



Fuente: Propia

3.5.15 Peso Unitario del Concreto (NTP 339.046)

a) Objetivos

- Determinar la relación entre masa y volumen del concreto para ser comparado con el peso unitario de diseño.

b) Instrumentos o equipos utilizados

- Balanza de precisión de 1 gr
- Wincha
- Vernier

c) Procedimiento

- Primero se desmoldaron con mucho cuidado las probetas de CAC.
- Se tomaron las medidas de diámetro y altura de cada probeta para determinar su volumen, y se registraron las medidas.
- Luego con ayuda de la balanza se tomó el peso de cada probeta y se registraron.



Figura 60: *Determinación del peso de las briquetas de CAC.*

Fuente: Propia

- Finalmente se determinó el peso específico del concreto dividiendo el peso de la probeta en kg entre el volumen en m³.



Figura 61: Determinación del diámetro de las briquetas de CAC.

Fuente: Propia

d) Toma de datos

Tabla 59: Peso unitario del concreto – Concreto autocompactante Patrón

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019"															
TESISTA: BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO															
LUGAR: CORPORACIÓN AYAR SAC - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES															
FECHA: 20/07/2020															
PESO UNITARIO DEL CONCRETO NTP 339.046															
TIPO DE CONCRETO: Concreto Autocompactante Patrón															
BRIQUET A	REGISTRO	DIMENSIONES										VOLUMEN (m3)	PESO (Kg)	P. U. (Kg/m3)	Promedio (Kg/m3)
		Ø SUP 1 (cm)	Ø SUP 2 (cm)	Ø SUP PROM (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF prom (cm)	AREA (cm2)	H1 (cm)	H2 (cm)	H PROM (cm)				
1	M1-1	10.3	10.3		10	10		0	20.2	20.2		0.000	3.794		
2	M1-2	10.2	10.2		10	10		0	20.2	20.2		0.000	3.749		
3	M1-3	10.2	10.2		10	10		0	19.9	19.9		0.000	3.731		
4	M1-4	10.3	10.3		10	10		0	20.2	20.2		0.000	3.902		
5	M1-5	10.3	10.3		10	10		0	20.2	20.2		0.000	3.875		
6	M1-6	10.3	10.3		10	10		0	20.2	20.2		0.000	3.676		
7	M1-7	10.2	10.2		10.2	10.2		0	20.1	20.1		0.000	3.718		
8	M1-8	10.2	10.2		10.2	10.2		0	20	20		0.000	3.532		
9	M1-9	10.2	10.2		10.2	10.2		0	20.1	20.1		0.000	3.623		
10	M1-10	10.2	10.2		10.2	10.2		0	20	20		0.000	3.744		
11	M1-11	10.2	10.2		10.2	10.2		0	20.2	20.2		0.000	3.766		
12	M1-12	10.2	10.2		10.2	10.2		0	20.2	20.2		0.000	3.718		
13	M1-13	10.2	10.2		10.2	10.2		0	20.1	20.1		0.000	3.766		
14	M1-14	10.2	10.2		10.2	10.2		0	20.3	20.3		0.000	3.782		
15	M1-15	10.2	10.2		10.2	10.2		0	20	20		0.000	3.772		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 60: *Peso unitario del concreto – Concreto autocompactante adicionando 100 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento*

BRIQUET A		REGISTRO		Ø SUP 1 (cm)	Ø SUP 2 (cm)	Ø SUP PROM (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF prom (cm)	AREA (cm ²)	H1 (cm)	H2 (cm)	H PROM (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO (Kg)	P. U. (Kg/m ³)	Promedio (Kg/m ³)
1	M2-1	10.0	10.0				10.4	10.4		0.0	20.1	20.1		0.000	3.886		
2	M2-2	10.0	10.0				10.5	10.5		0.0	20.1	20.1		0.000	3.913		
3	M2-3	10.1	10.1				10.4	10.4		0.0	20.1	20.1		0.000	3.893		
4	M2-4	10.0	10.0				10.4	10.4		0.0	20.1	20.1		0.000	3.775		
5	M2-5	10.0	10.0				10.3	10.3		0.0	20.1	20.1		0.000	3.781		
6	M2-6	9.8	9.8				10.4	10.4		0.0	20.0	20		0.000	3.850		
7	M2-7	10.2	10.2				10.4	10.4		0.0	20.1	20.1		0.000	3.796		
8	M2-8	10.1	10.1				10.4	10.4		0.0	20.0	20.0		0.000	3.645		
9	M2-9	10.3	10.3				9.9	9.9		0.0	20.1	20.1		0.000	3.670		
10	M2-10	10.1	10.1				10.4	10.4		0.0	20.2	20.2		0.000	3.801		
11	M2-11	10.1	10.1				10.4	10.4		0.0	20.2	20.2		0.000	3.763		
12	M2-12	10.3	10.3				10.7	10.7		0.0	20.2	20.2		0.000	3.880		
13	M2-13	10.3	10.3				10.0	10.0		0.0	20.2	20.2		0.000	3.718		
14	M2-14	10.0	10.0				10.3	10.3		0.0	20.2	20.2		0.000	3.819		
15	M2-15	10.5	10.5				10.1	10.1		0.0	20.1	20.1		0.000	3.840		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 61: *Peso unitario del concreto – Concreto autocompactante adicionando 200 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento*

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
		TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019"													
		TESISTA: BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO													
		LUGAR: CORPORACIÓN AYAR SAC - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES													
		FECHA: 20/07/2020													
PESO UNITARIO DEL CONCRETO NTP 339.046															
TIPO DE CONCRETO: Concreto Autocompactante adicionando 200 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento															
DIMENSIONES															
BRIQUET A	REGISTRO	Ø SUP 1 (cm)	Ø SUP 2 (cm)	Ø SUP PROM (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF prom (cm)	AREA (cm2)	H1 (cm)	H2 (cm)	H PROM (cm)	VOLUMEN (m3)	PESO (Kg)	P. U. (Kg/m3)	Promedio (Kg/m3)
1	M3-1	10.1	10.1		10.4	10.4		0.0	20.3	20.3		0.000	3.972		
2	M3-2	10.0	10.0		10.4	10.4		0.0	19.9	19.9		0.000	4.012		
3	M3-3	10.1	10.1		10.4	10.4		0.0	20	20		0.000	3.962		
4	M3-4	10.1	10.1		10.4	10.4		0.0	20.1	20.1		0.000	4.062		
5	M3-5	10.1	10.1		10.4	10.4		0.0	19.9	19.9		0.000	3.972		
6	M3-6	10.0	10.0		10.4	10.4		0.0	20.1	20.1		0.000	3.945		
7	M3-7	10.1	10.1		10.4	10.4		0.0	20.2	20.2		0.000	3.986		
8	M3-8	10.1	10.1		10.4	10.4		0.0	20.3	20.3		0.000	3.948		
9	M3-9	10.1	10.1		10.4	10.4		0.0	20.2	20.2		0.000	3.973		
10	M3-10	10.2	10.2		10.5	10.5		0.0	20.1	20.1		0.000	3.953		
11	M3-11	10.1	10.1		10.5	10.5		0.0	19.9	19.9		0.000	3.945		
12	M3-12	10.2	10.2		10.3	10.3		0.0	20.0	20.0		0.000	4.001		
13	M3-13	9.9	9.9		10.5	10.5		0.0	20.2	20.2		0.000	3.863		
14	M3-14	10.1	10.1		10.3	10.3		0.0	20.3	20.3		0.000	3.927		
15	M3-15	10.1	10.1		10.4	10.4		0.0	20.2	20.2		0.000	3.960		

Fuente: Elaboración propia

3.5.16 Ensayo de Resistencia a Compresión (ASTM C39) (NTP 339.034).

a) Objetivos

- Determinar la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas de CAC.

b) Instrumentos o equipos utilizados

- Máquina de ensayo a compresión
- Almohadillas de neopreno
- Vernier
- Wincha

c) Procedimiento

- Primero, luego de desmoldar las probetas se procedieron a ser medidas, determinando su diámetro y altura para luego ser pesadas y se registraron estos datos de cada una.



Figura 62: Registro de las medidas de las briquetas de CAC que serán ensayadas.

Fuente: Propia

- Luego se encendió la máquina de compresión axial y se configuró el tipo de ensayo a realizar, las dimensiones de la probeta y la velocidad de la carga a la que fueron sometidas las probetas cilíndricas.
- Luego se limpiaron las superficies de los soportes de la máquina de compresión axial y sus demás componentes que estarán en contacto con las probetas, después se colocó y alineó la probeta al eje de la base inferior de la máquina de compresión axial, a continuación, se cerró la compuerta de la máquina de compresión axial y se dio inicio al ensayo con la aplicación de la fuerza.



Figura 63: *Colocación de las almohadillas de neopreno a la briqueta de CAC para ser ensayada.*

Fuente: Propia



Figura 64: *Briqueta de CAC colocada dentro de la máquina de compresión axial ara ser ensayada.*

Fuente: Propia



- Finalmente, el ensayo culmina cuando empieza el declive de la resistencia de la probeta luego se registraron los valores de la fuerza aplicada en kg. durante el ensayo y la resistencia que se obtuvo de cada probeta para el análisis de datos.



Figura 65: Registro de los datos obtenidos del ensayo.

Fuente: Propia

d) Toma de datos



Tabla 62: Resistencia a la compresión– Concreto autocompactante Patrón

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
TESIS:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019”											
TESISTA:	BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO											
LUGAR:	CORPORACIÓN AYAR SAC - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES											
FECHA:	20/07/2020											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034												
TIPO DE CONCRETO:					Concreto Autocompactante Patrón							
					DIMENSIONES							
BRIQUETA	TIPO DE FALLA	REGISTRO	FECHA DE FABRICACIÓN	EDAD (Días)	Ø SUP 1 (cm)	Ø SUP 2 (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø prom (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	F'c = CARGA/AREA (kg/cm ²)
1	V	M1-1	15/06/2019	7	10.3	10.3	10.0	10.0			17021.9	
2	V	M1-2	15/06/2019	7	10.2	10.2	10.0	10.0			17515.8	
3	V	M1-3	15/06/2019	7	10.2	10.2	10.0	10.0			17765.6	
4	II	M1-4	15/06/2019	7	10.3	10.3	10.0	10.0			17070.3	
5	II	M1-5	15/06/2019	7	10.3	10.3	10.0	10.0			17767.1	
6	II	M1-6	15/06/2019	7	10.3	10.3	10.0	10.0			16585.8	
7	II	M1-7	15/06/2019	28	10.2	10.2	10.2	10.2			20546.5	
8	II	M1-8	15/06/2019	28	10.2	10.2	10.2	10.2			21835.5	
9	II	M1-9	15/06/2019	28	10.2	10.2	10.2	10.2			21422.8	
10	II	M1-10	15/06/2019	28	10.2	10.2	10.2	10.2			20223.5	
11	V	M1-11	15/06/2019	28	10.2	10.2	10.2	10.2			23678.0	
12	II	M1-12	15/06/2019	28	10.2	10.2	10.2	10.2			23720.7	
13	II	M1-13	15/06/2019	28	10.2	10.2	10.2	10.2			24135.0	
14	II	M1-14	15/06/2019	28	10.2	10.2	10.2	10.2			23615.2	
15	II	M1-15	15/06/2019	28	10.2	10.2	10.2	10.2			23129.9	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63: Resistencia a la compresión – Concreto autocompactante adicionando 100 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
TESIS:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019”										
TESISTA:		BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO										
LUGAR:		CORPORACIÓN AYAR SAC - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES										
FECHA:		20/07/2020										
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034												
TIPO DE CONCRETO:		Concreto Autocompactante adicionando 100 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento										
DIMENSIONES												
BRIQUETA	TIPO DE FALLA	REGISTRO	FECHA DE FABRICACIÓN	EDAD (Días)	Ø SUP 1 (cm)	Ø SUP 2 (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø prom (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	F'c = CARGA/AREA (kg/cm ²)
1	II	M2-1	16/06/2019	7	10.0	10.0	10.4	10.4			19322.7	
2	II	M2-2	16/06/2019	7	10.0	10.0	10.5	10.5			18835.1	
3	II	M2-3	16/06/2019	7	10.1	10.1	10.4	10.4			18547.7	
4	II	M2-4	16/06/2019	7	10.0	10.0	10.4	10.4			18087.2	
5	II	M2-5	16/06/2019	7	10.0	10.0	10.3	10.3			18357.6	
6	II	M2-6	16/06/2019	7	9.8	9.8	10.4	10.4			18197.4	
7	II	M2-7	16/06/2019	28	10.2	10.2	10.4	10.4			24502.8	
8	III	M2-8	16/06/2019	28	10.1	10.1	10.4	10.4			23173.1	
9	II	M2-9	16/06/2019	28	10.3	10.3	9.9	9.9			24023.3	
10	II	M2-10	16/06/2019	28	10.1	10.1	10.4	10.4			23656	
11	III	M2-11	16/06/2019	28	10.1	10.1	10.4	10.4			23685.8	
12	III	M2-12	16/06/2019	28	10.3	10.3	10.7	10.7			25673.6	
13	II	M2-13	16/06/2019	28	10.3	10.3	10.0	10.0			23702.7	
14	II	M2-14	16/06/2019	28	10.0	10.0	10.3	10.3			22560.4	
15	II	M2-15	16/06/2019	28	10.5	10.5	10.1	10.1			23587.3	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Resistencia a la compresión – Concreto autocompactante adicionando 200 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
TESIS:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019”										
TESISTA:		BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO										
LUGAR:		CORPORACIÓN AYAR SAC - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES										
FECHA:		20/07/2020										
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 </div>												
TIPO DE CONCRETO:					Concreto Autocompactante adicionando 200 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento							
DIMENSIONES												
BRIQUETA	TIPO DE FALLA	REGISTRO	FECHA DE FABRICACIÓN	EDAD (Días)	Ø SUP 1 (cm)	Ø SUP 2 (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø prom (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	F'c = CARGA/AREA (kg/cm ²)
1	V	M3-1	16/06/2019	7	10.1	10.1	10.4	10.4			16988.3	
2	II	M3-2	16/06/2019	7	10.0	10.0	10.4	10.4			17374.2	
3	II	M3-3	16/06/2019	7	10.1	10.1	10.4	10.4			18045.3	
4	II	M3-4	16/06/2019	7	10.1	10.1	10.4	10.4			18243.6	
5	II	M3-5	16/06/2019	7	10.1	10.1	10.4	10.4			18798.8	
6	II	M3-6	16/06/2019	7	10.0	10.0	10.4	10.4			17144.6	
7	II	M3-7	16/06/2019	28	10.1	10.1	10.4	10.4			24030.2	
8	V	M3-8	16/06/2019	28	10.1	10.1	10.4	10.4			25655.1	
9	V	M3-9	16/06/2019	28	10.1	10.1	10.4	10.4			26672.7	
10	V	M3-10	16/06/2019	28	10.2	10.2	10.5	10.5			24572.1	
11	II	M3-11	16/06/2019	28	10.1	10.1	10.5	10.5			25465.6	
12	II	M3-12	16/06/2019	28	10.2	10.2	10.3	10.3			25742.3	
13	II	M3-13	16/06/2019	28	9.9	9.9	10.5	10.5			23814.9	
14	II	M3-14	16/06/2019	28	10.1	10.1	10.3	10.3			24578.9	
15	II	M3-15	16/06/2019	28	10.1	10.1	10.4	10.4			23916.7	

Fuente: Elaboración propia

3.5.17 Ensayo de Resistencia a Flexión (ASTM C78) (NTP 339.078)

a) Objetivos

- Determinar del esfuerzo de flexión del concreto autocompactante.

b) Instrumentos o equipos utilizados

- Máquina de Compresión Axial, con acoplamiento a flexión a los tercios de la luz
- Wincha

c) Procedimiento

- Primero se realizó el desmoldado de los prismas de dimensiones 15x15x50 cm y luego se tomaron las medidas de cada uno de los prismas rectangulares con ayuda de la Wincha, promediando las longitudes de las aristas medidas de cada lado para hallar el módulo de rotura de los especímenes prismáticos de CAC para luego marcar los tercios del espécimen para ser colocado en la máquina.



Figura 66: *Registro de las dimensiones de las viguetas.*

Fuente: Propia

- Se limpiaron las superficies de la máquina que estarán en contacto con el prisma rectangular en la superficie en contacto con el espécimen deberán extenderse en la sección, el ancho completo del prisma.
- Después se colocó el prisma y se le aplicó la carga sin golpe. La carga fue aplicada a una razón que incrementa continuamente los esfuerzos en la fibra extrema entre 125 y 175 psi/min (0.86 y 1.21MPa/min), hasta que ocurra la rotura.



Figura 67: *Vigueta colocada en la máquina de flexión para ser ensayada.*

Fuente: Propia

- Finalmente se registró el valor de la carga máxima, el tipo de rotura y cualquier observación adicional.



Figura 68: *Vigueta ensayada en la máquina de flexión.*

Fuente: Propia



a) Toma de datos

Tabla 65: Resistencia a la Flexión – Concreto autocompactante Patrón

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019” </div> 																			
TESIS:																			
TESISTA:			BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO																
LUGAR:			CORPORACIÓN AYAR SAC - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES																
FECHA:			20/07/2020																
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> RESISTENCIA A LA FLEXIÓN NTP 339.078 </div>																			
TIPO DE CONCRETO:			Concreto Autocompactante Patrón																
VIGUETA	REGISTRO	EDAD (Días)	LONGITUD				ANCHO				PERALTE				PROMEDIO (cm)			CARGA (KG-F)	MODULO DE ROTURA (Kg/cm2)
			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D4 (cm)	LONGITUD	ANCHO	PERALTE		
1	V1-1	7	50.0	50.1	50.2	50.2	15.3	14.8	15.0	15.3	15.2	15.1	15.3	14.8				2699.2	
2	V1-2	7	50.0	50.1	50.0	49.9	15.0	15.0	14.9	15.3	14.8	14.8	15.1	15.2				2594.4	
3	V1-3	7	50.0	50.0	50.0	50.3	15.3	15.2	15.0	15.3	15.1	14.8	14.9	15.3				2884.3	
4	V1-4	7	50.1	50.4	50.4	50.2	15.0	15.0	14.8	15.0	15.4	14.7	14.9	15.1				3031.8	
5	V1-5	7	50.1	50.0	50.0	50.0	15.5	15.3	15.0	14.7	14.9	14.7	14.8	15.4				3030.9	
6	V1-6	7	50.0	49.9	50.4	50.2	15.4	15.2	15.1	14.8	15.3	15.0	14.8	14.8				3139.5	
7	V1-7	28	50.2	50.2	50.2	50.2	14.6	14.5	14.7	14.6	14.7	15.0	14.9	14.9				3794.4	
8	V1-8	28	50.0	50.1	50.0	50.0	14.7	15.2	14.7	14.8	14.7	15.1	14.9	14.7				3432.7	
9	V1-9	28	50.1	50.1	50.2	50.3	14.5	14.7	14.9	14.9	15.1	15.0	14.6	14.6				3465.7	
10	V1-10	28	50.2	50.0	50.2	50.3	15.2	15.0	15.2	15.3	14.8	14.7	15.3	15.3				3515.6	
11	V1-11	28	50.1	50.0	50.0	50.3	15.2	15.1	15.2	14.9	15.4	15.2	15.4	15.4				4141.8	
12	V1-12	28	50.1	50.3	50.2	49.9	15.3	15.4	15.1	15.4	15.0	14.9	14.7	14.8				3874.6	
13	V1-13	28	50.2	50.3	50.0	50.0	14.9	15.0	14.9	15.1	15.1	15.2	14.7	14.8				4435.1	
14	V1-14	28	50.3	50.0	50.0	50.1	15.1	15.2	15.2	15.1	15.3	15.2	15.1	15.4				4213.7	
15	V1-15	28	50.2	50.0	49.9	49.9	14.9	14.8	15.2	15.2	15.0	15.1	15.4	15.1				4119.9	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 66: Resistencia a la Flexión – Concreto autocompactante adicionando 100 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 																			
TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019"																	
TESISTA:		BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO																	
LUGAR:		CORPORACIÓN AYAR SAC - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES																	
FECHA:		20/07/2020																	
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN NTP 339.078																			
TIPO DE CONCRETO:		Concreto Autocompactante adicionando 100 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento																	
VIGUETA	REGISTRO	EDAD (Días)	LONGITUD				ANCHO				PERALTE				PROMEDIO (cm)			CARGA (KG-F)	MODULO DE ROTURA (Kg/cm ²)
			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D4 (cm)	LONGITUD	ANCHO	PERALTE		
1	V2-1	7	50.0	49.9	50.0	50.0	14.7	14.7	15.0	15.1	15.1	15.1	15.0	15.1				3310.3	
2	V2-2	7	50.1	50.0	50.1	50.1	14.8	15.0	15.0	15.0	15.0	14.9	15.0	14.9				3406.0	
3	V2-3	7	50.0	49.9	50.1	50.2	14.8	15.0	15.0	14.9	14.7	14.7	15.1	14.7				3004.9	
4	V2-4	7	50.1	50.0	50.2	50.0	15.0	14.9	15.1	15.0	15.1	14.8	15.1	15.1				2982.5	
5	V2-5	7	49.9	50.0	50.0	50.2	15.2	15.1	14.7	14.7	15.0	15.0	15.1	14.8				3427.6	
6	V2-6	7	50.2	50.1	50.1	50.0	15.0	15.2	14.7	14.7	15.2	15.2	14.8	14.8				3154.2	
7	V2-7	28	50.0	50.0	50.2	50.2	14.9	14.9	15.3	15.0	14.6	14.6	14.6	14.6				3817.1	
8	V2-8	28	50.3	50.4	50.2	50.4	14.5	14.5	15.0	15.0	15.0	15.2	14.7	14.7				3692.7	
9	V2-9	28	50.2	50.0	50.0	50.0	15.3	15.0	14.8	14.6	14.8	14.8	15.0	15.0				4773.3	
10	V2-10	28	50.1	50.1	50.2	50.1	15.1	15.0	15.2	15.0	15.2	14.7	14.6	14.6				4572.8	
11	V2-11	28	50.0	49.9	50.2	50.2	15.3	14.9	14.9	15.5	14.8	15.5	14.8	15.0				3853.7	
12	V2-12	28	50.3	50.0	50.1	50.2	15.2	14.8	14.8	15.3	15.5	14.7	15.4	15.4				4225.1	
13	V2-13	28	50.0	50.3	50.1	50.2	14.7	14.8	15.0	15.2	14.8	15.2	15.2	15.1				3923.2	
14	V2-14	28	50.4	50.0	50.0	50.2	14.9	15.5	15.4	15.2	15.3	15.5	14.9	14.9				4214.8	
15	V2-15	28	50.3	50.3	50.3	50.2	15.1	15.3	15.5	15.0	15.4	15.0	15.5	15.2				4050.5	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 67: Resistencia a la compresión – Concreto autocompactante adicionando 200 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																			
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019"																			
TESISTA: BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO																			
LUGAR: CORPORACIÓN AYAR SAC - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES																			
FECHA: 20/07/2020																			
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN NTP 339.078																			
TIPO DE CONCRETO: Concreto Autocompactante adicionando 200 gr. de fibras sintéticas SIKACEM®-1 FIBER por bolsa de cemento																			
VIGUETA	REGISTRO	EDAD (Días)	LONGITUD				ANCHO				PERALTE				PROMEDIO (cm)			CARGA (KG-F)	MODULO DE ROTURA (Kg/cm2)
			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D4 (cm)	LONGITUD	ANCHO	PERALTE		
1	V3-1	7	50.0	50.0	50.2	50.2	14.6	14.7	14.6	14.6	15.0	15.0	15.1	15.4				2993.6	
2	V3-2	7	50.2	50.2	50.2	50.1	15.0	15.1	15.0	15.0	15.1	15.1	15.0	15.1				3253.3	
3	V3-3	7	50.3	50.0	50.3	50.1	14.8	15.2	14.8	15.2	15.3	15.3	14.9	15.4				3462.9	
4	V3-4	7	50.1	50.1	50.1	50.4	15.2	15.3	14.8	15.5	14.8	14.8	15.2	14.9				3332.9	
5	V3-5	7	49.9	50.2	50.2	50.1	14.8	14.8	14.7	15.1	15.0	14.8	15.5	15.4				3325.1	
6	V3-6	7	50.0	50.3	50.0	50.0	15.2	15.2	15.4	15.3	15.1	15.5	15.2	14.9				3487.6	
7	V3-7	28	50.1	50.2	50.2	50.4	15.3	15.2	15.1	15.0	14.7	14.5	14.9	14.7				4364.9	
8	V3-8	28	50.0	50.2	50.0	50.1	15.1	15.2	15.2	15.2	14.7	14.7	15.4	15.2				4129.5	
9	V3-9	28	50.0	50.2	50.2	50.5	15.0	15.2	15.4	15.2	14.5	14.6	14.7	14.7				3850.9	
10	V3-10	28	50.0	50.0	50.0	50.0	14.7	14.7	14.6	14.8	15.2	15.2	14.9	15.1				4729.2	
11	V3-11	28	50.4	50.2	50.1	50.1	15.4	15.0	15.0	14.8	15.4	14.9	15.1	14.7				4484.3	
12	V3-12	28	50.2	50.2	49.9	50.1	15.4	15.2	15.4	15.4	15.1	14.8	15.3	14.7				4458.8	
13	V3-13	28	50.1	49.9	50.1	50.3	15.4	15.2	15.3	15.4	15.1	15.3	15.3	15.1				4802.7	
14	V3-14	28	50.1	50.4	50.4	50.1	15.4	15.3	15.1	15.2	14.9	15.3	15.0	14.8				4551.8	
15	V3-15	28	50.2	49.9	50.1	50.1	15.2	15.3	15.1	14.9	14.9	14.8	14.8	14.7				3957.8	

Fuente: Elaboración propia



3.6 Procedimiento de análisis de datos

3.6.1 Análisis de granulometría de agregados

3.6.1.1 Análisis de granulometría del agregado fino

a) Procesamiento de la prueba

Para obtener los datos de promedio de peso retenido, % Retenido, % Retenido acumulado, %

Que pasa y Modulo de Finura se utilizaron las siguientes formulas:

$$\text{Promedio de Peso Retenido} = \frac{\Sigma (\text{Peso Retenido})}{\# \text{ Muestras}}$$

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido}}{\text{Peso Total}}$$

$$\% \text{ Retenido Acumulado} = \% \text{ Retenido} + \% \text{ Retenido Anterior}$$

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{\Sigma (\% \text{ Retenido mallas N}^\circ 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Según la NTP 400.037 se tomaron los límites del porcentaje que pasa y los límites del Módulo de Finura.

b) Diagramas y/o tablas

i. Agregado Fino de Vicho



Tabla 68: Análisis de Datos de la Granulometría del Agregado Fino de Vicho

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019"									
TESISTAS:		BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO									
LUGAR:		LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
FECHA:		6/12/2019									
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS											
NTP 400.012 - ASTM C 136											
AGREGADO FINO: VICHO											
CANTERA: VICHO											
	PESO INICIAL	500.5	500	500.2	500.2						
mm	TAMIZ	PESO RETENIDO M1	PESO RETENIDO M2	PESO RETENIDO M3	PROMEDIO PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	LIMITE INFERIOR	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR	
9.5	# 3/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
4.75	# 4	77.20	87.10	88.00	84.10	16.82%	16.82%	95.00%	83.18%	100.00%	
2.36	# 8	142.70	149.20	138.30	143.40	28.68%	45.50%	80.00%	54.50%	100.00%	
1.18	# 16	115.30	103.60	102.50	107.13	21.43%	66.93%	50.00%	33.07%	85.00%	
0.6	# 30	70.20	84.70	68.20	74.37	14.87%	81.80%	25.00%	18.20%	60.00%	
0.3	# 50	41.30	36.00	48.10	41.80	8.36%	90.16%	5.00%	9.84%	30.00%	
0.15	# 100	24.60	18.30	27.30	23.40	4.68%	94.84%	0.00%	5.16%	10.00%	
0.08	# 200	15.20	10.20	14.60	13.33	2.67%	97.51%	0.00%	2.49%	0.00%	
	FONDO	13.80	10.50	13.10	12.47	2.49%					
	TOTAL	500.30	499.60	500.10	500.00	100%					
	DIFERENCIA DE PESOS	0.20	0.40	0.10	0.23						
	ERROR DEL ENSAYO	0.04%	0.08%	0.02%	0.05%						
	REPRESENTATIVO	SI	SI	SI	SI						
MODULO DE FINURA											
$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido en las mallas } 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$											
	Min	Modulo de Finura		Max							
	2.3	3.96		3.1							

Fuente: Elaboración propia

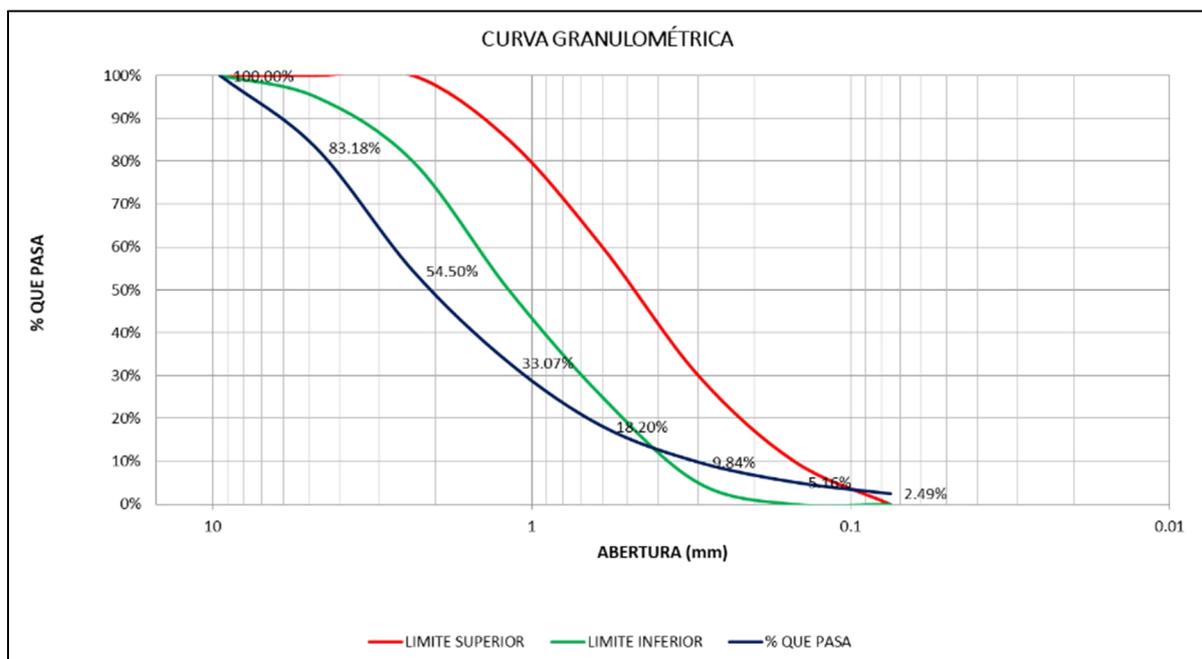


Figura 69: Curva Granulométrica del Agregado Fino de Vicho

Fuente: Propia



ii. Agregado Fino de Cunyac

Tabla 69: Análisis de Datos de la Granulometría del Agregado Fino de Cunyac

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																
"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019"																
TESIS:																
TESISTA:		CARLOS EDUARDO BACA USCAMAYTA														
LUGAR:		LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO														
FECHA:		6/12/2019														
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS																
NTP 400.012 - ASTM C 136																
AGREGADO FINO: CUNYAC																
CANTERA: CUNYAC																
	PESO INICIAL	503	500	500	501											
mm	TAMIZ	PESO RETENIDO M1	PESO RETENIDO M2	PESO RETENIDO M3	PROMEDIO PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	LIMITE INFERIOR	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR						
9.5	# 3/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%						
4.75	# 4	0.90	1.00	0.50	0.80	0.16%	0.16%	95.00%	99.84%	100.00%						
2.36	# 8	1.60	1.40	1.20	1.40	0.28%	0.44%	80.00%	99.56%	100.00%						
1.18	# 16	7.80	7.70	8.90	8.13	1.62%	2.06%	50.00%	97.94%	85.00%						
0.6	# 30	112.70	117.80	111.50	114.00	22.77%	24.84%	25.00%	75.16%	60.00%						
0.3	# 50	231.30	232.30	232.00	231.87	46.32%	71.16%	5.00%	28.84%	30.00%						
0.15	# 100	105.20	98.80	106.40	103.47	20.67%	91.83%	0.00%	8.17%	10.00%						
0.08	# 200	30.10	29.70	29.50	29.77	5.95%	97.78%	0.00%	2.22%	0.00%						
	FONDO	12.90	11.00	9.50	11.13	2.22%										
	TOTAL	502.50	499.70	499.50	500.57	100.00%										
	DIFERENCIA DE PESOS	0.50	0.30	0.50	0.43			MODULO DE FINURA								
	ERROR DEL ENSAYO REPRESENTATIVO	0.10%	0.06%	0.10%	0.09%			$MF = \frac{\sum \% \text{ retenido en las mallas } 4, 8, 16, 30, 50, 100}{100}$								
		SI	SI	SI	SI			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Min</th> <th>Modulo de Finura</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.3</td> <td>1.90</td> <td>3.1</td> </tr> </tbody> </table>			Min	Modulo de Finura	Max	2.3	1.90	3.1
Min	Modulo de Finura	Max														
2.3	1.90	3.1														

Fuente: Elaboración propia

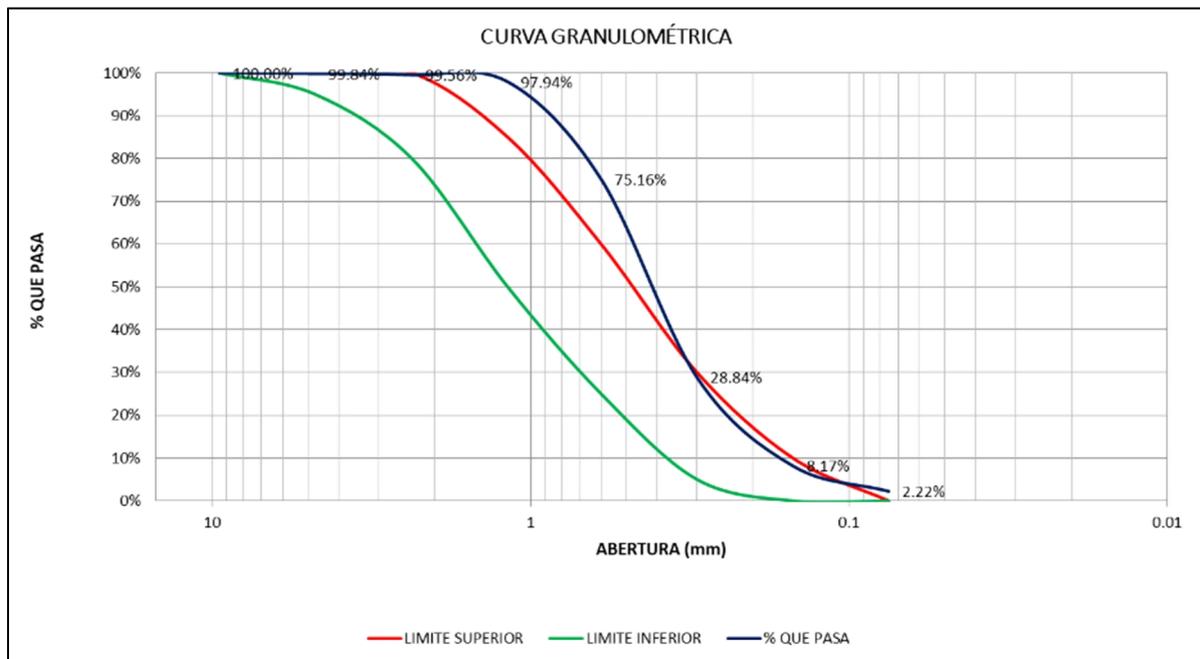


Figura 70: Curva Granulométrica del Agregado Fino de Cunyac

Fuente: Propia



iii. Agregado Fino Cabeceado 30 % Vicho – 70 % Cunyac

Tabla 70: *Tabla: Análisis de Datos de la Granulometría del Agregado Fino Cabeceado 30% Vicho – 70% Cunyac.*

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS CARLOS EDUARDO BACA USCAMAYTA LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO 6/12/2019													
TESIS: TESISTA: LUGAR: FECHA:															
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS NTP 400.012 - ASTM C 136															
COMBINACION DE AGREGADOS															
						<table border="1"> <tr><td>VICHO</td><td>30%</td></tr> <tr><td>CUNYAC</td><td>70%</td></tr> </table>		VICHO	30%	CUNYAC	70%				
VICHO	30%														
CUNYAC	70%														
(mm)	TAMIZ Nº	Combinacion de Pesos	CANTERA 1: VICHO		CANTERA 2: CUNYAC		NORMA NTP 400.012			MEZCLA					
			% RETENIDO O ACUMULA	% QUE PASA	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LIM. INFERIOR	% QUE PASA	LÍM SUPERIOR						
9.5	3/8"	0.00	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%					
4.75	Nº 4	25.79	16.82%	83.18%	0.16%	99.84%	95.00%	94.84%	100.00%	5.16%					
2.36	Nº 8	44.00	45.50%	54.50%	0.44%	99.56%	80.00%	86.04%	100.00%	13.96%					
1.18	Nº 16	37.83	66.93%	33.07%	2.06%	97.94%	50.00%	78.48%	85.00%	21.52%					
0.6	Nº 30	102.11	81.80%	18.20%	24.84%	75.16%	25.00%	58.07%	60.00%	41.93%					
0.3	Nº 50	174.85	90.16%	9.84%	71.16%	28.84%	5.00%	23.14%	30.00%	76.86%					
0.15	Nº 100	79.45	94.84%	5.16%	91.83%	8.17%	0.00%	7.27%	10.00%	92.73%					
0.075	Nº 200	24.84	97.51%	2.49%	97.78%	2.22%	0.00%	2.30%	0.00%	97.70%					
	Fondo	11.53													
		500.40													
MODULO DE FINURA															
$MF = \frac{\sum \% \text{ retenido en las mallas } 4, 8, 16, 30, 50, 100}{100}$															
<table border="1"> <tr> <th>Min</th> <th>Modulo de Finura</th> <th>Max</th> </tr> <tr> <td>2.3</td> <td>2.52</td> <td>3.1</td> </tr> </table>										Min	Modulo de Finura	Max	2.3	2.52	3.1
Min	Modulo de Finura	Max													
2.3	2.52	3.1													

Fuente: Elaboración propia

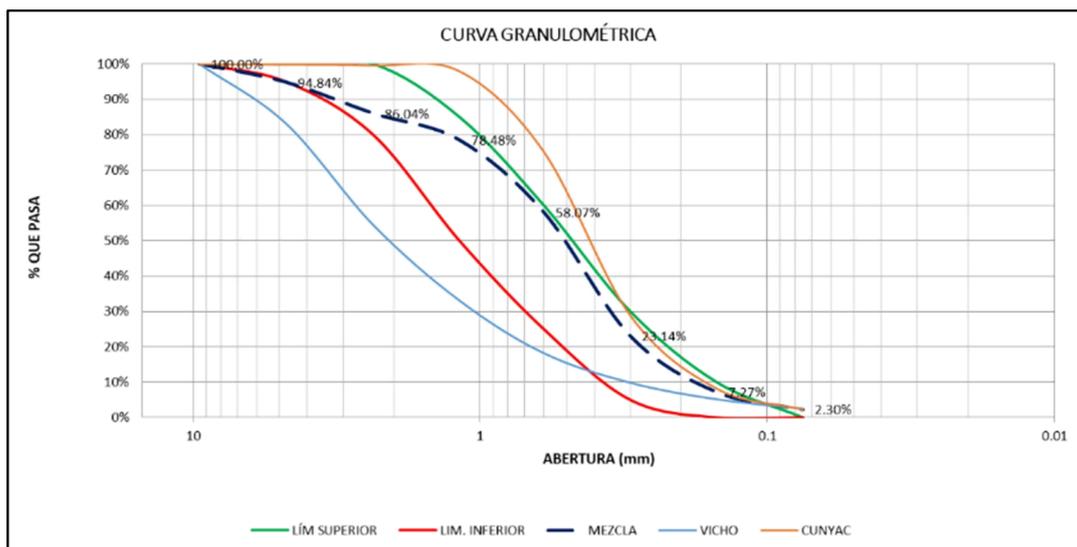


Figura 71: *Curva Granulométrica del Agregado Fino Cabeceado 30% Vicho - 70% Cunyac*

Fuente: Propia



c) Análisis de la prueba

i. Agregado Fino de Vicho

La curva granulométrica del agregado fino de la cantera de Vicho se encuentra por debajo de los límites mínimos permitidos de la NTP 400.037, el módulo de finura indica que existe una mayor presencia de material grueso con un valor de 3.96 encontrándose por encima de 3.1 indicado como máximo en la NTP 400.037.

ii. Agregado Fino de Cunyac

La curva granulométrica del agregado fino de la cantera de Cunyac se encuentra por encima de los límites máximos permitidos de la NTP 400.037, el módulo de finura indica que existe una mayor presencia de material fino con un valor de 1.90 encontrándose por debajo de 2.3 indicado como máximo en la NTP 400.037.

iii. Agregado Fino Cabeceado 30 % Vicho – 70% Cunyac

La curva granulométrica del agregado fino cabeceado de las canteras de Vicho 70% y Cunyac 30%, se encuentra dentro de los límites permitidos de la NTP 400.037, el módulo de finura indica que existe una adecuada gradación con un valor de 2.52 encontrándose dentro del rango de 2.3 y 3.1 indicados en la NTP 400.037.

3.6.1.2 Granulometría del agregado grueso

a) Procesamiento de la prueba

Para obtener los datos de promedio de peso retenido, % Retenido, % Retenido acumulado, % Que pasa y Modulo de Finura se utilizaron las siguientes formulas:

$$\text{Promedio de Peso Retenido} = \frac{\Sigma (\text{Peso Retenido})}{\# \text{ Muestras}}$$

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido}}{\text{Peso Total}}$$

$$\% \text{ Retenido Acumulado} = \% \text{ Retenido} + \% \text{ Retenido Anterior}$$

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{\Sigma (\% \text{ Retenido mallas } 3, 1 \frac{1}{2}, 3/4", 1/2", 3/8", N^{\circ}4) + 500}{100}$$

Según la NTP 400.037 se tomaron los límites del porcentaje que pasa.

El tamaño máximo es el diámetro de la malla por la que pasa todo el material del agregado grueso. El tamaño máximo nominal es el diámetro de la primera malla por la que se retiene el agregado grueso.

b) Diagramas y/o tablas



Tabla 71: *Análisis de Datos de la Granulometría del Agregado Grueso de Vicho*

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO										
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA										
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
		TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER - CUSCO 2019"								
TESISTA: BACA USCAMAYTA CARLOS EDUARDO VELA CACERES LUIS FERNANDO										
LUGAR: LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FECHA: 5/12/2019										
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS										
NTP 400.037 - ASTM C 136										
AGREGADO GRUESO: VICHO										
CANTERA: VICHO										
HUSO 6	PESO INICIAL (gr.)	3480.80	3591.60	3535.20	3535.87					
mm.	TAMIZ	PESO RETENIDO M1 (gr.)	PESO RETENIDO M2 (gr.)	PESO RETENIDO M3 (gr.)	PESO RETENIDO PROMEDIO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	LIMITE INFERIOR	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR
25.40	1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
19.10	3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	90.00%	100.00%	100.00%
12.70	1/2"	2275.40	2263.60	2310.60	2283.20	64.61%	64.61%	20.00%	35.39%	55.00%
9.52	3/8"	753.60	810.20	632.80	732.20	20.72%	85.32%	0.00%	14.68%	15.00%
4.76	N°4	405.40	469.20	526.60	467.07	13.22%	98.54%	0.00%	1.46%	5.00%
2.36	N°8	1.60	6.40	6.40	4.80	0.14%	98.68%	0.00%	1.32%	5.00%
	FONDO	43.60	42.00	54.80	46.80	1.32%				
	TOTAL	3479.60	3591.40	3531.20	3534.07	100.00%				
	DIFERENCIA DE PESOS	1.20	0.20	4.00	1.80					
	ERROR DEL ENSAYO REPRESENTATIVO	0.03%	0.01%	0.11%	0.05%					
		1.25%	1.17%	1.55%						

MODULO DE FINURA

$$MF = \frac{((\sum \% \text{ retenido en las mallas } 3", 1\frac{1}{2}", \frac{3}{4}", \frac{1}{2}", \frac{3}{8}", N^{\circ} 4) + 500)}{100}$$

Modulo de Finura
7.471

Fuente: Elaboración propia

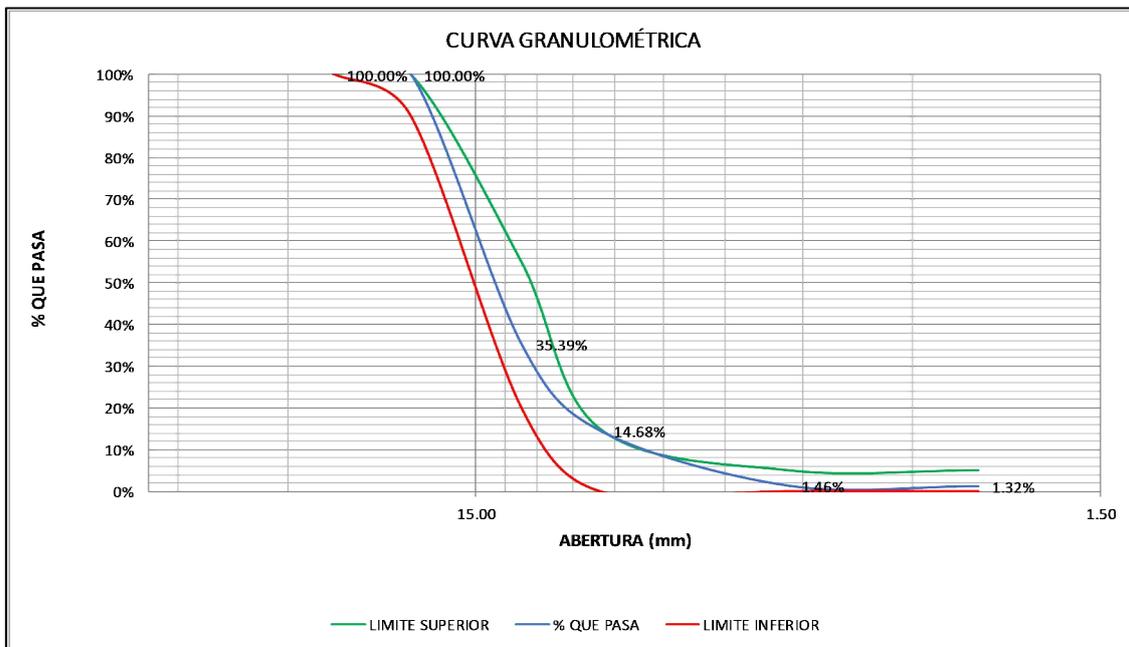


Figura 72: *Curva Granulométrica del Agregado Grueso de la cantera de Vicho*

Fuente: Propia



c) Análisis de la prueba

El Tamaño máximo del Agregado Grueso es de 3/4" de diámetro y el Tamaño máximo nominal es de 1/2".

La curva granulométrica del agregado grueso de la cantera de Vicho se encuentra dentro de los límites permitidos de la NTP 400.037.

3.6.2 Procesamiento de propiedades de los agregados

3.6.2.1 Análisis de propiedades del agregado fino

3.6.2.1.1 Análisis del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino Cabeceado

a) Procesamiento de la prueba

Para obtener los siguientes datos se utilizaron las siguientes formulas:

Densidad relativa (Gravedad Específica) seca al horno:

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad específica)(OD)} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

Densidad relativa (gravedad específica) saturado superficialmente seca

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad específica)(SSD)} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente)

$$\text{Densidad Relativa Aparente(Gravedad específica aparente)} = \frac{B}{(B + A - C)}$$

$$\text{Absorción \%} = \frac{100 \times (S - A)}{A}$$

Donde:

A = masa de la muestra seca al horno, g

B = masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, g

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, g

S = masa de la muestra de saturado superficialmente seca (utilizado en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para la absorción con ambos procedimientos), g

b) Diagramas y/o tablas



Tabla 72: Datos del peso específico y absorción del agregado fino cabeceado



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019"
TESISTA: CARLOS EDUARDO BACA USCAMAYTA
LUGAR: LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FECHA: 10/12/2019

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO COMBINADO
NTP 400.022**

CANTERA: CUNYAC y VICHO

Descripción		M1	M2	M3	
A	Masa de la muestra seca al horno (gr.)	490.80	491.90	490.50	
B	Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración (gr.)	697.90	697.90	697.90	
C	Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración (gr.)	1007.00	1007.50	1007.30	
S	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (gr.)	500.00	500.00	500.00	PROMEDIO
Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD) = A / (B + S - C)		2.5710	2.5835	2.5735	2.576 gr/m3
Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSD) = S / (B + S - C)		2.6192	2.6261	2.6233	2.623 gr/m3
Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente) = A / (B + A - C)		2.7012	2.6983	2.7084	2.703 gr/m3
Absorción = ((S - A)/A)*100		1.8745	1.6467	1.9368	1.82 %

Fuente: Elaboración Propia

c) Análisis de la prueba

Los datos obtenidos del agregado fino combinado 30% Vicho y 70% Cunyac del peso específico de la masa es de 2.576 gr/m³ y el porcentaje de absorción es de 1.82%, necesarios para la dosificación.

3.6.2.1.2 Análisis del Peso Unitario del Agregado Fino Cabeceado

a) Procesamiento de la prueba

Para determinar el volumen del molde se utilizó la siguiente formula:

$$Volumen\ del\ Molde = \pi \times \frac{diametro^2}{4} \times Altura$$

Para determinar el peso unitario suelto y compactado se utilizó la siguiente formula:

$$Peso\ Unitario\ \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{Peso\ de\ la\ muestra}{Volumen\ del\ Recipiente}$$

Para determinar el Peso unitario promedio se utilizó la siguiente formula:

$$Promedio\ de\ Peso\ Unitario\ \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{\Sigma (Peso\ Unitario)}{\# Muestras}$$



b) Diagramas y/o tablas

Tabla 73: *Análisis de Datos del Peso unitario del Agregado Fino Combinado*

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
						
TESIS:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE					
TESISTA:	CARLOS EDUARDO BACA USCAMAYTA					
LUGAR:	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
FECHA:	9/12/2019					
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO COMBINADO						
NTP 400.017						
ENVASE			PROMEDIO			
DIAMETRO (m.)	0.101	0.101	0.1	0.10		
ALTURA (m.)	0.167	0.167	0.168	0.17		
VOLUMEN m³				0.00133		
DESCRIPCION	SUELTO			COMPACTO		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
PESO DEL MOLDE (Kg.)	5.2766	5.2766	5.2766	5.2766	5.2766	5.2766
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (Kg.)	7.4244	7.411	7.425	7.56	7.561	7.5605
PESO DEL AGREGADO SECO (Kg.)	2.1478	2.1344	2.1484	2.2834	2.2844	2.2839
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.00133	0.00133	0.00133	0.00133	0.00133	0.00133
PESO UNITARIO (Kg/m3)	1612.69	1602.63	1613.14	1714.50	1715.25	1714.88
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1609.48			1714.88		

Fuente: Elaboración Propia

c) Análisis de la prueba

El Peso Unitario Suelto Promedio obtenido es de 1609.48 kg/m³, mientras que el peso unitario suelto compactado Promedio es de 1714.88 kg/m³.

3.6.2.1.3 Análisis del contenido de humedad del agregado F

ino Cabeceado

a) Procesamiento de la prueba

Para determinar el contenido de humedad del Agregado Fino Combinado se utilizó la siguiente formula:

Contenido de Humedad (%)

$$= \frac{(\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}) \times 100}{\text{Peso de la muestra Seca}}$$

b) Diagramas y/o tablas



Tabla 74: *Análisis de datos de Contenido de humedad de agregado fino combinado*

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019”													
TESIS:														
TESISTA:	CARLOS EDUARDO BACA USCAMAYTA													
LUGAR:	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
FECHA:	13/12/2019													
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO COMBINADO NTP 339.185</p> </div>														
CANTERA: CUNYAC y VICHO														
$P = 100 (W-D) / D$														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 60%;">Descripción</th> <th style="width: 30%;">M1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W</td> <td>Masa de la muestra húmeda original en gramos</td> <td style="text-align: center;">500.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Masa de la muestra húmeda original en gramos</td> <td style="text-align: center;">474.60</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P</td> <td>Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje</td> <td style="text-align: center;">5.35%</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	M1	W	Masa de la muestra húmeda original en gramos	500.00	D	Masa de la muestra húmeda original en gramos	474.60	P	Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje	5.35%
	Descripción	M1												
W	Masa de la muestra húmeda original en gramos	500.00												
D	Masa de la muestra húmeda original en gramos	474.60												
P	Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje	5.35%												

Fuente: Elaboración Propia

c) Análisis de la prueba

El porcentaje de contenido de humedad obtenido en la muestra es de 5.35%, dato utilizado para correcciones del diseño de mezcla.

3.6.2.2 Análisis de propiedades del agregado grueso

3.6.2.2.1 Análisis del peso psppresentes en la superficie del agregado,

3.6.2.2.2 puede disminuir la resistencia del concreto, es por este motivo se realizó los ensayos

3.6.2.2.3 opcionales dando resultados óptimos para la fabricación de concreto y se tiene:ecífico y Absorción del Agregado Grueso

a) Procesamiento de la prueba

Para obtener los siguientes datos se utilizaron las siguientes formulas:

Densidad relativa (Gravedad Especifica) seca al horno:



$$\text{Peso Específico de la Masa (Pem)} = \frac{A}{(B - C)}$$

Densidad relativa (gravedad específica) saturado superficialmente seca

$$\text{Peso Especifico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente)

$$\text{Densidad Relativa Aparente (Gravedad específica aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$\text{Absorción \%} = \frac{100 \times (B - A)}{A}$$

Donde:

A = masa de la muestra seca al aire, (gr.)

B = masa de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.)

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

b) Diagramas y/o tablas

Tabla 75: Datos del peso específico y absorción del agregado grueso

 UAC	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE				
TESISTA:	CARLOS EDUARDO BACA USCAMAYTA				
LUGAR:	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FECHA:	6/03/2020				
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO NTP 400.021					
CANTERA: VICHO 1/2”					
	Descripción	M1	M2	M3	
A	Peso de la muestra seca en el aire (gr.)	1960.37	1960.37	1960.37	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.)	2000.10	2000.40	2000.00	
C	Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.)	1208.70	1208.50	1208.90	PROMEDIO
	Peso Específico de Masa	2.48	2.48	2.48	2.48 gr/cm ³
	Peso Específico de Masa Saturada con	2.53	2.53	2.53	2.53 gr/cm ³
	Densidad Relativa Aparente (Gravedad	2.61	2.61	2.61	2.61 gr/cm ³
	Absorción = ((S - A)/A)*100	2.03	2.04	2.02	2.03 %

Fuente: Elaboración Propia

c) Análisis de la prueba

Los datos obtenidos del agregado grueso del peso específico de la masa son de 2.48 gr/m³ y el porcentaje de absorción es de 2.03%, necesarios para la dosificación de la mezcla.



3.6.2.2.4 Análisis del eso Unitario del agregado grueso

a) Procesamiento de la prueba

Para determinar el volumen del molde se utilizó la siguiente formula:

$$Volumen\ del\ Molde = \pi \times \frac{diámetro^2}{4} \times Altura$$

Para determinar el peso unitario suelto y compactado se utilizó la siguiente formula:

$$Peso\ Unitario\ \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{Peso\ de\ la\ muestra}{Volumen\ del\ Recipiente}$$

Para determinar el Peso unitario promedio se utilizó la siguiente formula:

$$Promedio\ de\ Peso\ Unitario\ \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{\Sigma (Peso\ Unitario)}{\# Muestras}$$

b) Diagramas y/o tablas

Tabla 76: Análisis de Datos del Peso unitario del Agregado Fino Combinado

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE					
TESISTA:	CARLOS EDUARDO BACA USCAMAYTA					
LUGAR:	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
FECHA:	6/03/2020					
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO						
NTP 400.017						
CANTERA: VICHO 1/2"						
ENVASE				PROMEDIO		
DIAMETRO (m.)	0.152	0.152	0.152	0.15		
ALTURA (m.)	0.229	0.229	0.229	0.23		
VOLUMEN m ³				0.00416		
DESCRIPCION	SUELTO			COMPACTO		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
PESO DEL MOLDE (Kg.)	8.97	8.97	8.97	8.97	8.97	8.97
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (Kg.)	14.73	14.7	14.715	15.23	15.26	15.26
PESO DEL AGREGADO SECO (Kg.)	5.76	5.73	5.745	6.26	6.29	6.29
VOLUMEN DEL MOLDE (m ³)	0.00409	0.00409	0.00409	0.00409	0.00409	0.00409
PESO UNITARIO (Kg/m ³)	1406.70	1399.37	1403.03	1528.81	1536.13	1536.13
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m ³)	1403.03			1533.69		

Fuente: Elaboración Propia

c) Análisis de la prueba

El Peso Unitario Suelto Promedio del agregado grueso obtenido es de 1403.03 kg/m³, mientras que el peso unitario suelto compactado Promedio es de 1533.69 kg/m³.

3.6.2.2.5 Análisis del contenido de humedad del Agregado Grueso

a) Procesamiento de la prueba



Para determinar el contenido de humedad del Agregado Fino Combinado se utilizó la siguiente formula:

Contenido de Humedad (%)

$$= \frac{(\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}) \times 100}{\text{Peso de la muestra Seca}}$$

b) Diagramas y/o tablas

Tabla 77: *Análisis de datos de Contenido de humedad de agregado grueso*

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>													
<p>TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO TESISTA: CARLOS EDUARDO BACA USCAMAYTA LUGAR: LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA FECHA: 6/03/2020</p>														
<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO NTP 339.185</p> </div>														
<p>CANTERA: VICHO 1/2"</p>														
<p>$P = 100 (W-D) / D$</p>														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Descripción</th> <th>M1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W</td> <td>Masa de la muestra húmeda original en gramos</td> <td style="text-align: center;">2104.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Masa de la muestra seca en gramos</td> <td style="text-align: center;">2044.10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P</td> <td>Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje</td> <td style="text-align: center;">2.93%</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción		M1	W	Masa de la muestra húmeda original en gramos	2104.00	D	Masa de la muestra seca en gramos	2044.10	P	Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje	2.93%
Descripción		M1												
W	Masa de la muestra húmeda original en gramos	2104.00												
D	Masa de la muestra seca en gramos	2044.10												
P	Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje	2.93%												

Fuente: Elaboración Propia

c) Análisis de la prueba

El porcentaje de contenido de humedad obtenido en la muestra es de 1.73%, dato utilizado para correcciones del diseño de mezcla.

3.6.2.2.6 Análisis de la Resistencia a la Degradación por Abrasión e Impacto en la Máquina de los Ángeles del Agregado Grueso

a) Procesamiento de la prueba

Para obtener datos de la resistencia a la degradación por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles se utilizó la siguiente formula:



Desgaste (%)

$$= \frac{(Masa\ original\ de\ la\ muestra - Masa\ seca\ de\ la\ muestra\ retenida)}{Masa\ original\ de\ la\ Muestra}$$

b) Diagramas y/o tablas

Tabla 78: Resistencia a la degradación por abrasión e impacto en la máquina de los
Ángeles

 <p>UAC</p>	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019”</p>													
TESIS:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019”													
TESISTA:	CARLOS EDUARDO BACA USCAMAYTA													
LUGAR:	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
FECHA:	14/12/2019													
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 0 auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES NTP 400.019</p> </div>														
CANTERA: VICHO														
<p><i>Percent Loss</i>[(C – Y) / C] x 100</p>														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 70%;">Descripción</th> <th style="width: 20%;">M1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td>Masa original de la muestra ensayada en gramos</td> <td style="text-align: center;">5000.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Y</td> <td>Masa final de la muestra ensayada en gramos</td> <td style="text-align: center;">3941.40</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Abrasión (Método los Ángeles)</td> <td style="text-align: center;">21.17%</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	M1	C	Masa original de la muestra ensayada en gramos	5000.00	Y	Masa final de la muestra ensayada en gramos	3941.40	Abrasión (Método los Ángeles)		21.17%
	Descripción	M1												
C	Masa original de la muestra ensayada en gramos	5000.00												
Y	Masa final de la muestra ensayada en gramos	3941.40												
Abrasión (Método los Ángeles)		21.17%												

Fuente: Elaboración Propia

c) Análisis de la prueba

El valor de desgaste obtenido es de 21.17%, siendo este resultado necesario para determinar la calidad del agregado grueso encontrándose por debajo de 50 % como indica en la NTP 400.037:2014 Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.



3.6.3 Procesamiento del Diseño de Mezcla - Método ACI 237R-07

Con la obtención de los datos necesarios para la dosificación se procede a realizar la dosificación por el método ACI 237R-07.

3.6.3.1 Materiales Utilizados para el Concreto Autocompactante

a) Datos del agregado fino combinado:

Canteras: Vicho y Cunyac

Proporción: 30% Vicho y 70% Cunyac

Módulo de Finura: 2.52

Peso Específico: 2576 kg/m³

Peso Unitario Suelto: 1609.48 kg/m³

Peso Unitario Compactado: 1714.88 kg/m³

Contenido de Humedad: 5.35%

Porcentaje de Absorción: 1.82%

b) Datos del agregado grueso

Canteras: Vicho

Tamaño máximo nominal: ½"

Peso Específico: 2480 kg/m³

Peso Unitario Suelto: 1403.03

Peso Unitario Compactado: 1533.69

Contenido de Humedad: 2.93%

Porcentaje de Absorción: 2.03 %

c) Datos del cemento

Marca: Yura

Tipo: IP

Peso Específico: 2810 kg/m³

d) Datos del agua

Tipo: Potable

Peso Específico: 1000 kg/m³

Empresa prestadora de servicio: Seda Cusco

e) Datos del aditivo

Nombre: Eucoplast 8500 HP

Marca: QSI Perú SA

Tipo: Aditivo reductor de agua de alto rango (HRWRA) y superplastificante sin retardo



Peso Específico: 1.1 kg/Lt.

3.6.3.2 Cálculos

3.6.3.2.1 Dosificación de Concreto Autocompactante con la metodología ACI 237R-07

La estimación de los pesos de la mezcla requeridos implica una secuencia de pasos. Estos pasos se ajustan a un procedimiento de dosificación que cubre una combinación de: selección de agregados para proporcionar la capacidad de paso deseada; una relación de agua-material cementoso (polvo) y fracción de mortero-pasta que históricamente se ha demostrado que produce Concreto Autocompactante CAC con el flujo de asentamiento requerido; y estabilidad. Estos pasos, en combinación con la adición de la tecnología de mezcla apropiada, deberían producir una mezcla de prueba con las propiedades de CAC frescas deseadas. (ACI 237R-07, 2007)

El desarrollo de un Concreto Autocompactante aceptable para cada aplicación comienza con mezclas de prueba (ACI 237R-07, 2007)

Para poder encontrar las propiedades buscadas en el concreto autocompactante se comenzó a realizar una serie de mezclas de prueba, variando los componentes de acuerdo a la metodología del ACI, en la siguiente tabla se muestra el resumen de las mezclas realizadas y en los anexos la propiedad de flujo de revenimiento e índice de estabilidad visual alcanzados de cada uno.

Tabla 79: Muestras de Diseño de Mezcla

CARACTERÍSTICA	MUESTRA DE DISEÑO DE MEZCLA							
	1	2	3	4	5	6	7	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	1/2"	1/2"	pulg.
PORCENTAJE DE ADITIVO POR PESO DE CEMENTO	2.00%	0.5%	0.825%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	%
CANTIDAD DE VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	50%	50%	50%	50%	46.5%	50%	48%	%
CANTIDAD DE CEMENTO	415	415	415	415	415	415	465	Kg/m ³
FLUJO DE ASENTAMIENTO	75.5	60.4	61.9	59.85	53.85	55.1	65.63	cm
T50	3.17	4.51	4.25	3.8	4.6	4.06	3.03	seg
VSI	3	2	2	1	1	1	0	
SEGREGACIÓN	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	
SANGRADO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	

Fuente: Elaboración Propia



Figura 73: *Consistencia y cohesividad de las mezclas de prueba de menos estable a estable (izquierda a derecha)*

Fuente: Elaboración Propia

Como se observó en el marco teórico existen tres métodos para obtener concreto autocompactante según el ACI 237R-07R, el seleccionado para la investigación fue el uso de alto contenido de finos y Aditivo reductor de agua de alto rango (HRWRA).

Los siguientes pasos descritos corresponden a la mezcla de diseño con las propiedades en fresco buscadas, estos son requeridos para obtener requerimientos de desempeño y proporcionamiento de Concreto Autocompactante de acuerdo al ACI 237R-07 son:

a) Paso 1: Determinar el flujo de Asentamiento Deseado

Se determina de acuerdo a la siguiente tabla:



Tabla 80: *Objetivos de Slump Flow (Daczko and Container, 2001)*

CARACTERISTICAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		SLUMP FLOW		
		<550 mm	550 a 650mm	>650 mm
Nivel de refuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos largos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Energía de colocación	Bajo			
	Medio			
	Alto			

Fuente: (ACI 237R-07, 2007) tomado de (León Parra & Eguez Álava, 2009)

Slump Flow elegido: mayor a 650 mm.

b) Paso 2: Seleccionar el agregado grueso y su proporción

Tamaño máximo nominal del Agregado Grueso: 1/2”

Según la metodología es de Categoría I (Agregado con tamaño máximo nominal $\geq 1/2$ ”)

Como punto inicial en la determinación del contenido de agregado grueso, el peso unitario compactado (bulk dry density) del agregado grueso debe ser medido, 50% del total del volumen de concreto debe ser llenado con ese volumen del agregado grueso. (ACI 237R-07, 2007)

$$\text{Peso Agregado Grueso } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) = 50\% \times \text{Peso Unitario Compactado}$$

Después de realizar el ensayo inicial tomando el peso unitario compactado (bulk dry density) del agregado grueso, y llenando el 50% del total del volumen de concreto con ese volumen del agregado grueso se determina la reducción al 48% para alcanzar las características requeridas.

$$\text{Peso Agregado Grueso} = 48\% \times 1533.69 = 736.17 \text{ Kg/m}^3$$

Determinación del Contenido de Aire:



Para determinar el contenido de aire del concreto se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 81: *Contenido de aire atrapado según tamaño máximo nominal del agregado grueso*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Aire Atrapado
4"	0.20%
3"	0.30%
2"	0.50%
1 1/2"	1.00%
1"	1.50%
3/4"	2.00%
1/2"	2.50%
3/8"	3.00%

Fuente: (ACI 211.1-91, 1991) obtenido de (Abanto Castillo, 1996)

$$\% \text{ Aire atrapado} = 2.50 \%$$

c) Paso 3: Contenido de polvo y de Agua

El polvo como material cementante incluye el cemento, cenizas volantes, escoria granular de alto horno, finos de piedra caliza u otro filler no cementante menores a 0.125 mm. Con concreto autocompactante, los requisitos de resistencia a compresión no deben ser un factor decisivo cuando se selecciona la cantidad de material cementicio. La finura y volumen del material cementicio en conjunto con los finos en el agregado ayuda a crear una matriz que soporta al agregado grueso en el mortero cementicio, por lo tanto, adiciona estabilidad (Resistencia a la Segregación) del concreto (ACI 237R-07, 2007)

Se determina el contenido de material cementicio de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 82: *Rangos de material cementante*

Slump Flow			
mm	< 550	550 - 600	> 650
Contenido de material cementante (kg/m ³)	355 - 385	385 - 445	> 458

Fuente: (ACI 237R-07, 2007) tomado de (León Parra & Eguez Álava, 2009)

Con un Slump Flow > 650 mm. se elige un contenido de material cementante de 465 kg/m³ para las pruebas en estado fresco.

Se determina la cantidad de bolsas por metro cubico de concreto:

$$Factor \text{ Cemento} = 465 \frac{kg}{cm^2} \div 42.5 kg = 10.94 \frac{bolsas}{m^3}$$

El concreto autocompactante requiere que el concreto sea altamente fluido, pero lo suficientemente cohesivo para resistir la segregación. Esto necesita el uso de relación agua



cemento (a/c) que es menor que la utilizada normalmente para concreto convencional. Como resultado de una relación agua / cemento baja, altos valores de resistencia a la compresión son alcanzados. (ACI 237R-07, 2007)

Para determinar la relación agua / cemento (a/c) se determinó el uso de 0.45 para cumplir con los requisitos característicos del concreto autocompactante en estado fresco.

$$\frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}} = 0.445$$

$$\text{Agua} = 0.445 \times 465 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 206.93 \text{ kg/m}^3$$

d) Paso 4: Calculo del volumen de pasta y de mortero

Volumen de pasta es el volumen de material cementicio, agua, aditivo y aire, volumen de mortero es el volumen de pasta más el volumen de agregado fino. Ambos están expresados en volumen total de la mezcla de concreto (ACI 237R-07, 2007)

Dosificación del aditivo Eucoplast 8500HP

Se realizaron ensayos de laboratorio con las dosis de 2%, 0.825% y 0.5% del peso cemento, siendo la última la que alcanza las características de autocompactabilidad deseada. La dosis recomendada por el fabricante es de 0.5% del peso de cemento para entrar en la clasificación de tipo F. El contenido de aditivo fue el siguiente

Contenido de Aditivo

= % por peso de cemento x Contenido de material cementante

$$\text{Contenido de Aditivo} = 0.5\% \times 465 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) = 2.33 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Determinación de Volúmenes de materiales por m³

$$\text{Volumen de material} = \frac{\text{Contenido de Material (Kg)}}{\text{Peso Especifico} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{465 \text{ (Kg)}}{2810 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} = 0.165 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de Agua} = \frac{209.25 \text{ (Kg)}}{1000 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} = 0.207 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de Aire} = 2\% \times 1 \text{ m}^3 = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de Aditivo} = \frac{2.33 \text{ (Kg)}}{1100 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} = 0.002 \text{ m}^3$$



$$\text{Volumen de A. Grueso} = \frac{736.17 \text{ (Kg)}}{2480 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} = 0.297 \text{ m}^3$$

Volumen de A. Fino

$$= 1 - \text{Volumen de (cemento + agua + aire + aditivo + A. Grueso)}$$

$$\text{Volumen de A. Fino} = 1 - (0.165 + 0.209 + 0.02 + 0.002 + 0.297)$$

$$\text{Volumen de A. Fino} = 0.304 \text{ m}^3$$

Contenido de Agregado fino:

$$\text{Contenido de A. Fino (kg)} = \text{Volumen A. Fino} \times \text{Peso Especifico del material}$$

$$\text{Contenido de A. Fino (kg)} = 0.306 \text{ m}^3 \times 2576 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 782.17 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$$

Determinación del Porcentaje de Volumen absoluto del agregado grueso:

$$\text{Vol. Absoluto de A. Grueso (\%)} = \text{Volumen A. Grueso (m}^3\text{)} \times 100\%$$

$$\text{Vol. Absoluto de A. Grueso (\%)} = 0.297 \text{ (m}^3\text{)} * 100\% = 29.68\%$$

Determinación de la Fracción de pasta:

$$\text{Fracción de pasta (\%)} = \text{Volumen de (Cemento + Agua + Aditivo + Aire)} \times 100\%$$

$$\text{Fracción de pasta \%} = (0.165 + 0.207 + 0.002 + 0.025) \times 100\% = 39.95\%$$

Determinación de la Fracción de mortero:

$$\text{Fracción de mortero (\%)} = (\text{Fraccion de pasta(\%)} + \text{Volumen de A. Fino(\%)})$$

$$\text{Fracción de mortero (\%)} = (39.95\% + 30.4\%) = 70.32\%$$

Tabla 83: Resumen de dosificación de Concreto Autocompactante en estado seco

Dosificación de la Mezcla en Peso en estado seco		
Materiales	Peso (kg.)	m3
Cemento	465.00	0.165
Agregado Fino	782.17	0.304
Agregado Grueso	736.17	0.297
Agua	206.93	0.207
Aditivo	2.33	0.002
Aire	0.0013	0.025
$\Sigma =$	2192.59	1.000

Fuente: Propia

3.6.3.2.2 Correcciones de la dosificación

Corrección por humedad

$$\text{Corrección por humedad (Kg)} = \text{Contenido de Agregado (Kg)} \times \frac{\% \text{ de humedad}}{100} + 1$$

Corrección por humedad del Agregado Fino



$$\text{Corrección por humedad A. Fino (Kg)} = 782.17 \text{ (Kg.)} \times \left(\frac{5.35\%}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Corrección por humedad A. Fino (Kg)} = 824.03 \text{ (Kg.)}$$

Corrección por humedad del Agregado Grueso

$$\text{Corrección por humedad A. Grueso (Kg)} = 736.17 \text{ (Kg.)} \times \left(\frac{2.93\%}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Corrección por humedad A. Grueso (Kg)} = 757.74 \text{ (Kg.)}$$

Aporte de Agua a la Mezcla

Aporte de Agua (Lt.)

$$= \text{Contenido de Agregado Corregido (Kg)} \times \left(\frac{\% \text{ de humedad} - \% \text{ Absorción}}{100} \right)$$

Aporte de Agua de Agregado Fino

$$\text{Aporte de Agua A. Fino (Lt.)} = 824.03 \text{ (Kg)} \times \left(\frac{5.35\% - 1.82\%}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de Agua A. Fino (Lt.)} = 29.11 \text{ Lt.}$$

Aporte de Agua de Agregado Grueso

$$\text{Aporte de Agua A. Grueso (Lt.)} = 757.74 \text{ (Kg)} \times \left(\frac{2.93\% - 2.03\%}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de Agua A. Grueso (Lt.)} = 6.82 \text{ Lt.}$$

Aporte Total de Agua

$$\text{Aporte de Agua de Agregados (Lt.)} = (29.11 + 6.82) \text{ Lt.} = 35.93 \text{ Lt.}$$

Agua Efectiva en la mezcla

$$\text{Agua Efectiva (Lt.)} = \text{Agua de Mezcla (Lt.)} - \text{Aporte de Agua de Agregados (Lt.)}$$

$$\text{Agua Efectiva (Lt.)} = 206.93 \text{ Lt.} - 35.93 \text{ Lt.} = 171.00 \text{ Lt.}$$

Relación A/C Efectiva

$$\text{Relación } \frac{A}{C} \text{ Efectiva} = \frac{\text{Agua Efectiva (Lt.)}}{\text{Contenido de Cemento (Kg.)}}$$

$$\text{Relación } \frac{A}{C} \text{ Efectiva} = \frac{171.00 \text{ (Kg.)}}{465.0 \text{ (Kg.)}} = 0.37$$



Tabla 84: Resumen de dosificación de Concreto Autocompactante corregido

Dosificación de la Mezcla en Peso Corregido				
Materiales	Peso Kg.	Proporcionamiento		
		Peso Kg.	x 1 Bolsa	
Cemento	465	1	42.50	Kg.
Agregado Fino	824.03	1.77	75.31	Kg.
Agregado Grueso	757.74	1.63	69.26	Kg.
Agua	171.00	0.37	15.63	Kg/Bls
Aditivo	2.33	0.01	0.21	Kg/Bls
	2220.09	Kg/m ³		
	2.22	Kg/l		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85: Resumen de dosificación de la mezcla en volumen

Dosificación de la Mezcla en Volumen			
Materiales	Peso Kg.	Volumen	
Cemento	1	1	pie ³
Agregado Fino	1.77	1.57	pie ³
Agregado Grueso	1.63	1.69	pie ³
Agua	0.37	15.63	Lt
Aditivo	0.01	0.19	Lt

Fuente: Elaboración propia

3.6.4 Análisis Del Concreto Autocompactante en estado Fresco

3.6.4.1 Análisis de la Capacidad de Relleno (Deformabilidad)

3.6.4.1.1 Análisis del Ensayo de Consistencia (Slump) y T50

a) Procesamiento de la prueba

Para obtener el dato de flujo de asentamiento se utilizó la siguiente formula:

$$SF = \frac{d1 + d2}{2}$$

Donde:

SF: Flujo de Asentamiento

d1: Diámetro más largo del círculo extendido de concreto fresco

d2: Diámetro perpendicular a d1 del círculo extendido de concreto fresco

b) Diagramas y/o tablas



Tabla 86: *Análisis de Slump test y T50*

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM@-1 FIBER – CUSCO 2019”				
TESIS:						
TESISTA:	BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO					
	BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO					
LUGAR:	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
FECHA:	9/03/2020					
PRUEBA DE CONSISTENCIA (SLUMP), T50 E INDICE DE ESTABILIDAD VISUAL (VSI) ASTM C1611/C1611M - ACI 237R-07						
		1	2	3	PROMEDIO	
DIAMETRO MAS LARGO DEL CIRCULO EXTENDIDO DE CONCRETO FRESCO	d1	66.2	65.5	67.1	66.27	cm
DIAMETRO PERPENDICULAR A d1 DEL CIRCULO EXTENDIDO DE CONCRETO FRESCO	d2	64.8	65	65.2	65.00	cm
FLUJO DE ASENTAMIENTO	(d1+d2)/2	65.5	65.25	66.15	65.63	cm
T50	T50	3.03	3.01	3.06	3.03	seg

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

El flujo de asentamiento promedio es de 65.63 cm, superior a los 65 cm fijados como objetivo de la prueba flujo de asentamiento de acuerdo a la tabla del ACI 237R-07. El resultado clasifica al Concreto Autocompactante de acuerdo a las Directrices Europeas como SF2 (650 a 750 mm.).

El tiempo T50 promedio es de 3.03 segundos, nos indica que es una mezcla con alta viscosidad. El resultado clasifica al Concreto Autocompactante de acuerdo a las Directrices Europeas como VS2/VF2 (>2 seg).

3.6.4.1.2 Análisis del Ensayo de embudo V

a) Procesamiento de la prueba

Se determinó el promedio aritmético de las tres pruebas realizadas.

b) Diagramas y/o tablas

Tabla 87: *Análisis de ensayo de embudo en V*

<p>TESIS: TESISTA: LUGAR: FECHA:</p>	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ADICIONANDO FIBRAS SINTÉTICAS SIKACEM®-1 FIBER – CUSCO 2019”</p>					
	<p>BACH. BACA USCAMAYTA, CARLOS EDUARDO BACH. VELA CÁCERES, LUIS FERNANDO LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD 9/03/2020</p>					
	<p>EMBUDO EN V DIRECTRICES EUROPEAS HAC 2005 - ACI 237R 07</p>					
DESCRIPCIÓN		1	2	3	PROMEDIO	
TIEMPO DE DESCARGA CONTINUO	T	15.9	16.1	15.2	15.7	seg

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

El Tiempo promedio de descarga del embudo en V es de 15.7 segundos, el resultado clasifica al Concreto Autocompactante de acuerdo a las Directrices Europeas como VS2/VF2 (de 9 a 25 segundos).

3.6.4.2 Análisis de la Capacidad de Paso

3.6.4.2.1 Análisis del Ensayo de Caja en “L”

a) Procesamiento de la prueba

La capacidad de paso se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PA = \frac{H1}{H2}$$

Donde:

H1: Altura de concreto dejada en sección vertical

H2: Altura de concreto al final de sección horizontal

b) Diagramas y/o tablas