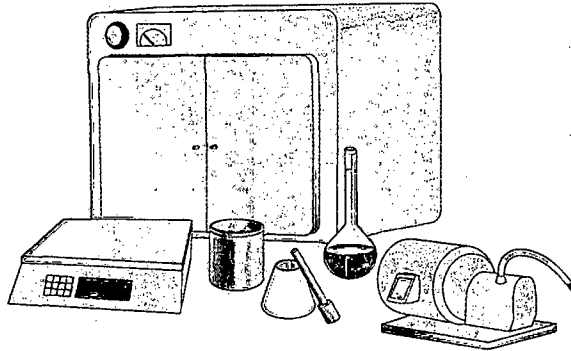
C.1. PARA EL AGREGADO FINO.

- Balanza, con sensibilidad de 0.1gr. y capacidad no menor de 1Kg.
- Frasco volumétrico, cuya capacidad sea 500 cm³ calibrado hasta 0.10 cm³ a 20°C.
- Molde cónico, metálico, diámetro menor a 4 cm, diámetro mayor 9 cm y altura 7.5 cm.
- Varilla de metal, con un extremo redondeado, de (25 ± 3) mm. de diámetro y (340 ± 15) gr. de peso.



C.2. PARA EL AGREGADO GRUESO.

- Balanza, con sensibilidad de 0.5gr. y capacidad no menor de 5 Kg.
- Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm.
- Depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua.
- Estufa, capaz de mantener una temperatura de $110\text{ C} \pm 5\text{ oC}$
- Termómetro con aproximación de 0.5 oC



D. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

D.1. PARA EL AGREGADO FINO:

Coloque aproximadamente 1000 gr. de agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método del cuarteo, en un envase adecuado después de secarlo a peso constante a una temperatura de 100°C , cubra la muestra con agua y déjela en reposo durante 24 horas. Extiéndala sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y remuévala con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Continúe esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí, luego coloque el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpee la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y levante el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono del agregado fino mantendrá su forma. Siga secando, revolviendo constantemente y pruebe a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indicará que el agregado fino ha alcanzado una condición de saturado de superficie seca.

Si al realizar el primer ensayo el cono de agregado fino se desmorona, es porque la muestra ya no tiene humedad libre, en este caso, añada unos cuantos centímetros cúbicos de agua, y después de mezclarla completamente, deje reposando la muestra unos 30 minutos en un envase bien tapado, para luego repetir el proceso.



D.2. PARA EL AGREGADO GRUESO:

Mediante el cuarteo seleccionar aproximadamente 5 kg. Rechazando todo el material que pase el tamiz N°4 (4.76mm).

E. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

E.1. PARA EL AGREGADO FINO.

- Introduzca de inmediato en el frasco una muestra de 500 gr. del material preparado.
- Llénelo de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 cm³ a una temperatura de 20°C.
- Hace rodar el frasco con su respectiva tapa, en este caso sometimos la muestra a la bomba de vacíos para eliminar todas las burbujas de aire.
- Después de aproximadamente una hora llénelo con agua hasta la marca de 500 cm³ y determine el peso total de agua introducida en el frasco con 0.1 gr. de aproximación.
- Con cuidado saque el agregado fino del frasco, séquelo hasta peso constante a una temperatura de 100°C – 110°C, enfríelo a temperatura ambiente en un secador y péselo.

E.2. PARA EL AGREGADO GRUESO.

- Luego de un lavado completo para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, seque la muestra hasta peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C y luego sumérjalas en agua durante 24 horas ± 4 horas. Saque la muestra del agua y hágala rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún aparezca húmeda. Seque separadamente los fragmentos más grandes. Tenga cuidado en evitar la evaporación durante la operación de secado de la superficie.
- Obtenga el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca. Determinése éste y todos los demás pesos con aproximación de 0.5 gr.
- Después de pesar, coloque de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y determine su peso en agua a temperatura de 20 °C a 25°C.
- Seque la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 100°C a 110°C, déjela enfriar hasta temperatura ambiente y péselo.

**F. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.****F.1. PARA EL AGREGADO FINO.**V = Volumen del Frasco (cm³)W_o = Peso en el aire de la muestra secada en estufa (gr.)V_a = Peso en (gr.) o volumen (cm³) del agua añadida al frasco.

Nº	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
F.1.1.	PESO ESPECÍFICO DE MASA (P.e):	$P.e = \frac{W_o}{V - V_a}$
F.1.2.	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (P.e.s.s.s)	$P.e.s.s.s = \frac{500}{V - V_a}$
F.1.3.	PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.e.a.)	$P.e.a. = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$
F.1.4.	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%Abs)	$\% Abs = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$

F.2. PARA EL AGREGADO GRUESO.

A = Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr).

B = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr).

C = Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

Nº	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
F.2.1.	PESO ESPECÍFICO DE MASA (P.e):	$P.e. = \frac{A}{B - C}$
F.2.2.	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (P.e.s.s.s)	$P.e.s.s.s = \frac{B}{B - C}$
F.2.3.	PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.e.a.)	$P.e.a. = \frac{A}{A - C}$
F.2.4.	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%Abs)	$\% Abs = \frac{B - A}{A}$

2.4.6.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. (NTP: 400.012 o ASTM C-136)**A. DEFINICIÓN.**

Es el estudio de la forma y tamaño en que se encuentran distribuidas las partículas de un agregado.

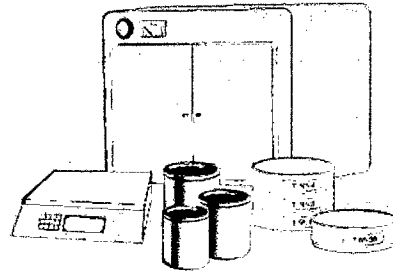
B. MÉTODO DE ENSAYO.

El procedimiento utilizado es el Mecánico o Granulometría por Tamizado. Mediante este ensayo se determinará la granulometría tanto del agregado fino, como del agregado grueso.



C. MATERIALES Y EQUIPO.

- Balanza, con sensibilidad de 0.1 % de la muestra a ensayar.
- Juego de tamices conformados por:
 - ✓ Para el agregado fino: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.
 - ✓ Para el agregado grueso: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8".
- Una estufa, capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Taras o recipientes.



D. ESPECIFICACIONES TECNICAS.

D.1. AGREGADO FINO.

- Las especificaciones técnicas para la granulometría se consideran de acuerdo a las normas NTP: 400.012, ASTM: C-136, AASHTO: T-27
- Los requerimientos granulométricos para el agregado fino indican que deben estar graduados dentro de los límites descritos en la Tabla n° 01.
- El porcentaje retenido entre dos mallas sucesivas no debe exceder el 45%.
- Los agregados que no cumplan con las especificaciones dadas anteriormente, podrán ser utilizadas siempre que demuestren una evidencia aceptable del comportamiento satisfactorio.

D.2. AGREGADO GRUESO.

- El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la norma ITENTEC 400.037 o en la norma ASTM C - 33, lo cual están indicados en la tabla n° 2.

E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

La cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso, debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas según la tabla.

**Tabla 3.5. Cantidad de Muestra que Corresponde al Tamaño Máximo.**

TAMAÑO MÁXIMO DE LAS PARTÍCULAS	PESO APROXIMADO DE LA MATERIA (kg)
9.51mm (3/8")	2
12.70 mm (1/2")	4
19.00 mm (3/4")	8
25.40 mm (1")	12
37.50 mm (1 1/2")	16
50 mm (2")	20
63 mm (2 1/2")	25
75 mm (3")	45
90 mm (3 1/2")	70

F. PROCEDIMIENTO.**Tanto para el Agregado Grueso como Fino.**

- Colocar el agregado en la estufa a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta conseguir que dos pesadas consecutivas, a una hora de intervalo, no difieran en más de 0.4%.
- Colocando la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según abertura, se produce al tamizado en forma manual o mecánica, prevaleciendo en caso de duda el primero.
- Si el tamizado se realiza en forma manual, se tomará cada tamiz con tapa y base, imprimiéndoles diferentes movimientos de vaivén. No se permitirá en ningún caso, presionar las partículas con la mano para que éstas pasen a través del tamiz.
- Si en el transcurso de un minuto, no pasa más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, la operación del tamizado se dará por concluida.

2.4.6.3. MODULO DE FINURA.**A. DEFINICIÓN.**

Criterio establecido en 1925 por Duff Abrams que dijo a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio. Se puede definir como el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas de un agregado. Así mismo el módulo de finura puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que representa la distribución de las partículas.



Es preciso mencionar que el módulo de finura está en relación inversa tanto a las áreas superficiales como al valor lubricante del agregado; por lo que la demanda de agua por área superficial será menor, mientras mayor sea el módulo de finura.

B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Se considera que el Modulo de Finura de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2.3, y 3.1 o, donde un valor menor que 2.0 indica una arena fina, 2.5 una arena de finura media y más de 3.0 una arena gruesa. La variación del módulo de finura, no debe exceder de 0.2 de la base del módulo para una determinada obra.

Además se estima que con agregados finos cuyos módulos de finura varían entre 2.2 y 2.8 se obtienen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación, y aquellos que están comprendidos entre 2.8 y 3.2 son los más indicados para producir concretos de alta resistencia. Las diferentes canteras de Cajamarca presentan una variación con respecto al módulo de finura entre 0.79 a 3.81.

C. MÉTODO DE ENSAYO.

Este factor empírico, al igual que el tamaño máximo del agregado, se determina junto con el análisis granulométrico.

El módulo de finura es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1: 2 desde el tamiz # 100 en adelante hasta el tamaño máximo presente y dividido en 100.

D. MATERIALES Y EQUIPO.

El equipo requerido para este ensayo es el siguiente.

- Balanza que permita leer con una precisión del 0.1 gr del peso de la muestra.
- Estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 105 ± 5 °C.
- Juego de tamices (N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 3/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3").



E. EXPRESIÓN DE RESULTADOS.

E.1. PARA EL AGREGADO FINO.

$$M. F = \frac{\% \text{Ret. acum. (N}^{\circ}100, \text{N}^{\circ}50, \text{N}^{\circ}30, \text{N}^{\circ}16, \text{N}^{\circ}8, \text{N}^{\circ}4)}{100} \dots (3.1)$$

E.2. PARA EL AGREGADO GRUESO.

$$M. F = \frac{\% \text{Ret. acum. (N}^{\circ}4, 3/8'', 3/4'', 1 \ 1/2'', 2'')}{100}$$

2.4.6.4. TAMAÑO MÁXIMO Y TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO.

A. DEFINICIÓN.

A.1. TAMAÑO MÁXIMO.

Está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15%, ó más del agregado tamizado.

Ha quedado comprobado que cuando se extiende la granulometría del agregado a un tamaño máximo mayor, hasta de una pulgada y media, las necesidades de agua de mezcla se pueden reducir; tal es así que, para una trabajabilidad y riqueza especificada se puede conseguir mayor resistencia, reduciendo la relación agua - cemento. Cuando se sobrepasa el tamaño máximo de 1 ½", los incrementos en resistencia debido a la reducción de agua se compensan por los afectos de la menor área de adherencia y las discontinuidades producidas por los agregados muy grandes.

A.2. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL.

Se define como el tamiz más pequeño que produce el primer retenido.



B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Según el reglamento nacional de construcciones, el tamaño máximo del agregado para concreto.

- Será el pasante por el tamiz de 2 ½"
- No será mayor que 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 del peralte de la losa.
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las varillas o alambres individuales de refuerzo, paquetes de varillas, cables o ductos de refuerzo.

C. EXPRESIÓN DE RESULTADOS.

El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal del agregado, se obtiene como consecuencia del ensayo de análisis granulométrico y puede ser expresado en pulgadas o milímetros.

2.4.6.5. PESO UNITARIO. (NTP: 400.017 o ASTM C-29)

A. DEFINICIÓN.

Se lo define como el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario. También se le denomina Peso Volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades en peso a cantidades en volumen y viceversa.

El peso unitario de los agregados está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compacto).

B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Las especificaciones técnicas para el peso unitario suelto y peso unitario compactado está de acuerdo a la normas NTP 400.017 y ASTM C-29 / C-29M.



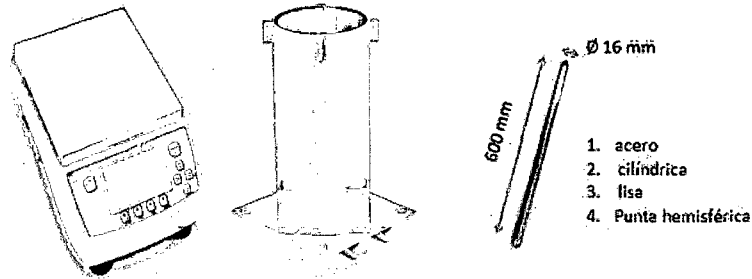
C. MÉTODO DE ENSAYO.

Con el método de ensayo, que se da a continuación, se podrá determinar el peso unitario de los agregados finos, agregados gruesos y combinados.

D. MATERIALES, EQUIPO Y CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE.

D.1. EQUIPO Y MATERIALES.

- ❖ Balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1% del peso de la muestra.
- ❖ Barra compactadora de acero liso, circular, recta de 5/8” de diámetro y 60 cm de largo.
- ❖ Recipiente cilíndrico y de metal, suficiente rígido para condiciones duras de trabajo.



D.2. CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE.

- ❖ El recipiente se calibrará determinando con exactitud el peso del agua requerida para llenarlo a 16.7°C. Para cualquier unidad, el factor (F) se obtendrá dividiendo el peso unitario del agua a 16.7°C (1000kg/m³) por el peso del agua a 16.7 °C necesario para llenar la medida.

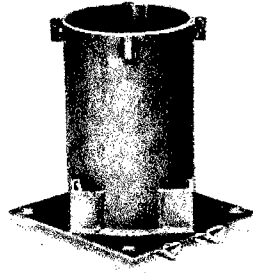
$$F = \frac{1000Kg / m^3}{W_a(16.7^\circ C)} \quad \dots (3.2)$$

Dónde:

W_a = Peso del agua para llenar el recipiente a 16.7°C.

D.3. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE MOLDE CILINDRICO (V).

Las características de la probeta cilíndrica deben cumplir con la norma ASTM C-192.



Donde :

$V = \text{Volumen}$

$R = \text{Radio}$

$H = \text{Altura}$

$$V = \pi R^2 H$$

$$V = 5626.00 \text{ cm}^3$$

$$V = 0.005626 \text{ m}^3$$

D.4. CÁLCULO DEL PESO UNITARIO.

$$P.U. = W_s \div V$$

... (3.3)

Dónde:

W_s : Peso neto del agregado.

V : Volumen del molde cilíndrico.

P.U.: Peso Unitario.

E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

Para la determinación del peso unitario, la muestra deberá estar completamente mezclada y seca a temperatura ambiente.

F. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.

F.1. PESO UNITARIO SUELTO.

El siguiente procedimiento se empleará en agregados que tengan un tamaño máximo no mayor de 10 cm.

MÉTODO VOLUMÉTRICO.

- ❖ Llenar el recipiente con una pala hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5cm. por encima del borde superior del recipiente. Tomar las precauciones necesarias para impedir en lo posible la segregación de las partículas.



- ❖ Eliminar el excedente del agregado con una rejilla.
- ❖ Determinar el peso neto del agregado en el recipiente (Ws).
- ❖ Obtener el peso unitario suelto del agregado, dividiendo por el volumen del recipiente.

F.2. PESO UNITARIO COMPACTADO.

Existen dos procedimientos para determinar el peso unitario compactado. El método de apisonado, para agregado cuyo tamaño máximo no sea mayor de 5 cm. y el método de percusión, para agregado cuyo tamaño máximo está comprendido entre 5 cm. y 10 cm. A continuación se describe el primer método, por ser el más utilizado.

MÉTODO DE APISONADO.

- ❖ Llenar el recipiente hasta la tercera parte y nivelar la superficie con la mano, apisonar la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Llenar hasta 2/3 partes del recipiente y compactar nuevamente con 25 golpes como antes. Luego se llenará la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora (varilla de acero de 16 mm de ancho y 60 cm de longitud), se enrasa el recipiente utilizando la barra compactadora como regla y desechando el material sobrante.
- ❖ Cuando se apisona la primera capa, se procurará que la barra no golpee el fondo con fuerza en las últimas capas, sólo se empleará una fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre en la última capa del agregado en el recipiente (W_a), para finalmente obtener el peso unitario compacto del agregado al dividir dicho peso por el volumen calculado anteriormente.

2.4.6.6. CONTENIDO DE HUMEDAD. (ASTM C - 70)

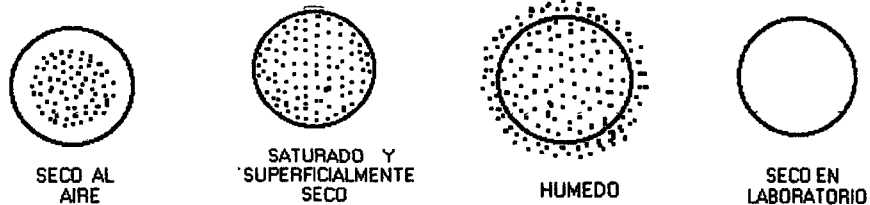
A. DEFINICIÓN.

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad de agua se expresa como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se le denomina Porcentaje de Humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados



generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

Los estados de saturación del agregado son como sigue:



A.1. SECO. No existe humedad alguna en el agregado. Se lo consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$.

A.2. SECO AL AIRE. Cuando existe algo de humedad en el interior del árido. Es característica, en los agregados que se han dejado secar al medio ambiente. Al igual que en el estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

A.3. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO. Estado en el cual, todos los poros del agregado se encuentran llenos de agua, condición ideal de una agregado, en la cual no absorbe ni cede agua.

A.4. HÚMEDO. En este estado existe una película de agua que rodea el agregado, llamada agua libre, que viene a ser la cantidad de exceso, respecto al estado saturado superficialmente seco. El contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción. El agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado grueso.

B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

El contenido de humedad es una de las propiedades físicas del agregado, que no se encuentra limitada en especificaciones, sin embargo se puede manifestar que en los agregados finos, el contenido de humedad puede llegar a representar un 8% o más, mientras que en el agregado grueso dicho contenido puede representar un 4%.

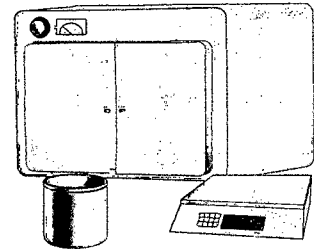


C. MÉTODO DE ENSAYO.

Con el siguiente método de ensayo, se determinara el contenido de humedad del agregado fino y del agregado grueso.

D. MATERIALES Y EQUIPO.

- ❖ Balanza con sensibilidad de 0.1 gr. y cuya capacidad no sea menor de 1Kg.
- ❖ Recipiente adecuado para colocar la muestra de ensayo.
- ❖ Estufa, a temperatura de 105 °C a 110 °C.



E. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.

- ❖ Se colocará la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado determinándose dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).
- ❖ Llevar el recipiente con la muestra húmeda a una estufa, para secarla durante 24 horas a una temperatura de 110°C ± 5°C.
- ❖ Pesar el recipiente con la muestra seca (peso recipiente + muestra seca) y determinar la cantidad de agua evaporada.
- ❖ $H = [(Peso\ recipiente + M. Húmeda) - (Peso\ recipiente + M. seca)]$
- ❖ Determinar luego, el peso de la muestra seca.
- ❖ $MS = (Peso\ recipiente + M. seca) - (Peso\ Recipiente)$

F. EXPRESIÓN DE RESULTADOS.

El porcentaje del contenido de humedad está dado por:

$$\% W = \frac{H}{MS} \times 100 \quad \dots (3.4)$$

Dónde:

H = Peso del Agua Evaporada.

MS = Peso de la Muestra Seca.

%W = Porcentaje de Humedad.



2.4.6.7. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN. (NTP: 400.019 – NTP: 400.020 o ASTM C – 131 y ASTM C -535)

A. DEFINICIÓN.

Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste. Oposición que presentan los agregados sometidos a fuerzas de impacto y al desgaste por abrasión y frotamiento, ya sea de carácter mecánico o hidráulico. Se mide en función inversa al incremento de material fino; y cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste.

Existen diferentes métodos para medir los efectos de abrasión, pero actualmente el más usado es el de la Prueba de los Ángeles, por la rapidez con que se efectúa y porque se puede aplicar a cualquier tipo de agregado.

B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

En los agregados gruesos, ensayados al desgaste, según el método de INTINTEC (400.019) y INTINTEC (400.020), se aceptará una pérdida no mayor del 50% del peso original. Podrá emplearse agregado grueso que tenga una pérdida mayor, siempre que experimentalmente se demuestre la posibilidad de obtener concretos de resistencias adecuadas.

Se recomienda que los agregados a usarse en pavimentos rígidos y construcciones sujetos a fuertes fraccionamientos, presenten un porcentaje de desgaste inferior al 30% y hasta un 40% cuando se utilicen en estructuras no expuestas a la abrasión directa. El procedimiento para determinar los ensayos; se toma en cuenta la norma técnica ASTM C-131 (*método de prueba para resistencia a la abrasión de agregado grueso de pequeño tamaño con el uso de la Máquina Los Ángeles.*)

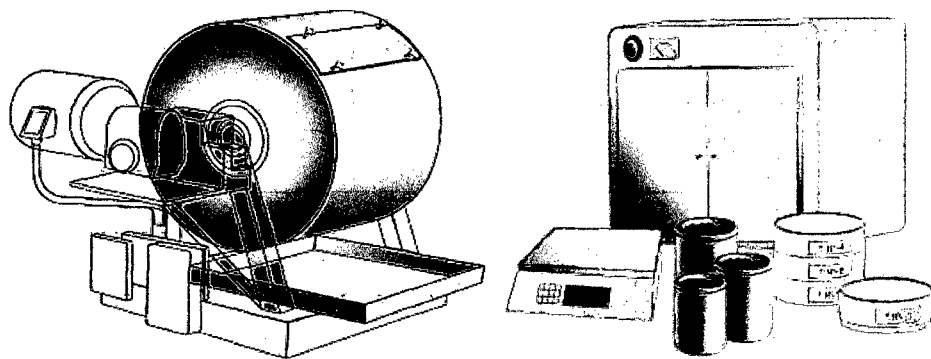
C. MÉTODO DE ENSAYO.

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados grueso mediante la Máquina de Los Ángeles, se conocen dos métodos de ensayo, uno para agregados menores de 1½”

(INTINTEC 400.019), y otro para agregados mayores de 3/4" (INTINTEC 400.020), Seguidamente se describe el primer método.

C.1. EQUIPO.

- ❖ La máquina de los Ángeles está compuesta de un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, con un diámetro interior de 71.1 cm. y un largo interior de 50.8 cm. El cilindro va montado sobre puntas de eje adosadas a sus extremos, pero sin penetrarlo y de tal forma que pueda rotar con el eje, en posición horizontal. Dicho cilindro tiene una abertura para introducir la muestra de ensayo y para cubrirla lleva una tapa adecuada a prueba de polvo, con medios propicios para atornillarla en su sitio. La tapa está diseñada de manera tal, que mantiene el contorno cilíndrico de la superficie interior a menos que la paleta esté situada en forma tal, que la carga no caiga sobre la tapa, ni la toque durante el ensayo. La máquina lleva una paleta desmontable de acero a lo largo de una generatriz de la superficie anterior, que se proyecta radialmente 9 cm hacia su interior y con un espesor tal, que su distancia a la abertura medida a lo largo de la circunferencia del cilindro de la dirección de la rotación no sea menor a 127 cm.
- ❖ Tamices que cumplan con las especificaciones INTINTEC 350.001.
- ❖ Balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1% del peso de la muestra requerida para el ensayo.
- ❖ Estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



C.2. CARGA ABRASIVA.

- ❖ La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7 cm. diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445 gr.



De acuerdo con la gradación de la muestra de ensayo, como se describe en la siguiente tabla, la carga abrasiva será.

Tabla 3.6. Gradación de la muestra de ensayo para la Carga Abrasiva.

GRADACIÓN	NUMERO DE ESFERAS	PESO DE LA CARGA(gr)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	08	3330 ± 20
D	06	2500 ± 15

C.3. MUESTRA DE ENSAYO.

- ❖ La muestra de ensayo estará constituida por agregado limpio representativo del material a ensayar y secada en una estufa a 100°C – 110°C hasta un peso aproximadamente constante.

C.4. PROCEDIMIENTO.

- ❖ Se coloca la muestra de ensayo y la carga abrasiva en la máquina de los Ángeles y se gira a una velocidad de 30 a 33 r.p.m. durante 500 revoluciones. La máquina estará accionada y equilibrada de manera tal, que mantenga una velocidad periférica sustancialmente uniforme, puesto que de lo contrario pueda arrojar resultados diferentes. Cumpliendo el número de revoluciones prescritas se descarga el material y se hace una separación preliminar de la muestra en un tamiz cuya abertura sea mayor que el tamiz N°12. Luego se cierne la porción más fina en el tamiz N°12 según normas establecidas. Se lava el material más grueso que el tamiz N°12, para evitar que el porcentaje de desgaste resulte aproximadamente un 0.2% menor que el valor real, y luego se seca a temperatura de 105°C, hasta un peso sustancialmente constante y se pesa con aproximación de 1 gramo.



D. EXPRESIÓN DE RESULTADOS.

El porcentaje de desgaste, está dado por la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Abrasión} = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100$$

Dónde: ... (3.5)

W_o = Peso original de la muestra (gr).

W_f = Peso final de la muestra (gr).

2.4.6.8. MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ N° 200. (NTP: 339.132 o ASTM C -117 y AASHTO T-11)

A. DEFINICIÓN.

A la pérdida en peso debido al tratamiento de lavado calculado como porcentaje en peso de la muestra original, se la conoce como. Porcentaje de material que pasa el tamiz N°200.

B. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.

- ❖ Se toma 500 – 1000 gr de arena por muestreo luego se lleva el material al horno (105°C ± 5°C) por 18 hrs. Luego se saca del horno y se pesa (W_0).
- ❖ Enseguida se llena la arena a un recipiente grande y se llena de agua (se lava).
- ❖ Después de agitar la arena en el recipiente se pasa por el tamiz # 200 (0.075 mm).
- ❖ El material (arena) retenido en el tamiz #200 se lleva al horno (secarse) por 24 hrs.
- ❖ Se saca del horno la arena y se pesa (W_1).

$$F = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 \quad \dots (3.6)$$

DONDE:

F = Porcentaje de material que pasa el tamiza N° 200.

W_0 = Peso seco de la muestra original, en gramos.

W_1 = Peso seco de la muestra después del lavado, en gr.

**2.4.7. ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGREGADO PARA CONCRETO CON CEMENTO.****2.4.7.1. CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO.**

En el presente cuadro se muestra los resultados de los ensayos determinantes del ensayo de sustancias perjudiciales en el agregado fino. Dichos resultados integran los requerimientos del agregado fino exigidos por las especificaciones técnicas para elaborar un concreto con cemento portland, procedente de la trituración de fragmentos de roca de la Cantera DON NATY. Los mismos que fueron realizados en el “Laboratorio DE Análisis Químico Lezama EIRL” – Cajamarca.

AGREGADO	ENSAYO	NORMA	RESULTADO	ESTATUS
FINO	<i>Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables</i>	MTC E 212	0.13%	Aprobado
	<i>Sales Solubles Totales, Agregado Fino</i>	MTC E 219	0.12%	
	<i>Cantidad de Partículas Livianas</i>	MTC E 211	0.08%	Aprobado
	<i>Contenido de Sulfatos, expresados como ión SO₄</i>	AASHTO T290	0.01%	Aprobado
	<i>Contenido de Cloruros, expresados como ión Cl</i>	AASHTO T291	0.01%	Aprobado
	<i>Reactividad Cemento Alcalis, Agregado Fino</i>	ASTM C 289	Aceptable	Aprobado
	<i>Impurezas Orgánicas</i>	MTC E 213	Aceptable	Aprobado

2.4.7.2. CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO.

En el presente cuadro se muestra los resultados de los ensayos determinantes del ensayo de sustancias perjudiciales en el agregado grueso. Dichos resultados integran los requerimientos del agregado grueso exigidos por las especificaciones técnicas para elaborar un concreto con cemento portland, procedente de la trituración de fragmentos de roca de la Cantera DON NATY. Los mismos que fueron realizados en el “Laboratorio de Análisis Químico Lezama EIRL” – Cajamarca.

AGREGADO	ENSAYO	NORMA	RESULTADO	ESTATUS
GRUESO	<i>Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables</i>	MTC E 212	0.18%	Aprobado
	<i>Sales Solubles Totales, Agregado Grueso</i>	MTC E 219	0.05%	
	<i>Cantidad de Partículas Livianas</i>	MTC E 211	0.06%	Aprobado
	<i>Contenido de Sulfatos, expresados como ión SO₄</i>	AASHTO T290	83.11	Aprobado
	<i>Contenido de Cloruros, expresados como ión Cl</i>	AASHTO T291	60.44	Aprobado
	<i>Reactividad Cemento Alcalis, Agregado Grueso</i>	ASTM C 289	45.08	Aprobado
	<i>Determinación de Contenido de Carbón y Lignito</i>	MTC E 213	0.09%	Aprobado



2.5. AGUA.

2.5.1. DEFINICIÓN.

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante. El uso de mucha agua de mezclado para elaborar el concreto diluye la pasta, debilitando las cualidades del cemento. Por tal motivo, es importante que el cemento Portland y el agua sean usados en las correctas proporciones para obtener los mejores resultados.

La NTP 339.088 establece como requisitos para agua de mezcla y curado lo siguiente.

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
Materia Orgánica	3 ppm máximo
Carbonatos y Bicarbonatos alcalinos (Alcalinidad total expresada en NAHCO_3)	1 000 ppm máximo
Sulfatos (Ión SO_4)	600 ppm máximo
Cloruros (Ión Cl)	1 000 ppm máximo
PH	Entre 5.5 y 8

Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes.

El agua utilizada en la elaboración del concreto debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas. Algunas de las sustancias que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas y que inciden en la calidad del concreto se presentan a continuación.



- ❖ Las aguas que contengan menos de 2000 ppm. de sólidos disueltos generalmente son aptas para hacer concretos; si tienen más de esta cantidad deben ser ensayados para determinar sus efectos sobre la resistencia del concreto.
- ❖ Si se registra presencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio en el agua de la mezcla, estos pueden reaccionar con el cemento produciendo rápido fraguado; en altas concentraciones también disminuyen la resistencia del concreto.
- ❖ El alto contenido de cloruros en el agua de mezclado puede producir corrosión en el acero de refuerzo o en los cables de tensionamiento de un concreto pre esforzado.
- ❖ El agua que contenga hasta 10000 ppm. de sulfato de sodio, puede ser usada sin problemas para el concreto.
- ❖ Las aguas acidas con pH por debajo de 3 pueden crear problemas en el manejo u deben ser evitadas en lo posible.
- ❖ Cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, pueden reducir la resistencia del concreto en un 20%.
- ❖ Cuando la salinidad del agua del mar es menor del 3.5%, se puede utilizar en concretos no reforzados y la resistencias del mismo disminuye en un 12%, pero si la salinidad aumenta al 5% la reducción dela resistencia es del 30%.

El agua del curado tiene por objeto mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento, permitiendo el incremento de la resistencia.

2.5.2. FUNCIONES DEL AGUA EN LA MEZCLA.

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

2.5.3. USOS DEL AGUA.

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. En el primer caso es de uso interno como agua de mezclado, y en el segundo se



emplea exteriormente cuando el concreto se cura con agua. Aunque en estas aplicaciones las características del agua tienen efectos de diferente importancia sobre el concreto, es usual que se recomiende emplear igual de una sola calidad en ambos casos. El agua para la elaboración del concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad.

2.5.4. REQUISITOS DE CALIDAD.

Los requisitos de calidad del agua de mezclado para concreto no tienen ninguna relación obligada con el aspecto bacteriológico (como es el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refieren a sus características físico-químicas ya sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del concreto.

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS.

Refiriéndose a las características físico-químicas del agua para concreto, no parece haber consenso general en cuanto a las limitaciones que deben imponerse a las sustancias e impurezas cuya presencia es relativamente frecuente, como puede ser el caso de algunas sales inorgánicas (cloruros, sulfatos), sólidos en suspensión, materia orgánica, dióxido de carbono disuelto, etc. Sin embargo, en lo que sí parece haber acuerdo es que no debe tolerarse la presencia de sustancias que son francamente dañinas, como grasas, aceites, azúcares y ácidos.

B. EFECTOS EN EL CONCRETO.

En diversas especificaciones y prácticas recomendadas, al establecer la calidad necesaria en el agua de mezclado, se pone más énfasis en la valuación de los efectos que produce en el concreto, que en la cuantificación de las sustancias indeseables e impurezas que contiene. Esto aparentemente se justifica porque tales reglamentaciones están dirigidas principalmente a construcciones urbanas, industriales o similares, cuyo concreto se produce en localidades donde normalmente se dispone de suministro de agua para uso industrial o doméstico.

Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son a corto, mediano y largo plazo.



Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo con las resistencias posteriores (a 28 días o más) y los de largo plazo pueden consistir en el ataque de sulfatos, la reacción álcali-agregado y la corrosión del acero de refuerzo. La prevención de los efectos a largo plazo se consigue por medio del análisis químico del agua antes de emplearla, verificando que no contenga cantidades excedidas de sulfatos, álcalis, cloruros y dióxido de carbono disuelto, principalmente.

2.5.5. VERIFICACION DE CALIDAD.

La verificación de la calidad del agua de uso previsto para elaborar el concreto, debe ser una práctica obligatoria antes de iniciar la construcción de obras importantes, como es el caso de las centrales para generar energía eléctrica. Sin embargo, puede permitirse que esta verificación se omita en las siguientes condiciones.

- ❖ El agua procede de la red local de suministro para uso doméstico y no se le aprecia olor, color ni sabor; no obstante que no posea antecedentes de uso en la fabricación de concreto.
- ❖ El agua procede de cualquier otra fuente de suministro que cuenta con antecedentes de uso en la fabricación de concreto con buenos resultados, y no se le aprecia olor, color ni sabor.

El agua de mezclado no debe contener ningún componente que retarde o acelere la hidratación, como son los Aceites, grasas, Azúcares, Sales, Cloruros y Sulfatos.

El agua natural subterránea, lluvia, río, lagos y el agua potable, siempre es adecuada para la producción de concreto proyectado. El agua marina no debe utilizarse debido a su alto contenido de cloruros.



2.6. FIBRA DE POLIPROPILENO.

2.6.1. DESCRIPCION.

El polipropileno es un termoplástico semicristalino que se produce polimerizando propileno, tiene múltiples aplicaciones por lo que es considerado como uno de los productos termoplásticos de mayor desarrollo en el futuro.

SikaFiber Microbac es una fibra de polipropileno en forma de multifilamentos. Está elaborada con polipropileno 100 % virgen y tratada con un dispersante. Además contiene un agente antimicrobiano que forma parte integral de la fibra, cuya finalidad es alterar la función metabólica de los micro-organismos impidiendo su crecimiento y reproducción. Además la reducción de grietas en el concreto, en el estado plástico y por temperatura en estado endurecido del mismo. Esta fibra cumple con los códigos nacionales de construcción y con las normas.

ASTM C-1116 (Especificación de concreto reforzado con fibra).

ASTM C-1399 (Prueba para determinar el esfuerzo promedio residual del concreto reforzado con fibra)

2.6.2. DATOS TÉCNICOS.

- ❖ Color: Blanco.
- ❖ Densidad: 48.5 kg/m³ aprox.
- ❖ Longitud de Fibra: ¾“(19 mm)
- ❖ Denier: 3
- ❖ Absorción: 0 %
- ❖ Punto de ignición: 590 ° C
- ❖ Punto de Fusión: 160 – 163 ° C

2.6.3. USOS.

El uso principal de SikaFiber Microbac actuar como refuerzo secundario en concretos y morteros, así como reducir los agrietamientos por contracción plástica en estado fresco y por temperatura en estado endurecido. Además de reducir agrietamientos, protege al concreto contra el ataque de hongos, microbios, bacterias y levaduras.



2.6.4. DOSIFICACIÓN.

600 gramos por m³ de concreto. (Esto es variable de acuerdo al diseño de concreto).

2.6.5. APLICACIONES.

Naves Industriales, Centros Comerciales, Residencias, Viviendas, Concreto Lanzado, Techos, Cúpulas, Canales, Taludes, Postes, Bardas, Tubería de Concreto, Pavimentación de Concreto.

2.6.6. VENTAJAS.

- ❖ Reduce la segregación y exudación.
- ❖ Incrementa la resistencia a flexión.
- ❖ Inhibe el ataque de hongos, bacterias y levaduras.

2.6.7. MODO DE EMPLEO.

SikaFiber Microbac viene lista para ser usada. Se aplica al concreto durante su mezcla o a pie de obra. Por recomendación del comité ACI- 544 el revenimiento de proyecto del concreto deberá medirse previamente a la incorporación de la fibra en el concreto. Se deberá efectuar un mezclado de 3 a 5 minutos a velocidad de mezclado para la completa incorporación.

2.6.8. PRECAUCIONES.

La incorporación de SikaFiber Microbac en un concreto puede dar como resultado una apariencia más cohesiva que lo deseado, no deberá agregarse más agua al concreto ya que esto dará como resultado reducción de resistencias y mayor tendencia al agrietamiento por contracción plástica.

2.6.9. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Utilizar lentes de seguridad y mascarilla anti polvos durante su aplicación.

2.6.10. ALMACENAMIENTO.

Un (1) año en sitio fresco y bajo techo, en envase original bien cerrado.



2.7. ADITIVO SUPER PLASTICANTE.

2.7.1. DEFINICIÓN DE ADITIVO EUCO WR - 91.

Los aditivos pueden definirse como sustancias químicas o minerales que se agregan a la mezcla de concreto, con la finalidad de modificar una o varias de sus propiedades. También se los define como material diferente del agua, de los áridos y del cemento, que se emplea como un componente del concreto o el mortero. Las dosis en las que se utilizan los aditivos, están en relación a un pequeño porcentaje del peso del cemento.

Esto se traduce en un enorme aumento de la trabajabilidad del hormigón, sin modificar la cantidad de agua. El resultado es un hormigón muy fluido de baja tendencia de segregación y aumento de resistencia. La dosificación normal es del orden de 0.2% a 2.0% en peso del cemento.

En la presente investigación se utilizó el aditivo **EUCO WR 91**, el mismo que cumple con los requerimientos de la norma ASTM C494 –TIPO A, para aditivos reductores de agua, perteneciente al grupo de los aditivos súper plastificantes de alto rango. La utilización de este aditivo se sustenta en la reducción de la cantidad de agua que se pretende obtener, lo cual originara la disminución de la cantidad de cemento para la elaboración de cemento.

EUCO WR 91 es un aditivo líquido, reductor de agua y plastificante para concreto, demuestra mejores características de fraguado y acabado comparado con otros aditivos reductores de agua tipo A y puede ser utilizado en gran rango de dosificaciones, además no contiene cloruro de calcio u otros ingredientes potencialmente inductores de corrosión.

2.7.2. PROPIEDADES.

Apariencia: Líquido.

Color: Café.

Densidad: 1.194 kg./lt.



2.7.3. APLICACIONES PRINCIPALES.

EUCO WR 91 Tiene los siguientes usos principales.

COMO PLASTIFICANTE.- Al ser adicionado en una mezcla de concreto incrementa el asentamiento sin necesidad de aumentar la cantidad de agua, obteniendo concretos fluidos aptos para una buena colocación de concretos cara vista y elaboración de elementos prefabricados.

COMO REDUCTOR DE AGUA.- Incorporado en la mezcla de concreto puede reducir el agua de diseño hasta en un 12% manteniendo constante el asentamiento y logrando altas resistencias en todas las edades, consiguiendo concretos más impermeables y durables.

COMO AHORRADOR DE CEMENTO.- Cuando se reduce el requerimiento de agua en la mezcla de concreto, se puede reducir la cantidad de cemento, haciendo concretos de buena calidad a bajo costo.

2.7.4. CARACTERÍSTICAS/BENEFICIOS.

CONCRETO PLÁSTICO.

- ❖ Mejora las labores de acabado.
- ❖ Mejora la trabajabilidad.
- ❖ Reduce los requerimientos de agua.
- ❖ Reduce la segregación.
- ❖ Mejora los tiempos de fraguado.

CONCRETO ENDURECIDO.

- ❖ Mejora todas las resistencias.
- ❖ Reduce la permeabilidad.
- ❖ Mejora la apariencia del acabado.
- ❖ Reduce el agrietamiento.
- ❖ Mejora la durabilidad.
- ❖ No mancha.



2.7.5. RENDIMIENTO.

La dosificación de EUCO WR 91, varía entre el 0,2% al 0,4% del peso del cemento empleado en la mezcla.

2.7.6. INFORMACION TECNICA.

El tiempo de fraguado variará con la tasa de dosificación, el diseño de mezcla y las temperaturas ambientales.

2.7.7. ESPECIFICACIONES/NORMAS.

EUCO WR 91 cumple la norma ASTM C-494, Tipo A.

2.7.8. DIRECCIONES PARA SU USO.

EUCO WR 91 se suministra listo para uso. Se adiciona a las mezclas diluidas en el agua de amasado; No debe entrar en contacto con cemento seco u otros aditivos hasta que éstos hayan sido incorporados en la mezcla del concreto. EUCO WR 91 se dosifica con equipo automático, asegurando así la uniformidad del aditivo utilizado a través de la obra.

2.7.9. PRESENTACION.

EUCO WR 91 se ofrece en cilindros de 250 kg. (55 glns) y envases de 20 kg. (5 glns).

2.7.10. PRECAUCIONES PARA SU USO.

- ❖ Se deben tomar precauciones para mantener EUCO WR 91 sobre el punto de congelamiento; sin embargo, el congelamiento y subsecuente descongelamiento no dañará el material si éste se agita completamente.
- ❖ Nunca lo agite con aire o lanza de aire.
- ❖ Agregue a la mezcla independientemente de otros aditivos.

2.7.11. MANEJO Y ALMACENAMIENTO.

El producto debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y bajo techo.
Tiempo de almacenamiento: 01 año.



2.8. ADITIVO INCORPORADO DE AIRE.

2.8.1. DEFINICIÓN DE EUCO AIR MIX - 200.

Es un aditivo líquido, a base de resinas tenso activas modificadas, que incorporan una cantidad controlada de micro burbujas, de acuerdo con la dosis recomendada. Además es un producto libre de cloruros y cumple con la norma ASTM C-260 como aditivo incorporador de aire.

2.8.2. PROPIEDADES.

- ❖ Apariencia: Líquido.
- ❖ Color: Ambar.
- ❖ Densidad: 1.03 + 001 kg/l.

2.8.3. APLICACIONES PRINCIPALES.

- ❖ Concreto premezclado.
- ❖ Concreto estructural.
- ❖ Construcción de concreto masivo.
- ❖ Concreto para pavimento.
- ❖ Concreto para exteriores expuesto a condiciones de congelamiento y descongelamiento.
- ❖ Concretos sometidos a bajas temperaturas.

2.8.4. CARACTERÍSTICAS/BENEFICIOS.

Concreto Fresco.

- ❖ Reduce la segregación del concreto.
- ❖ Minimiza la exudación en el concreto.
- ❖ Incrementa la cohesión en el concreto, reduciendo la vibración y el tiempo de colocación.
- ❖ Incrementa la trabajabilidad del concreto.
- ❖ Permite reducciones de la relación A/C.
- ❖ Incrementa el bombeo del concreto.



Concreto endurecido.

- ❖ Incrementa la resistencia química del concreto, (sales).
- ❖ Incrementa la impermeabilidad del concreto.
- ❖ Protege al concreto de los ciclos de hielo-deshielo.
- ❖ Se obtienen concretos con mejor apariencia (caravista).

2.8.5. DOSIFICACIÓN.

0.02 ~ 0.07% DEL PESO DEL CEMENTO, INCORPORANDO DEL 3 – 5% DE AIRE.

2.8.6. ESPECIFICACIONES/NORMAS.

AIR MIX - 200 cumple o excede los requerimientos de las siguientes especificaciones:

- ❖ ASTM C-260
- ❖ AASHTO M-154

2.8.7. DIRECCIONES PARA SU USO.

Debe mezclarse la cantidad dosificada de AIR MIX 200 al agua de amasado, preferiblemente por medio de un dosificador manteniendo la mezcla en movimientos por espacio de 5 minutos. Cuando utilice este producto con otros aditivos, estos se deben adicionar separadamente para asegurar una apropiada y mayor uniformidad de la mezcla.

AIR MIX 200 es compatible con el reductor de agua WR-51, acelerante Accelguard 80 y el impermeabilizante Euco 1 PLUS.

Para un mejor comportamiento del incorporador de aire AIR MIX 200 se debe tener especial cuidado en:

- ❖ Granulometría de la mezcla, especialmente para controlar partículas finas.
- ❖ El contenido de aire no debe exceder del 6%.
- ❖ El tiempo de mezcla, se debe incrementar en un 25% para obtener una mejor formación de micro burbujas.



El contenido de aire incluido depende de:

- ❖ Temperatura ambiente.
- ❖ Finura del cemento.
- ❖ Asentamiento del concreto.
- ❖ Relación agua: cemento.
- ❖ Dosis de cemento por m³.
- ❖ Relación agregados finos / agregados gruesos.
- ❖ Tiempo y Tipo de mezclado.

Se deben realizar ensayos previos con los materiales de obra para encontrar la dosis óptima de AIR MIX 200.

2.8.8. PRESENTACIÓN.

- ❖ Cilindro x 200 kg.
- ❖ Envase x 20 kg.
- ❖ Envase x 4 kg.

2.8.9. PRECAUCIONES PARA SU USO.

Consulte con su representante de Química Suiza los ajustes de dosificación adecuados cuando se utiliza ceniza volante, escoria o reductores de agua de alto rango.

Si el material se ha congelado, caliéntelo a 21°C y agite.

Agregue a la mezcla independientemente de otros aditivos.

2.8.10. MANEJO Y ALMACENAMIENTO.

AIR MIX 200 dura 1 año en sus envases originales sellados y bajo techo.

Tiempo de almacenamiento: 1 año.



CAPITULO III: MATERIALES Y METODOLOGÍA.

3.1. MATERIALES.

3.1.1. AGREGADOS.

Los agregados que se utilizó es roca caliza de la cantera DON NATY, el cual fueron extraídos mediante explosivos y transportados para su trituración a una planta chancadora estacionaria y luego zarandeados para seleccionar el agregado fino y grueso, cumpliendo los requisitos establecidos por las normas técnicas.



Imagen 3.1. Extracción de Agregados Mediante Explosivos.

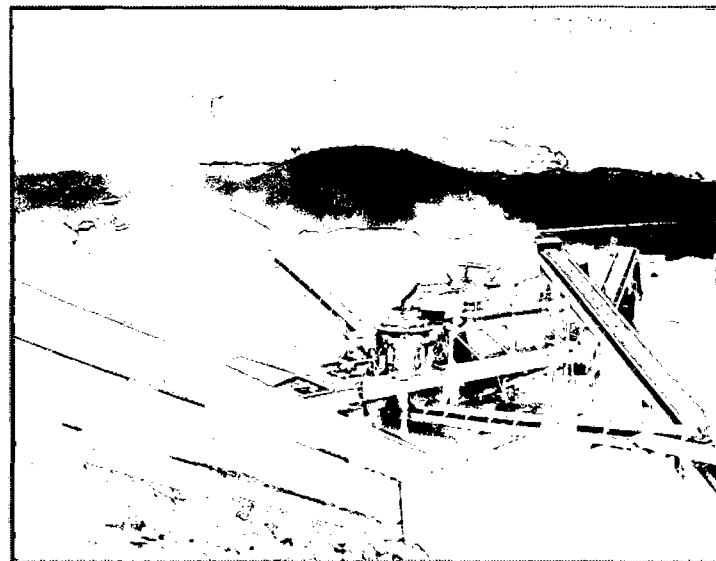


Imagen 3.2. Proceso de Trituración de los Agregados en Planta Chancadora.



3.1.2. CEMENTO.

El cemento que se utilizó en la investigación es el Cemento Pacasmayo Portland Tipo I, cuyo peso específico es de 3.11 gr/cm³ el cual cumple la norma técnica ASTM C-150

3.1.3. AGUA.

El agua utilizada para los ensayos en la elaboración de probetas es de planta de tratamiento para el consumo humano cumpliendo los estándares de calidad (NTP 339.088) y una resistencia eléctrica para mantener una temperatura adecuada en el curado.

3.1.4. FIBRA DE POLIPROPILENO.

Para la investigación se utilizó **SikaFiber Microbac** es una fibra en forma de multifilamentos que actúa como refuerzo secundario en concretos y morteros, así como reduce los agrietamientos por contracción plástica en estado fresco y por temperatura en estado endurecido.

3.1.5. SUPERPLASTIFICANTE.

Se utilizó el aditivo **EUCO WR 91**, el mismo que cumple con los requerimientos de la norma ASTM C 494 –TIPO A, para aditivos reductores de agua, perteneciente al grupo de los aditivos súper plastificantes de alto rango.

3.1.6. INCORPORADO DE AIRE.

Se utilizó el aditivo líquido **EUCO AIR MIX – 200**, es un producto libre de cloruros y cumple con la norma ASTM C-260 como aditivo incorporador de aire.

3.2. METODOLOGÍA.

Para recopilar la información se usaron los Métodos Cuantitativo y Cualitativo.

El **Método Cuantitativo** se usó para evaluar las características (variables) de los agregados físicos y mecánicas para lo cual, se emplearon las máquinas y los equipos del Laboratorio de



“Ensayo de Materiales” de COSAPI tales como: Mallas ASTM (tamices), Probetas, Taras, Balanzas, Estufa, fiola, Cono de Abrams, etc. Asimismo, se usó el Laboratorio de Materiales; en este caso, con los siguientes equipos e instrumentos: Máquina Universal, Máquina a Compresión, Marco de Aplicación de Carga Vertical, Elementos para aplicar la carga sobre las vigas, elementos para soporte de los paneles circulares, Nivel de Ingeniero para las lecturas de las deflexiones, Deformímetro, Balanza, Vernier, etc. de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca,

El **Método Cualitativo** se usó para obtener información de resistencia a compresión, tracción flexión y flexo tracción de las probetas cilíndricas, vigas, paneles circulares cumpliendo los requisitos establecidos por las normas técnicas.

Las técnicas de procesamiento y análisis de información. La información cuantitativa, que se obtuvo de los análisis que se realizaron con las proporciones de fibra de polipropileno adicionadas en 0.10%, 0.15% y 0.20% en el diseño de mezcla; las cuales fueron procesadas mediante técnicas estadísticas para determinar el análisis de cómo influye las fibras en el comportamiento del concreto. Para tal efecto, se usó el de programas computarizados como Microsoft Excel 2010 y MINITAB 16 español; con el que se obtuvo resultados del promedio, coeficientes, gráficas y más.

3.2.1. DISEÑO DEL EQUIPO.

Para el presente trabajo de investigación se ha construido un equipo de bombeo que sirve para bombear el concreto fluido a alta presión sobre una superficie.

3.2.1.1. MATERIALES.

- ❖ 01 Compresora de alta presión.
- ❖ 01 Tolva Metálica.
- ❖ 02 Niples de 2”.
- ❖ 02 Llaves de Paso 2”.
- ❖ 01 Tanque de Almacenamiento.
- ❖ 05 Abrazaderas de alta presión.
- ❖ 30 metros de Manguera hidráulica de alta presión de ½” para aire.

- ❖ 3 metros de Manguera hidráulica de alta presión de 1 1/2" para expulsión de concreto.
- ❖ 01 Trípode de Acero.
- ❖ 01 Boquilla.

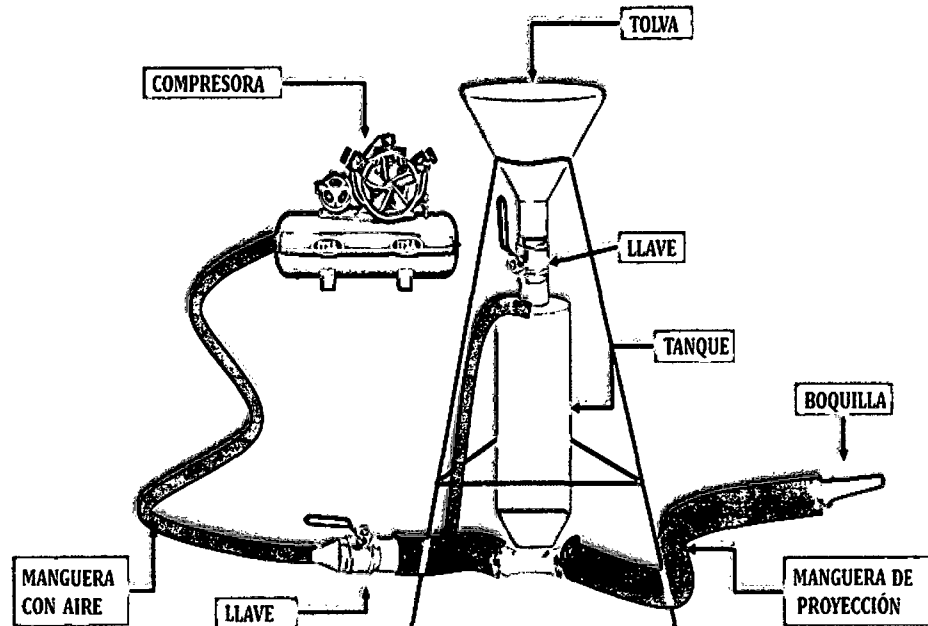


Figura 33: Modelo del Equipo de Proyección.

3.2.1.2. PRUEBAS DEL EQUIPO.

Se realizaron varias pruebas de ensayo para el diseño óptimo del equipo de bombeo utilizado para la investigación, logrando así la configuración final y el buen funcionamiento.

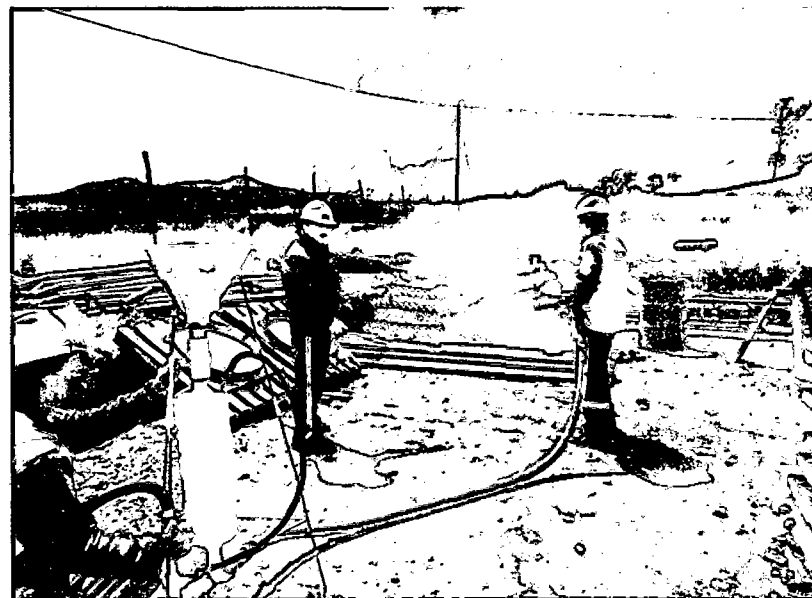


Imagen 3.3: Prueba del Equipo de Proyección.

3.2.1.3. PROCEDIMIENTO.

El concreto fluido colocar en la tolva y pasar al tanque de almacenamiento; luego cerrar las llaves de paso para adicionarle aire; donde el concreto fluido es expulsado a alta presión.

Además debemos orientar la boquilla al área donde se va a proyectar, manteniendo la distancia y ángulo de proyección con la finalidad de minimizar el rebote.

3.2.1.4. CONSIDERACIONES.

Para el presente trabajo se tomó en cuenta el tamaño máximo nominal de 3/8" debido a la capacidad de la compresora 120 libras.

La confección de los paneles circulares en la soldadura, pintura e instalaciones fueron supervisados por TALLER COSAPI, garantizando la seguridad del personal y calidad de la estructura y cumpliendo los requisitos establecido en la norma ASTM C 1550.

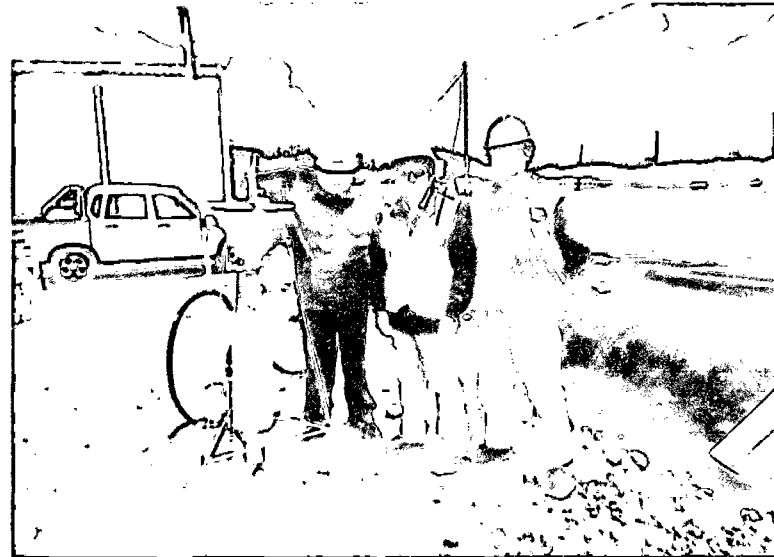


Imagen 3.4: *Diseño Final del Equipo de Proyección para Concreto.*

3.2.1.5. RECOMENDACIÓN.

Sirve solamente para realizar el presente trabajo de investigación; porque para obras de mayor magnitud es recomendable utilizar las bombas hidráulicas y con brazos telescópicos dependiendo de los requerimientos en obra.



3.2.2. DISEÑO DE MEZCLAS.

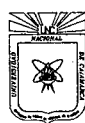
3.2.2.1. DEFINICIÓN.

Para el diseño del concreto con fibra; después de haber concluido los ensayos para determinar todas las características físicas y químicas de los materiales, se proceden al diseño de mezcla y se sigue los mismos pasos para un concreto normal y como adicional se adiciona la fibra de polipropileno y el aditivo superplastificante.

3.2.2.1.1. PROCEDIMIENTO.

Según la dosificación de acuerdo al diseño, para esto se sigue el procedimiento.

- ✓ Seleccionar la resistencia promedio (f'_{cr}) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada por el docente (f'_c).
- ✓ Seleccionar el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.
- ✓ Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma.
- ✓ Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto, que depende del tamaño máximo y del asentamiento de la mezcla.
- ✓ Determinar el porcentaje de aire atrapado.
- ✓ Seleccionar la relación agua-cemento requerida para obtener la resistencia deseada. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada así como también algunas condiciones de durabilidad.
- ✓ Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto en función de la relación agua-cemento seleccionada y del volumen unitario de agua.
- ✓ Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso.
- ✓ Determinar empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.
- ✓ Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.
- ✓ Dosificación de aditivos de acuerdo a diseño.



3.2.2.1.2. DATOS.

A. MÉTODO DE DISEÑO.

MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

B. CEMENTO.

- ✓ Cemento Portland Tipo I - Pacasmayo (ASTM C 1157).
- ✓ Peso Especifico 3.11 gr/cm³.

C. RESISTENCIA DE DISEÑO.

- ✓ $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

D. SLUMP.

- ✓ 6" a 7" (150 mm a 180 mm).

E. CONSISTENCIA.

- ✓ Fluida - Húmeda: $\geq 5''$ (125mm) muy trabajable.

F. DOSIFICACIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO.

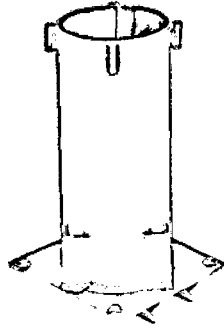
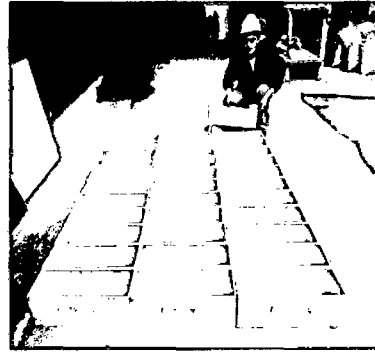
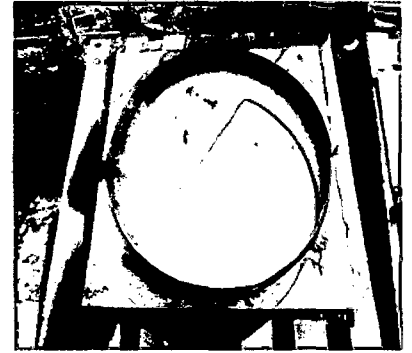
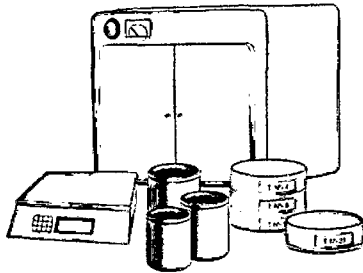
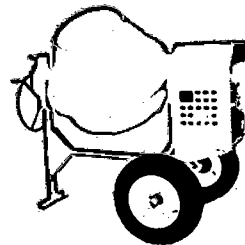
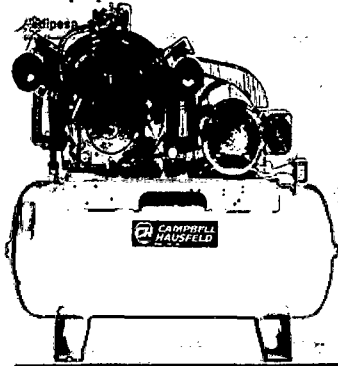
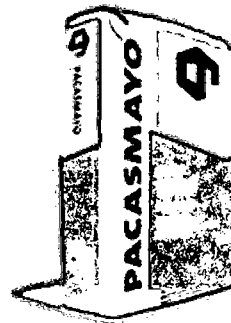
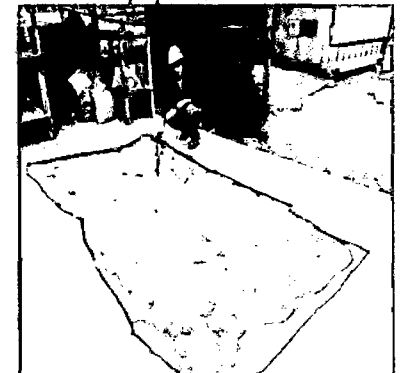
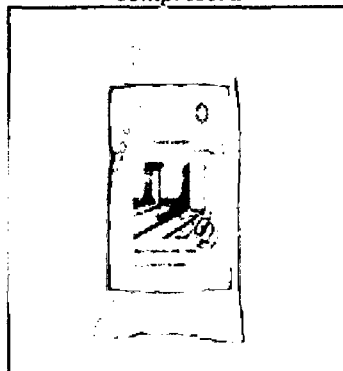
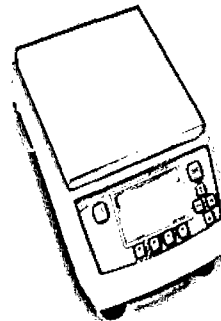
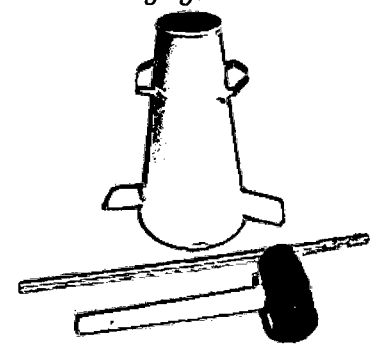
- ✓ 0.10% Fibra de Polipropileno.
- ✓ 0.15% Fibra de Polipropileno.
- ✓ 0.20% Fibra de Polipropileno.

G. GRADO DE CONTROL.

- ✓ Excelente en Obra: 12%.

Tabla 3.7. Coeficiente de Control y Grados de Control.

Obtenible únicamente en ensayos de laboratorio	5%
Excelente en obra	10% a 12%
Bueno	15%
Regular	18%
Inferior	20%
malo	25%

3.2.2.1.3. EQUIPOS Y MATERIALES.*Probetas Cilíndrica**Probetas Prismáticas**Paneles Circulares**Equipos de Laboratorio**Mesclador de Concreto**Equipo de Bombeo**Compresora**Cemento Tipo I - Pacasmayo**Agregados**Fibra de Polipropileno**Balanza**Cono de Abrams***Figura 34: Equipos y Materiales utilizados en la preparación de las Probetas.**

**3.2.2.2. ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO.****3.2.2.2.1. CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.**

MÉTODO 1. Si se posee un registro de resultados de ensayos de obras anteriores deberá calcularse la desviación estándar. El registro deberá.

- Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.
- Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño $f'c$ que este dentro del rango de ± 70 kg/cm² de la especificada para el trabajo a iniciar.

Si se posee un registro de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \dots (3.7)$$

Dónde:

s = Desviación estándar, en Kg/cm²

X_i = Resistencia de la probeta de concreto, en Kg/cm²

\bar{X} = Resistencia promedio de n probetas, en Kg/cm²

n = Número de ensayos consecutivos de resistencia

- Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente fórmula:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)}} \quad \dots (3.8)$$

Dónde:

\bar{s} = Desviación estándar promedio en Kg/cm².

s_1, s_2 = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en Kg/cm².

n_1, n_2 = Número de ensayos en cada grupos, respectivamente.



MÉTODO 2. Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculara la desviación estándar “s” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicara por el factor de corrección indicado en la tabla 3.8 para obtener el nuevo valor de “s”.

Tabla 3.8. Factores de Corrección.

Muestras	Factor de corrección
Menos de 15	Usar tabla 2.2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

3.2.2.2.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA.

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida f'_{cr} . Se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (3.9) y (3.10).

- a. Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \dots\dots\dots(3.9)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35 \dots\dots(3.10)$$

Dónde:

$$s = \text{Desviación estándar, en kg/cm}^2$$

- b. Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la Tabla 3.9 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla 3.9. Resistencia a la Compresión Promedio.

f_c	f_{cr}
Menos de 210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
Sobre 350	$f_c + 98$

**3.2.2.3. ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (Slump).**

- ❖ Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla.

Tabla 3.10. Consistencia y Asentamiento.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Seca	0"(0mm) a 2"(50mm)	Poco trabajable
Plástica	3"(75mm) a 4"(100mm)	Trabajable
húmeda	≥ 5"(125mm)	Muy trabajable

- ❖ Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla 3.11 podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

Tabla 3.11. Asentamientos Recomendados para Varios Tipos de construcción.

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	REVENIMIENTO (cm)	
	MÁXIMO	MÍNIMO
✓ Zapatas y muros de cimentación reforzados.	8	2
✓ Zapatas simples, cajones y muros de subestructura.	8	2
✓ Vigas y muros reforzados.	10	2
✓ Columnas.	10	2
✓ Pavimentos y losas.	8	2
✓ Concreto ciclópeo y masivo.	5	2

3.2.2.4. SELECCIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO.

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura.

El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40mm (1½"). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

**Tabla 3.12. Porcentaje Que Pasan Por Las Sigüientes Mallas.**

Tamaño máximo nominal	Porcentaje Que Pasan Por Las Sigüientes Mallas							
	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	Nº4	Nº8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0.5	...
1 ½"	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0.5	...
1"	...	100	95-100	...	25-60	...	0.10	0.5
¾"	...	...	100	90-100	...	20-55	0.10	0.5
½"	...	...	...	100	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	...	...	...	...	100	85-100	10.30	0.10

3.2.2.5. ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE.

La tabla 3.13 preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Tabla 3.13. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

ASENTAMIENTO	AGUA, EN L/M3, PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADOS.								
	10mm	12.5mm	20mm	25mm	40mm	50mm	70mm	150mm	
	3/8"	½"	¾"	1"	1 ½"	2"	3"	6"	
Concreto sin aire incorporado									
30 a 50 (1" a 2")	205	200	190	179	166	154	130	113	
80 a 100 (3" a 4")	225	215	205	193	181	169	145	124	
150 a 180 (6" a 7")	240	228	216	202	190	178	160	...	
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	
Concretos con aire incorporado									
30 a 50 (1" a 2")	181	175	168	160	150	142	122	107	
80 a 100 (3" a 4")	202	193	184	175	165	157	133	119	
150 a 180 (6" a 7")	216	205	197	184	174	166	154	...	
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de Exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*	1.0*
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5*	3.0*
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*	4.0*

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm (1½") se basan en las pruebas de Slump hechas después de retirar las partículas mayores de 40mm (1½") por tamizado húmedo.

Estos contenidos de agua de mezclado son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o ITINTEC 400.037).

* Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm (1½") antes de evaluar el contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1½") debe ser el tabulado en la columna de 40mm (1½").



Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

** Estos valores se basan en el criterio de que se necesita un 9% del contenido de aire en la fase de mortero del concreto.

Como se observa, la tabla 3.13 no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores. Al mismo tiempo, podemos usar la tabla 3.14 para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo. Los valores de la tabla 3.14 corresponden a mezclas sin aire incorporado.

Tabla 3.14. Contenido de Agua de Mezcla.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en 3 lt/m, para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
		25mm a 50mm (1" - 2")		25mm a 50mm (1" - 2")		25mm a 50mm (1" - 2")	
mm	Pulg.	Agregado Redondeado	Agregado Anguloso	Agregado Redondeado	Agregado Anguloso	Agregado Redondeado	Agregado Anguloso
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1 1/2"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

$$\text{Volumen de Agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de Agua de Mezclado (Its / m}^3\text{)}}{\text{Peso Especifico del Agua (1000kg / m}^3\text{)}}$$

Tabla 3.15. Determinación del Aire Atrapado según el Tamaño Máximo Nominal.

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%

**3.2.2.6. ELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C).**

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

3.2.2.6.1. POR RESISTENCIA.

Para concretos preparados con Cemento Pórtland Tipo I o cementos comunes, puede tomarse la relación A/C de la tabla 3.16.

Tabla 3.16. Relación A/C y Resistencia a la Compresión del Concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (kg/cm ²) f _{cr}	RELACION AGUA/CEMENTO RESISTENCIA A DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	...
400	0.43	...
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

* Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla 3.13. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

Estimación de la relación agua-cemento para agregado grueso del tamaño máximo nominal indicado de acuerdo a la resistencia de compresión a los 28 días (kg/cm²).

Tabla 3.17. Estimación de la relación A/C para Agregado Grueso del Tamaño Máximo Nominal indicado.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (kg/cm ²) f _{cr}	ESTIMACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO PARA AGREGADO GRUESO DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL INDICADO		
	3/8"	3/4"	1 ½"
140	0.87	0.85	0.80
175	0.70	0.76	0.71
210	0.72	0.69	0.64
245	0.66	0.62	0.58
280	0.61	0.58	0.53
315	0.57	0.53	0.49
350	0.53	0.49	0.45

**3.2.2.6.2. POR DURABILIDAD.**

La Norma Técnica de Edificación E-060 prescribe que si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla 3.18.

Tabla 3.18. Máxima relación Agua/Cemento permisible para Concretos sometida a condiciones Especiales de Exposición.

CONDICIONES DE EXPOSICION	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA.
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce.	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales. (*)	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

(*) La resistencia $f'c$ no deberá ser menor de 245 kg/cm² por razones de durabilidad.

Tabla 3.19. Relación Agua/Cemento para Tipos de Estructuras.

TIPO DE ESTRUCTURA	ESTRUCTURAS QUE ESTA FRECUENTE O CONTINUAMENTE HÚMEDAS Y EXPUESTAS A CONGELACIÓN Y DESHIELO	ESTRUCTURAS EXPUESTAS A LA ACCIÓN DE AGUA DE MAR O SULFATOS
Secciones delgadas y todas aquellas secciones con menos de 3cm de recubrimiento	0.45	0.40*
Cualquier otro tipo de estructuras	0.50	0.45**

** El concreto debe ser con aire incorporado.

** Si se emplea cemento resistente a los sulfatos (tipo II o V de la norma ASTM C-150, la relación agua cemento permisible puede incrementarse en 0.05)

3.2.2.7. CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO.

Una vez que la cantidad de agua y la relación A/C han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación A/C. Sin embargo es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una



cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio.

$$\text{Contenido de Cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de Agua de Mezcla (lts/m}^3\text{)}}{\text{Relación A/C (para } f'_{cr}\text{)}}$$

$$\text{Volumen de Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de Cemento (kg)}}{\text{Peso Específico del Cemento (kg/m}^3\text{)}}$$

3.2.2.8. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y FINO.

MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias y se aproxima a los valores indicados en la siguiente Tabla 3.20.

Tabla 3.20. Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINURA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
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"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

* Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

** Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobre arenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

De la **Tabla 3.20** obtenemos el módulo de fineza de la combinación de agregados (m_c), al mismo tiempo contamos, previamente, con valores de los módulos de fineza del agregado fino



mf y del agregado grueso mg, de los cuales haremos uso para obtener el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de agregados mediante la siguiente fórmula.

r_f = (m_g - m_c) / (m_g - m_f) x 100 ... (3.11)

Dónde:

r_f : Porcentaje del volumen de agregado fino con respecto al volumen total de agregados.

Entonces los volúmenes de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto son:

Vol.Total de Agregados = 1 - (Vol. Agua + Vol. Aire + Vol. Cemento)

Vol. Agregado Fino = (r_f / 100) x (Vol. Total de Agregados)

Vol. Agregado Grueso = Vol. Total de Agregados - Vol. Agregado Fino

Por tanto, los pesos de los agregados en un metro cúbico de concreto son:

Peso Agregado Fino (kg / m^3) = (Vol. Agregado Fino)(Peso Especifico del Agregado Fino)

Peso Agregado Grueso(kg / m^3) = (Vol. Agregado Grueso)(Peso Especifico del Agregado Grueso)

3.2.2.9. AJUSTES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN.

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectada por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación A/C y la trabajabilidad. Por otro lado si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de esta agua a la pasta aumentando la relación A/C, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a compresión.

Es decir Si:

Agregado Grueso { Humedad = %W_g, % Absorción = %A_g
Agregado Fino { Humedad = %W_f, % Absorción = %A_f



Pesos de agregados húmedos:

$$\text{Peso Agregado Grueso Húmedo (kg)} = (\text{Peso Agregado Grueso Seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right)$$

$$\text{Peso Agregado Fino Húmedo (kg)} = (\text{Peso Agregado Fino Seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%W_f}{100}\right)$$

Agua Efectiva:

$$\text{Agua en Agregado Grueso} = (\text{Peso Agregado Grueso Seco}) \cdot \left(\frac{\%W_g - \%A_g}{100}\right) = X$$

$$\text{Agua en Agregado Fino} = (\text{Peso Agregado Fino Seco}) \cdot \left(\frac{\%W_f - \%A_f}{100}\right) = Y$$

$$\text{Agua Efectiva (Lts)} = \text{Agua de Diseño} - (X + Y)$$

3.2.2.10. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN PESO.

Cemento : Agregado Fino : Agregado Grueso / Agua

$$\frac{\text{Peso Cemento}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Peso A. Fino Humedo}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Peso A. Grueso Humedo}}{\text{Peso Cemento}} / \frac{\text{Agua Efectiva}}{\text{Peso Cemento}}$$

3.2.2.11. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN.

3.2.2.11.1. DATOS NECESARIOS.

- ❖ Peso unitario suelto del cemento (1500 kg/m³).
- ❖ Pesos unitarios sueltos de los agregados fino y grueso (en condición de humedad a la que se ha determinado la dosificación en peso).

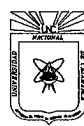
3.2.2.11.2. VOLÚMENES EN ESTADO SUELTO.

- ❖ Cemento:

$$\text{Vol. Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Cemento (kg)}}{\text{P.U. Cemento}}$$

- ❖ Agregado Fino:

$$\text{Vol. A. Fino (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A. Fino Húmedo (kg)}}{\text{P.U. A. Fino Húmedo (kg / m}^3\text{)}}$$



❖ Agregado Grueso:

$$Vol. A. Grueso(m^3) = \frac{Peso A. Grueso Húmedo (kg)}{P.U. A. Grueso Húmedo (kg / m^3)}$$

En el caso del agua, éste se calculará en litros por bolsa de cemento (Lts/Bls), de la siguiente manera.

$$Agua (Lts / Bls) = \frac{Cantidad de Agua por m^3 de C^o}{\left(\frac{Peso Cemento por m^3 de C^o}{Peso Cemento por bolsa (42.5kg)} \right)}$$

3.2.2.11.3. PROPORCIONES EN VOLUMEN.

Cemento : Agregado Fino: Agregado Grueso / Agua (Lts/Bls)

$$\frac{Vol. Cemento}{Vol. Cemento} : \frac{Vol. A. Fino}{Vol. Cemento} : \frac{Vol. A. Grueso}{Vol. Cemento} / Agua (Lts / Bls)$$

$$C : F : G / A$$

3.2.2.12. VOLUMEN DE TANDA.

El Comité 211 del Instituto Americano del Concreto (ACI - 306) aplica el rendimiento aproximadamente de (0.02 m3) o (0.60 pies3) para 3 probetas cilíndricas con dimensiones de 15.24cm = (6pulg) de diámetro y 30.48 cm = (12pulg) de altura. El cual cumple los requisitos de la norma ASTM C-192.

Para el ensayo a compresión se realiza el promedio de 3 probetas a 7 días, 3 probetas a 14 días y 3 probetas a los 28 días, llegando un total de 9 probetas para el primer diseño. Además se realizaron 4 diseños llegando utilizar un total de 36 probetas cilíndricas.

- ✓ El volumen aproximado en 36 probetas cilíndricas será: 0.02 m3 x 12 tanda = 0.24 m3
- ✓ El volumen aproximado en 36 probetas prismáticas será: 0.012 m3 x 36 unid. = 0.43 m3
- ✓ El volumen aproximado en 12 paneles circulares será: 0.038 m3 x 12 unid. = 0.45 m3

**3.2.3. ENSAYOS.****3.2.3.1. DEFINICIÓN.**

El ensayo de aceptación se realiza para verificar cuantitativamente, si el concreto cumple con lo especificado en las normas técnicas. Es importante para aquellos involucrados en la realización de ensayos, que estén claros, ya que los resultados de los ensayos de aceptación tienen importantes implicaciones en el cronograma de ejecución de los proyectos.

3.2.3.2. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS.

- A. EQUIPO MENOR.** Está comprendido por todas las herramientas livianas utilizadas para la elaboración y ensayo de las probetas, tales como: cuchara de albañil, guantes, cinta métrica, cepillo de alambre, espátulas, palas, envases de 10 lts y barra de compactadora de acero cilíndrica de 1.6 cm de diámetro por 60 cm de longitud y punta semiesférica de 0.8 cm de radio.
- B. CONO DE ABRAMS.** Construido de un material metálico rígido e inatacable por el concreto; con un espesor mínimo de 0.15 cm. Su forma interna es similar a un cono truncado de 20 cm de diámetro de base mayor, 10 cm de diámetro de base menor y 30 cm de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre si y perpendiculares al eje del cono. El molde debe ser provisto de asas y aletas para su manejo. Para este ensayo se requiere de una plancha metálica de material similar al del cono, cuyas dimensiones no están especificadas, pero se recomienda que su área sea lo suficiente grande para cubrir la base inferior del cono; y sirve como base para el mismo e impide la pérdida de agua entre la superficie de ésta y el cono.
- C. MOLDES CILÍNDRICOS.** Construido de un metal rígido, estanco de superficie interior lisa, no absorbente y que no reaccione con el concreto. Provisto de una base metálica del mismo material de la pared del molde con la que se consigue un cierre hermético y provisto de asas laterales para su manejo. El molde debe tener dimensiones de 15.24cm = (6pulg) de diámetro y 30.48 cm = (12pulg) de altura.

D. MOLDES PRISMÁTICOS. Estos moldes se utilizan para moldear vigas de hormigón y realizar ensayos a la flexión cuyo molde es 150x150x600mm a 2 capas y 72 golpes por capa.

E. PANELES CIRCULARES. Los moldes fueron construidos de acero según la recomendación de la norma, conservando las medidas internas 800 mm (con una variación de 10 mm) y una profundidad de 75 mm.

F. EQUIPOS MAYORES. tenemos a la *Máquina Universal*, para realizar las probetas prismáticas los ensayos a flexión, la *Máquina De Compresión*, para realizar las probetas cilíndricas los ensayos de compresión y tracción diametral y el *Marco de Aplicación de Carga Vertical*, para realizar las probetas de paneles circulares los ensayos de flexo tracción.

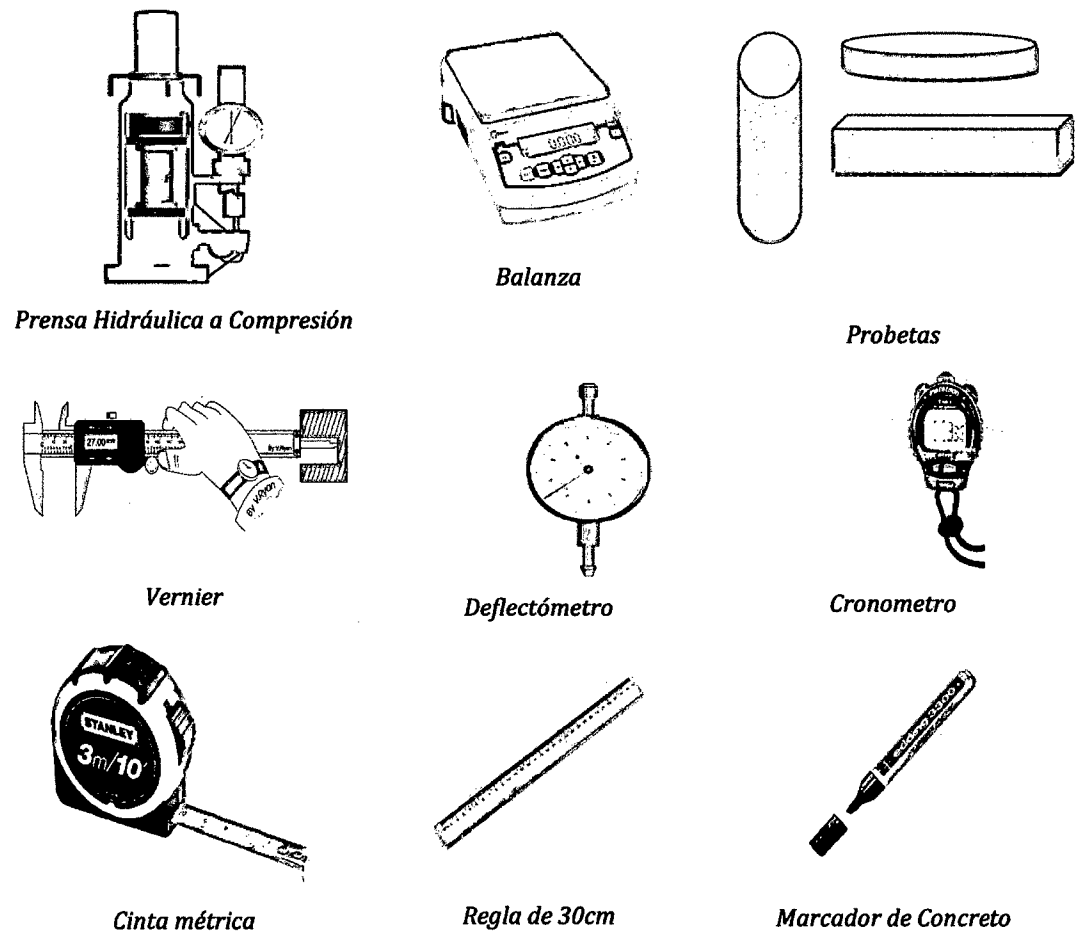


Figura 35: Detalle de los Materiales y Equipos utilizados para los Ensayos.

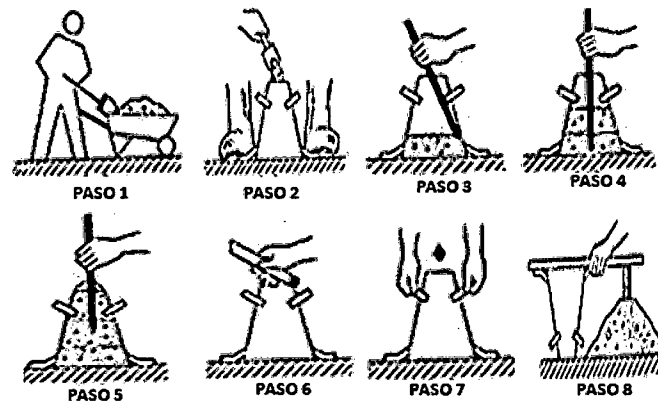
3.2.3.3. PROCESO DE ELABORACIÓN.

Las muestras de concreto para elaborar los especímenes de ensayo de acuerdo con la NTP 339.036, salvo que un procedimiento alternativo se haya acordado.

Registrar la identificación de la muestra de concreto con respecto a la localización del concreto que representa y la fecha y hora de preparación de los especímenes.

3.2.3.4. PROCESO DE EVALUACIÓN.

A. ASENTAMIENTO. Medir y registrar el asentamiento de cada tanda de concreto, de la cual se elaboran los especímenes, inmediatamente después de re mezclar en el recipiente, conforme lo establecido en la NTP 339.035.



Procedimiento de cálculo del asentamiento para las diferentes dosificaciones de fibras de polipropileno.



Imagen 3.4. Control del Revenimiento o Asentamiento (SLUMP).



B. TEMPERATURA. Este método de prueba permite medir la temperatura de mezclas de hormigón recién mezclado, dosificado con Cemento Portland. En hormigones con tamaño máximo de agregado mayor a 3 pulgadas (75 mm) podrá requerir hasta 20 minutos para transferir el calor del agregado al mortero. Determinar y registrar la temperatura de acuerdo con la NTP 339.184, ASTM C-1064 y ASTM C -172.

C. CONTENIDO DE AIRE. Determinar y registrar el contenido de aire de acuerdo con cualquiera de los métodos siguientes NTP 339.081 ó NTP 339.083. El concreto usado para los ensayos no se debe utilizar en la elaboración de los especímenes.

D. CURADO.

D.1. Almacenamiento: Si los especímenes no pueden ser elaborados en el lugar donde recibirán el curado inicial, inmediatamente después del terminado, se deben mover al lugar donde recibirán el curado inicial, para su almacenamiento.

D.2. Curado Inicial: Inmediatamente después de moldeados y acabados, los especímenes deben ser almacenados por un período de hasta 48 h en un rango de temperatura entre 16 °C a 27 °C y en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes.

D.3. Curado Final:

➤ **Cilindros.-** Luego de completar el curado inicial y dentro de los 30 min después de remover los moldes, los especímenes se deben curar manteniendo agua libre sobre sus superficies permanentemente, a una temperatura de $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$, usando agua de los tanques de almacenamientos o cuartos húmedos que cumplan con la NTP 334.077. Para un período que no exceda 3 h inmediatamente antes del ensayo de resistencia, no se requiere una temperatura estándar de curado siempre que se mantenga la humedad en los cilindros y la temperatura ambiente se encuentre entre 20 y 30 °C.

➤ **Vigas.-** Las vigas se curan de la misma forma que los cilindros, excepto que deben ser almacenadas en agua saturada con hidróxido de calcio a $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ por lo menos 20 h antes del ensayo. Debe evitarse el secado de la superficie de la viga entre el tiempo de retirar los especímenes del agua del curado y la finalización de los ensayos.



3.2.3.5. TIPOS DE ENSAYOS.

3.2.3.5.1. PRUEBAS DE ESPECIMENES A LA COMPRESIÓN - NTP 339.034.

A. OBJETO.

De todas las pruebas de concreto, la más común es la resistencia a compresión, porque muchas de las características deseables del concreto, se están relacionadas cualitativamente con sus resistencias mecánicas, principalmente la de resistencia mecánica a la compresión.

B. PROCEDIMIENTO.

Luego que los especímenes cilíndricos han sido curados convenientemente y una vez que cumplida la edad especificada por las normas, se los somete esfuerzos de compresión de la siguiente manera.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

C. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

La resistencia a la compresión de las mezclas de concreto se puede diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura. La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en mega pascales (MPa) en unidades SI.



¿Por qué se determina la resistencia a la compresión?

- ✓ Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, $f'c$, del proyecto.
- ✓ Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción.
- ✓ Los registros históricos de las pruebas de resistencia se utilizan para establecer la resistencia promedio deseada de mezcla de concretos para obras futuras.

Cómo realizar la prueba de resistencia del concreto

- ✓ Las cilindros para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) o 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm), cuando así se especifique. Las probetas más pequeñas tienden a ser más fáciles de elaborar y manipular en campo y en laboratorio.
- ✓ Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se cabecean con mortero de azufre (ASTM C 617) o con almohadillas de neopreno (ASTM C 1231). El cabeceo de azufre se debe aplicar como mínimo dos horas antes y preferiblemente un día antes de la prueba.
- ✓ No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba.
- ✓ El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más de 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.
- ✓ Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002 pulgadas (0.05 mm).
- ✓ Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 0.15 a 0.35 MPa/s durante la última mitad de la fase de carga. Se debe anotar el tipo de ruptura. La fractura cónica es un patrón común de ruptura.

- ✓ La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura entre el área promedio de la sección. ASTM C 39 presenta los factores de corrección en caso de que la razón longitud diámetro del cilindro se halle entre 1.75 y 1.00, lo cual es poco común. Se someten a prueba por lo menos dos cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba, al intervalo más próximo de 0.1 MPa.
- ✓ El técnico que efectúe la prueba debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura y todo defecto que presenten los cilindros o su cabeceo.
- ✓ Una prueba a los tres o siete días puede ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio, pero no constituye el criterio para rechazar el concreto.

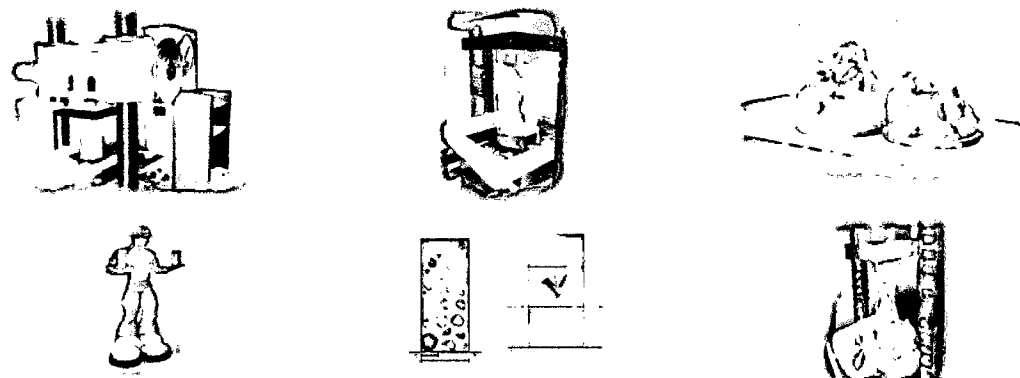


Figura 36: Detalles como se Determina la Resistencia a Compresión.

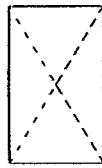
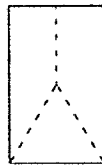
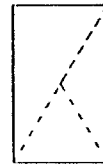
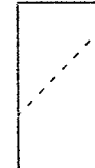
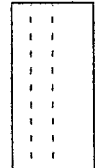
D. TOLERANCIAS DE TIEMPO.

Las probetas a ser ensayadas, estarán sujetas a las tolerancias de tiempo indicadas:

E. VELOCIDAD DE CARGA.

La carga deberá ser aplicada en forma continua, evitando choques. Para máquinas de Tornillo, el desplazamiento del cabezal móvil será de aproximadamente 1,3 mm/min, cuando lo hace libremente. Para máquinas operadas hidráulicamente la velocidad de la carga

estará en el rango de 0,14 a 0,34 MPa/s. Se aplicará la velocidad de carga continua y constante desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta.

CONO
(a)CONO Y SEPARACION
(b)CONO Y CORTE
(c)CORTE
(d)COLUMNAR
(e)

F. EXPRESIÓN DE RESULTADOS.

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula.

$$R_c = \frac{4 G}{\pi d^2} \dots (3.12)$$

Dónde:

R_c: Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.

G: La carga máxima de rotura en kilogramos.

d: Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

G. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

Los resultados de los ensayos realizados están sujetos a variaciones que indicarían la uniformidad de estos resultados y el cuidado en la realización de los ensayos. Asimismo, con estas variaciones se puede diferenciar el comportamiento de los tratamientos de estudio mediante el análisis estadístico y se realizaron las siguientes variables de evaluación.

- ✓ Asentamiento en el concreto en estado no endurecido.
- ✓ Peso unitario de los especímenes cilíndricos de concreto.
- ✓ Resistencia a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días.

Para lo cual se realizó un análisis estadístico de varianza y la prueba de rango múltiple de Tukey. Se analizó también los estándares de control de concreto en resistencia a compresión.

H. ESTÁNDARES DE CONTROL DE CONCRETO EN RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

El comité ACI 214 propone la tabla 3.10.2.1 tomada del reporte del ACI 214-77, donde se dan los estándares del control del concreto mediante los resultados de desviación estándar,

considerando se las operaciones fueron realizadas en construcciones en general o ensayos de laboratorio. Se realizó el análisis estándares de control del concreto para los resultados de resistencia a compresión a la edad de 28 días.

Tabla 3.21. Estándares para control del concreto (ACI 214-77)

Clase de operación	Desviación estándar para los diferentes estándares de control (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
Construcción en general	Menos de 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Más de 49.2
Ensayos en laboratorio	Menos de 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Más de 24.6

I. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Conforme a la norma ASTM C 469 el Módulo se define por la pendiente de la cuerda AB, tal como se indica en la figura 37.

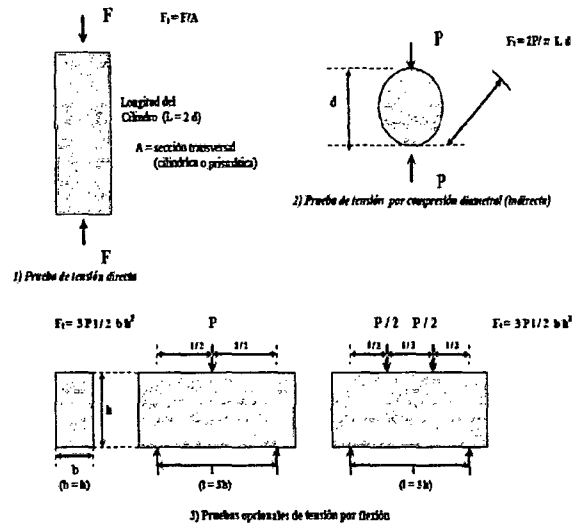
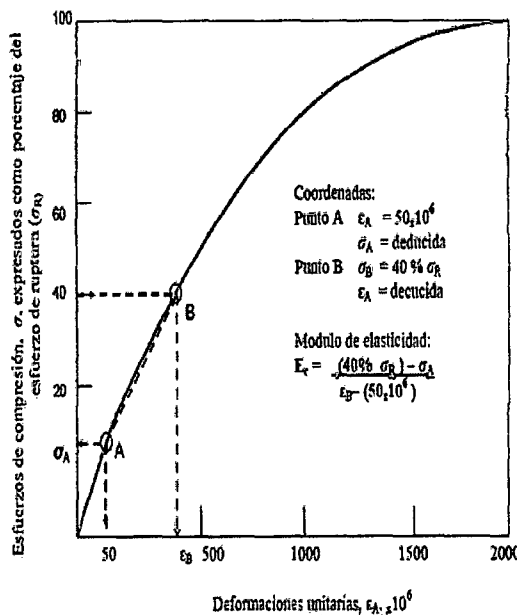


Figura 37. Representación Esquemática para Determinar la Resistencia a Tensión del Concreto.

El módulo de elasticidad de concretos de alta resistencia se supondrá igual a

$$E_c = 2\,700 \sqrt{f_c} + 11\,000 \quad ; \text{ en MPa}$$

$$\left(E_c = 8\,500 \sqrt{f_c} + 110\,000 \quad ; \text{ en kg/cm}^2 \right)$$

para concretos con agregado grueso calizo.

3.2.3.5.2. PRUEBAS DE ESPECIMENES A LA TRACCIÓN - NTP 339.084.

Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por COMPRESIÓN DIAMETRAL de una probeta cilíndrica.

A. OBJETO.

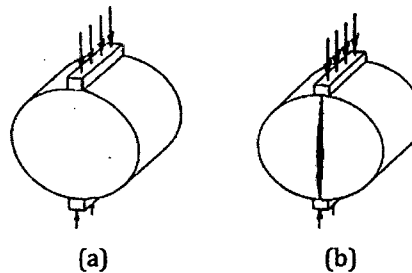
Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para la determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón.

B. RESUMEN DEL MÉTODO.

Este método de ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a toda la longitud de un espécimen cilíndrico de hormigón (concreto), a una velocidad prescrita, hasta que ocurra la falla.

C. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO.

Este ensayo consiste en someter a compresión diametral una probeta cilíndrica, igual a la definida en el ensayo Marshall, aplicando una carga de manera uniforme a lo largo de dos líneas o generatrices opuestas hasta alcanzar la rotura. Esta configuración de carga provoca un esfuerzo de tracción relativamente uniforme en todo el diámetro del plano de carga vertical y esta tracción es la que agota la probeta y desencadena la rotura en el plano diametral.



(a) Configuración de la carga y (b) rotura del ensayo de tracción indirecta.

D. VELOCIDAD DE CARGA.

La carga se aplicará en forma continua y evitando impactos, a una velocidad constante dentro del rango de 689 KPa/min a 1380 KPa/min hasta que falle el espécimen por el esfuerzo de tracción por compresión diametral.

**E. EXPRESIÓN DE RESULTADOS.**

La resistencia a la tracción por compresión diametral de la probeta se calcula con la siguiente fórmula.

$$T = \frac{2 P}{\pi l d} \quad \dots (3.14)$$

Dónde:

T = Resistencia a la tracción por compresión diametral, KPa.

P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, KN.

l = Longitud, m.

d = Diámetro, m.

3.2.3.5.3. PRUEBAS DE ESPECIMENES A LA FLEXIÓN - NTP 339.078.

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo.

Módulo de ruptura: Es el valor obtenido mediante el procedimiento indirecto para determinar la resistencia a la tensión del concreto por el ensaye a la flexión de una viga.

Materiales auxiliares: Franela o tela de yute; marcadores de tinta indeleble y crayones de cera; Escuadra, regla y lija de agua de Equipo, aparatos e instrumentos.

Máquina de prueba: La máquina de prueba debe cumplir con lo establecido en la norma.

A. OBJETO.

La Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión de probetas en forma de vigas simplemente apoyadas, moldeadas con hormigón y ensayadas con cargas a los tercios de la luz.

B. RESUMEN DEL MÉTODO.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de la luz en una probeta de ensayo en forma de vigueta, hasta que la falla ocurra. El módulo de rotura, se calculará, según que la grieta se localice dentro del tercio medio o a una distancia de éste, no mayor del 5% de la luz libre.

C. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO.

DISPOSITIVO DE APLICACIÓN DE CARGA. Se debe utilizar un dispositivo capaz de aplicar cargas en los tercios del claro de prueba de tal modo que las fuerzas sean perpendiculares a las caras horizontales de la viga y se distribuyan y apliquen uniformemente en todo lo ancho. Este dispositivo debe ser capaz de mantener fija la distancia entre los puntos de carga y los puntos de apoyo del espécimen con una tolerancia de ± 2 mm; además, las reacciones deben ser paralelas a la dirección de las fuerzas aplicadas durante el tiempo que dure la prueba.

La sección de cada uno de los bloques que entran en contacto con la viga, deben ser cilíndricos con las superficies endurecidas, teniendo en cuenta que la línea de contacto de estas superficies no deben variar en más de 0,05 mm, con relación a un plano tangente a las mismas. El radio de curvatura de estas superficies debe tener como centro el eje del rodillo del apoyo o el centro de la rótula. La superficie curva de cada bloque de aplicación de carga debe ser la correspondiente a un sector cilíndrico de cuando menos 0,785 radianes (45°).

Los bloques de aplicación de carga deben mantenerse alineados en posición vertical, por medio de mecanismos de presión que pueden ser tornillos con resorte que los mantengan en contacto con los rodillos o rótulas de acero. (Véase Figura 38).

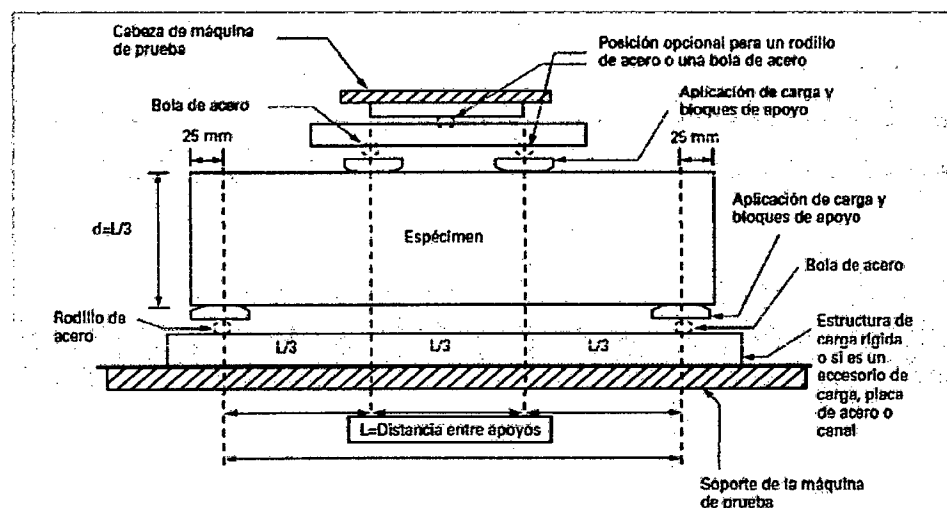


Figura 38: Prueba de Resistencia a la Flexión con Carga en los Tercios.

MUESTREO: El muestreo debe realizarse de acuerdo a lo establecido en la Norma Cada muestra debe consistir de cuando menos dos especímenes de una misma revoltura que se prueban a la edad de proyecto.

PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN: Los especímenes deben cumplir con lo establecido en las Normas. La longitud del espécimen debe ser la distancia entre apoyos más 50 mm como mínimo.

La distancia entre apoyos debe ser de tres veces el peralte de la viga con una tolerancia de 2 % Esta distancia debe ser marcada en las paredes de la viga antes del ensaye. Cabe decir que las caras laterales del espécimen deben estar en ángulo recto con las caras horizontales. Todas las superficies deben ser lisas y libres de bordes, hendiduras, agujeros o identificaciones grabadas.

CONDICIONES AMBIENTALES: Esta prueba se realiza de acuerdo a las condiciones ambientales.



Figura 39: *Detalle de Preparación con las Probetas Prismáticas.*

PROCEDIMIENTO: Se debe voltear el espécimen sobre un lado con respecto a la posición del moldeado. Se centra en los bloques de apoyo; éstos a su vez deben estar centrados respecto a la fuerza aplicada.

Los bloques de aplicación de carga se ponen en contacto con la superficie del espécimen en los puntos tercios entre los apoyos. Se debe tener contacto total entre la aplicación de la carga y los bloques de apoyo con la superficie del espécimen. Se debe lijar las superficies del espécimen o bien usarse tiras de cuero si la separación de la línea de contacto entre ellas y los bloques es mayor de 0,1 mm.

APLICACIÓN DE LA CARGA: La carga se debe aplicar a una velocidad uniforme, tal que el aumento de esfuerzo de las fibras extremas no exceda de 980 kPa/min (10 kgf/cm² por min), permitiéndose velocidades mayores antes del 50% de la carga estimada de ruptura.

MEDICIÓN DEL ESPÉCIMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA: Se determina el ancho promedio, el peralte y la localización de la línea de falla, con el promedio de tres medidas una en el centro y dos sobre las aristas del espécimen aproximándolas al milímetro.

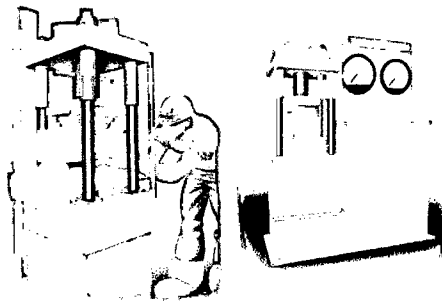


Figura 40: Detalle de Medición y Calibración.

PRECISIÓN: Los cálculos de la prueba se deben realizar con la siguiente exactitud.

- ❖ Para dimensiones, con una precisión de 0,1 cm.
- ❖ Para carga máxima aplicada, la precisión debe ser de 0.981 N (1kgf).
- ❖ Para el módulo de ruptura, de 9,8 kPa (0,1 kgf/cm²).

INFORME DE LA PRUEBA: Se deben incluir como mínimo los siguientes datos.

- ❖ Identificación de la muestra.
- ❖ Ancho promedio en cm, con aproximación de 0,1 cm.
- ❖ Peralte promedio en cm, con aproximación de 0,1 cm.
- ❖ Distancia entre apoyos en cm, con aproximación de 0,1 cm.
- ❖ Carga máxima aplicada, en N (kgf).
- ❖ Módulo de ruptura, aproximado al 9,8 kPa (0,1 kgf/cm²).
- ❖ Condiciones de curado y humedad del espécimen al momento de la prueba.
- ❖ Si el espécimen se lijó o si se usaron tiras de cuero.
- ❖ Defectos del espécimen.
- ❖ Edad del espécimen.

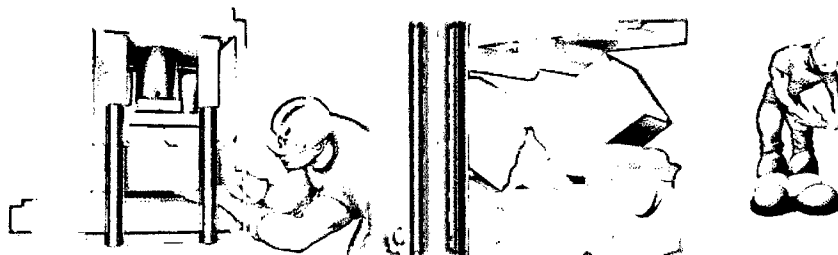


Figura 41: Detalle de Información del Ensayo a Flexión.

D. VELOCIDAD DE CARGA.

Aplicar la carga a una velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema entre 0,86 MPa/min y 1,21 MPa/min, hasta producir la rotura de la viga.

E. EXPRESIÓN DE RESULTADOS.

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$M_r = \frac{P L}{b h^2} \quad \dots (3.15)$$

En donde:

Mr: Es el módulo de rotura, en kg/cm².

P: Es la carga máxima de rotura, en kilogramos.

L: Es la luz libre entre apoyos, en centímetros.

b: Es el ancho promedio de la probeta en la sección de falla, (cm)

h: Es la altura promedio de la probeta en la sección de falla, (cm)

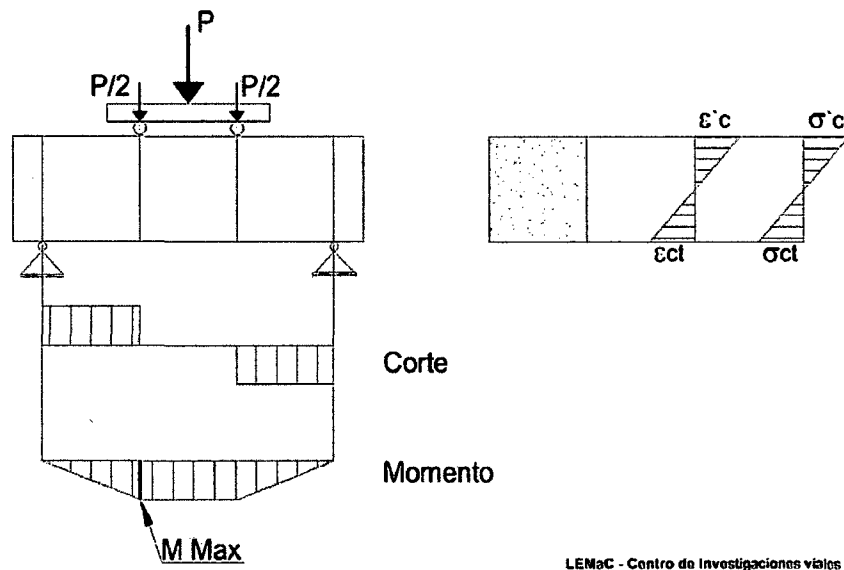
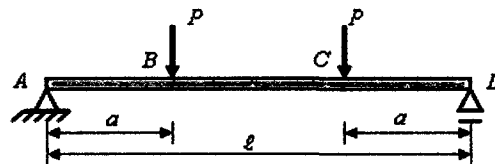
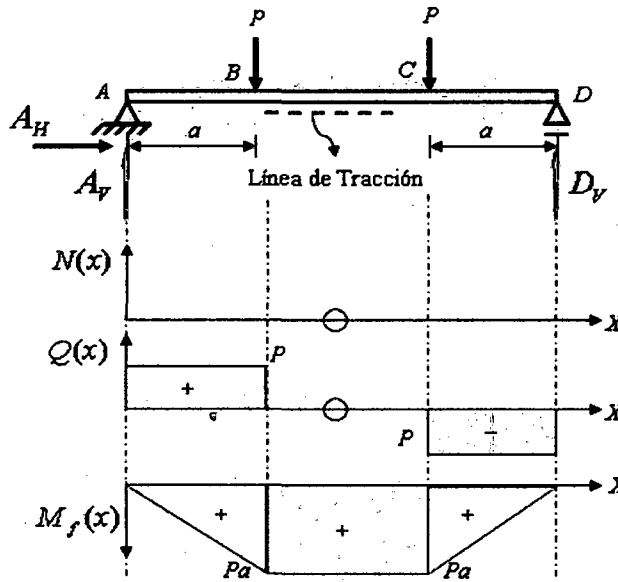


Figura 42. Diagrama de Esfuerzos Solicitantes.

Cálculo del esfuerzo a Flexión Estática de una viga simplemente apoyada de luz "L" y solicitada por dos cargas "P", ubicadas a una distancia "a" de cada uno de los apoyos.



Calculemos las reacciones en los apoyos y a continuación los diagramas de esfuerzos internos (N, Q y Mf).



Equilibrio:

$$i) \sum F_x = 0 \Rightarrow A_H = 0$$

$$ii) \sum M_a = 0 \Rightarrow D_v \ell = Pa + P(\ell - a)$$

$$\Rightarrow D_v = P$$

$$iii) \sum F_y = 0 \Rightarrow A_v + D_v = 2P \Rightarrow A_v = P$$

ESFUERZOS INTERNOS	ESFUERZOS EN EL TRAMO BC	EQUILIBRIO
		$i) \sum F_x = 0 \Rightarrow Q_c(x) = P - P \Rightarrow Q_c(x) = 0 \quad a \leq x \leq (\ell - a)$ $ii) \sum M_c = 0 \Rightarrow M_c = Px - P(x - a) \Rightarrow M_c(x) = Pa \quad a \leq x \leq (\ell - a)$ <p>El Tramo BC se encuentra en flexión pura.</p>

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste no mayor del 5% de la luz libre, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{3 P a}{b h^2} \quad \dots (3.16)$$

En donde:

a: Es la distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga.

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste mayor del 5% de la luz libre, se rechaza el ensayo.

3.2.3.5.4. PRUEBAS DE ESPECIMENES PANELES CIRCULARES – ASTM C 1550.

A. ELABORACIÓN DE TESTIGOS Y DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO.

Los paneles circulares a ensayar se moldearon de acuerdo a lo requerido en el acápite 7.1 de la norma ASTM C1550, considerando las dimensiones del molde, la forma del vaciado, el curado y la ejecución del ensayo.

DESCRIPCIÓN	IMÁGENES
<p>Los moldes fueron contruidos de acero según la recomendación de la norma, conservando las medidas internas 800 mm (con una variación de 10 mm) y una profundidad de 75 mm.</p>	
<p>Previo a cada jornada de vaciado, los moldes fueron ubicados sobre soportes inclinados a 45°.</p>	
<p>Se aplicó desmoldante a las superficies interiores a fin de evitar que el espécimen se adhiera al molde y se provoquen daños al mismo durante el desencofrado.</p>	
<p>El vaciado de los moldes se realizó con un equipo de concreto lanzado, proyectando la mezcla de concreto sobre los moldes siguiendo una espiral desde el centro hacia fuera. Esta metodología se empleó a fin de obtener, en la medida de lo posible, una masa uniforme en toda la extensión del panel.</p>	



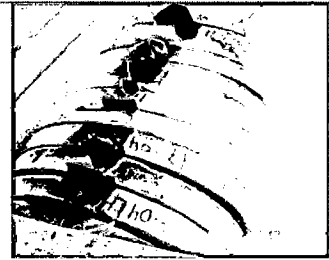
Una vez moldeados los paneles, estos se retiraron rápidamente de sus soportes para darle el acabado superficial, antes que el endurecimiento del concreto lo impida



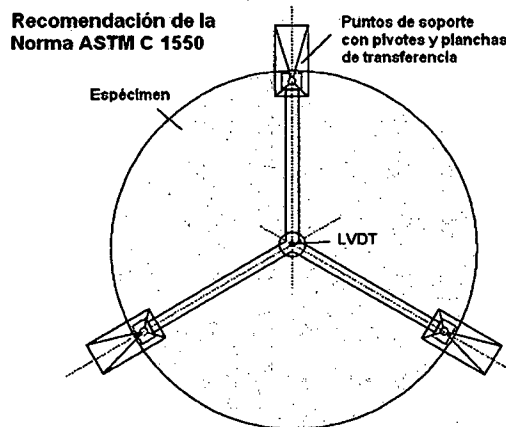
Al término de cada jornada los paneles moldeados se colocaron en parihuelas bajo un secado húmedo con mantas y plástico protector, para luego colocar a la poza de curado.



Concluido el período de curado para los especímenes, estos se trasladaron al laboratorio de pruebas donde se les tomó las medidas correspondientes y dejaron secar durante 24 horas.



Una vez secos los especímenes, se procedió a colocarlos manualmente sobre el dispositivo de ensayo, ubicando los tres puntos de apoyo pivotantes sobre la circunferencia interna de 750 mm de cada testigo. La ubicación del testigo sobre los pivotes así como la ubicación de los dispositivos de carga y medición de desplazamiento corresponden a lo especificado por la norma ASTM C1550.

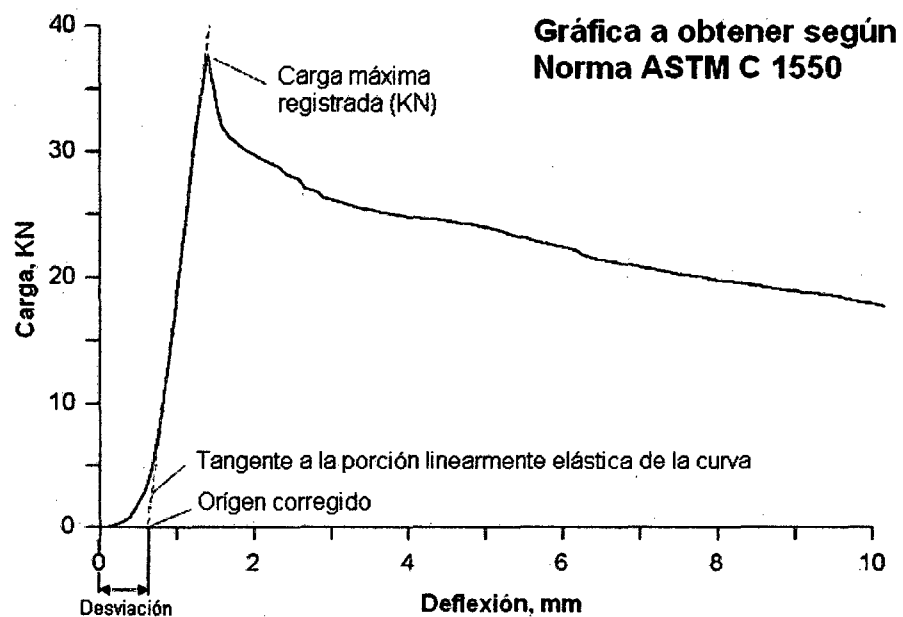


El ensayo consiste en aplicar carga de forma constante, deformación al centro del panel con un pistón semiesférico. La velocidad de avance del pistón se ajustó a lo indicado en el acápite 9.3 de la norma ASTM C 1550. A medida que se va aplicando la deformación al panel, se registra en tiempo real datos de fuerza aplicada y deflexión central.



El objetivo del ensayo es obtener para cada testigo los datos de fuerza vs. Deformación durante la ejecución del ensayo hasta que este llegue a la deflexión final. Con los datos de fuerza (KN) y deflexión central (mm), se construyó, de acuerdo al acápite 10 de la norma ASTM C 1550, la curva de fuerza vs. Deformación, la cual constituye una propiedad física de cada panel. Calculando la integral de dicha curva (el área bajo la misma) se obtuvo la energía total, expresada en joule, absorbida por cada panel de shotcrete.

La gráfica muestra el punto de falla del concreto y el inicio del trabajo de la fibra como elemento resistente frente a la deformación. Este punto se muestra como un pico de resistencia máxima a partir del cual la resistencia comienza a descender a medida que se incrementa la deflexión central. Tomando este punto como inicio, la integral de la curva desde este punto da como resultado la energía absorbida por las fibras presentes en la masa de concreto, también llamada energía residual.



Con estos dos parámetros, energía total y energía residual se caracteriza a cada panel, por lo que cada dosificación y tipo de fibra se tendrá un rango de energía absorbida y residual.

Dado que no todos los paneles alcanzan los 45 mm de deflexión antes del colapso y a efectos de poder establecer una comparación entre distintos tipos de fibra y dosificaciones, se definió como deformación final 35 mm de deflexión central. En consecuencia se consideró los datos la energía hasta este límite, en todos los cálculos realizados.



B. PARÁMETROS REGISTRADOS.

Cada panel debe ser verificado antes del ensayo a fin de asegurar la uniformidad de las medidas de los testigos a ser ensayados. Se midió tres veces el diámetro y el espesor de cada panel así como la desviación estándar de estas medidas, en cumplimiento de lo indicado por la norma indicada. Así mismo el resultado del ensayo de un testigo será válido cuando la falla ocurre de acuerdo a lo descrito en la norma; es decir formando al menos tres fisuras radiales.

De cada testigo se obtendrán los siguientes parámetros:

- ✓ **ANTES DEL ENSAYO.-** Espesor promedio del panel (mm), desviación estándar del espesor, diámetro promedio del panel (mm), desviación estándar del diámetro.
- ✓ **DESPUÉS DEL ENSAYO.-** Carga de falla del panel, deflexión de falla del panel (mm), energía total absorbida hasta los 35 mm, energía residual absorbida hasta los 35 mm, tipo de falla observada.

C. MECANISMO DE FALLA.

De acuerdo con la norma ASTM C 1550, un ensayo exitoso será aquel en el cual el panel falle formando un mínimo de tres fisuras radiales condicionado por los dispositivos de soporte y carga, de lo contrario se descartaría.

**CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS****4.1. ANÁLISIS A COMPRESIÓN.**

Se calculó la resistencia a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días de cada diseño, las cargas máximas, esfuerzos, deformaciones, tipo de fractura, comportamiento del concreto sin fibra y con fibra en diferentes proporciones y edades; también las alturas, áreas y sus respectivos pesos.

4.1.1. RESULTADOS DE ENSAYOS.

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio “Tecnología de Materiales” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Tabla 4.1. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión.

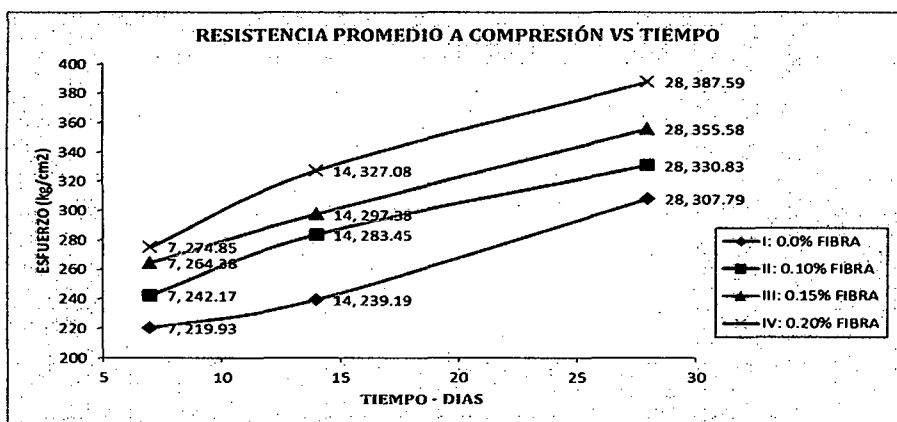
DISEÑO	EDAD	ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN											TIPO DE FALLA	
		Nº	PROBETA	ALTURA		ÁREA		PESO		CARGA MAX.		ESFUERZO		
				(cm)	Prom.	(cm ²)	Prom.	(Kg)	Prom.	(cm)	Prom.	kg/cm ²		Prom.
I: 0.0% FIBRA	7	1	C-01-I	31.20		181.94		12.82		40000		219.583		CONO
		2	C-02-I	31.18	31.20	182.30	181.86	12.81	12.758	42000	40000	230.388	219.93	CORTE
		3	C-03-I	31.22		181.34		12.64		38000		209.552		CONO
	14	4	C-04-I	31.23		182.54		12.94		42500		232.823		CONO
		5	C-05-I	31.21	31.21	181.34	181.86	12.87	12.922	42000	43500	231.606	239.19	CORTE
		6	C-06-I	31.20		181.71		12.96		46000		253.155		CONO
	28	7	C-07-I	31.21		181.46		13.04		54000		297.587		CORTE
		8	C-08-I	31.18	31.20	182.06	181.94	13.03	13.038	58000	56000	318.582	307.79	CONO
		9	C-09-I	31.22		182.30		13.05		56000		307.191		CORTE
II: 0.10% FIBRA	7	10	C-01-II	31.24		180.51		13.10		42000		232.679		COLUMNAR
		11	C-02-II	31.18	31.21	182.54	181.66	13.08	13.100	46000	44000	251.997	242.17	COLUMNAR
		12	C-03-II	31.22		181.94		13.12		44000		241.839		CORTE
	14	13	C-04-II	31.15		182.18		13.06		47500		260.730		COLUMNAR
		14	C-05-II	31.18	31.18	183.50	182.30	12.81	12.877	52000	51667	283.383	283.45	CORTE
		15	C-06-II	31.20		181.23		12.77		55500		306.241		COLUMNAR
	28	16	C-07-II	31.22		183.86		13.08		59000		320.903		COLUMNAR
		17	C-08-II	31.16	31.17	183.52	182.90	12.92	12.955	60000	60500	326.948	330.83	CONO
		18	C-09-II	31.14		181.34		12.88		62500		344.653		COLUMNAR
III: 0.15% FIBRA	7	19	C-01-III	31.17		181.23		13.08		46000		253.826		COLUMNAR
		20	C-02-III	31.21	31.18	181.94	181.54	12.96	12.993	50000	48000	274.809	264.38	COLUMNAR
		21	C-03-III	31.16		181.46		12.94		48000		264.519		COLUMNAR
	14	22	C-04-III	31.22		181.46		13.16		52000		286.565		CONO
		23	C-05-III	31.20	31.22	181.34	181.58	13.15	13.137	54000	54000	297.780	297.38	COLUMNAR
		24	C-06-III	31.23		181.94		13.10		56000		307.786		COLUMNAR
	28	25	C-07-III	31.25		180.86		13.16		61500		340.033		COLUMNAR
		26	C-08-III	31.26	31.23	181.22	181.38	13.17	13.165	66000	64500	364.197	355.58	COLUMNAR
		27	C-09-III	31.19		182.06		13.17		66000		362.525		CONO
IV: 0.20% FIBRA	7	28	C-01-IV	31.16		182.18		13.14		50000		274.458		COLUMNAR
		29	C-02-IV	31.18	31.19	180.98	181.94	13.08	13.107	52000	50000	287.318	274.85	COLUMNAR
		30	C-03-IV	31.24		182.66		13.10		48000		262.780		COLUMNAR
	14	31	C-04-IV	31.26		180.75		12.93		58000		320.883		COLUMNAR
		32	C-05-IV	31.24	31.24	182.06	181.38	12.88	12.915	64000	59333	351.539	327.08	COLUMNAR
		33	C-06-IV	31.23		181.34		12.94		56000		308.813		COLUMNAR
	28	34	C-07-IV	31.24		180.87		12.85		69000		381.496		COLUMNAR
		35	C-08-IV	31.18	31.21	179.68	181.07	12.81	12.818	72500	70167	403.502	387.59	COLUMNAR
		36	C-09-IV	31.22		182.66		12.80		69000		377.758		COLUMNAR

➤ Promedio de la resistencia a compresión en las diferentes dosificaciones de fibras ensayados a 7, 14 y 28 días.

Tabla 4.2. Promedio de Ensayos de Resistencia a Compresión.

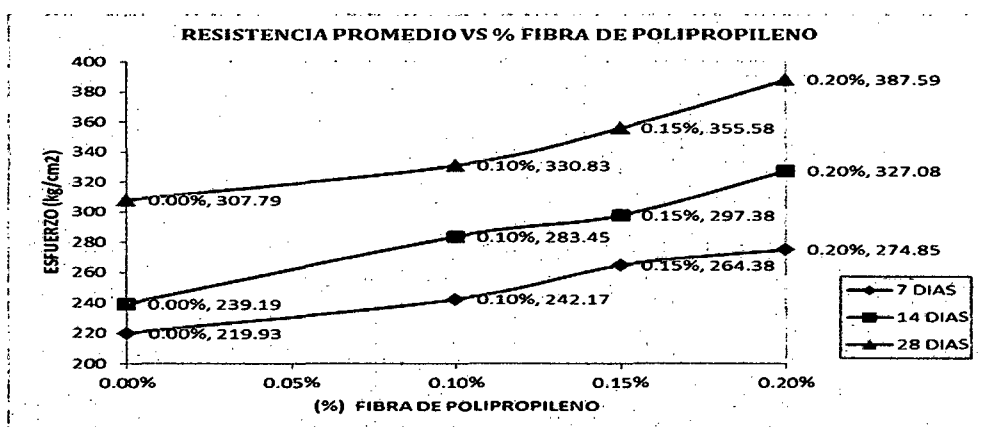
ENSAYO A COMPRESIÓN (f'_c : kg/cm ²)			
DISEÑO	EDAD - DIAS		
	7	14	28
I: 0.00% FIBRA	219.93	239.19	307.79
II: 0.10% FIBRA	242.17	283.45	330.83
III: 0.15% FIBRA	264.38	297.38	355.58
IV: 0.20% FIBRA	274.85	327.08	387.59

➤ Comparación gráfica de los ensayos a compresión con las diferentes dosificaciones de fibras ensayados a los 7, 14 y 28 días.



Gráfica 4.1. Comparación Gráfica de Resistencia a Compresión vs. Edad - Tiempo/Días.

✓ Del Gráfico 4.1. Se puede precisar que el comportamiento del concreto sin fibra es rígido y el concreto con fibras de polipropileno es dúctil. A medida que se aumenta la proporción de fibra de polipropileno en la mezcla, aumenta la resistencia a compresión, realizados a los 7, 14 y 28 días.



Gráfica 4.2: Comparación Gráfica de Resistencia Promedio a Compresión vs. (%) Fibra de Polipropileno.

✓ Un incremento de fibras de polipropileno en la mezcla trae un aumento en la resistencia a compresión, además en la gráfica se puede precisar que no tiene una variación proporcional de acuerdo al incremento de 0.10%, 0.15% y 0.20% de fibra.



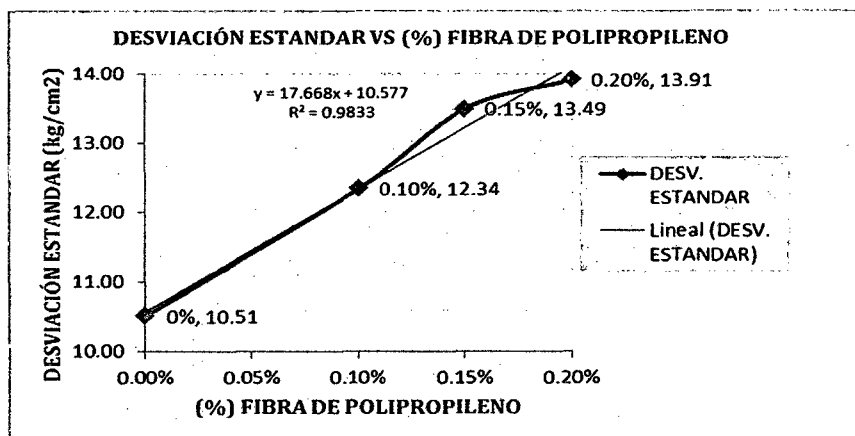
4.1.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

Con respecto al procesamiento de los datos obtenidos de los ensayos de compresión axial en probetas estándar de concreto con la norma de Ensayo: NTP 339.034 (1999). Para analizar la parte descriptiva y la contrastación de la prueba de hipótesis se ha utilizado el Paquete estadístico MINITAB 16 español y Microsoft Excel 2010.

Tabla 4.3. Resultados de la Estadística Descriptiva de Resistencia a Compresión – 28 días.

DISEÑOS	EDAD DIAS	PROBETA N°	ESFUERZO MÁXIMO (Kg/cm2)	ESFUERZO MÍNIMO (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTANDAR (Kg/cm2)	VARIANZA	ESTÁNDAR DE CONTROL
I: 0.00% FIBRA.	28	3	318.582	297.587	307.79	10.510	110.464	Excelente
II: 0.10% FIBRA.	28	3	344.653	320.903	330.83	12.343	152.345	Excelente
III: 0.15% FIBRA.	28	3	364.197	340.033	355.58	13.494	182.093	Excelente
IV: 0.20% FIBRA.	28	3	403.502	377.758	387.59	13.910	193.495	Excelente

- ✓ De la **Tabla 4.3.** se puede precisar que el grupo de control donde no tiene fibra de polipropileno tiene el promedio de 307 kg/cm², en el primer grupo de 0.10% de fibra y su promedio es 330 kg/cm², en el segundo grupo con proporción de 0.15% de fibra y su promedio es 355 kg/cm², en el tercer grupo se tiene mezcla con proporción de 0.20% de fibra y su promedio es de 387 kg/cm².
- ✓ Para los cuatro diseños el grado de control es excelente por la desviación estándar es menor que 14.1 kg/cm², Además es más variable del ensayo que tiene fibra en comparación al que no tiene fibra.
- ✓ En la **Gráfica 4.3,** la variación esperada con respecto al promedio de las resistencias ensayadas a los 28 días a medida que aumenta la dosificación de fibra de polipropileno, también aumenta la desviación estándar.



Gráfica 4.3: Gráfica de la Desviación Estándar vs. (%) Fibra de Polipropileno.

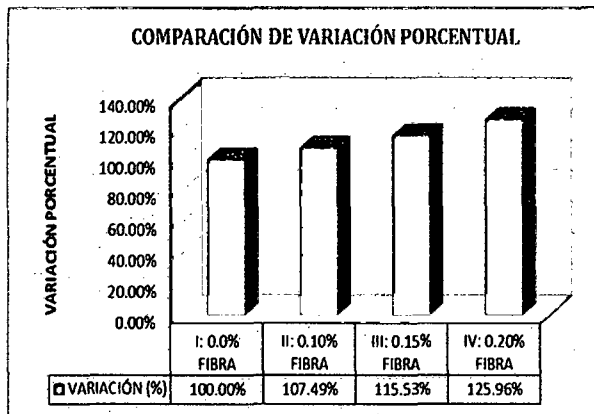
4.1.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN PORCENTUAL.

Permite determinar el crecimiento de la resistencia a compresión a medida que se adiciona más fibra de polipropileno.

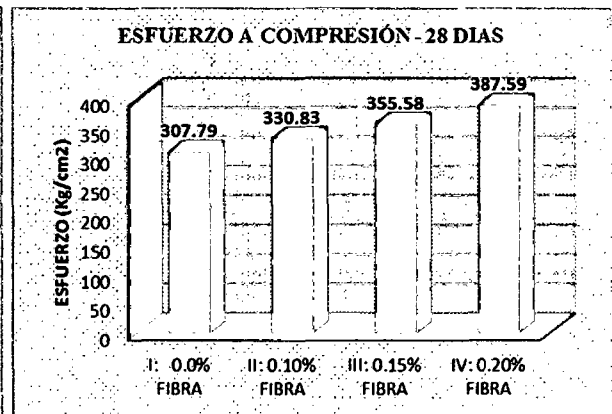
Tabla 4.4. Resumen de los Promedios de Resistencia y la Variación Porcentual.

DISEÑOS	EDAD DIAS	ESFUERZO (Kg/cm ²)	VARIACIÓN (%)
I: 0.00% FIBRA.	28	307.79	100.00%
II: 0.10% FIBRA.	28	330.83	107.49%
III: 0.15% FIBRA.	28	355.58	115.53%
IV: 0.20% FIBRA.	28	387.59	125.96%

✓ De la **Tabla 4.4.** Podemos precisar que los resultados de los ensayos de resistencia promedio (f'_{cr}) a compresión, ensayado a los 28 días, tiene un aumento de 7.49%, 15.53% y 25.96% respecto al diseño patrón (0.00% fibra de polipropileno).



Gráfica 4.4. Comparación de Variación Porcentual.



Gráfica 4.5. Esfuerzo a Compresión - 28 días.

✓ De las **gráficas 4.4 y 4.5,** se puede precisar que a medida que se incrementa la dosificación de fibra, aumenta la resistencia a compresión, pero no a la misma proporción del diseño.

4.1.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN VALORES INDIVIDUALES Y GRAFICO DE CAJA.

➤ **Edad: 7 días**

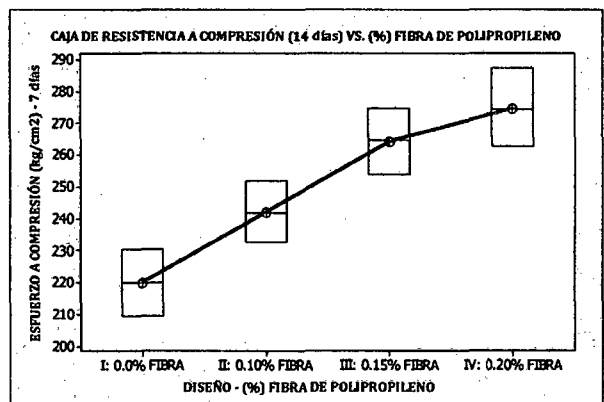
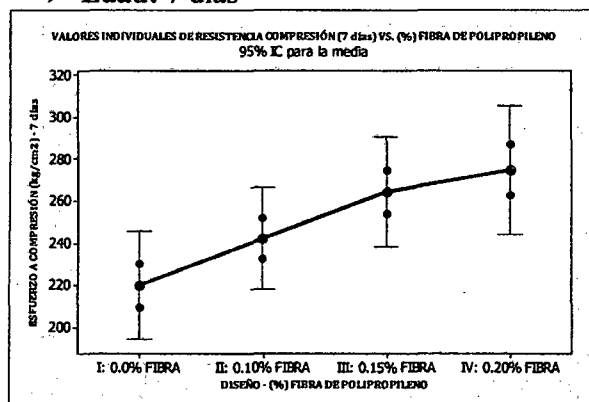


Gráfico 4.6. Comparación de Gráfico de Valores individuales y Gráfico de Caja a los 7 días.

➤ Edad: 14 días

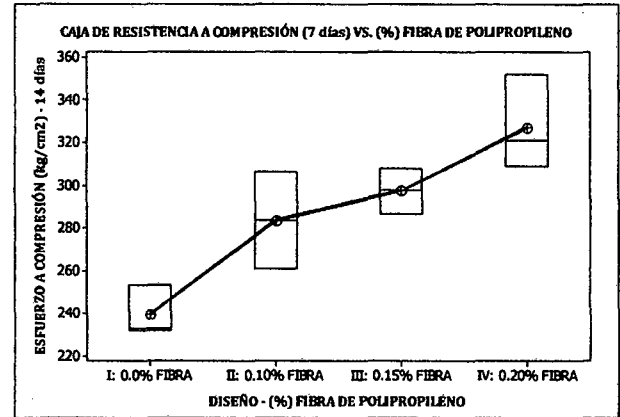
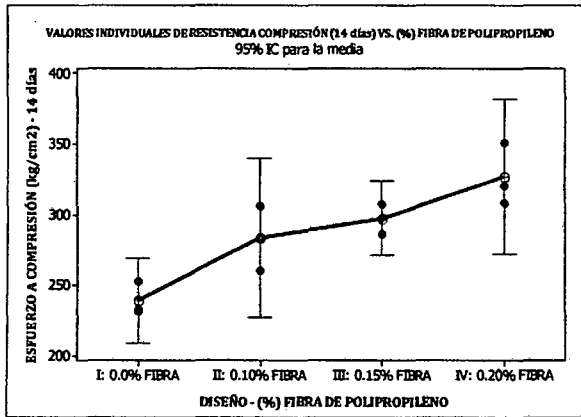


Gráfico 4.7. Comparación de Gráfico de Valores individuales y Gráfico de Caja a los 14 días.

➤ Edad: 28 días

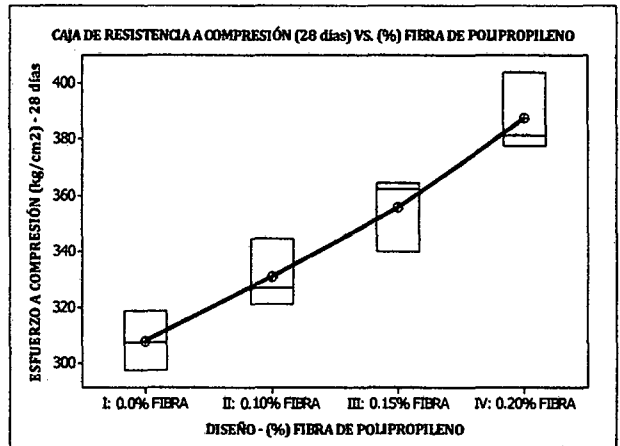
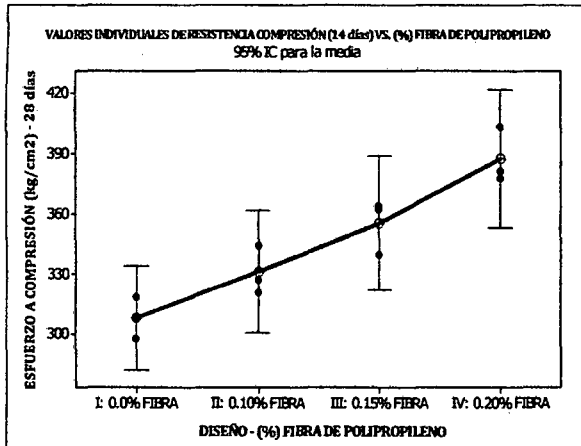


Gráfico 4.8. Comparación de Gráfico de Valores individuales y Gráfico de Caja a los 28 días.

✓ El análisis del paquete estadístico MINITAB 16 español, brinda la comparación en la resistencia a compresión con las dos formas, en valores individuales y gráfico de cajas.

4.1.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LOS TRATAMIENTOS.

Se consideró determinar el asentamiento de las tandas de mezclas en cada tipo de tratamientos que se realizaron para elaborar 3 especímenes cilíndricos de concreto, se calculó el promedio de las resistencias y se evaluó el comportamiento del incremento de resistencia a medida que se incrementa las diferentes proporciones de fibra de polipropileno.

Tabla 4.5. Comportamiento de Resistencia a Compresión.

DISEÑOS	PROBETA Nº	7 - DIAS		14 - DIAS		28 - DIAS	
		Promedio (Kg/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio (Kg/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio (Kg/cm ²)	Resistencia (%)
I: 0.00% FIBRA.	3	219.93	71.46%	239.19	77.71%	307.79	100.00%
II: 0.10% FIBRA.	3	242.17	73.20%	283.45	85.68%	330.83	100.00%
III: 0.15% FIBRA.	3	264.38	74.35%	297.38	83.63%	355.58	100.00%
IV: 0.20% FIBRA.	3	274.85	70.91%	327.08	84.39%	387.59	100.00%

**Tabla 4.6. Asentamiento del Concreto Según la Dosificación de Fibra de Polipropileno.**

DISEÑO	TANDA N° 01: 7 DIAS	TANDA N° 02: 14 DIAS	TANDA N° 03: 28 DIAS	CONSISTENCIA
I: 0.00% FIBRA.	21.0 cm	21.0 cm	21.0 cm	Fluida
II: 0.10% FIBRA.	20.4 cm	20.4 cm	20.4 cm	Fluida
III: 0.15% FIBRA.	19.6 cm	19.6 cm	19.6 cm	Fluida
IV: 0.20% FIBRA.	19.2 cm	19.2 cm	19.2 cm	Fluida

- ✓ Se puede precisar que teniendo una consistencia fluida-húmeda $\geq 5''$ es muy trabajable, $6''$ a $7''$ de Slump y agregando fibra de polipropileno el concreto se hace más viscoso, donde no es necesario añadir agua, el cual puede disminuir la resistencia a compresión; porque la fibra tiene 0% de absorción.

4.1.6. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS.

Se calculó el peso unitario de los especímenes cilíndricos que se ensayaron a 7, 14 y 28 días que se elaboraron con cada tratamiento, para lo cual se determinó primeramente el promedio de los diámetros, la altura y peso de cada espécimen.

Tabla 4.7. Promedio de Pesos Unitarios de Especímenes Cilíndricos para Ensayos de Compresión.

DISEÑO	EDAD EN DIAS	PROBETAS N°	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	PESO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
I: 0.00% FIBRA.	7	3	31.20	181.86	12.758	2248.49
	14	3	31.21	181.86	12.922	2276.31
	28	3	31.20	181.94	13.038	2296.67
II: 0.10% FIBRA.	7	3	31.21	181.66	13.100	2310.29
	14	3	31.18	182.30	12.877	2265.59
	28	3	31.17	182.90	12.955	2272.11
III: 0.15% FIBRA.	7	3	31.18	181.54	12.993	2295.42
	14	3	31.22	181.58	13.137	2317.53
	28	3	31.23	181.38	13.165	2323.87
IV: 0.20% FIBRA.	7	3	31.19	181.94	13.107	2309.40
	14	3	31.24	181.38	12.915	2279.05
	28	3	31.21	181.07	12.818	2268.05

- ✓ El Comportamiento del peso unitario con las diferentes dosificaciones de fibra de polipropileno con los diferentes diseños, no tiene mucha variación considerable por la densidad de 48.5 kg/m³ aprox.

4.1.7. ANÁLISIS AL TIPO DE FRACTURA.

- ✓ El tipo de fractura presentado por estos especímenes fue progresiva presentándose inicialmente grietas en los extremos del espécimen, que luego fueron creciendo hasta formarse grietas verticales a través de ambos extremos.

- ✓ Se observó que en las caras de fractura de estos especímenes fallo la pasta de cemento, mas no el agregado, existiendo desprendimiento del agregado de la pasta; además la rotura es en forma de explosión a diferencia de los especímenes que contiene fibra de polipropileno que es más pausado la rotura.
- ✓ El tipo de fractura del concreto sin fibra es cono y corte a comparación de concreto con fibra que es tipo columnar.

4.1.8. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Como se explicó en el ítem 3.9.5. Para calcular el módulo de elasticidad del concreto, se utilizó la fórmula 2.1 propuesta por el ACI, obteniéndose así los datos en la siguiente tabla.

Tabla 4.8. Promedio del Módulo de Elasticidad.

DISEÑO	EDAD EN DIAS	PROBETAS N°	PESO UNITARIO (kg/m3)	f'c a los 28 días (kg/cm2)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm2)
I: 0.00% FIBRA.	28	3	2296.67	307.79	259108.25
II: 0.10% FIBRA.	28	3	2272.11	330.83	260070.77
III: 0.15% FIBRA.	28	3	2323.87	355.58	269621.78
IV: 0.20% FIBRA.	28	3	2268.05	387.59	281496.87

- ✓ Analizando las comparaciones gráficas se puede precisar que al adicionar más fibras de polipropileno, el concreto endurecido se convierte en una estructura más elástica, tal como se puede comprobar en el módulo de elasticidad.

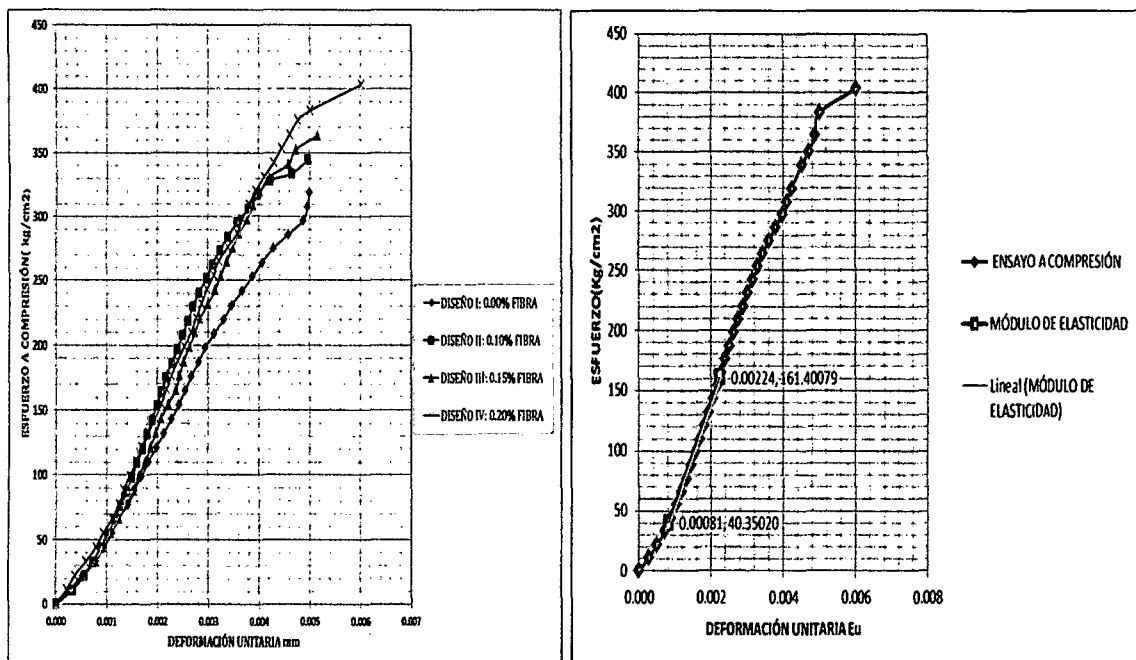


Gráfico 4.8. Comparación de Gráfica del Esfuerzo Promedio a Compresión de los Diseños.

**4.2. ANÁLISIS A TRACCIÓN.**

Se calculó la resistencia a tracción a la edad de 7, 14 y 28 días de cada diseño, las cargas máximas, esfuerzos, deformaciones, tipo de fractura, comportamiento del concreto sin fibra y con fibra en diferentes proporciones y edades. Así como también las alturas, áreas y sus respectivos pesos.

4.2.1. RESULTADOS DE ENSAYOS.

Los ensayos a tracción por compresión diametral, fueron realizados en el laboratorio “Tecnología de Materiales” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Tabla 4.9. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Tracción.

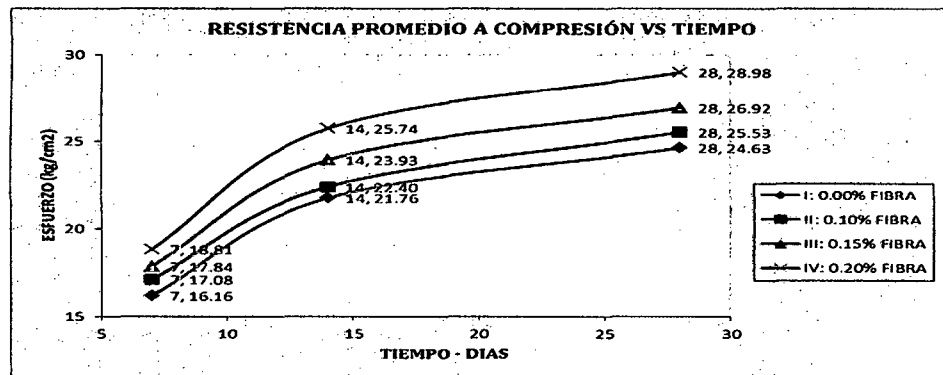
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN														
DISEÑO	EDAD / DIAS	Nº	PROBETA	ALTURA		DIÁMETRO		PESO		CARGA MAX.		ESFUERZO		TIPO DE FALLA
				(cm)	Prom.	(cm2)	Prom.	(Kg)	Prom.	(cm)	Prom.	kg/cm2	Prom.	
I: 0.00% FIBRA	7	1	T-01-I	30.54	30.48	15.27	15.24	13.51	13.375	12000	11867	16.382	16.16	Diametral
		2	T-02-I	30.42		15.20		13.35		12500		19.276		Diametral
		3	T-03-I	30.48		15.24		13.27		11100		15.213		Diametral
	14	4	T-04-I	30.68	30.65	15.34	15.29	13.57	13.448	16000	16000	21.644	21.76	Diametral
		5	T-05-I	30.44		15.22		13.46		18000		24.735		Diametral
		6	T-06-I	30.82		15.30		13.32		14000		18.902		Diametral
	28	7	T-07-I	30.52	30.67	15.25	15.26	13.45	13.337	18400	18100	25.168	24.63	Diametral
		8	T-08-I	31.04		15.32		13.24		17800		23.830		Diametral
		9	T-09-I	30.44		15.20		13.32		18100		24.905		Diametral
II: 0.10% FIBRA	7	10	T-01-II	30.68	30.92	15.23	15.26	13.10	13.180	12000	12667	16.350	17.08	Diametral
		11	T-02-II	31.15		15.29		13.16		14200		18.981		Diametral
		12	T-03-II	30.94		15.26		13.28		11800		15.911		Diametral
	14	13	T-04-II	31.10	30.67	15.32	15.25	13.21	13.002	18000	16467	24.052	22.40	Diametral
		14	T-05-II	30.48		15.24		12.91		16100		22.066		Diametral
		15	T-06-II	30.42		15.18		12.90		15300		21.094		Diametral
	28	16	T-07-II	31.20	30.91	15.24	15.27	13.12	13.053	18500	19067	24.770	25.53	Diametral
		17	T-08-II	30.96		15.32		13.08		19900		26.711		Diametral
		18	T-09-II	30.58		15.26		12.96		18800		25.103		Diametral
III: 0.15% FIBRA	7	19	T-01-III	30.50	30.41	15.26	15.25	12.72	12.750	12300	13000	16.825	17.84	Diametral
		20	T-02-III	30.58		15.30		12.86		14200		19.322		Diametral
		21	T-03-III	30.14		15.20		12.67		12500		17.371		Diametral
	14	22	T-04-III	30.48	30.75	15.24	15.26	13.18	13.250	17600	17633	24.122	23.93	Diametral
		23	T-05-III	30.65		15.20		13.25		18200		24.871		Diametral
		24	T-06-III	31.12		15.34		13.32		17100		22.805		Diametral
28	25	T-07-III	30.82	30.70	15.08	15.22	12.95	12.977	19400	19767	26.574	26.92	Diametral	
	26	T-08-III	30.54		15.26		12.90		18700		25.545		Diametral	
	27	T-09-III	30.75		15.32		13.08		21200		28.650		Diametral	
IV: 0.20% FIBRA	7	28	T-01-IV	30.46	30.45	15.24	15.27	12.81	12.818	13000	13733	17.829	18.81	Diametral
		29	T-02-IV	30.26		15.26		12.84		14600		20.129		Diametral
		30	T-03-IV	30.62		15.32		12.81		13600		18.457		Diametral
	14	31	T-04-IV	31.05	30.80	15.27	15.26	12.94	13.050	18900	19000	25.378	25.74	Diametral
		32	T-05-IV	30.84		15.24		13.08		18700		25.330		Diametral
		33	T-06-IV	30.52		15.26		13.13		19400		26.519		Diametral
	28	34	T-07-IV	30.76	30.72	15.28	15.25	12.92	12.923	22100	21333	29.935	28.98	Diametral
		35	T-08-IV	30.42		15.20		12.87		19600		26.986		Diametral
		36	T-09-IV	30.98		15.26		12.98		22300		30.704		Diametral

➤ Promedio de la resistencia a tracción en las diferentes dosificaciones de fibras ensayados a 7, 14 y 28 días.

Tabla 4.10. Promedio de Ensayos de Resistencia a Tracción.

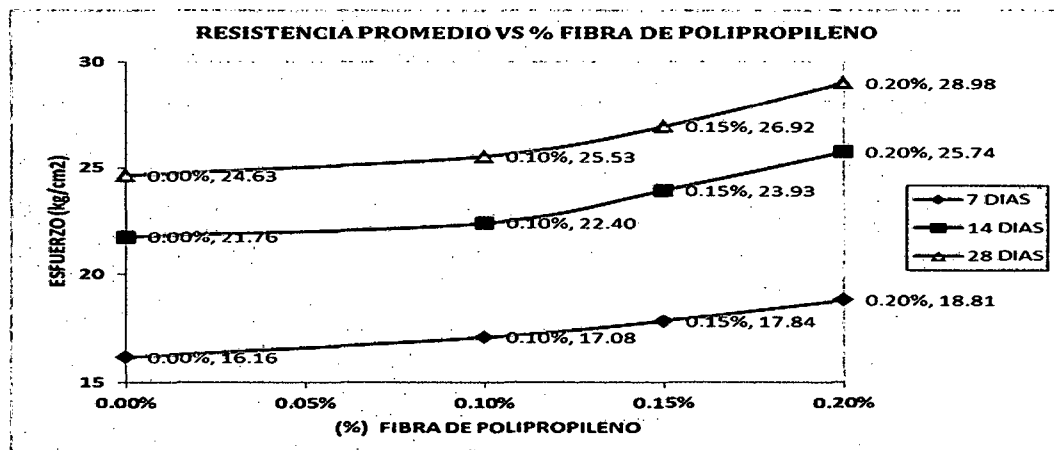
DISEÑO	ENSAYO A TRACCIÓN DIAMETRAL (f'_c : kg/cm ²)		
	EDAD - DIAS		
	7	14	28
I: 0.00% FIBRA	16.16	21.76	24.63
II: 0.10% FIBRA	17.08	22.40	25.53
III: 0.15% FIBRA	17.84	23.93	26.92
IV: 0.20% FIBRA	18.81	25.74	28.98

➤ Comparación gráfica de los ensayos realizados a tracción con las diferentes dosificaciones de fibras ensayados a los 7, 14 y 28 días.



Gráfica 4.10. Comparación Gráfica de Resistencia a Tracción vs. Edad - Tiempo/Días.

✓ Del Gráfico 4.10. Se puede precisar que el comportamiento del concreto sin fibra es rígido y el concreto con fibras de polipropileno es dúctil. A medida que se aumenta la proporción de fibra de polipropileno a la mezcla, aumenta la resistencia a tracción. realizados a los 7, 14 y 28 días.



Gráfica 4.11: Comparación Gráfica de Resistencia Promedio a Tracción vs. (%) Fibra de Polipropileno.

✓ Un incremento de fibras de polipropileno en la mezcla trae un aumento en la resistencia a tracción, además en la gráfica se puede precisar que no tiene una variación proporcional de acuerdo al incremento de 0.10%, 0.15% y 0.20% de fibra.

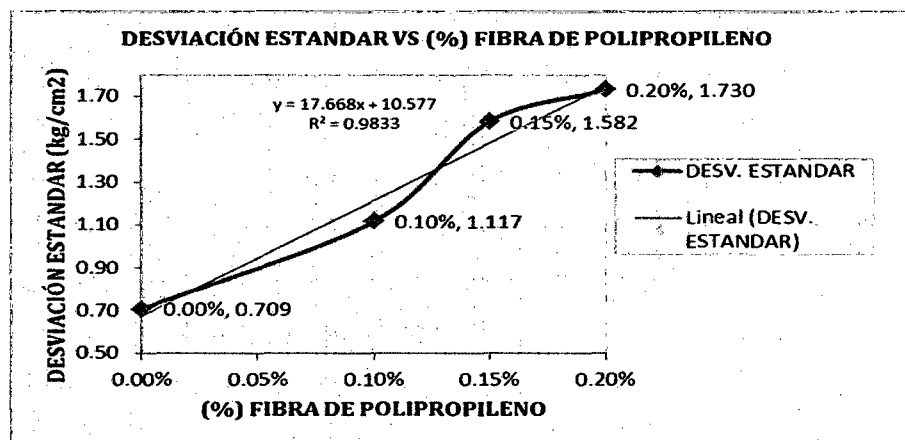
4.2.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

Con respecto al procesamiento de los datos obtenidos de los ensayos de tracción por compresión diametral en probetas estándar de concreto con la norma NTP 339.084. Para analizar la parte descriptiva y la contrastación de la prueba de hipótesis se ha utilizado el Paquete estadístico MINITAB 16 español y Microsoft Excel 2010.

Tabla 4.11. Resultados de la Estadística Descriptiva de Resistencia a Tracción Diametral – 28 días.

DISEÑOS	EDAD DIAS	PROBETA N°	ESFUERZO MÁXIMO (Kg/cm ²)	ESFUERZO MÍNIMO (Kg/cm ²)	PROMEDIO (Kg/cm ²)	DESVIACIÓN ESTANDAR (Kg/cm ²)	VARIANZA	ESTÁNDAR DE CONTROL
I: 0.00% FIBRA.	28	3	25.168	23.830	24.63	0.709	0.502	Excelente
II: 0.10% FIBRA.	28	3	26.711	24.368	25.53	1.171	1.372	Excelente
III: 0.15% FIBRA.	28	3	28.650	25.545	26.92	1.582	2.501	Excelente
IV: 0.20% FIBRA.	28	3	30.030	26.986	28.98	1.730	2.995	Excelente

- ✓ De la **Tabla 4.11**. Se puede precisar que el grupo de control donde no tiene fibra de polipropileno tiene el promedio de 24.63 kg/cm², en el primer grupo de 0.10% de fibra y su promedio es 25.71 kg/cm², en el segundo grupo con proporción de 0.15% de fibra y su promedio es 26.92 kg/cm², en el tercer grupo se tiene mezcla con proporción de 0.20% de fibra y su promedio es de 28.98 kg/cm².
- ✓ Para los cuatro diseños el grado de control es excelente por la desviación estándar es menor que 14.1 kg/cm², Además es más variable del ensayo que tiene fibra en comparación al que no tiene fibra.
- ✓ En la **Gráfica 4.12**, la variación esperada con respecto al promedio de las resistencias ensayadas a los 28 días a medida que aumenta la dosificación de fibra de polipropileno, también aumenta la desviación estándar.


Gráfica 4.12: Gráfica de la Desviación Estándar vs. (%) Fibra de Polipropileno.



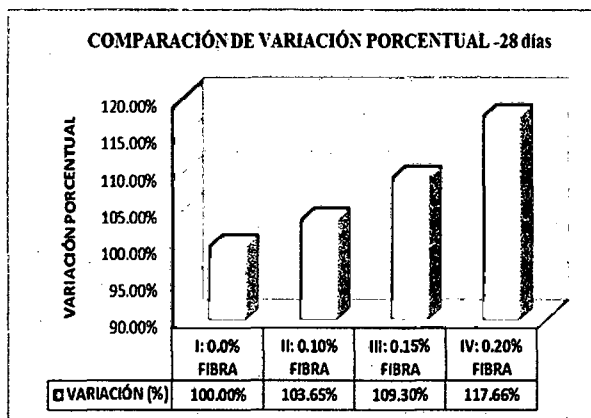
4.2.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN PORCENTUAL.

Permite determinar el crecimiento de la resistencia a tracción por compresión diametral a medida que se adiciona más fibra de polipropileno.

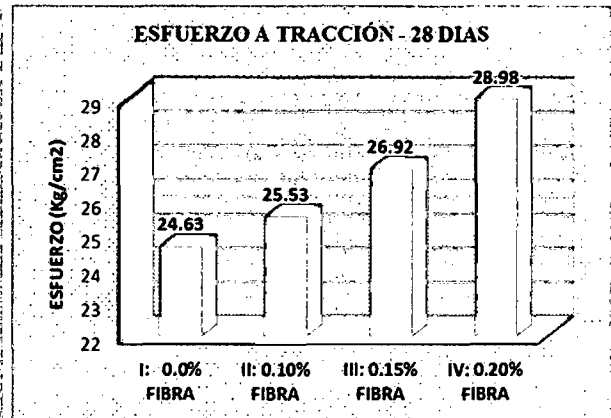
Tabla 4.12. Resumen de los promedios de resistencia y la variación porcentual.

DISEÑOS	EDAD DIAS	ESFUERZO (Kg/cm ²)	VARIACIÓN (%)
I: 0.00% FIBRA.	28	24.63	100.00%
II: 0.10% FIBRA.	28	25.53	103.65%
III: 0.15% FIBRA.	28	26.92	109.30%
IV: 0.20% FIBRA.	28	28.98	117.66%

- ✓ De la **Tabla 4.12**. Podemos precisar que los resultados de los ensayos de resistencia promedio (f'_{cr}) a la tracción diametral a los 28 días, tiene un aumento de 3.65%, 9.30% y 17.66% respecto al diseño patrón (0.00% fibra de polipropileno).



Gráfica 4.13. Comparación de Variación Porcentual.



Gráfica 4.14. Esfuerzo a Tracción - 28 días.

- ✓ De las **Gráficas 4.13 y 4.14**, se precisa que a medida que se incrementa la dosificación de fibra, aumenta la resistencia a tracción, pero no a la misma proporción del diseño.

4.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN VALORES INDIVIDUALES Y GRAFICO DE CAJA.

➤ **Edad: 7 días**

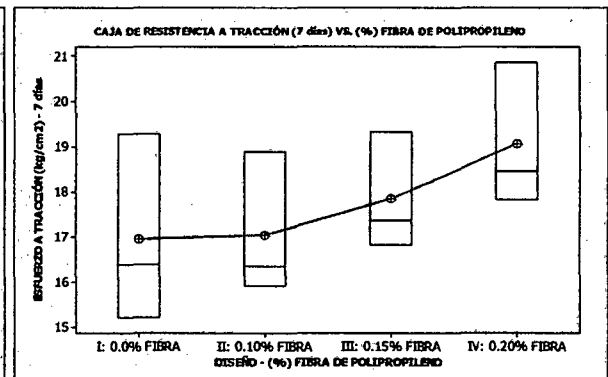
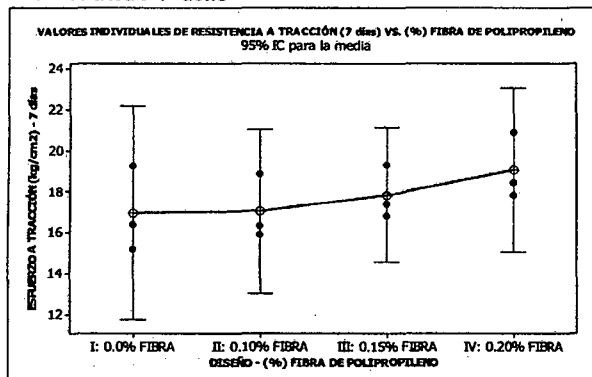


Gráfico 4.15. Comparación de Gráfico de Valores individuales y Gráfico de Caja a los 7 días.

➤ **Edad: 14 días**

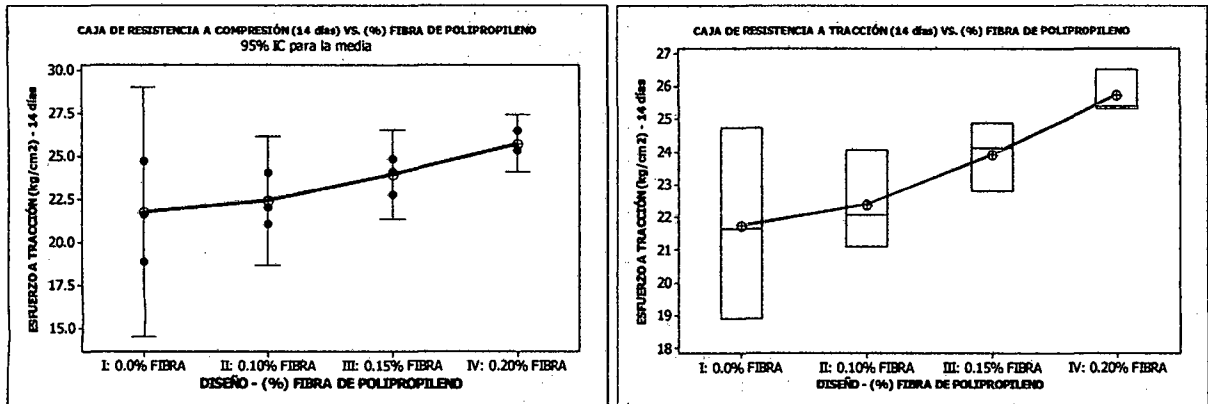


Gráfico 4.16. Comparación de Gráfico de Valores individuales y Gráfico de Caja a los 14 días.

➤ **Edad: 28 días**

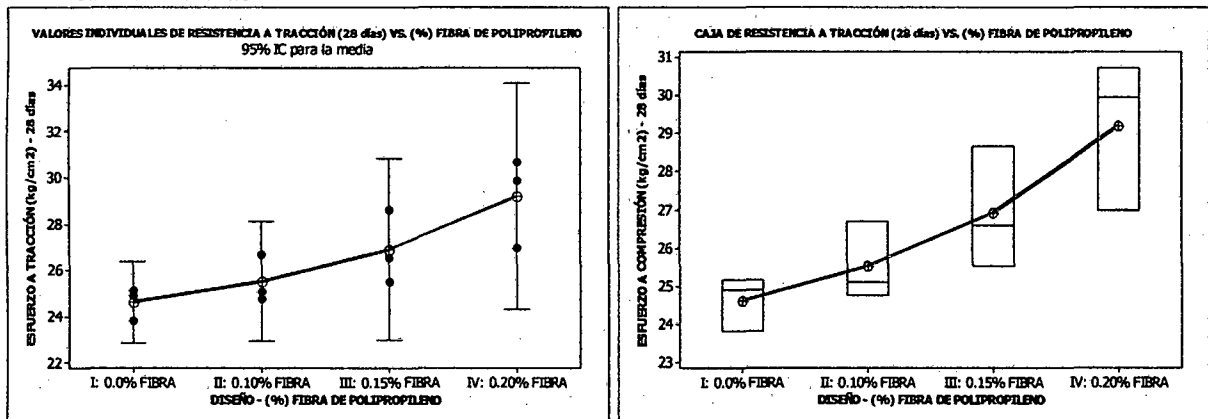


Gráfico 4.17. Comparación de Gráfico de Valores individuales y Gráfico de Caja a los 28 días.

✓ El análisis del paquete estadístico MINITAB 16 español, brinda la comparación en la resistencia a tracción con las dos formas, en valores individuales y gráfico de cajas.

4.2.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LOS TRATAMIENTOS.

Se consideró determinar el asentamiento de las tandas de mezclas en cada tipo de tratamientos que se realizaron para elaborar 3 especímenes cilíndricos de concreto, se calculó el promedio de las resistencias y se evaluó el comportamiento del incremento de resistencia a medida que se incrementa las diferentes proporciones de fibra de polipropileno.

Tabla 4.13: Comportamiento de Resistencia a Tracción.

DISEÑOS	PROBETA Nº	7 - DIAS		14 - DIAS		28 - DIAS	
		Promedio (Kg/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio (Kg/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio (Kg/cm ²)	Resistencia (%)
I: 0.00% FIBRA.	3	16.16	65.62%	21.76	88.33%	24.63	100.00%
II: 0.10% FIBRA.	3	17.08	66.90%	22.40	87.75%	25.53	100.00%
III: 0.15% FIBRA.	3	17.84	66.26%	23.93	88.89%	26.92	100.00%
IV: 0.20% FIBRA.	3	18.81	64.88%	25.74	88.82%	28.98	100.00%

Tabla 4.14. Asentamiento del Concreto Según la Dosificación de Fibra de Polipropileno.

DISEÑO	TANDA N° 01: 7 DIAS	TANDA N° 02: 14 DIAS	TANDA N° 03: 28 DIAS	CONSISTENCIA
I: 0.00% FIBRA.	20.6 cm	20.6 cm	20.6 cm	Fluida
II: 0.10% FIBRA.	20.2 cm	20.2 cm	20.2 cm	Fluida
III: 0.15% FIBRA.	19.7 cm	19.7 cm	19.7 cm	Fluida
IV: 0.20% FIBRA.	18.9 cm	18.9 cm	18.9 cm	Fluida

4.2.6. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS.

Se calculó el peso unitario de los especímenes cilíndricos que se ensayaron a 7, 14 y 28 días que se elaboraron con cada tratamiento, para lo cual se determinó primeramente el promedio de los diámetros, la altura y peso de cada espécimen, tal como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 4.15. Promedio de Pesos Unitarios de Especímenes Cilíndricos para Ensayos de Tracción.

DISEÑO	EDAD EN DIAS	PROBETAS N°	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm ²)	PESO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
I: 0.00% FIBRA.	7	3	30.69	15.24	13.375	2390.03
	14	3	30.65	15.29	13.448	2390.90
	28	3	30.67	15.26	13.337	2378.94
II: 0.10% FIBRA.	7	3	30.92	15.26	13.180	2330.47
	14	3	30.67	15.25	13.002	2322.23
	28	3	30.91	15.27	13.053	2304.79
III: 0.15% FIBRA.	7	3	30.41	15.25	12.750	2294.75
	14	3	30.75	15.26	13.250	2356.05
	28	3	30.70	15.22	12.977	2323.12
IV: 0.20% FIBRA.	7	3	30.45	15.27	12.818	2297.98
	14	3	30.80	15.26	13.050	2317.48
	28	3	30.72	15.25	12.923	2304.23

- ✓ El Comportamiento del peso unitario con las diferentes dosificaciones de fibra de polipropileno con los diferentes diseños, no tiene mucha variación considerable por la densidad de 48.5 kg/m³ aprox.

4.2.7. ANÁLISIS AL TIPO DE FRACTURA.

Las fracturas de los especímenes cilíndricos que son ensayados a tracción, se pueden afirmar lo siguiente.

- ✓ El tipo de fractura presentado por estos especímenes fue progresiva presentándose inicialmente grietas en el área de contacto del espécimen cilíndrico, que luego fueron creciendo hasta formarse grietas diametrales.
- ✓ La descripción de la fractura empieza en los extremos del espécimen cilíndrico, luego a medida que se aplica la carga longitudinal, sigue una línea de fractura diametral.



- ✓ la rotura del espécimen cilíndrico con diseño sin fibra es explosiva, a diferencia de los especímenes que contiene fibra de polipropileno que es más pausado la rotura diametral.

4.2.8. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Como se explicó en el ítem 3.9.5. Para calcular el módulo de elasticidad del concreto, se utilizó la fórmula 2.1 propuesta por el ACI, obteniéndose así los datos en la siguiente tabla.

Tabla 4.16. Módulo de Elasticidad.

DISEÑO	EDAD EN DIAS	PROBETAS Nº	PESO UNITARIO (kg/m ³)	f' t a los 28 días (kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)
I: 0.00% FIBRA.	28	3	2378.94	24.63	152185.31
II: 0.10% FIBRA.	28	3	2304.79	25.53	150037.94
III: 0.15% FIBRA.	28	3	2323.12	26.92	154091.84
IV: 0.20% FIBRA.	28	3	2304.23	28.98	160832.77

- ✓ Analizando las comparaciones gráficas se puede precisar que al adicionar más fibras de polipropileno, el concreto endurecido se convierte en una estructura más elástica, tal como se puede comprobar en el módulo de elasticidad.

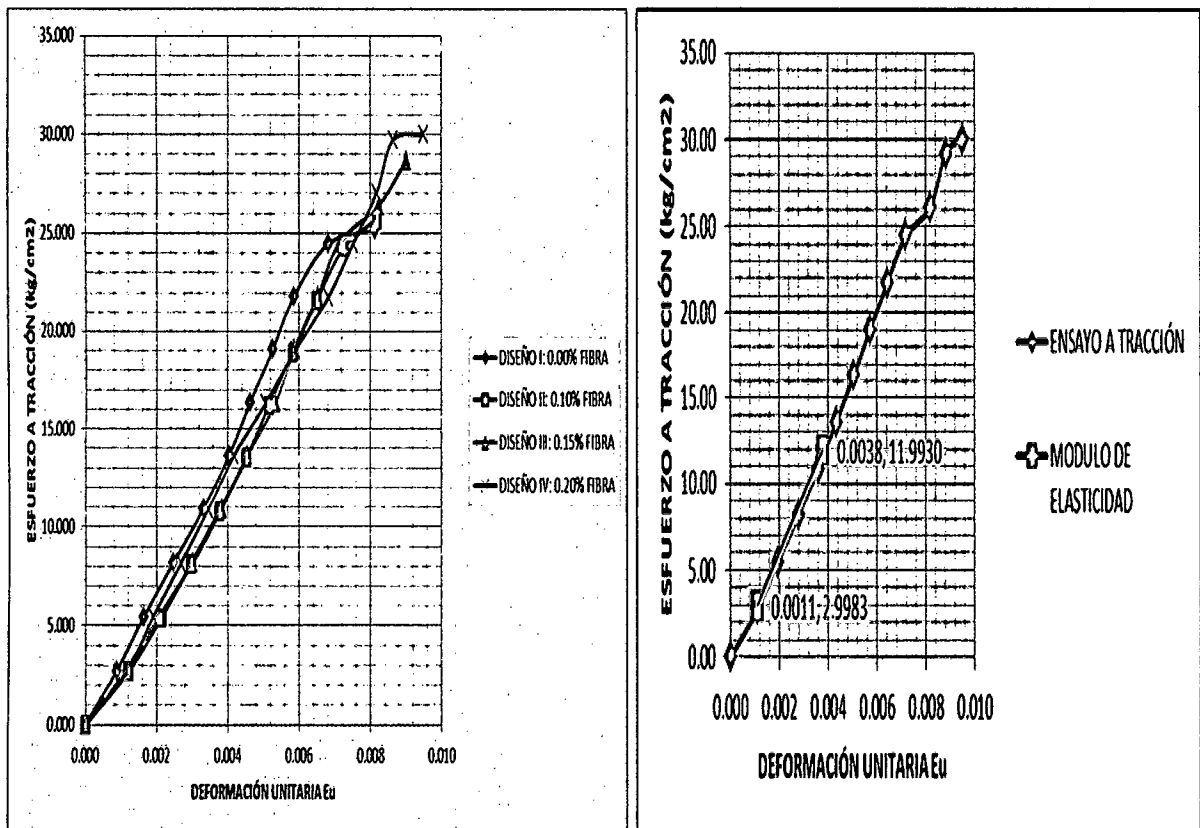


Gráfico 4.18. Comparación de Gráfica del Esfuerzo Promedio a Tracción de los Diseños.

**4.3. ANÁLISIS A FLEXIÓN.**

Se calculó la resistencia a tracción a la edad de 7, 14 y 28 días de cada diseño, las alturas, pesos unitarios, cargas máximas, esfuerzos, deformaciones, tipo de fractura, comportamiento del concreto sin fibra y con fibra en diferentes proporciones y edades.

4.3.1. RESULTADOS DE ENSAYOS.

Los ensayos a flexión fueron realizados en el laboratorio “Tecnología de Materiales” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Tabla 4.17. Resultados de los Ensayos a Flexión.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN															
DISEÑO	EDAD / DIAS	Nº	PROBETA	L: LUZ LIBRE		b: ANCHO		b: ALTURA		PESO		CARGA MAX.		ESFUERZO	
				(cm)	Prom.	(cm)	Prom.	(cm)	Prom.	(Kg)	Prom.	(Kg)	Prom.	Kg/cm ²	Prom.
I: 0.00% FIBRA	7	1	F-01-I	45.20	45.16	15.20	15.19	15.04	15.01	28.12	28.12	2160	2223	28.396	29.33
		2	F-02-I	45.16		15.24		14.98		28.26		2290		30.240	
		3	F-03-I	45.12		15.12		15.02		27.98		2220		29.365	
	14	4	F-04-I	45.10	45.11	15.26	15.23	15.00	14.98	28.22	28.13	2735	2668	35.925	35.20
		5	F-05-I	45.16		15.24		14.96		28.05		2590		34.293	
		6	F-06-I	45.08		15.20		14.99		28.13		2680		35.373	
	28	7	F-07-I	45.09	45.12	15.18	15.20	15.01	15.01	28.27	28.14	2980	2943	39.288	38.79
		8	F-08-I	45.15		15.20		15.00		27.90		2795		36.899	
		9	F-09-I	45.12		15.21		15.02		28.24		3055		40.171	
II: 0.10% FIBRA	7	10	F-01-II	45.18	45.18	15.23	15.24	14.98	14.99	28.34	28.17	2395	2358	31.661	31.14
		11	F-02-II	45.22		15.26		15.00		28.08		2422		31.898	
		12	F-03-II	45.15		15.22		14.98		28.10		2258		29.850	
	14	13	F-04-II	45.13	45.12	15.20	15.21	14.94	14.97	28.22	28.11	2720	2897	36.182	38.34
		14	F-05-II	45.12		15.22		14.98		28.18		3090		40.822	
		15	F-06-II	45.10		15.20		14.99		27.94		2880		38.030	
	28	16	F-07-II	45.20	45.18	15.24	15.24	15.00	15.00	28.07	28.13	3190	3185	42.050	41.98
		17	F-08-II	45.18		15.25		15.00		28.13		3350		44.110	
		18	F-09-II	45.16		15.23		14.99		28.18		3015		39.787	
III: 0.15% FIBRA	7	19	F-01-III	45.12	45.13	15.24	15.24	15.00	15.02	28.24	28.25	2540	2670	33.422	35.06
		20	F-02-III	45.17		15.22		15.03		28.28		2665		35.012	
		21	F-03-III	45.10		15.26		15.02		28.22		2805		36.746	
	14	22	F-04-III	45.16	45.15	15.24	15.23	14.98	14.98	28.16	28.22	3075	3152	40.606	41.63
		23	F-05-III	45.18		15.24		15.00		28.23		3160		41.636	
		24	F-06-III	45.12		15.22		14.96		28.26		3220		42.653	
	28	25	F-07-III	45.14	45.17	15.26	15.26	15.00	15.01	28.32	28.28	3342	3514	43.937	46.18
		26	F-08-III	45.22		15.25		15.02		28.23		3510		46.135	
		27	F-09-III	45.16		15.28		15.00		28.28		3690		48.470	
IV: 0.20% FIBRA	7	28	F-01-IV	45.18	45.19	15.24	15.22	15.02	15.01	28.34	28.29	2730	2875	35.874	37.88
		29	F-02-IV	45.22		15.20		15.00		28.30		3015		39.865	
		30	F-03-IV	45.16		15.23		15.01		28.24		2880		37.904	
	14	31	F-04-IV	45.23	45.20	15.20	15.22	15.02	15.00	28.18	28.23	3464	3457	45.690	45.62
		32	F-05-IV	45.20		15.22		14.98		28.27		3542		46.876	
		33	F-06-IV	45.18		15.25		15.00		28.24		3365		44.308	
	28	34	F-07-IV	45.18	45.16	15.24	15.24	15.01	15.01	28.47	28.30	3590	3802	47.238	50.02
		35	F-08-IV	45.15		15.22		15.02		28.34		3840		50.394	
		36	F-09-IV	45.16		15.25		15.00		28.09		3975		52.420	

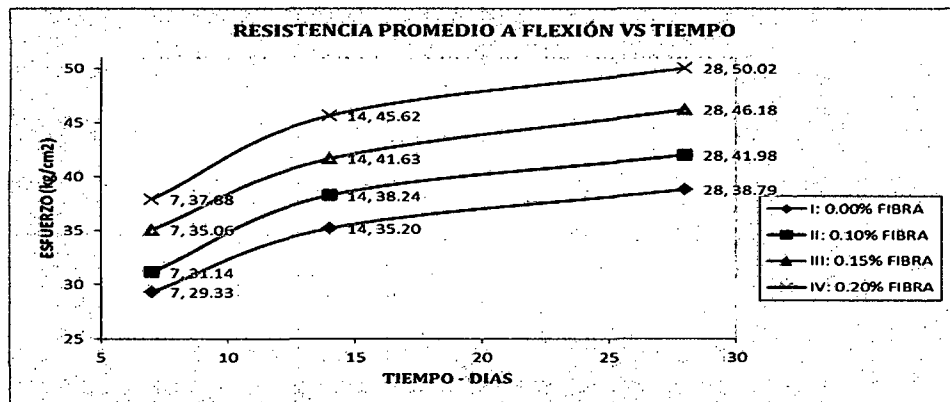
✓ Promedio de la resistencia a flexión en las diferentes dosificaciones de fibras ensayados a 7, 14 y 28 días.



Tabla 4.18. Promedio de Ensayos de Resistencia a Flexión.

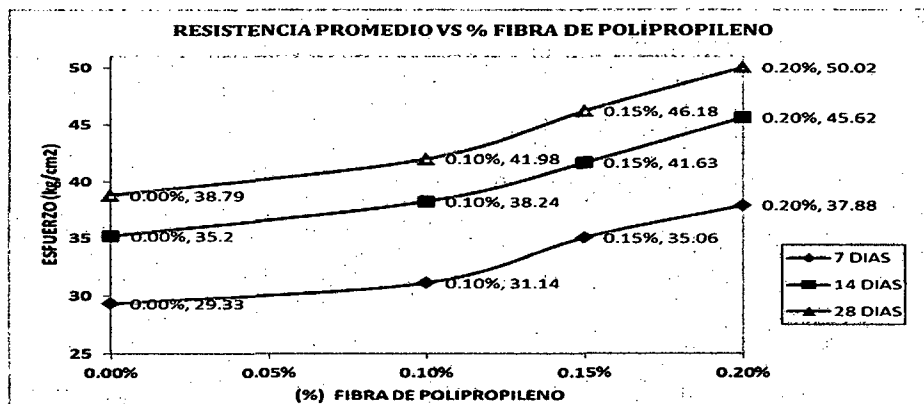
ENSAYO A FLEXIÓN (f'c: kg/cm ²)			
DISEÑO	EDAD - DIAS		
	7	14	28
I: 0.00% FIBRA	29.33	35.20	38.79
II: 0.10% FIBRA	31.14	38.24	41.98
III: 0.15% FIBRA	35.06	41.63	46.18
IV: 0.20% FIBRA	37.88	45.62	50.02

- ✓ Comparación gráfica de los ensayos realizados a flexión con las diferentes dosificaciones de fibras ensayados a los 7, 14 y 28 días.



Gráfica 4.19. Comparación Gráfica de Resistencia a Flexión vs. Edad - Tiempo/Días.

- ✓ Del gráfico 4.19. Se puede precisar que el comportamiento del concreto sin fibra es rígido y el concreto con fibras de polipropileno es dúctil. A medida que se aumenta la proporción de fibra de polipropileno a la mezcla, aumenta la resistencia a la flexión, realizados a los 7, 14 y 28 días.



Gráfica 4.20: Comparación Gráfica de Resistencia Promedio a Flexión vs. (%) Fibra de Polipropileno.

- ✓ Un incremento de fibras de polipropileno en la mezcla trae un aumento en la resistencia a flexión, además en la gráfica se puede precisar que no tiene una variación proporcional de acuerdo al incremento de 0.10%, 0.15% y 0.20% de fibra.

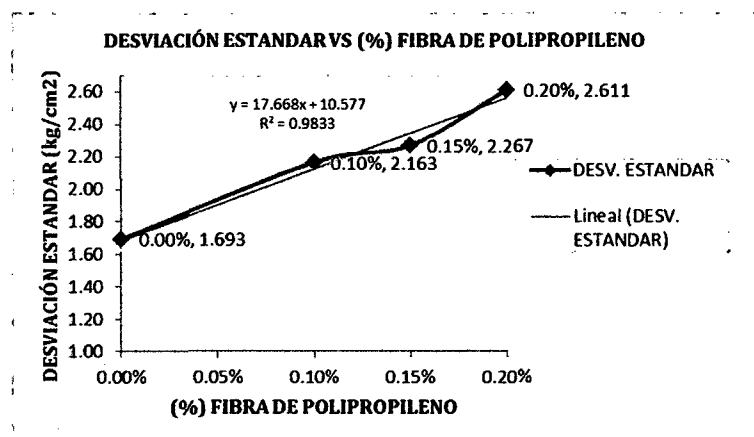
4.3.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

Con respecto al procesamiento de los datos obtenidos de los ensayos a flexión en probetas estándar de concreto con la norma NTP 339.078. Para analizar la parte descriptiva y la contrastación de la prueba de hipótesis se ha utilizado el paquete estadístico MINITAB 16 español y Microsoft Excel 2010.

Tabla 4.19. Resultados de la Estadística Descriptiva de Resistencia a Flexión – 28 días

DISEÑOS	EDAD DIAS	PROBETA N°	ESFUERZO MÁXIMO (Kg/cm ²)	ESFUERZO MÍNIMO (Kg/cm ²)	PROMEDIO (Kg/cm ²)	DESVIACIÓN ESTANDAR (Kg/cm ²)	VARIANZA	ESTÁNDAR DE CONTROL
I: 0.00% FIBRA.	28	3	40.171	36.899	38.79	1.693	2.866	Excelente
II: 0.10% FIBRA.	28	3	44.110	39.787	41.98	2.163	4.676	Excelente
III: 0.15% FIBRA.	28	3	48.470	43.937	46.18	2.267	5.139	Excelente
IV: 0.20% FIBRA.	28	3	52.420	47.238	50.02	2.611	6.818	Excelente

- ✓ De la **Tabla 4.19**. Se puede precisar que el grupo de control donde no tiene fibra de polipropileno tiene el promedio de 38.79 kg/cm², en el primer grupo de 0.10% de fibra y su promedio es 41.98 kg/cm², en el segundo grupo con proporción de 0.15% de fibra y su promedio es 46.18 kg/cm², en el tercer grupo se tiene mezcla con proporción de 0.20% de fibra y su promedio es de 50.02 kg/cm².
- ✓ Para los cuatro diseños el grado de control es excelente por la desviación estándar es menor que 14.1 kg/cm², Además es más variable del ensayo que tiene fibra en comparación al que no tiene fibra.
- ✓ En la **Gráfica 4.3**, la variación esperada con respecto al promedio de las resistencias ensayadas a los 28 días a medida que aumenta la dosificación de fibra de polipropileno, también aumenta la desviación estándar.



Gráfica 4.21: Gráfica de la Desviación Estandar vs. (%) Fibra de Polipropileno.

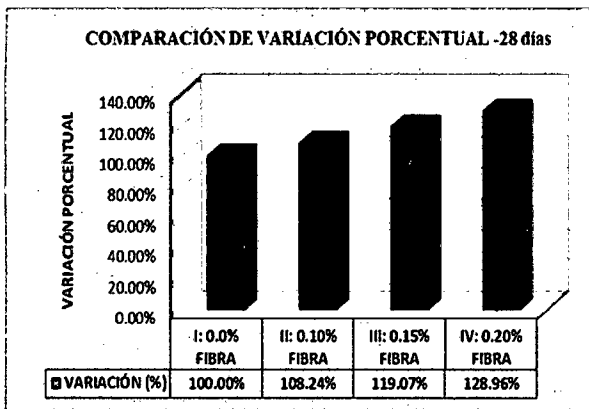
4.3.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN PORCENTUAL.

Permite determinar el crecimiento de la resistencia a flexión a medida que se adiciona más fibra de polipropileno.

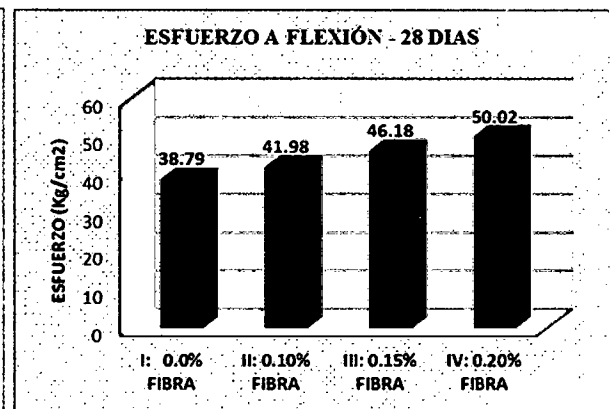
Tabla 4.20. Resumen de los promedios de resistencia y la variación porcentual.

DISEÑOS	EDAD DIAS	ESFUERZO (Kg/cm ²)	VARIACIÓN (%)
I: 0.00% FIBRA.	28	38.79	100.00%
II: 0.10% FIBRA.	28	41.98	108.24%
III: 0.15% FIBRA.	28	46.18	119.07%
IV: 0.20% FIBRA.	28	50.02	128.96%

- ✓ De la **Tabla 4.20.** Podemos precisar que los resultados de los ensayos de resistencia promedio (f'_{cr}) a la flexión a los 28 días, tiene un aumento de 8.24%, 19.07% y 28.96% respecto al diseño patrón (0.00% fibra de polipropileno).



Gráfica 4.22. Comparación de Variación Porcentual.

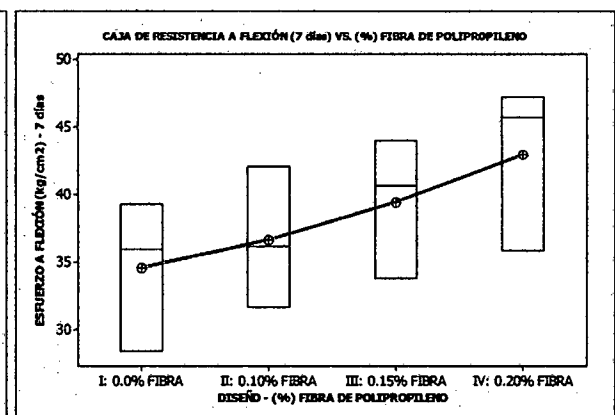
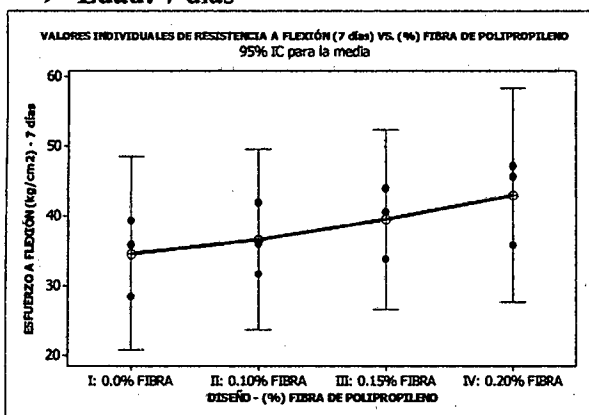


Gráfica 4.23. Esfuerzo a Flexión - 28 días.

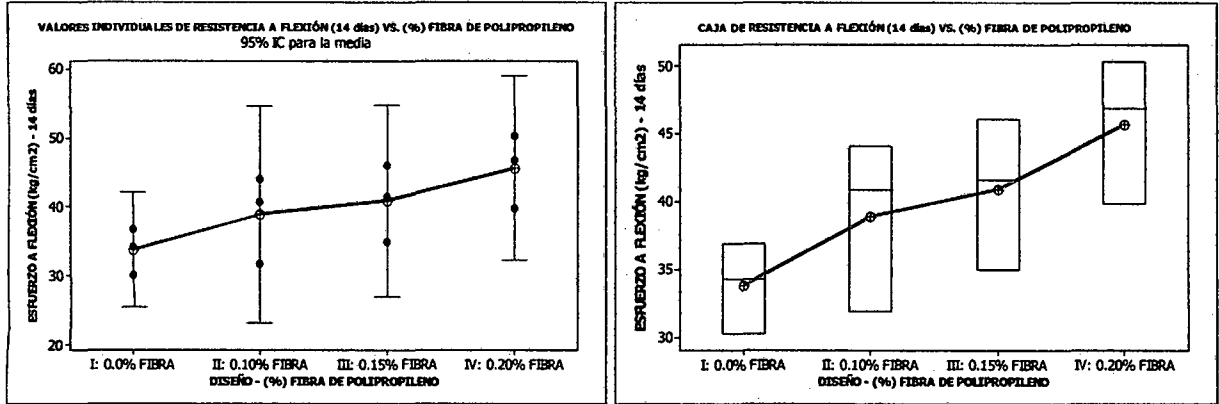
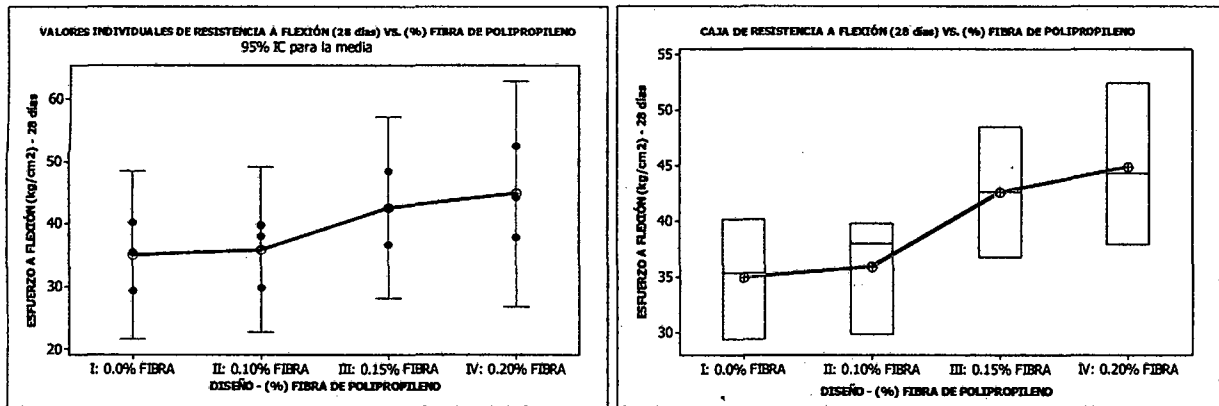
- ✓ De las **gráficas 4.22 y 4.23,** se precisa que a medida que se incrementa la dosificación de fibra, aumenta la resistencia a flexión, pero no a la misma proporción del diseño.

4.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN VALORES INDIVIDUALES Y GRÁFICO DE CAJA.

➤ **Edad: 7 días**



➤ **Gráfico 4.24. Comparación de Gráfico de Valores Individuales y Gráfico de Caja a los 7 días.**

➤ Edad: 14 días

Gráfico 4.25. Comparación de Gráfico de Valores individuales y Gráfico de Caja a los 14 días.
➤ Edad: 28 días

Gráfico 4.26. Comparación de Gráfico de Valores individuales y Gráfico de Caja a los 28 días.

- ✓ El análisis del paquete estadístico MINITAB 16 español, brinda la comparación en la resistencia a compresión con las dos formas, en valores individuales y gráfico de cajas.

4.3.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LOS TRATAMIENTOS.

Se consideró determinar el asentamiento de las tandas de mezclas en cada tipo de tratamientos que se realizaron para elaborar 3 especímenes prismáticos de concreto, se calculó el promedio de las resistencias y se evaluó el comportamiento del incremento de resistencia a medida que se incrementa las diferentes proporciones de fibra de polipropileno.

Tabla 4.21. Comportamiento de Resistencia a Flexión.

DISEÑOS	PROBETA N°	7 - DIAS		14 - DIAS		28 - DIAS	
		Promedio (Kg/cm2)	Resistencia (%)	Promedio (Kg/cm2)	Resistencia (%)	Promedio (Kg/cm2)	Resistencia (%)
I: 0.00% FIBRA.	3	29.33	75.63%	35.20	90.75%	38.79	100.00%
II: 0.10% FIBRA.	3	31.14	74.17%	38.34	91.33%	41.98	100.00%
III: 0.15% FIBRA.	3	35.06	75.92%	41.63	90.15%	46.18	100.00%
IV: 0.20% FIBRA.	3	37.88	75.74%	45.62	91.22%	50.02	100.00%

**Tabla 4.22. Asentamiento del Concreto Según la Dosificación de Fibra de Polipropileno.**

DISEÑO	TANDA N° 01: 7 DIAS	TANDA N° 02: 14 DIAS	TANDA N° 03: 28 DIAS	CONSISTENCIA
I: 0.00% FIBRA.	21.4 cm	20.0 cm	21.0 cm	Fluida
II: 0.10% FIBRA.	20.5 cm	19.5 cm	20.4 cm	Fluida
III: 0.15% FIBRA.	19.2 cm	20.4 cm	22.2 cm	Fluida
IV: 0.20% FIBRA.	20.8 cm	22.6 cm	21.8 cm	Fluida

- ✓ Se puede precisar que teniendo una consistencia fluida-húmeda $\geq 5''$ es muy trabajable, 6'' a 7'' de Slump y agregando fibra de polipropileno el concreto se hace más viscoso, donde no es necesario añadir agua, el cual puede disminuir la resistencia a flexión; porque la fibra tiene 0% de absorción.

4.3.6. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DE LOS ESPECÍMENES PRISMÁTICOS.

Se calculó el peso unitario de los especímenes prismáticos que se ensayaron a 7, 14 y 28 días que se elaboraron con cada tratamiento, para lo cual se determinó primeramente el promedio de los diámetros, la altura y peso de cada espécimen, tal como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 4.23. Promedio de Pesos Unitarios de Especímenes Prismáticos para Ensayos de Flexión.

DISEÑO	EDAD EN DIAS	PROBETAS N°	L: LUZ LIBRE (cm)	b: ANCHO (cm)	h: ALTURA (cm)	PESO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
I: 0.00% FIBRA.	7	3	45.16	15.19	15.01	28.12	2354.86
	14	3	45.11	15.23	14.98	28.13	2295.68
	28	3	45.12	15.20	15.01	28.14	2317.20
II: 0.10% FIBRA.	7	3	45.18	15.24	14.99	28.17	2354.66
	14	3	45.12	15.21	14.97	28.11	2280.26
	28	3	45.18	15.24	15.00	28.13	2248.59
III: 0.15% FIBRA.	7	3	45.13	15.24	15.02	28.25	2268.21
	14	3	45.15	15.23	14.98	28.22	2331.54
	28	3	45.17	15.26	15.01	28.28	2256.57
IV: 0.20% FIBRA.	7	3	45.19	15.22	15.01	28.29	2263.28
	14	3	45.20	15.22	15.00	28.23	2308.59
	28	3	45.16	15.24	15.01	28.30	2332.85

- ✓ El Comportamiento del peso unitario con las diferentes dosificaciones de fibra de polipropileno con los diferentes diseños, no tiene mucha variación considerable por la densidad de 48.5 kg/m³ aprox.

4.3.7. ANÁLISIS AL TIPO DE FRACTURA.

Las fracturas de los especímenes cilíndricos que son ensayados a tracción, se pueden afirmar lo siguiente.



- ✓ La descripción de la fractura empieza en el centro parte inferior del espécimen prismático, luego a medida que se aplica las cargas, sigue una línea de fractura diagonal en la parte central.
- ✓ Se observó que fallo la pasta de cemento en forma laminar, en las cara inferior y superior del espécimen, existiendo del agregado un desprendimiento de la pasta. Además la forma de rotura del espécimen prismático es diagonal en la parte central.
- ✓ La rotura del espécimen prismático con diseño sin fibra es explosiva y tiene una separación total; a diferencia de los especímenes que contiene fibra de polipropileno que es más pausado la rotura y no se separa fácilmente los fragmentos de concreto.

4.3.8. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Como se explicó en el ítem 3.9.5. Para calcular el módulo de elasticidad del concreto, se utilizó la fórmula 2.1 propuesta por el ACI, obteniéndose así los datos en la siguiente tabla.

Tabla 4.24. Módulo de Elasticidad.

DISEÑO	EDAD EN DIAS	PROBETAS N°	PESO UNITARIO (kg/m ³)	f _c a los 28 días (kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)
I: 0.00% FIBRA.	28	3	2333.85	38.79	162928.18
II: 0.10% FIBRA.	28	3	2323.91	41.98	165062.39
III: 0.15% FIBRA.	28	3	2332.83	46.18	167751.29
IV: 0.20% FIBRA.	28	3	2339.87	50.02	170100.75

- ✓ Analizando las comparaciones gráficas se puede precisar que al adicionar más fibras de polipropileno, el concreto endurecido se convierte en una estructura más elástica.

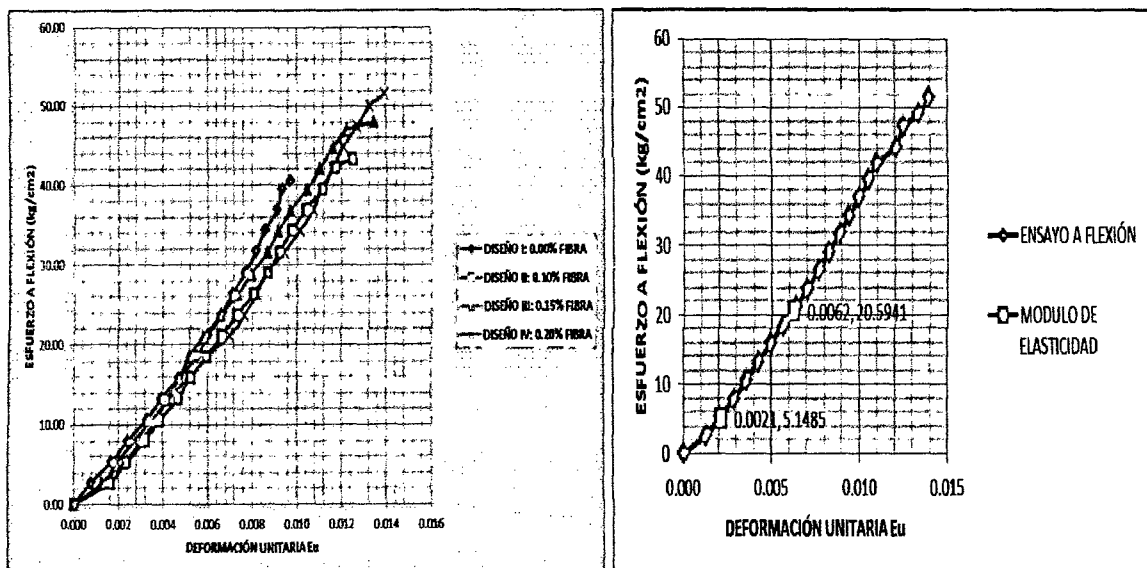


Gráfico 4.27. Comparación de Gráfica del Esfuerzo Promedio a Flexión de los Diseños.

**4.4. ANÁLISIS A FLEJO TRACCIÓN - PANELES CIRCULARES. ASTM C-1550**

Se calculó la resistencia a flexo tracción a la edad de 28 días de cada diseño, alturas, áreas, pesos unitarios, cargas máximas, esfuerzos, deformaciones, tipo de fractura, comportamiento del concreto sin fibra y con fibra en diferentes proporciones.

4.4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS.

Los ensayos a flexo tracción con paneles circulares, fueron realizados en el laboratorio "Tecnología de Materiales" de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Tabla 4.25. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Flexo Tracción.

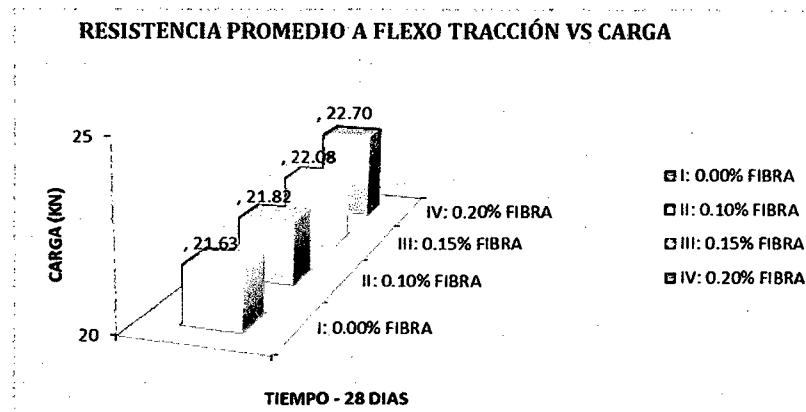
DISEÑO	EDAD / DIAS	ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEJO TRACCIÓN											TIPO DE FALLA		
		Nº	PROBETA	ALTURA		DIÁMETRO		PESO		CARGA MAX.		CARGA			
				(cm)	Prom.	(cm)	Prom.	(Kg)	Prom.	(Kg)	Prom.	KN		Prom.	
I	28	1	PC - 01 - I	7.54	7.52	80.42	80.40	87.68	87.62	87.62	2280	2207	22.344	21.63	Radial
		2	PC - 02 - I	7.50		80.38		87.62			2200		22.540		Radial
		3	PC - 03 - I	7.52		80.40		87.56			2140		20.972		Radial
II	28	4	PC - 04 - II	7.46	7.48	8032	80.34	87.48	87.58	87.58	2240	2220	21.952	21.82	Radial
		5	PC - 05 - II	7.48		80.39		87.59			2330		22.834		Radial
		6	PC - 06 - II	7.50		80.30		87.68			2110		20.678		Radial
III	28	7	PC - 07 - II	7.52	7.50	80.24	80.25	87.54	87.51	87.51	2380	2243	23.324	21.08	Radial
		8	PC - 08 - III	7.48		80.32		87.42			2250		22.050		Radial
		9	PC - 09 - III	7.50		80.20		87.58			2130		20.874		Radial
IV	28	10	PC - 10 - IV	7.53	7.49	80.15	80.18	87.46	87.45	87.45	2200	2317	21.560	22.70	Radial
		11	PC - 11 - IV	7.48		80.22		87.40			2430		23.814		Radial
		12	PC - 12 - IV	7.47		80.16		87.50			2320		22.736		Radial

- promedio de la resistencia a flexo tracción en las diferentes dosificaciones de fibras ensayados a los 28 días.

Tabla 4.26. Promedio de Ensayos de Resistencia a Flexo Tracción.

ENSAYO A FLEJO TRACCIÓN (f': KN)	
DISEÑO	EDAD - 28DIAS
I: 0.00% FIBRA	21.63
II: 0.10% FIBRA	21.82
III: 0.15% FIBRA	22.08
IV: 0.20% FIBRA	22.70

- Comparación Gráfica de los ensayos realizados a flexo tracción con las diferentes dosificaciones de fibras ensayadas a los 28 días.
- ✓ Un incremento de fibras de polipropileno en la mezcla trae un aumento en la resistencia a flexo tracción, además en la gráfica se puede precisar que no tiene una variación proporcional de acuerdo al incremento de 0.10%, 0.15% y 0.20% de fibra.



Grafica 4.28. Comparación Gráfica de Resistencia a Flexo Tracción vs. Edad – Tiempo/Días.

- ✓ Del Gráfico 4.28. Se puede precisar que el comportamiento del concreto sin fibra es rígido y el concreto con fibras de polipropileno es dúctil. A medida que se aumenta la proporción de fibra de polipropileno a la mezcla, aumenta la resistencia a flexo tracción.

4.4.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

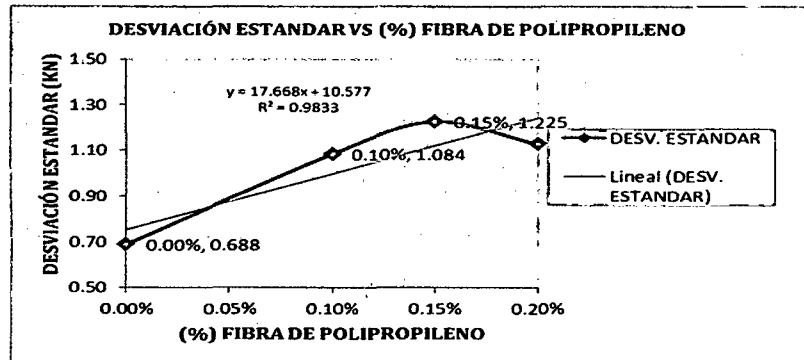
Con respecto al procesamiento de los datos obtenidos de los ensayos a flexo tracción de los paneles circulares de acuerdo a la norma ASTM C-1550. Para analizar la parte descriptiva y la contrastación de la prueba de hipótesis se ha utilizado el paquete estadístico MINITAB 16 español y Microsoft Excel 2010.

Tabla 4.27. Resultados de la Estadística Descriptiva de Resistencia a Flexo Tracción – 28 días.

DISEÑOS	EDAD DIAS	PROBETA N°	CARGA MÁXIMO (KN)	CARGA MÍNIMO (KN)	PROMEDIO (KN)	DESVIACIÓN ESTANDAR (KN)	VARIANZA	ESTÁNDAR DE CONTROL
I: 0.00% FIBRA.	28	3	20.972	22.344	21.63	0.688	0.474	Excelente
II: 0.10% FIBRA.	28	3	20.678	22.834	21.82	1.084	1.175	Excelente
III: 0.15% FIBRA.	28	3	20.874	23.324	22.08	1.225	1.501	Excelente
IV: 0.20% FIBRA.	28	3	21.560	23.814	22.70	1.127	1.271	Excelente

- ✓ De la Tabla 4.27. Se puede precisar que el grupo de control donde no tiene fibra de polipropileno tiene el promedio de 21.63 KN, en el primer grupo de 0.10% de fibra y su promedio es 21.82 KN, en el segundo grupo con proporción de 0.15% de fibra y su promedio es 22.08 KN, en el tercer grupo se tiene mezcla con proporción de 0.20% de fibra y su promedio es de 22.70KN.

- ✓ En la **Gráfica 6.29**, la variación esperada con respecto al promedio de las resistencias ensayadas a los 28 días a medida que aumenta la dosificación de fibra de polipropileno, también aumenta la desviación estándar.



Gráfica 4.29. Resumen de los Promedios de Resistencia y la Variación Porcentual.

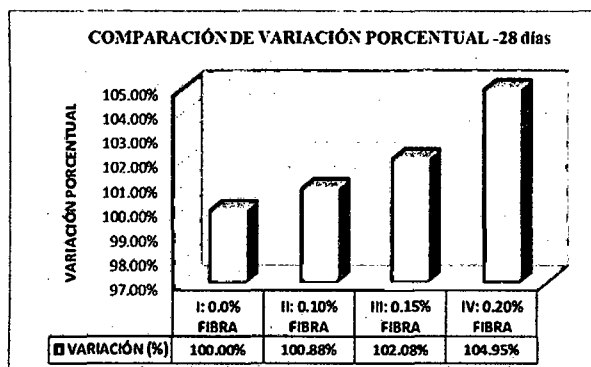
4.4.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN PORCENTUAL.

Permite determinar el crecimiento de la resistencia a flexo tracción a medida que se adiciona más fibra de polipropileno.

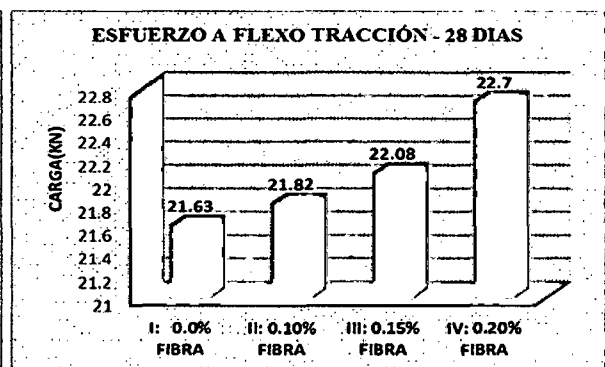
Tabla 4.28. Resumen de los promedios de resistencia y la variación porcentual.

DISEÑOS	EDAD DIAS	CARGA (KN)	VARIACIÓN (%)
I: 0.00% FIBRA.	28	21.63	100.00%
II: 0.10% FIBRA.	28	21.82	100.88%
III: 0.15% FIBRA.	28	22.08	102.08%
IV: 0.20% FIBRA.	28	22.70	104.95%

- ✓ De la **Tabla 4.28**. Podemos precisar que los resultados de los ensayos de resistencia promedio de carga (KN) a la flexo tracción a los 28 días, tiene un aumento de 0.88%, 2.08% y 4.95% respecto al diseño patrón (0.00% fibra de polipropileno).



Gráfica 4.30. Comparación de Variación Porcentual.



Gráfica 4.31. Esfuerzo a Flexo Tracción - 28 días.

- ✓ De las **Gráficas 4.30 y 4.31**, se precisa que a medida que se incrementa la dosificación de fibra, aumenta la resistencia a flexo tracción, pero no a la misma proporción del diseño.

4.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN VALORES INDIVIDUALES Y GRÁFICO DE CAJA.

➤ **Edad: 28 días**

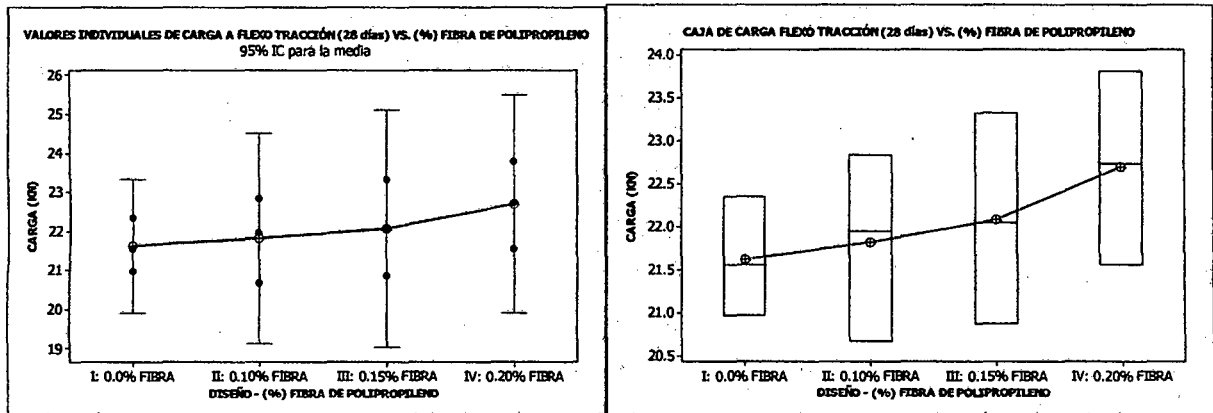


Gráfico 4.32. Comparación de Gráfico de Valores individuales y Gráfico de Caja a los 28 días.

4.4.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LOS TRATAMIENTOS.

Se consideró determinar el asentamiento de las tandas de mezclas en cada tipo de tratamientos que se realizaron para elaborar 3 paneles circulares de concreto, se calculó el promedio de las resistencias y se evaluó el comportamiento del incremento de resistencia a medida que se incrementa las diferentes proporciones de fibra de polipropileno.

Tabla 4.29. Asentamiento del Concreto Según la Dosificación de Fibra de Polipropileno.

DISEÑO	TANDA N° 01: 28 DIAS	CONSISTENCIA
I: 0.00% FIBRA.	22.2 cm	Fluida
II: 0.10% FIBRA.	21.5 cm	Fluida
III: 0.15% FIBRA.	19.8 cm	Fluida
IV: 0.20% FIBRA.	20.6 cm	Fluida

4.4.6. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DE LOS PANELES CIRCULARES.

Se calculó el peso unitario de los paneles circulares que se ensayaron a los 28 días que se elaboraron con cada tratamiento, para lo cual se determinó el promedio de los diámetros, la altura y el peso unitario de cada espécimen.

Tabla 4.30. Promedio de Pesos Unitarios de Paneles Circulares para Ensayos de Flexo Tracción.

DISEÑO	EDAD EN DIAS	PROBETAS N°	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	PESO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m3)
I: 0.00% FIBRA	28	3	7.52	80.40	87.62	2311.99
II: 0.10% FIBRA.	28	3	7.48	80.34	87.58	2309.88
III: 0.15% FIBRA.	28	3	7.50	80.25	87.51	2308.83
IV: 0.20% FIBRA.	28	3	7.49	80.18	87.45	2307.52



- ✓ De la **Tabla 4.30**. Se pueden afirmar que los pesos unitarios de las probetas sin fibra tiene un peso mayor a los que contienen fibra, sucede por la incorporación de la fibra de polipropileno hace más liviano a la estructura.

4.4.7. ANÁLISIS AL TIPO DE FRACTURA.

Las fracturas de los paneles circulares que son ensayados a flexo tracción, se pueden afirmar lo siguiente.

- ✓ El tipo de fractura presentado por estos especímenes fue progresiva presentándose inicialmente grietas en el centro del panel circular, que luego fueron creciendo hasta formarse grietas horizontales en la parte inferior.
- ✓ La descripción de la fractura empieza en el centro del panel circular, luego a medida que se aplica la carga concéntrica, sigue una fractura hacia la parte exterior.
- ✓ La forma de rotura del panel circular es radial, obteniéndose tres fallas radiales concéntricas, condicionados por los dispositivos de soporte y carga.
- ✓ La rotura del panel circular con diseño sin fibra es explosiva, a diferencia de los especímenes que contiene fibra de polipropileno que es más pausado la rotura.

4.5. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

El análisis de resultados en los ensayos a Compresión, Tracción, Flexión y Flexo Tracción con las diferentes dosificaciones de fibras de polipropileno en comparación de la mezcla base (grupo control de 0.00% fibra) con un diseño de Mezclas mediante el Método “Módulo de Finura de la Combinación de Agregados” obteniendo una proporción de materiales en peso de 1:2.20:1.58/22.66 lts/bolsa; con las demás dosificaciones de 0.10% fibra, 0.15% fibra y 0.20% fibra de polipropileno. Debido a que en los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, presenta un incremento porcentual de 7.49%, 15.53% y 25.96% en la resistencia a Compresión; 8.24%, 19.07% y 28.96% en la resistencia a Flexión; 3.65%, 9.30% y 17.66% en la resistencia a Tracción y 0.88%, 2.08% y 4.95% en la resistencia a Flexo Tracción, respecto al concreto normal sin fibra de polipropileno. Por lo tanto cabe concluir que la **Hipótesis es verdadera.**



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

Las conclusiones para la presente Tesis de investigación son las que se mencionan a continuación:

- ✓ Mediante el ensayo de resistencia promedio a Compresión de un concreto normal (0.00% fibra de polipropileno) a los 28 días es 307.79 Kg/cm²; y al incrementar fibra de polipropileno en la mezcla de concreto con la dosificación de 0.10%, 0.15% y 0.20% respecto al peso del cemento; ésta adición influye el aumento en la resistencia, obteniendo los siguientes resultados de 330.83 Kg/cm², 355.58 Kg/cm² y 387.59 Kg/cm² respectivamente; logrando un incremento porcentual de 7.49%, 15.53% y 25.96% y una desviación estándar de 12.34 Kg/cm², 13.49 Kg/cm² y 13.91 Kg/cm² con respecto concreto normal.

- ✓ Con respecto a la resistencia promedio a Tracción por compresión diametral de un concreto normal (0.00% fibra de polipropileno) a los 28 días es 24.63 Kg/cm²; y al incrementar fibra de polipropileno en la mezcla de concreto con la dosificación de 0.10%, 0.15% y 0.20% respecto al peso del cemento, ésta adición influye el aumento en la resistencia, obteniendo los siguientes resultados de 25.53 Kg/cm², 26.92 Kg/cm² y 28.98 Kg/cm² respectivamente, logrando un incremento porcentual de 3.65%, 9.30% y 17.66% y una desviación estándar de 1.17 Kg/cm², 1.58 Kg/cm² y 1.73 Kg/cm² con respecto concreto normal.

- ✓ En la resistencia promedio a flexión en viga simplemente apoyada y ensayado con carga a los tercios de la luz, de un concreto normal (0.00% fibra de polipropileno) a los 28 días es 38.79 Kg/cm²; y al incrementar fibra de polipropileno en la mezcla de concreto con la dosificación de 0.10%, 0.15% y 0.20% respecto al peso del cemento; ésta adición influye el aumento en la resistencia, obteniendo los siguientes resultados de 41.98 Kg/cm², 46.18 Kg/cm² y 50.02 Kg/cm² respectivamente, logrando un incremento porcentual de 8.24%, 19.07% y 28.96% y una desviación estándar de 2.16 Kg/cm², 2.26 Kg/cm² y 2.61 Kg/cm² con respecto concreto normal.



- ✓ La resistencia promedio de carga a la Flexo Tracción en los paneles circulares aplicando carga puntual central hasta lograr la falla radial, de un concreto normal (0.00% fibra de polipropileno) a los 28 días es 21.63 KN; y al incrementar fibra de polipropileno en la mezcla de concreto con la dosificación de 0.10%, 0.15% y 0.20% respecto al peso del cemento; ésta adición influye el aumento en la carga, obteniendo los resultados de 21.82 KN, 22.08 KN y 22.70 KN, logrando un incremento porcentual de 0.88%, 2.08% y 4.95% y una desviación estándar de 1.08 KN, 1.23 KN y 1.13 KN con respecto concreto normal.
- ✓ Los pesos unitarios de las probetas sin fibra tiene un peso mayor a los que contienen fibra, sucede por la incorporación de la fibra de polipropileno hace más liviano a la estructura. Además la rotura del concreto sin fibra es explosiva en comparación del concreto con fibra que la rotura es más dúctil.
- ✓ Se determinó el costo por m³ de S/. 254.44, S/. 270.89, S/. 279.16 y S/. 287.38, en cual corresponde a los diseños de 0.00% fibra (concreto normal), 0.10%, 0.15% y 0.20% fibra de polipropileno respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones para la presente tesis de investigación son las que se mencionan a continuación:

- ✓ Se recomienda que los superplastificantes sean añadidas a la mezcla de concreto justo antes de su descarga de la mezcladora, debido a que el incremento en el asentamiento obtenido gracias al empleo de este aditivo se mantiene sólo por 30 minutos.
- ✓ Se recomienda que al concreto con fibra de polipropileno se le dé un curado adecuado ya que este concreto es tan bueno como el curado que recibe, debe mantenerse la humedad necesaria ya sea con aplicación directa con agua o con aditivos curadores.
- ✓ Realizar estudios con diferentes tipos de fibras y las combinaciones que puedan salir de todas éstas, utilizando agregados de diferentes canteras, así como de río y cerro.
- ✓ Realizar diseños para concretos proyectados reforzados con fibras de polipropileno con diferentes f'c. analizando la variación de resistencia y el costo por m³.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

01. ACI. (2004). REPORTE DEL COMITE ACI 506. EE.UU.
02. Hermida. (2010). Concreto lanzado reforzado con fibras consideraciones y ensayos. Reunión del concreto, ASOCRETO, 165.
03. Jurgen Hofler, J. S. (2004). Introducción a la Tecnología Básica de Concreto Proyectado. Colombia: Putzmeister AG y Sika AG.
04. Rivva, Enrique. (2010). "CONCRETO TOMO II: Diseño de Mezclas", Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima – Perú.
05. Rivva, Enrique. (2004). "Naturaleza y Materiales del Concreto", Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima – Perú.
06. ABANTO CASTILLO, Flavio. (2000). "Tecnología del Concreto". Teoría y Problemas. Editorial San Marcos. Lima - Perú.
07. LEZAMA LEIVA, José. (1996). "Tecnología del Concreto". Editorial UNC, Cajamarca-Perú.
08. ENRIQUE PASQUEL, Carbajal. "Tópicos de Tecnología del Concreto". 2ª Edición. Lima – Perú.
09. Manual de laboratorio de materiales de la UNI, "Diseño y Preparación de Mezclas con Hormigón".
10. Plizzari, G., Perri, G., Cominoli, L. & Perri R. (2004). Revestimientos de túneles en concreto reforzado con fibras metálicas: Principios – Experiencias – Perspectiva. XVIII Seminario Venezolano de Geotecnia.
11. Perri, R. (2004). Concreto reforzado con fibras metálicas: Soporte primario y revestimiento definitivo para los túneles del tramo ferroviario Puerto cabello-Valencia Universidad Metropolitana. Caracas. 2004.
12. Comité ACI 211 (1985). "Proporcionamiento de Mezclas Concreto Normal, Pesado y Masivo ACI 211.1".
13. Norma ASTM C 31 (2003). Práctica Normalizada para la Preparación y Curado en Obra de las Probetas para Ensayo de Hormigón.
14. Norma ASTM C 33 (2013). Especificación Normalizada para Agregados para Concreto.
15. Norma ASTM C 39 (1999). Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.
16. Norma ASTM C 128 (2004). Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos.



17. Norma ASTM C 131 (2002). Método de Ensayo Estándar para Resistencia al Desgaste del Agregado Grueso de Tamaño Menor por Abrasión e Impacto en la Máquina Los Ángeles.
18. Norma ASTM C 136 (2005). Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos.
19. Norma ASTM C 138 (2009). Método de Ensayo Normalizado de Densidad (Peso Unitario), Rendimiento y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto.
20. Norma ASTM C 150 (2012). Especificaciones Estándar para Cementos Portland.
21. Norma ASTM C 469 (1994). Método Estándar de Ensayo para Módulo de Elasticidad Estático y Relación de Poisson del Concreto en Compresión.
22. Norma NTP 339.033 (1999) HORMIGON. Método de Ensayo para la Elaboración y Curado de Probetas Cilíndricas de Concreto en Obra.
23. Norma NTP 339.034 (1999) HORMIGON. Método de Ensayo para el Esfuerzo a la Compresión de Muestras Cilíndricas de Concreto.
24. Norma NTP 339.035 (1999) HORMIGON. Método de Ensayo para la Medición del Asentamiento del Hormigón con el Cono de Abrams.
25. Norma NTP 339.088 (1982) HORMIGON (CONCRETO). Agua para Morteros y Hormigones de Cemento Portland. Requisitos.
26. Norma NTP 400.011 (1976) AGREGADOS. Definición y Clasificación de Agregados para uso en Morteros y Concretos.
27. Norma NTP 400.012 (2001) AGREGADOS. Análisis Granulométricos del Agregado Fino, Grueso y Global.
28. Norma NTP 400.013 (2002) AGREGADOS. Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Efecto de las Impurezas Orgánicas del Agregado Fino sobre la Resistencia de Morteros y Hormigones.
29. Norma NTP 400.017 (1999) AGREGADOS. Método de Ensayo para Determinar el Peso Unitario del Agregado.
30. Norma NTP 400.020 (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños máximos.
31. ACI: American Concrete Institute, instituto americano del concreto,
32. ASTM (American Section of the International Association for Testing Materials)
33. Instituto Geofísico del Perú, jueves 16 de agosto del 2007.
34. Crecimiento Poblacional y Económico del Perú, Panorama General – Banco Mundial – Washington, marzo del 2013

**ANEXOS****ANEXO I. CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO.****1.1. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.****1.1.1. AGREGADO FINO.****Tabla A.I.1. Determinación del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.**

N°	ENSAYOS	M-1	M-2	PROMEDIO
A	Peso del material saturado superficialmente seco (gr).	500.00	500.00	
B	Peso del picnómetro más agua (gr).	671.40	675.80	
C	Peso de material saturado, picnómetro y agua (gr).	1171.40	1175.80	
D	Peso del picnómetro más material en agua (gr).	981.10	985.50	
E	Volumen de masa más volumen de vacíos (cm ³):	190.30	190.30	
F	Peso material seco (gr).	492.60	492.40	
G	Volumen de masa (cm ³)	182.90	182.70	
	a. Peso Específico de Masa (gr/cm³): [Pe = Wo/(V-Va)]	2.589	2.587	2.588
	b. Peso específico de Masa Saturado con Superficie Seca (gr/cm³): [P.e.s.s = 500/(V - Va)]	2.627	2.627	2.627
	c. Peso Específico Aparente (gr/cm³): {P.e.a = Wo/[(V-Va)-(500-Wo)]}	2.693	2.695	2.694
	d. Absorción (%): Ab = {[(500 - Wo)*100] / Wo}	1.502	1.543	1.523

1.1.2. AGREGADO GRUESO.**Tabla A.I.2. Determinación del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.**

N°	ENSAYOS	M-1	M-2	PROMEDIO
A	Peso del material saturado superficialmente seca (gr).	4000.0	4000.0	
B	Peso de material saturado al agua (gr).	2509.5	2519.9	
C	Volumen de la masa más volumen de vacíos (cm ³).	1490.5	1480.1	
D	Peso de material seco (gr).	3985.1	3984.2	
E	Volumen de masa (cm ³).	1475.6	1464.3	
	a. Peso Específico de Masa (gr/cm³): [Pe = Wo/(V-Va)]	2.674	2.692	2.683
	b. Peso específico de Masa Saturada con superficie seca (gr/cm³): [P.e.s.s = 500/(V - Va)]	2.684	2.703	2.693
	c. Peso Específico Aparente (gr/cm³): {P.e.a = Wo/[(V-Va)-(500-Wo)]}	2.701	2.721	2.711
	d. Absorción (%): {Ab = [(500 - Wo)*100] / Wo}	0.374	0.397	0.385



1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

1.2.1. AGREGADO FINO.

❖ PESO DE LA MUESTRA N°01: 1738.60 gr.

Tabla A.I.3. Ensayo de Granulometría del Agregado Fino.

MALLA N°	(mm)	PESO	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE	ESPECIFICACIÓN:	
		RETENIDO (gr)	RETENIDO Parcial (%)	RETENIDO Acumulado (%)	QUE PASA (%)	HUSO GRANULOMÉTRICO * C (NTP: 400.037)	
3/8"	9.510	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 4	4.760	31.6	1.8	1.8	98.2	95	100
N° 8	2.360	389.0	22.4	24.2	75.8	80	100
N° 16	1.180	423.0	24.3	48.5	51.5	50	85
N° 30	0.600	338.6	19.5	68.0	32.0	25	60
N° 50	0.300	164.1	9.4	77.4	22.6	10	30
N° 100	0.150	156.6	9.0	86.4	13.6	2	10
N° 200	0.075	37.6	2.2	88.6	11.4	0	5
Cazoleta		198.1	11.4	100.0			

* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos.

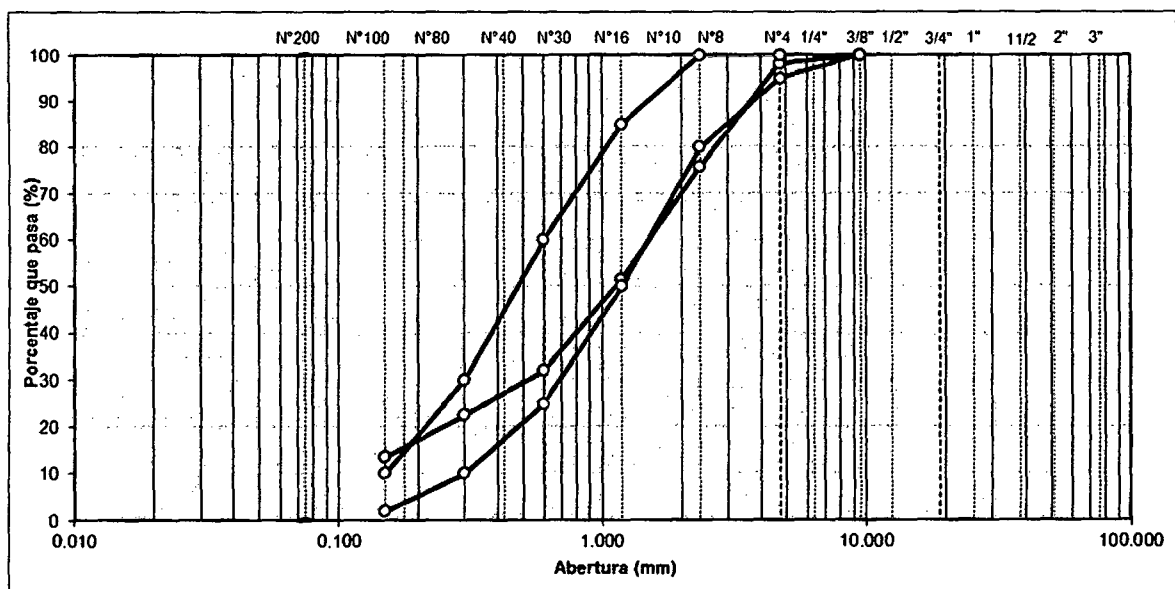
❖ MODULO DE FINURA.

$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acu } (N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$MF = \frac{1.8 + 24.2 + 48.5 + 68.0 + 77.4 + 86.4}{100} = 3.06$$

❖ CURVA GRANULOMÉTRICA.

✓ Huso Granulométrico "C", según NTP 400.037 (normalizada por el ASTM C 33)



Gráfica A.I.1: Curva Granulométrica del Agregado Fino.



1.2.2. AGREGADO GRUESO.

❖ PESO DE LA MUESTRA N°02: 14583.00 gr.

Tabla A.I.4. Ensayo de Granulometría del Agregado Grueso.

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO Parcial (%)	PORCENTAJE RETENIDO Acumulado (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIÓN HUSO GRANULOMÉTRICO	
Nº	(mm)					ASTM N° 56 (NTP: 400.037)	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.40	273.0	1.9	1.9	98.1	95	100
3/4"	19.00	4146.0	28.4	30.3	69.7		
1/2"	12.70	5756.0	39.5	69.8	30.2	25	60
3/8"	9.51	1910.0	13.1	82.9	17.1		
Nº 4	4.76	2236.0	15.3	98.2	1.8	0	10
Nº 8	2.360	160.0	1.1	99.3	0.7	0	5
< Nº 8		102.0	0.7	100.0			

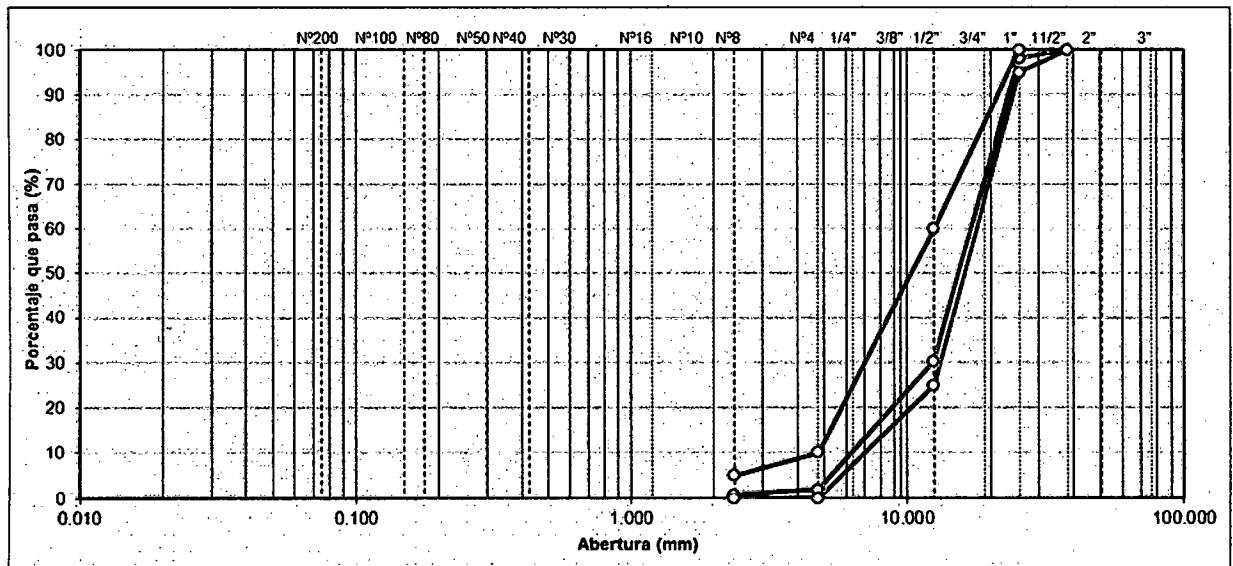
❖ MODULO DE FINURA.

$$MF = \frac{\% \text{ Re t. Acum. } (1.1 / 2" + 3 / 4" + 3 / 8") + 600}{100}$$

$$MF = \frac{(0.0 + 30.3 + 82.9) + 600}{100} = 7.13$$

❖ CURVA GRANULOMÉTRICA

✓ Huso Granulométrico "ASTM N° 56", según NTP 400.037 (normalizada por el ASTM C 33)



Gráfica A.I.2: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.

❖ El Tamaño Máximo es: 1/2"

❖ El Tamaño Máximo Nominal es: 3/8"

**1.3. PESO UNITARIO.****Tabla A.I.5. Determinación del Peso Unitario Suelto del Agregado Fino.**

ENSAYO N°	M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente (kg.)	11.387	11.387	11.387
Peso del recipiente + material(Kg.)	19.878	19.908	19.851
Peso del material (kg.)	8.491	8.521	8.464
Volumen del molde (m3)	0.005626	0.005626	0.005626
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1509.2	1514.6	1504.4
Promedio (Kg/m3)	1509.0		

Tabla A.I.6. Determinación del Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso.

ENSAYO N°	M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente (Kg.)	11.387	11.387	11.387
Peso del recipiente + material(Kg.)	19.402	19.435	19.419
Peso del material (Kg.)	8.015	8.048	8.032
Volumen del molde (m3)	0.005626	0.005626	0.005626
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1424.6	1430.5	1427.7
Promedio (Kg/m3)	1428.0		

Tabla A.I.7. Determinación del Peso Unitario Compactado Agregado Fino.

ENSAYO N°	M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente (Kg.)	11.387	11.387	11.387
Peso del recipiente + material(Kg)	21.083	21.109	21.085
Peso del material (Kg.)	9.696	9.722	9.698
Volumen del molde (m3)	0.005626	0.005626	0.005626
Peso Unitario Compactado(Kg/m3)	1723.4	1728.0	1723.8
Promedio (Kg/m3)	1725.0		

Tabla A.I.8. Determinación del Peso Unitario Compactado Agregado Grueso.

ENSAYO N°	M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente (Kg.)	11.387	11.387	11.387
Peso del recipiente + material(Kg.)	20.286	20.306	20.296
Peso del material (Kg.)	8.899	8.919	8.909
Volumen del molde (m3)	0.005626	0.005626	0.005626
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1581.8	1585.3	1583.5
Promedio (Kg/m³)	1584.0		

**1.4. CONTENIDO DE HUMEDAD.****Tabla A.I.9. Determinación del Contenido de Humedad del Agregado Fino.**

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
<i>A. Peso de la Tara.</i>	83.00	85.00	80.00
<i>B. Peso de la Tara con Agregado Húmedo.</i>	575.17	557.98	562.70
<i>C. Peso del Agregado Inalterado.</i>	492.17	472.98	482.70
<i>D. Peso de la Tara con Agregado Seco.</i>	557.93	541.06	545.60
<i>E. Peso de Agregado Seco.</i>	474.93	456.06	465.60
<i>F. Peso del Contenido de Agua.</i>	17.24	16.92	17.10
<i>G. Contenido de Humedad [%W].</i>	3.63	3.71	3.67
<i>H. Promedio.</i>	3.67		

Tabla A.I.10. Determinación del Contenido de Humedad del Agregado Grueso.

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
<i>A. Peso de la Tara.</i>	85.00	83.00	80.00
<i>B. Peso de la Tara con Agregado Húmedo.</i>	1131.90	1183.59	1066.30
<i>C. Peso del Agregado Inalterado.</i>	1046.90	1100.59	986.30
<i>D. Peso de la Tara con Agregado Seco.</i>	1128.40	1179.96	1062.86
<i>E. Peso de Agregado Seco.</i>	1043.40	1096.96	982.86
<i>F. Peso del Contenido de Agua.</i>	3.50	3.62	3.44
<i>G. Contenido de Humedad [%W].</i>	0.34	0.33	0.35
<i>H. Promedio.</i>	0.34		

1.5. ABRASIÓN.**Tabla A.I.11. Determinación del Porcentaje de Desgaste del Agregado Grueso.**

MUESTRA	M-1
GRADACIÓN	"A"
Nº DE ESFERAS	12
TAMIZ (Nº)	PESO RETENIDO (grs.)
1"	1,250
3/4"	1,250
1/2"	1,250
3/8"	1,250
PESO TOTAL	5,001
MATERIAL RETENIDO TAMIZ Nº 12	4,203
MATERIAL PASANTE TAMIZ Nº 12	798
PORCENTAJE DE DESGASTE	16.0

1.6. MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ Nº 200.**Tabla A.I.12. Determinación del Material más Fino que el Tamiz Nº 200.**

ENSAYO	AGREGADO FINO
<i>Material más fino que el Tamiz Nº 200 (%)</i>	11.4

**ANEXO II. ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGREGADO PARA CONCRETO.****2.1. CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO.****2.1.1. TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES.**

NORMA: MTC E - 212

FRACCIÓN		PESO MÍNIMO (g)	TAMIZ DE LAVADO	PESO MUESTRAS ENSAYADAS (g)	PERDIDA OBTENIDA MUESTRA N° 1 (g)	PERDIDA OBTENIDA MUESTRA N° 2 (g)	PERDIDA OBTENIDA MUESTRA N° 3 (g)	PROMEDIO TERRONES DE ARCILLAS Y PARTÍCULAS FRIABLES (%)
PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ							
N° 4	N° 16	100	N° 20	200.00	0.30	0.15	0.30	0.13

2.1.2. SALES SOLUBLES TOTALES, AGREGADO FINO.

NORMA: MTC E - 219

MUESTRA	CANTIDAD MÍNIMA (g)	AFORO MÍNIMO (ml)	SALES SOLUBLES %
Agregado fino	500	500	0.1204
PROMEDIO			0.1204

2.1.3. CONTENIDO DE SULFATOS, EXPRESADOS COMO IÓN SO₄.

NORMA: AASHTO T290

MUESTRA	UNIDAD	SULFATOS (SO ₄ ²⁻) (ppm)
Agregado Fino	ppm	112.08

2.1.4. CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS.

NORMA: MTC E - 211

PROCEDIMIENTOS	
PESO DE MUESTRA	200 g
SOLUCIÓN DE LAVADO	CCl ₄ (Tetracloruro de Carbono)
$L = \frac{\text{Peso Seco de las partículas retenidas en el Colador}}{\text{Peso Seco de la muestra retenida en el Tamiz N° 50}} \times 100$	
Porcentajes de partículas livianas	0.0780%

2.1.5. CANTIDAD DEL CONTENIDO DE CLORUROS (Cl⁻).

NORMA: AASHTO T291

MUESTRA	UNIDAD	CLORUROS (Cl ⁻) (ppm)
Agregado Fino	ppm	84.22

**2.1.6. DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD AGREGADO / ÁLCALI (Método Químico)**

NORMA: ASTM C 289

MUESTRA	AGREGADO - ÁLCALI	
	Concentración sílice (sc) (mmol/L)	Reducción de alcalinidad (Rc) (mmol/L)
<i>Agregado Fino</i>	115.16	70.10

CONCLUSIONES:

De acuerdo a la norma ASTM C-289, los resultados de este ensayo, nos indica que la muestra se halla como **POTENCIALMENTE REACTIVO**.

2.1.7. IMPUREZAS ORGANICAS EN EL AGREGADO FINO.

NORMA: MTC E 213

PROCEDIMIENTOS	
<i>Peso de muestra</i>	500g
<i>Solución de ensayo</i>	Hidróxido de sodio (3%)
<i>Solución patrón (K₂Cr₂O₇)</i>	Grado reactivo
<i>Tiempo de saturación</i>	24 horas
RESULTADO	NO PRESENTA IMPUREZAS

CONCLUSIONES:

Como resultado tenemos que el ensayo colorimétrico correspondió al color #2 (tono amarillo claro en la solución) una cantidad de materia orgánica tolerable en los agregados para preparar el concreto.

2.2. CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO.**2.2.1. TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES.**

NORMA: MTC E - 212

FRACCIÓN		PESO MÍNIMO (g)	TAMIZ DE LAVADO	PESO MUESTRAS ENSAYADAS (g)	PESO MUESTRA LAVADA (g)	PERDIDA OBTENIDA MUESTRA (g)	PORCENTAJE GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PROMEDIO (%)
PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ							
1 1/2"	3/4"	3000	N° 4	3190	3180	0.31	13.4	4.20
3/4"	3/8"	2000	N° 4	2155	2151	0.19	52.3	9.90
3/8"	N° 4	1000	3/8"	1050	1049	0.10	29.7	3.00
TOTAL		600		6395	6380	6380	95.4	17.10
<i>porcentaje terrones de arcilla y partículas friables</i>			$\frac{\text{Total E}}{\text{Total D}}$	-	-	$\frac{17.10}{95.40}$		0.18

NOTA:

D: porcentaje retenido gradación original.

E: promedio de terrones de arcilla y partículas friables.

2.2.2. SALES SOLUBLES TOTALES, AGREGADO GRUESO.

NORMA: MTC E - 219



MUESTRA	CANTIDAD MÍNIMA (g)	AFORO MÍNIMO (ml)	SALES SOLUBLES %
Grava(50-20)mm	1000	500	0.0560
Grava(20-5)mm	500	500	0.0432
PROMEDIO			0.0496

2.2.3. CONTENIDO DE SULFATOS, EXPRESADOS COMO IÓN SO₄.

NORMA: AASHTO T290

MUESTRA	UNIDAD	SULFATOS (SO ₄ ²⁻) (ppm)
ÚNICA	ppm	83.11

2.2.4. CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS.

NORMA: MTC E - 202

PROCEDIMIENTOS	
PESO DE MUESTRA	200 g
SOLUCIÓN DE LAVADO	CCl ₄ (Tetracloruro de Carbono)
$L = \frac{\text{Peso Seco de las partículas retenidas en el Colador}}{\text{Peso Seco de la muestra retenida en el Tamiz N° 50}} \times 100$	
Porcentajes de partículas livianas	0.0620%

2.2.5. CANTIDAD DEL CONTENIDO DE CLORUROS (Cl⁻).

NORMA: AASHTO T291

MUESTRA	UNIDAD	CLORUROS (Cl ⁻) (ppm)
ÚNICA	ppm	60.44

2.2.6. DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD AGREGADO / ÁLCALI (Método Químico)

NORMA: ASTM C 289

MUESTRA	AGREGADO - ÁLCALI	
	Concentración sílice (Sc) (mmol/L)	Reducción de alcalinidad (Rc) (mmol/L)
Agregado Fino	20.20	45.08

CONCLUSIONES:

De acuerdo a la norma ASTM C-289, los resultados de este ensayo, nos indica que la muestra se halla como MATERIAL ACEPTABLE.

2.2.7. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE CARBÓN Y LIGNITO.

NORMA: MTC E 215

PROCEDIMIENTOS	
Peso de muestra	200g
Solución de ensayo	250 ml p.e.=2.0
Solución de lavado	CCl ₄ (tetracloruro de carbono)
$\% \text{ Carbón y Lignito} = \frac{\text{Peso de las partículas decantadas}}{\text{Peso de la muestra en gramos}} \times 100$	
% de carbón y lignito	0.0871%



ANEXO III: DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$.

3.1. CONCRETO NORMAL CON 0.00% DE FIBRA DE POLIPROPILENO.

1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO.		
<i>Según la Tabla 3.7: El valor de "s", se estimará para un coeficiente de variación y grado de control excelente en obra; el mismo que según la Tabla 3.7 es del orden del 12%.</i>		
✓ Resistencia a compresión de diseño.	$f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	
✓ Resistencia a compresión promedio.	$f'cr=s*f'c=1.12*280=313.60 \text{ Kg/cm}^2$	
2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL.		
<i>Según las características físicas del agregado, y en concordancia con lo estipulado en las normas de diseño estructural, para el agregado grueso se considerara.</i>		
✓ Tamaño máximo nominal TMN.	3/8"=9.50mm	
3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO.		
<i>Según la Tabla 3.11: Se considerara una mezcla trabajable para los distintos tipos de construcción a utilizando el concreto proyectado.</i>		
✓ Slump.	≥ 5"	Consistencia Húmeda
4. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA Y PORCENTAJE DE AIRE.		
<i>Según la Tabla 3.13:</i>		
✓ Agua de mezclado.	243 Lts.	
✓ Aire Atrapado.	3.0 %	
5. RELACIÓN AGUA CEMENTO.		
<i>Se tomara el valor de:</i>	A/C=0.578	Cualquier otro tipo de estructuras
6. FACTOR CEMENTO		
$A/C=0.578 \rightarrow 243/C=0.578 \Rightarrow C=420.415 \text{ Kg/m}^3$	$C=9.89 \text{ Bls/m}^3$	
7. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DE LA PASTA DE CEMENTO.		
✓ Volumen Absoluto de Cemento.	420.415 Kg.	0.1352 m ³
✓ Volumen Absoluto de Agua.	243.00 Lts.	0.2430 m ³
✓ Volumen Absoluto de Aire.	3.0%	0.0300 m ³
✓ Volumen Absoluto de la Pasta de Cemento.		0.4082 m ³
✓ Volumen Absoluto de los Agregados.	$= 1.0 \text{ m}^3 - 0.4082 \text{ m}^3 =$	0.5918 m ³
8. MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.		
<i>Según la Tabla 3.20.</i>		
<i>Para 8 sacos por metro cubico:</i>	8.00 sacos $\rightarrow mc=4.61$	
<i>Para 9 sacos por metro cubico:</i>	9.00 sacos $\rightarrow mc=4.89$	
<i>Extrapolando para 9.28 sacos, se tiene:</i>	8.00 $\rightarrow 4.61$	$\Rightarrow mc=4.7612$
	9.00 $\rightarrow 4.89$	
	9.89 $\rightarrow x$	
9. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE AGREGADO FINO		
<i>Según la Ecuación:</i>	$rf = \frac{7.13 - 4.7612}{7.13 - 3.06} \times 100 = 58.26\%$	
$rf = \frac{mg - m}{mg - mf} \times 100$, se tiene:		
10. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO Y GRUESO.		
✓ Volumen Absoluto del Agregado Fino.	$=0.5826*0.5918\text{m}^3$	$=0.3448\text{m}^3$
✓ Volumen Absoluto del Agregado Grueso.	$=0.4174*0.5918\text{m}^3$	$=0.2470\text{m}^3$
✓ Peso del Agregado Fino Seco.	$=0.3448\text{m}^3 \times 2588\text{Kg/m}^3$	$= 892.4071 \text{ Kg.}$
✓ Peso del Agregado Grueso Seco.	$=0.2470\text{m}^3 \times 2683\text{Kg/m}^3$	$= 662.6293\text{Kg.}$
11. CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO.		
✓ Cemento.	420.42 Kg.	
✓ Agua.	243.00 Lt.	
✓ Agregado Fino.	892.4071 Kg.	
✓ Agregado Grueso.	662.6293 Kg.	
12. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS.		
✓ Agregado Fino.	$892.4071 \times (1 + (3.67/100)) =$	925.1824 Kg.
✓ Agregado Grueso.	$662.6293 \times (1 + (0.34/100)) =$	664.8521 Kg.
✓ Agua Efectiva.	$243 - 892.4071 \times (3.67 - 1.52) / 100 - 662.6293 \times (0.34 - 0.39) / 100 =$	224.1446 Lt.



13. CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 DE CONCRETO CORREGIDOS POR HUMEDAD.		
✓ Cemento.	420.42 Kg.	
✓ Agua.	224.1446 Lt.	
✓ Agregado Fino Húmedo.	925.1824 Kg.	
✓ Agregado Grueso Húmedo.	664.8521 Kg.	
14. DETERMINACIÓN DEL PROPORCIONAMIENTO DE LOS MATERIALES EN PESO.		
✓ Cemento.	420.42 Kg. /420.42 =	1
✓ Agua.	224.1446 Lt. /420.42 =	22.66
✓ Agregado Fino.	925.1824 Kg./420.42 =	2.20
✓ Agregado Grueso.	664.8521 Kg. /420.42 =	1.58
15. PROPORCIONAMIENTO DE LOS MATERIALES EN VOLUMEN APARENTE.		
✓ Cemento.		1
✓ Agua.		22.66
✓ Agregado Fino.		2.11
✓ Agregado Grueso.		1.66
La realización de la primera mezcla de concreto se empleó los siguientes datos para una colada de 0.06 m3 y obteniéndose los siguientes resultados.		
✓ Cemento.		25.225 Kg.
✓ Agua.		13.449 Kg.
✓ Agregado Fino Húmedo.		55.511 Kg.
✓ Agregado Grueso Húmedo.		39.891 Kg.
✓ 0.01% EUCO - AIR MIX 200.		0.101 Kg.
✓ 0.40% EUCO - WR 91.		0.003 Kg.



Peso de los Agregados



Peso de la Fibra de Polipropileno



Peso del Superplastificante EUCO WR91



Peso de la Probeta Cilíndrica



Medida del Slump



Peso unitario del Concreto Fresco

Imagen A.III.1. Pesos y Medidas de los Materiales.



3.2. CONCRETO CON 0.10%, 0.15% Y 0.20% DE FIBRA DE POLIPROPILENO.

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO NORMAL
CON CEMENTO PORTLAND**

SOLICITADO 280 Kg/cm²

MÉTODO DISEÑO: MODULO DE FINURA COMBINACIÓN DE AGREGADOS		TIPO DE CONSTRUCCIÓN:	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS f _c = 280 Kg/cm ²		ASENTAMIENTO (SLUMP): 6 pulg	
CEMENTO PORTLAND (ASTM C-150)	TIPO : I	MARCA : PACASMAYO	PC PESO ESPECÍFICO : 3.11

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS		AGREGADOS			
		F	FINO	G	GRUESO
I	GRAVEDAD ESPECIFICA BULK (BASE SECA)	2.588		2.683	
II	PESO UNITARIO SUELTO SECO	1,509.0		1,428.0	
III	PESO UNITARIO SECO COMPACTADO - ASTM C-129	1725.0		1,584.0	
IV	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN - ASTM C-29	1.523		0.385	
V	CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216	3.673		0.335	
VI	MÓDULO DE FINEZA - ASTM C-125	3.063		7.132	
VII	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	-		3/8	
VIII	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DEL AGREGADO FINO	%		58.26	

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA			FÓRMULAS	VALORES
A	ASENTAMIENTO-REVENIMIENTO (SLUMP)	Pulg.	A	6" - 7"
B	VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA	Lt.	B	243.00
C	PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO	%	C	3.00
D	RELACION AGUA - CEMENTO		D	0.578
E	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO COMPACTADO	m ³ .	E	0.590
H	PESO DEL CEMENTO	Kg.	H	B/D
I	PESO SECO DEL AGREGADO GRUESO	Kg.	I	[III]G*E
J	VOLUMEN ABSOLUTO DEL CEMENTO	m ³ .	J	H/(PC*1000)
K	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGUA	m ³ .	K	B/1000
L	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AIRE	m ³ .	L	C/100
M	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO	m ³ .	M	(1-(J+K+L))*(1-(VIII/100))
N	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	m ³ .	N	(1-(J+K+L))*(VIII/100)
O	PESO SECO DEL AGREGADO FINO	Kg.	O	N*[IF]*1000
P	PESO DEL AGREGADO FINO HÚMEDO	Kg.	P	O*(1+[VF]/100)
Q	PESO DEL AGREGADO GRUESO HÚMEDO	Kg.	Q	I*(1+[VG]/100)
R	HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO FINO	%	R	[VF]-[IVF]
S	HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO GRUESO	%	S	[VG]-[IVG]
T	APORTE DE AGUA DEL AGREGADO FINO	Lt.	T	0*(R/100)
U	APORTE DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO	Lt.	U	I*(S/100)
V	APORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS	Lt.	V	T+U
W	AGUA EFECTIVA	Lt.	W	B-V

VALORES DE DISEÑO POR METRO CÚBICO DE MEZCLA (SECO)

CEMENTO : 420.4152 Kg	AGUA : 243.0000 lt	AGREGADO FINO : 892.4071 Kg	AGREGADO GRUESO : 662.6293 Kg
-----------------------	--------------------	-----------------------------	-------------------------------

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

CEMENTO : 420.4152 Kg	AGUA : 224.1446 lt	AGREGADO FINO : 925.1824 Kg	AGREGADO GRUESO : 664.8521 Kg
-----------------------	--------------------	-----------------------------	-------------------------------

PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO

COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN	
	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD
CEMENTO	1	1	1	1
AGREGADO FINO	2.12	2.20	2.11	2.11
AGREGADO GRUESO	1.58	1.58	1.66	1.66
AGUA (En litros/bol.)	24.57	22.66	24.57	22.66

OBSERVACIONES	FACTOR CEMENTO =	9.89 bolsas/m ³	Air Mix	4.2cc	0.01%
	0.01% AIR MIX 200-EUCO =	0.042 kg/m ³	WR 91	144cc	0.40%
	0.40% WR 91 - EUCO =	1.682 kg/m ³			
	0.10% POLIPROPILENO	0.420 kg/m ³			
	0.15% POLIPROPILENO	0.631 kg/m ³			
0.20% POLIPROPILENO	0.841 kg/m ³				

★ El porcentaje en la dosis de los aditivos de 0.01% AIR MIX 200 y 0.40% WR - 91, se han realizados ensayos previos en el "Laboratorio Ensayo de Materiales" de COSAPI, considerando factores como el comportamiento del concreto y economía, pero sin alterar los requisitos establecidos en las Normas Técnicas, especialmente en el concreto endurecido.



ANEXO IV: COSTO Y PRESUPUESTO.

4.1. CONCEPTOS PRELIMINARES.

Para satisfacer sus necesidades, el hombre tiene que producir bienes y servicios.

Las actividades que debemos realizar para producir estos bienes y servicios constituyen un proceso productivo.

4.2. COSTO.

En un proceso productivo, costo para un productor (empresario) es la suma de todos los importes o desembolsos relacionados a la compra de los insumos que demanda la producción de un determinado bien o servicio.

* Precio. Desde el punto de vista del productor (empresario), es el monto que representa al costo del bien que se le añade la utilidad o beneficio para ofertarlo en el mercado.

$$\text{PRECIO} = \text{COSTO} + \text{UTILIDAD}$$

4.3. PRESUPUESTO.

Es la cuantificación anticipada del costo que se estima va a demandar la producción de un determinado bien o servicio.

Esta estimación constituye un valor probable que permite conocer resultados anticipadamente y debe estar formulado en cuadros o documentos para visualizar su estructura y contenido.

El presupuesto es una suposición lógica y razonable del costo de un bien y se determina mediante un procedimiento conocido como "Análisis del Costo".

**4.4. ANÁLISIS DE COSTOS.**

Trataremos de dar un alcance de un análisis de costos del concreto estudiado, en lo que respecta sólo a los materiales, para ser tomado sólo como referencia o si se quiere como un punto de partida para una posterior evaluación.

Como se indicó sólo se está considerando el análisis de costos de los materiales, en lo que respecta a la mano de obra no ha sido tomada en cuenta por lo que son concretos no convencionales por lo tanto en lo que se refiere a la mano de obra se tiene poca experiencia y no está establecido actualmente el costo de concreto.

4.5. ANALISIS DE COSTO UNITARIO.**4.5.1. PRECIOS DE LOS INSUMOS.**

Los precios sólo son válidos para la ciudad de Cajamarca y no incluyen IGV.

Tabla A.IV.1. Precio Unitario de los Materiales.

MATERIALES	UND.	P.U.S/.
Cemento Portland Tipo I – PACASMAYO	Bls.	21.50
Agua	M3	1.00
Agregado Fino	M3	60.00
Agregado Grueso	M3	58.00
EUCO WR – 91 : Superplastificante	Kg.	3.30
EUCO AIR MIX: Incorporador de Aire	Kg.	4.60
600 gr. Fibra de Polipropileno	Bls.	23.50

Tabla A.IV.2. Precio Unitario de los Materiales por Unidad de Kilogramo (Kg.)

MATERIALES	UND.	P.U.S/.
Cemento Portland Tipo I - PACASMAYO	Kg.	0.5058
Agua	Kg.	0.0010
Agregado Fino	Kg.	0.0232
Agregado Grueso	Kg.	0.0216
EUCO WR - 91 : Superplastificante	Kg.	3.30
EUCO AIR MIX: Incorporador de Aire	Kg.	4.60
Fibra de Polipropileno	Kg.	39.17

Fuente:

- ✓ Los costos de los aditivos EUCO son de la Empresa Química Suiza S.A. - Lima.
- ✓ El Costo de la Fibra de Polipropileno es de productos SIKA S.A. – Lima.

**4.5.2. COSTO POR METRO CUBICO PARA CADA DISEÑO DE MEZCLA.**

Tabla A.IV.3. Análisis de Costos Unitarios para cada Mezcla.

MEZCLA	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U	PARCIAL	TOTAL
I: 0.00% FIBRA	Cemento Portland Tipo I - PACASMAYO	Kg.	420.42	0.5058	212.65	S/. 254.44
	Agua	Kg.	224.15	0.0010	0.22	
	Agregado Fino	Kg.	925.18	0.0232	21.46	
	Agregado Grueso	Kg.	664.85	0.0216	14.36	
	EUCO WR - 91 : Superplastificante	Kg.	1.682	3.30	5.55	
	EUCO AIR MIX: Incorporador de Aire	Kg.	0.042	4.60	0.19	
	Fibra de Polipropileno	Kg.	0.00	39.17	0.00	
II: 0.10% FIBRA	Cemento Portland Tipo I - PACASMAYO	Kg.	420.42	0.5058	212.65	S/. 270.89
	Agua	Kg.	224.15	0.0010	0.22	
	Agregado Fino	Kg.	925.18	0.0232	21.46	
	Agregado Grueso	Kg.	664.85	0.0216	14.36	
	EUCO WR - 91 : Superplastificante	Kg.	1.682	3.30	5.55	
	EUCO AIR MIX: Incorporador de Aire	Kg.	0.042	4.60	0.19	
	Fibra de Polipropileno	Kg.	0.420	39.17	16.45	
III: 0.15% FIBRA	Cemento Portland Tipo I - PACASMAYO	Kg.	420.42	0.5058	212.65	S/. 279.16
	Agua	Kg.	224.15	0.0010	0.22	
	Agregado Fino	Kg.	925.18	0.0232	21.46	
	Agregado Grueso	Kg.	664.85	0.0216	14.36	
	EUCO WR - 91 : Superplastificante	Kg.	1.682	3.30	5.55	
	EUCO AIR MIX: Incorporador de Aire	Kg.	0.042	4.60	0.19	
	Fibra de Polipropileno	Kg.	0.631	39.17	24.72	
IV: 0.20% FIBRA	Cemento Portland Tipo I - PACASMAYO	Kg.	420.42	0.5058	212.65	S/. 287.38
	Agua	Kg.	224.15	0.0010	0.22	
	Agregado Fino	Kg.	925.18	0.0232	21.46	
	Agregado Grueso	Kg.	664.85	0.0216	14.36	
	EUCO WR - 91 : Superplastificante	Kg.	1.682	3.30	5.55	
	EUCO AIR MIX: Incorporador de Aire	Kg.	0.042	4.60	0.19	
	Fibra de Polipropileno	Kg.	0.841	39.17	32.94	

Tabla A.IV.4. Resumen de Costos y Porcentaje de Variación.

DISEÑO	PRECIO UNITARIO POR M ³ EN SOLES	PORCENTAJE DE VARIACIÓN (%)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN F'c(kg/cm ²)
I: 0.0% FIBRA	S/. 254.44	100.00%	307.79
II: 0.10% FIBRA	S/. 270.89	106.47%	330.83
III: 0.15% FIBRA	S/. 279.16	109.71%	355.58
IV: 0.20% FIBRA	S/. 287.38	112.95%	387.59

Nota:

- ★ El análisis de costo solamente corresponde a los materiales utilizados en la investigación de la tesis profesional.
- ★ No se han considerado el costo de operación y mantenimiento de los equipos en la proyección del concreto.
- ★ No se ha considerado el costo de construcción del equipo de bombeo o alquiler de equipos para la investigación.

**ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I.****CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000SGC-REG-06-G0002 -
Versión 01**Cemento Portland Tipo I**

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 01 de marzo del 2012

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	1.9	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	2.6	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.61	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.16	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3940	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.13	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm ²)	27.0 (275)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm ²)	32.8 (335)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm ²)	39.1 (399)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	149	Mínimo 45
Fraguado Final	min	292	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados corresponden al promedio del cemento despachado en el año 2011.

(*) Requisito opcional.



ANEXO VI: FICHA TÉCNICA DEL EUCO WR - 91.



EUCO WR 91[®]

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA - ASTM TIPO A

EUCO WR 91 es un aditivo líquido, reductor de agua y plastificante para concreto. EUCO WR 91 demuestra mejores características de fragado y acabado comparado con otros aditivos reductores de agua tipo A. EUCO WR 91 puede ser utilizado en gran rango de dosificaciones. EUCO WR 91 no contiene cloruro de calcio u otros ingredientes potencialmente indutores de corrosión.

PROPIEDADES.

Apariencia: Líquido.
Color: Café.
Densidad: 1.184 kg./lit.

APLICACIONES PRINCIPALES.

EUCO WR 91 Tiene los siguientes usos principales:

COMO PLASTIFICANTE.- Al ser adicionado en una mezcla de concreto incrementa el asentamiento sin necesidad de aumentar la cantidad de agua, obteniendo concretos fluidos aptos para una buena colocación de concretos cara vista y elaboración de elementos prefabricados.

COMO REDUCTOR DE AGUA.- Incorporado en la mezcla de concreto puede reducir el agua de diseño hasta en un 12% manteniendo constante el asentamiento y logrando altas resistencias en todas las edades, consiguiendo concretos más impermeables y durables.

COMO AHORRADOR DE CEMENTO.- Cuando se reduce el requerimiento de agua en la mezcla de concreto, se puede reducir la cantidad de cemento, haciendo concretos de buena calidad a bajo costo.

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS.

CONCRETO PLÁSTICO.

- Mejora las labores de acabado.
- Mejora la trabajabilidad.
- Reduce los requerimientos de agua.
- Reduce la segregación.
- Mejora los tiempos de fragado.

CONCRETO ENDURECIDO.

- Mejora todas las resistencias.
- Reduce la permeabilidad.
- Mejora la apariencia del acabado.
- Reduce el agrietamiento.
- Mejora la durabilidad.
- No mancha.

RENDIMIENTO.

La dosificación de EUCO WR 91, varía entre el 0,24% al 0,48% del peso del cemento empacando en la mezcla.

INFORMACION TECNICA.

El tiempo de fragado variará con la tasa de dosificación, el diseño de mezcla y las temperaturas ambientales.

ESPECIFICACIONES/NORMAS.

EUCO WR 91 cumple la norma ASTM C-494, Tipo A.

DIRECCIONES PARA SU USO.

EUCO WR 91 se suministra listo para uso. Se adiciona a las mezclas diluidas en el agua de amasado; No debe entrar en contacto con cemento seco u otros aditivos hasta que éstos hayan sido incorporados en la mezcla del concreto. EUCO WR 91 se dosifica con equipo automático, asegurando así la uniformidad del aditivo utilizado a través de la obra.

PRESENTACION.

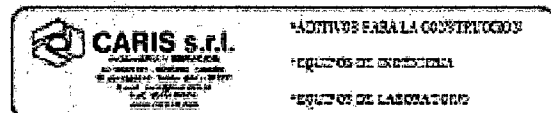
EUCO WR 91 se ofrece en cilindros de 250 kg. (55 lbs) y envases de 20 kg. (5 lbs).

PRECAUCIONES PARA SU USO.

- Se deben tomar precauciones para mantener EUCO WR 91 sobre el punto de congelamiento; sin embargo, el congelamiento y subsecuente descongelamiento no dañará el material si éste se agita completamente.
- Nunca lo agite con aire o luz de aire.
- Agregue a la mezcla independientemente de otros aditivos.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO.

El producto debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y bajo techo. Tiempo de almacenamiento: 01 año.



ADITIVOS PARA LA CONSTRUCCION
EQUIPOS DE INGENIERIA
EQUIPOS DE LABORATORIO



ANEXO VII: FICHA TÉCNICA DEL EUCO AIR MIX - 200 .



AIR MIX 200*



AGENTE INCLUIDOR DE AIRE PARA CONCRETO

AIR MIX - 200. Es un aditivo líquido, a base de resinas termosensibles modificadas, que incorporan una cantidad controlada de micro burbujas, de acuerdo con la dosis recomendada. Además es un producto libre de cloruros y cumple con la norma ASTM-C-360 como aditivo incorporador de aire.

AIR MIX 200 es compatible con el reductor de agua WR-51, acelerante Accegrid 55 y el impermeabilizante Esmal PLUS.

Para un mejor comportamiento del incorporador de aire AIR MIX 200 se debe usar especial cuidado en:

PROPIEDADES.

- Apariencia: Líquido.
- Color: Antracita.
- Densidad: 1.03 - 001 kg/l.

- Granulometría de la mezcla, especialmente para concreto pautado fino.
- El contenido de aire no debe exceder del 6%.
- El tiempo de mezcla, se debe incrementar en un 25% para obtener una mejor formación de micro burbujas.

APLICACIONES PRINCIPALES.

- Concreto premezclado.
- Concreto estructural.
- Construcción de concreto masivo.
- Concreto para pavimentos.
- Concreto para calzadas expuestas a condiciones de congelamiento y descongelamiento.
- Concretos sometidos a bajas temperaturas.

El contenido de aire incluido depende de:

- Temperatura ambiente.
- Forma del concreto.
- Acabamiento del concreto.
- Relación agua - cemento.
- Dosis de cemento por m³.
- Relación agua/arena/finos / agregados gruesos.
- Tiempo y Tipo de mezcla.

CARACTERÍSTICAS/BENEFICIOS.

Concreto Fresco.

- Reduce la segregación del concreto.
- Minimiza la cohesión en el concreto.
- Incrementa la cohesión en el concreto, reduciendo la vibración y el tiempo de colocación.
- Incrementa la trabajabilidad del concreto.
- Permite reducciones de la relación A/C.
- Incrementa el bombeo del concreto.

Se debe realizar ensayos previos con los materiales de obra para conocer la dosificación de AIR MIX 200.

PRESENTACION.

- Cilindro x 200 kg.
- Envase x 30 kg.
- Envase x 4 kg.

Concreto endurecido.

- Incrementa la resistencia química del concreto, (sales).
- Incrementa la impermeabilidad del concreto.
- Protege al concreto de los efectos de hielo-deshielo.
- Se obtienen concretos con mejor apariencia (acabado).

PRECAUCIONES.

Consulte con un representante de Química Sazón los ajustes de dosificación adecuados cuando se utilice con sal, cemento o reducidos de agua de alto rango.

Si el material se ha congelado, calientarlo a 20°C y agitar.

Agregue a la mezcla independientemente de otros aditivos.

DOSIFICACION.

0.02 - 0.05% DEL PESO DEL CEMENTO, INCORPORANDO DEL 3 - 5% DE AIRE.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO.

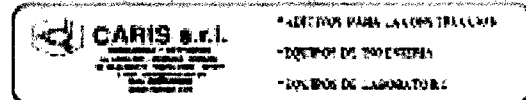
AIR MIX 200 dura 1 año en sus envases originales sellados y bajo sol.

Tiempo de almacenamiento: 1 año.

ESPECIFICACIONES/NORMAS.

AIR MIX 200 cumple o excede las especificaciones de las siguientes especificaciones:

- ASTM-C-360
- AASHTO-M-154



DIRECCIONES PARA SU USO.

Debe mezclarse la cantidad dosificada de AIR MIX 200 al agua de amasado, preferiblemente por medio de un dosificador manteniendo la mezcla en movimiento por espacio de 5 minutos. Cuando utilizar este producto con otros aditivos, estos se deben adicionar separadamente para asegurar una adecuada y homogénea uniformidad de la mezcla.



ANEXO VIII: CONSTANCIA DE LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 1405 del 13 de Febrero de 1962
FACULTAD DE INGENIERIA
Teléfono N° 051-76-88-5976 Anexo n° 129 - 130/140
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



**EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE
MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

CONSTANCIA

Que el Bachiller en Ing. LLANOS PÉREZ, Segundo Wilder. Ex alumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado su asistencia al laboratorio de Ensayo de Materiales para la elaboración de la Tesis Profesional "ESTUDIO DEL CONCRETO PROYECTADO, REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO" en el periodo del 14 de Setiembre al 20 de Diciembre del 2013.

El laboratorio no se responsabiliza por la ejecución y los resultados de los ensayos realizados.

Se expide el presente a solicitud verbal del interesado para los fines que estime por conveniente.

Cajamarca, 06 de Mayo del 2014.


Ingrid Rosa Socorro RAMÍREZ
Jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNC



ANEXO IX: CONSTANCIA DE LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES - COSAPI.

Certificado FE13/175222

COSAPI S.A.C.

**LABORATORIO DE ENSAYO
DE MATERIALES**

Av. República de Colombia 791 - San Isidro
Lima - Perú

Ha sido evaluado y certificado en cuanto al cumplimiento de los
requisitos de:

ISO 9001: 2008

Ensayos de materiales de construcción en agregados,
concreto y asfalto; desde la solicitud del servicio hasta la
emisión de los informes de ensayos de muestras
proporcionados por los clientes.

Testing materials of construction aggregates, concrete and
asphalt; since the request for the service until the issuance of the
reports of tests of samples provided by customers.

Este certificado de es válido desde 30 de diciembre del 2010
hasta el 30 de diciembre de 2013.

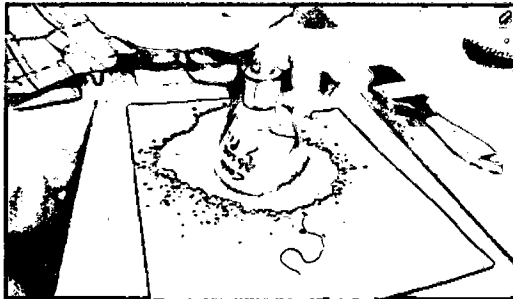
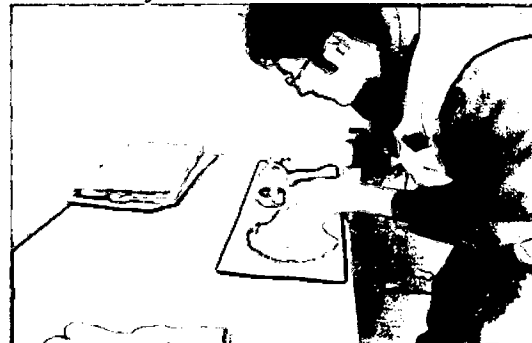
Edición 1. Certificado con SGS desde diciembre del 2004

Autorizado por.

J. Moya
Página 1 de 1

SGS



ANEXO X: PRESENTACIÓN FOTOGRÁFICA.**10.1. ENSAYOS PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.***Golpe con Varilla de Metal en el Molde Cónico**Peso específico del Agregado Grueso**Granulometría del agregado**Varillado por capas del Agregado Fino**Peso volumétrico del Agregado Fino**Ensayo de contenido de humedad**Peso de los Agregados**Colocación del Material en Tara***Imagen A.VII.1: Ensayos Físico-Mecánica de los Agregados.**



10.2. ENSAYO DE CONCRETO PROYECTADO.



Imagen A.VII.2: Colocación del material al Equipo de Bombeo.



Imagen A.VII.3: Ejecución del Concreto Proyectado.

10.3. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN.

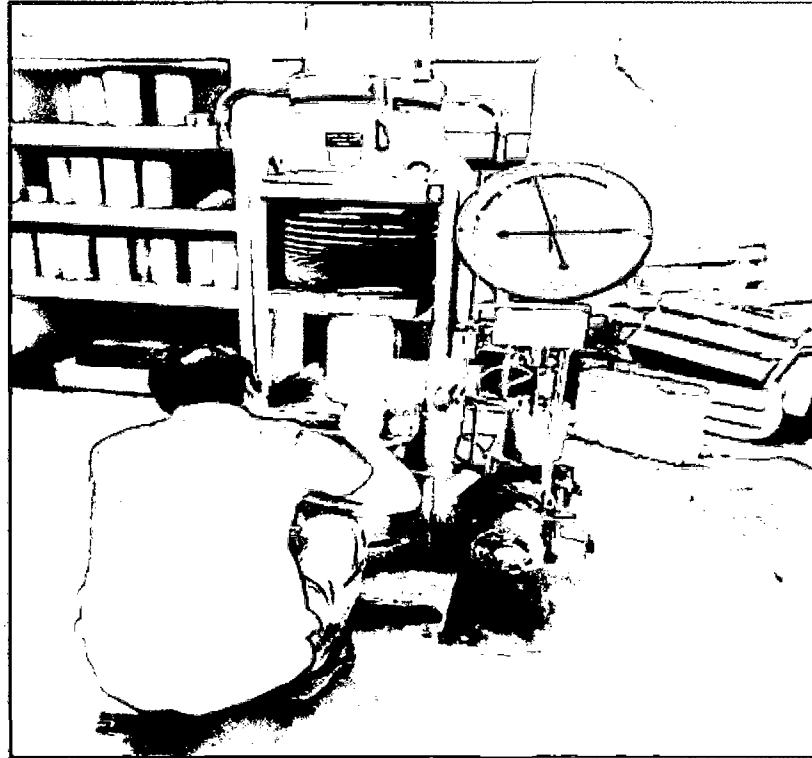


Imagen A.VII.4: Ensayo a Compresión.



Imagen A.VII.5: Tipo de Rotura de las Probetas.



10.4. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN.

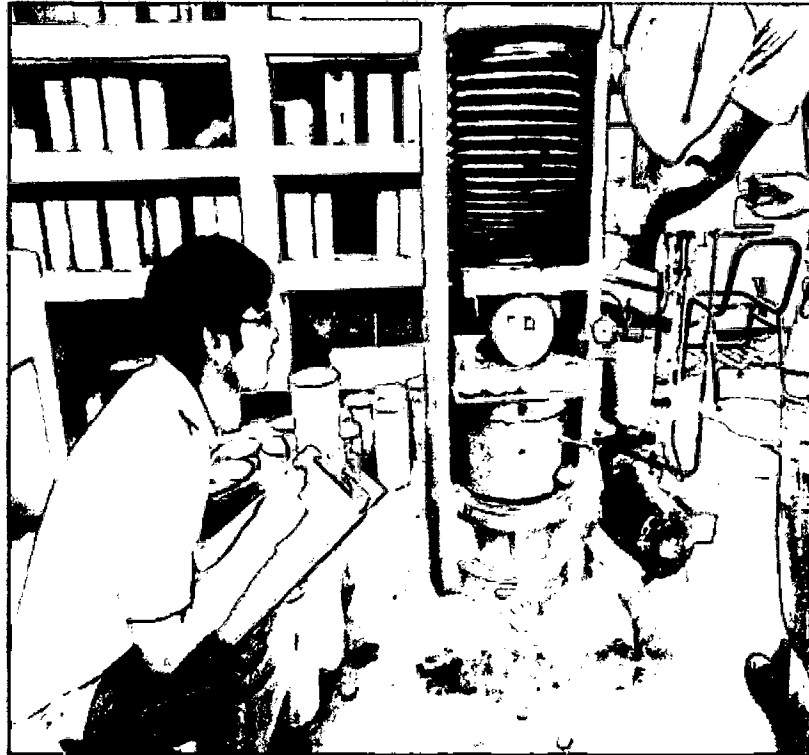


Imagen A.VII.6: Ensayo a Tracción – Braslero.

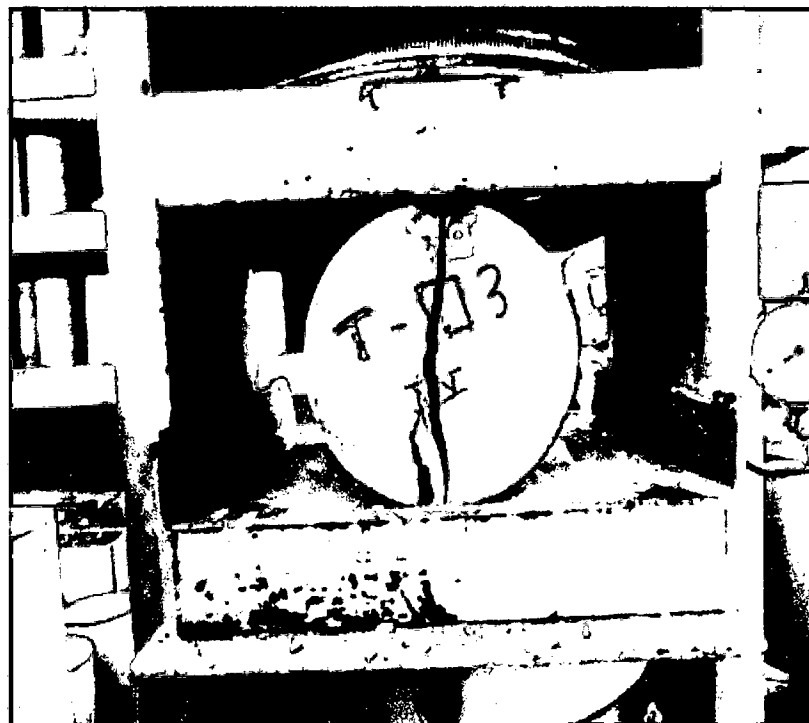


Imagen A.VII.7: Rotura Diametral de Probetas.



10.5. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS A FLEXIÓN.

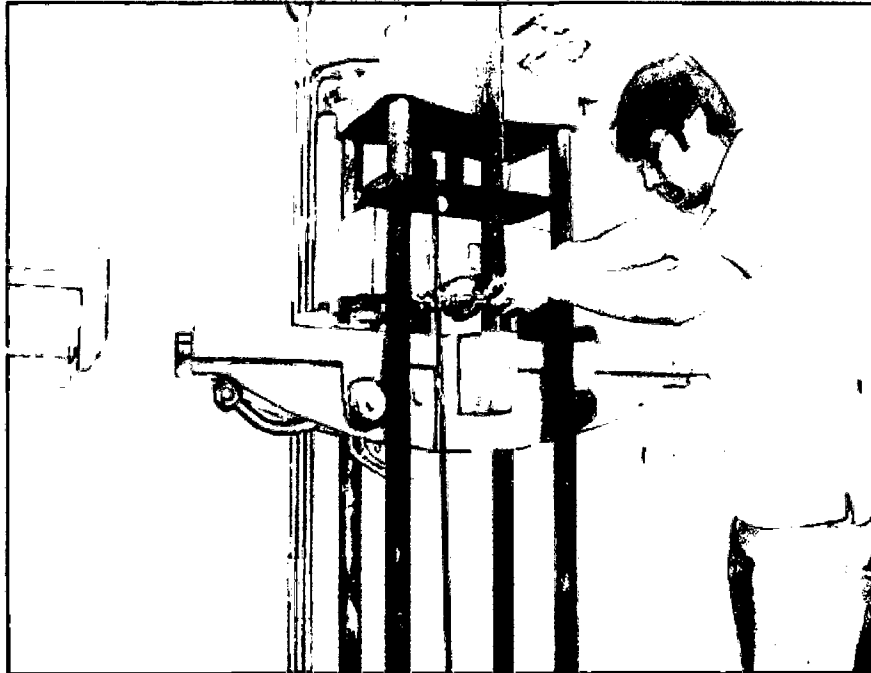


Imagen A.VII.8: Ensayo a Flexión con las Vigas.



Imagen A.VII.9: Probetas para el Ensayo a Flexión.



10.6. PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS A FLEJO TRACCIÓN - PANELES CIRCULARES.

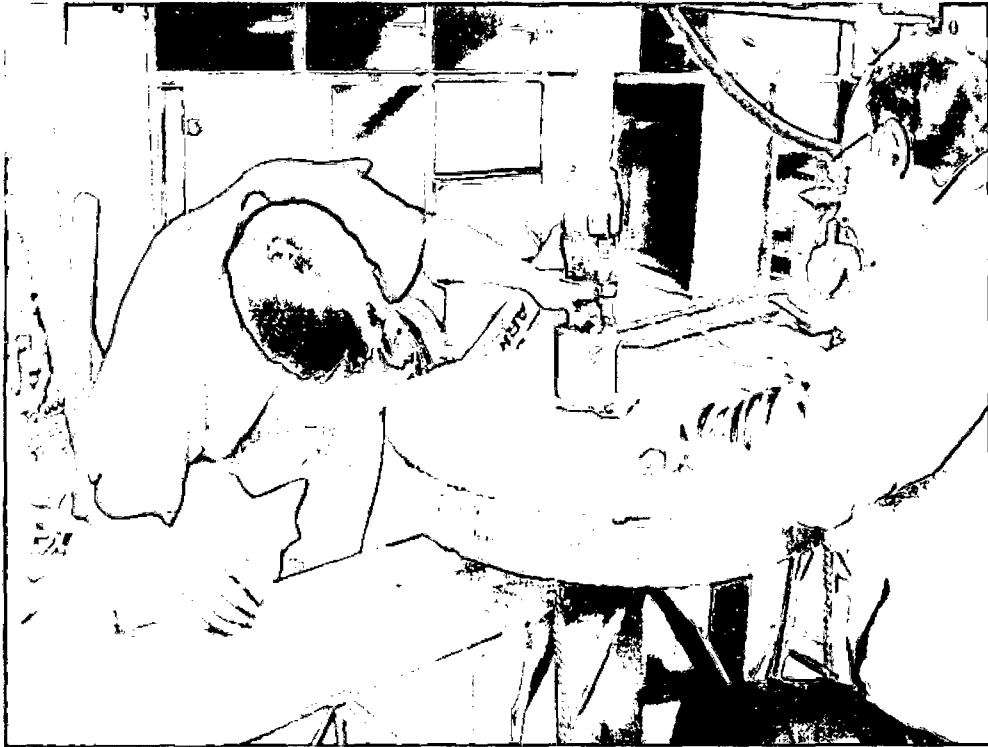


Imagen A.VII.10: *Colocación y Nivelación de los Paneles Circulares.*

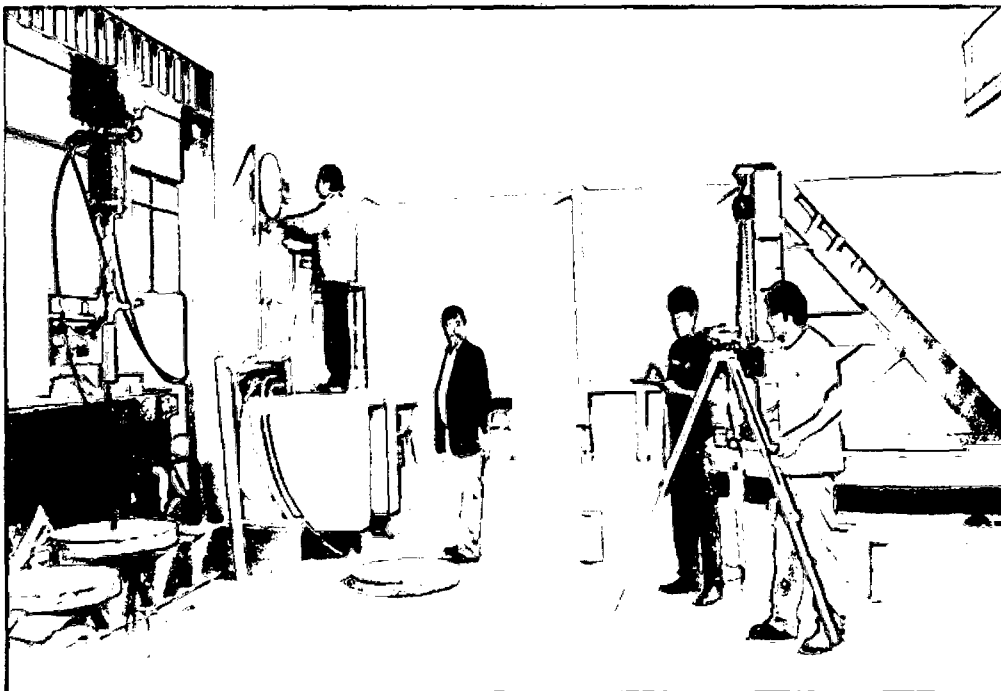


Imagen A.VII.11: *Ensayo de los Paneles Circulares.*