PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**ENSAYO DE LABORATORIO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO** **INV-22**	**Código:** CC F- 13.1 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

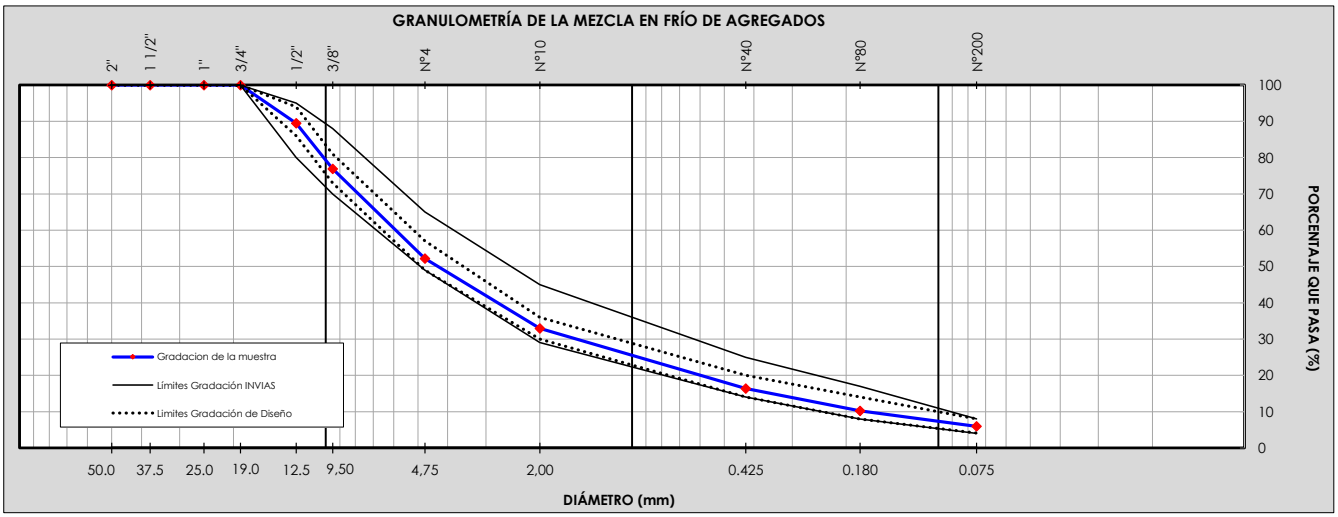
DESCRIPCIÓN: COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO — **FECHA:** 3-feb-26

TIPO DE MEZCLA: MDC-19 con RAP TIBIA — **PLANTA:** PLANTA ASTEC

PROCEDENCIA: PROCOPAL S.A — **MUESTRA:** 2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, INV E - 213

Masa Inicial:		1559,8			**ESPECIFICACIONES GRANULOMÉTRICAS**				
TAMIZ ("/No)	**Abertura (mm)**	**Masa Retenida, g**	**Retenidos, %**	**Pasa, %**	**BANDA INVIAS 2022**		**SUBBANDA DISEÑO**		
					Inf INV	**Sup INV**	**Inf DIS**	**Sup DIS**	**Media**
2"	50,0								
11/2"	37,5								
1"	25,0				100	100			
¾"	19,0				100	100	100	100	100
½"	12,5	163,9	10,5	89,5	80	95	86	94	90
3/8"	9,5	196,2	12,6	76,9	70	88	73	81	77
No 4	4,75	385,2	24,7	52,2	49	65	49	57	53
No 10	2,00	300,2	19,2	33,0	29	45	30	36	33
No 40	0,425	259,3	16,6	16,3	14	25	14	20	17
No 80	0,180	96,2	6,2	10,2	8,0	17,0	8,0	14,0	11,0
No 200	0,075	66,2	4,2	5,9	4,0	8,0	4,1	8,0	6,1
Fondo		5,9	0,4	5,6					



CALIDAD DE LOS AGREGADOS PÉTREOS Y DEL LLENANTE MINERAL INV Art. 450		**Unidad**	**Valor**	**Límite Mínimo**	**Límite Máximo**	**Concepto**
Partículas Fracturadas mecánicamente (1 Cara)	**INV E-227**	%	95	**85**	**-**	CUMPLE
Partículas Fracturadas mecánicamente (2 Caras)	**INV E-227**	%	94	**70**	**-**	CUMPLE
Limpieza Superficial	**INV E-237**	%	0,21	**-**	**0,5**	CUMPLE
Equivalente de Arena	**INV E-133**	%	67	**50**	**-**	CUMPLE
Índice de Plasticidad (NP = 0)	**INV E-125 y 127**	%	0	**-**	**0,0**	CUMPLE
Densidad Bulk del Llenante Mineral	**INV E-225**	g/cm^3	0,7	**0,5**	**0,8**	CUMPLE
Angularidad del Agregado Fino	**INV E-239**	%	45,9	**45**	**-**	CUMPLE
Partículas Planas y alargadas	**INV E-240**	%	1,8	**-**	**10**	CUMPLE
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	**INV E-220**	%	2,9	**-**	**18**	CUMPLE
Resistencia mecánica por el método de 10% de finos	**INV E-224**	%	84%	**75%**	**-**	CUMPLE
Desgaste en la Máquina de los Ángeles, 500 revoluciones	**INV E-218**	%	13,6	**-**	**25**	CUMPLE
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	**INV E-238**	%	7,7	**-**	**20**	CUMPLE

EQUIPOS UTILIZADOS	**FECHA DE CALIBRACIÓN**
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS, LIMPIEZA SUPERFICIAL, EQUIVALENTE DE ARENA, ANGULARIDAD Y DENSIDAD BULK DEL LLENANTE MINERAL** **INV-22**	**Código:** CC F-13.2 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MDC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

PARTÍCULAS CON UNA CARA FRACTURADA, INV E - 227

TAMIZ		Peso de la muestra (g)	Partículas con una cara fracturada		Partículas cuestionables o dudosas		Partículas que no cumplen criterio		Partículas con una cara fracturada	(%) Gradación
PASA	RETIENE		(F) (g)	%	(Q) (g)	%	(N) (g)	%	P (%)	
1 1/2"	1"									
1"	3/4"									
3/4"	1/2"	163,9	155,2	95		0	9	5	95	10,5
1/2"	3/8"	196,2	185,2	94		0	11	6	94	12,6
3/8"	N° 4	200,0	191,2	96		0	9	4	96	24,7
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON UNA CARA FRACTURADA (%)									**95,1**	

PARTÍCULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS, INV E - 227

TAMIZ		Peso de la muestra (g)	Partículas con dos caras fracturadas		Partículas cuestionables o dudosas		Partículas que no cumplen criterio		Partículas con dos caras fracturadas	(%) Gradación
PASA	RETIENE		(F) (g)	%	(Q) (g)	%	(N) (g)	%	P (%)	
1 1/2"	1"									
1"	3/4"									
3/4"	1/2"	163,9	152,3	93		0	12	7	93	10,5
1/2"	3/8"	196,2	180,2	92		0	16	8	92	12,6
3/8"	N° 4	200,0	190,2	95		0	10	5	95	24,7
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS (%)									**93,8**	

LIMPIEZA SUPERFICIAL DEL AGREGADO GRUESO, INV E-237

M: Peso total de la muestra, (gr)	1966,3
M1h: Peso de la muestra para proporción masa seca, (gr)	1962,1
Coeficiente de Limpieza Superficial (Ms-m)/Ms*100	**0,21**

ÍNDICE DE PLASTICIDAD, INV E - 125 y E - 126

DESCRIPCIÓN	RESULTADO	I.P. (ÍNDICE DE PLASTICIDAD)
LÍMITE LÍQUIDO - LL	**0,0**	**NP**
LÍMITE PLÁSTICO - LP	**0,0**	

DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA, INV E - 133

PRUEBA N°	LECTURA DE ARCILLA	LECTURA DE ARENA	EQUIVALENTE ARENA %	PROMEDIO
1	13	8,8	67,7	**67,0**
2	13,5	8,8	65,2	

DETERMINACIÓN DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO, INV E - 239		Lectura N° 1	Lectura N° 2	DENSIDAD BULK DEL LLENANTE MINERAL, INV E - 225		
V =	Volumen del medidor cilíndrico (ml)	102,1	102,1	P = Peso de la muestra de llenante empleada	10	10
Mb =	Masa bruta de la muestra (g)	381,2	382,4			
Mcv =	Masa del medidor vacio (g)	234,8	234,8	V = Volumen aparente del llenante en kerosene (gr/cm^3)	15,0	15,2
F =	Masa neta del agregado fino en el medidor (g)	146,4	147,6			
G =	Gravedad específica del agregado fino seco	2,659	2,659	PESO UNITARIO DEL LLENANTE EN KEROSENE	**0,67**	**0,66**
%U =	Vacíos en el agregado fino sin compactar (%)	46,1	45,6			
Us =	**Promedio de las muestras (%)**	**45,9**		**PESO UNITARIO PROMEDIO DEL LLENANTE**	**0,662**	

EQUIPOS UTILIZADOS	FECHA DE CALIBRACIÓN
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**MÉTODO PARA DETERMINAR PARTÍCULAS PLANAS, ALARGADAS EN AGREGADOS GRUESOS** **INV-22**	**Código:** CC F-13.3 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MDC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA:**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

PARTÍCULAS PLANAS RELACIÓN 5:1, INV E - 240 - (Numeral 7.3.1.1)

TAMIZ		Peso Muestra (g)	Partículas planas (g)	Partículas no planas (g)	Partículas planas por fraccion (%)	Retenido Gradación (%)
Pasa	Retiene					
2 1/2"	2"					0,0
2"	1 1/2"					0,0
1 1/2"	1"					0,0
1"	3/4"		0,0			0,0
3/4"	1/2"	163,9	0,0	163,9	0,0	10,5
1/2"	3/8"	196,2	0,0	196,2	0,0	12,6
3/8"	N°4	385,2	0,0	385,2	0,0	24,7
PARTÍCULAS PLANAS (%)					**0,0**	

PARTÍCULAS ALARGADAS RELACIÓN 5:1, INV E - 240 - (Numeral 7.3.1.2)

TAMIZ		Peso Muestra (g)	Partículas Alargadas (g)	Partículas no Alargadas, (g)	(%) Partículas planas por fraccion	Retenido Gradación (%)
Pasa	Retiene					
2 1/2"	2"					0,0
2"	1 1/2"					0,0
1 1/2"	1"					0,0
1"	3/4"		0,0			0,0
3/4"	1/2"	163,9	0,0	163,9	0,0	10,5
1/2"	3/8"	196,2	0,0	196,2	0,0	12,6
3/8"	N°4	385,2	0,0	385,2	0,0	24,7
PARTÍCULAS ALARGADAS (%)					**0,0**	

PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS RELACIÓN 5:1, INV E - 240 - (Numeral 7.4.2.2)

TAMIZ		Peso Muestra (g)	Partículas planas y alargadas (g)	Partículas no planas y Alargadas, (g)	(%) Partículas planas por fraccion	Retenido Gradación (%)
Pasa	Retiene					
2 1/2"	2"					0,0
2"	1 1/2"					0,0
1 1/2"	1"					0,0
1"	3/4"					0,0
3/4"	1/2"	163,9	6,3	157,6	3,8	10,5
1/2"	3/8"	196,2	5,3	190,9	2,7	12,6
3/8"	N°4	385,2	1,6	383,6	0,4	24,7
PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS (%)					**1,8**	

EQUIPOS UTILIZADOS	FECHA DE CALIBRACIÓN
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO** **INV-22**	**Código:** CC F-13.5 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MDC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA:**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

PÉRDIDAS CON SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO, INV E - 220

GRUESOS

MALLAS		GRADACIÓN ORIGINAL	PESO DE LA MUESTRA			PÉRDIDA		
			Antes de ensayo		Después de ensayo	INDIVIDUAL		Corregida
Pasa	**Retenido**	**(%)**	**Mínimo, (gr)**	**Empleado, (gr)**	**(gr)**	**(gr)**	**(%)**	**(%)**
3"	2 1/2"		5000					
2 1/2"	2"		3000					
2"	1 1/2"		2000					
1 1/2"	1"		1000					
1"	3/4"		500					
3/4"	1/2"	10,5	670	675,3	669,3	6,0	0,9	0,1
1/2"	3/8"	12,6	330	335,1	330,2	4,9	1,5	0,2
3/8"	No 4	24,7	300	312,4	300,2	12,2	3,9	1,0
PÉRDIDA TOTAL DE LA FRACCIÓN GRUESA, %								**1,2**

FINOS

Pasa	**Retenido**	**(%)**	**Mínimo, (gr)**	**Empleado, (gr)**	**(gr)**	**(gr)**	**(%)**	**(%)**
3/8"	No 4	24,7	300,0	312,4	300,2	12,2	3,9	1,0
No 4	No 8	16,7	100,0	100,0	98,3	1,7	1,7	0,3
No 8	No 16	8,6	100,0	100,0	98,6	1,4	1,4	0,1
No 16	No 30	6,1	100,0	100,0	97,3	2,7	2,7	0,2
No 30	No 50	3,6	100,0	100,0	97,3	2,7	2,7	0,1
PÉRDIDA TOTAL DE LA FRACCIÓN FINA, %								**1,6**
PÉRDIDA TOTAL EN LA MUESTRA, %								**2,9**

EQUIPOS UTILIZADOS	FECHA DE CALIBRACIÓN
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24



Aprobó:
Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS POR EL METODO 10% DE FINOS** **INV-22**	**Código:** CC F-13.7 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MDC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA:**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

RESISTENCIA MECÁNICA 10 % DE FINOS, INV E - 224

CONDICIÓN SECA

Tipo de material utilizado: Agregados constituidos de partículas angulares en condición seca

Parametros	Penetración de Ensayo	20	mm
m_a =	Masa del agregado en el pistón, kg	2974	
m_r =	Masa del material retenido, kg	2750	
x_1 =	Carga aplicaga, KN	326,4	
f_1 % =	Porcentaje de finos producidos, %	**7,5**	
C_{10} =	Carga necesaria para producir el 10% de finos, KN	**396,3**	
		C10 PROMEDIO (kN)	**396,3**

CONDICIÓN HUMEDA

Tipo de material utilizado: Agregados constituidos de partículas angulares en condición saturada durante no menos de 16 horas

Parametros	Penetración de Ensayo	20	mm
m_a =	Masa del agregado en el pistón, kg	2974	
m_r =	Masa del material retenido, kg	2725	
x_1 =	Carga aplicaga, KN	295,6	
f_1 % =	Porcentaje de finos producidos, %	**8,4**	
C_{10} =	Carga necesaria para producir el 10% de finos, KN	**334,5**	
		C10 PROMEDIO (kN)	**334,5**
RELACIÓN HÚMEDO/SECO, %		**84,4%**	

EQUIPOS UTILIZADOS	**FECHA**
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24
Prensa de Inmersion-Compresion	7-jul-25

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**DESGASTE EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES** **INV-22**	**Código:** CC F -13.14 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MDC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA:**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

ENSAYO DE ABRASIÓN DE AGREGADOS EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES, INV E - 218 y E - 219

PRUEBAS	**1**	**2**			
Gradaciones usadas	B	B			
Nº de esferas	11	11			
Nº de revoluciones	100	500			
Pa = Peso muestra seca antes del ensayo (g)	5005	5005			
Pb = Peso muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz Nº 12 (g)	4852	4326			
Pa - Pb = pérdida (g)	153	679,0			
% Desgaste = (Pa -Pb)/ Pa	3,1	13,6			

EQUIPOS UTILIZADOS	**FECHA CALIBRACIÓN**
Máquina de los Ángeles	Se realizan revisiones periódicas de las esferas
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**DEGRADACIÓN POR ABRASIÓN EN EL EQUIPO MICRO-DEVAL** **INV-22**	**Código:** CC F - 13.15 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MDC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA:**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

RESISTENCIA DEL AGREGADO AL DESGASTE POR ABRASIÓN UTILIZANDO EL EQUIPO MICRO-DEVAL, INV E - 238

PRUEBAS	**1**	**2**			
Nº de tabla	T-1				
Peso de esferas	5000				
Tiempo de rotación	120				
Nº de revoluciones por minuto	100				
Pa = Peso muestra seca antes del ensayo (g)	1505				
Pb = Peso muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz Nº 12 (g)	1389				
Pa - Pb = pérdida (g)	116				
% Desgaste = (Pa -Pb)/ Pa	7,7				

EQUIPOS UTILIZADOS	**FECHA CALIBRACIÓN**
Equipo Micro-Deval	Se realizan revisiones periódicas de las esferas
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24

Aprobó:
Jefe de Laboratorio