

ANEXOS

Anexo 1

Diseños de mezcla para los diferentes porcentajes de RCD

1. Mezcla 100% material RCD:

Tabla 1. Ajuste de dosificación 100% RCD – 0%, arena fina Puerto Tejada

TAMIZ (mm)	TAMIZ (PULGADAS)	MATERIAL RCD % PASA	ARENA DE PUERTO TEJADA % PASA	% PASA ICPC	AJUSTE DOSIFICACIÓN % PASA
25.00	1"	100	100	100	100
19.00	3/4"	100	100	100	100
12.50	1/2"	100	97,6	100	100
9.50	3/8"	100	97,3	100	100
4.76	N° 4	79,6	94,7	85	79,6
2.38	N° 8	56	91,1	65	56
1.19	N° 16	38,3	83	50	38,3
0.60	N° 30	23,5	72,7	35	23,5
0.30	N° 50	11,4	43,1	15	11,4
0.15	N° 100	3,6	8,8	5	3,6
0.07	N° 200	1,1	4,8	3	1,1

Fuente: Grupo Investigador. 2023

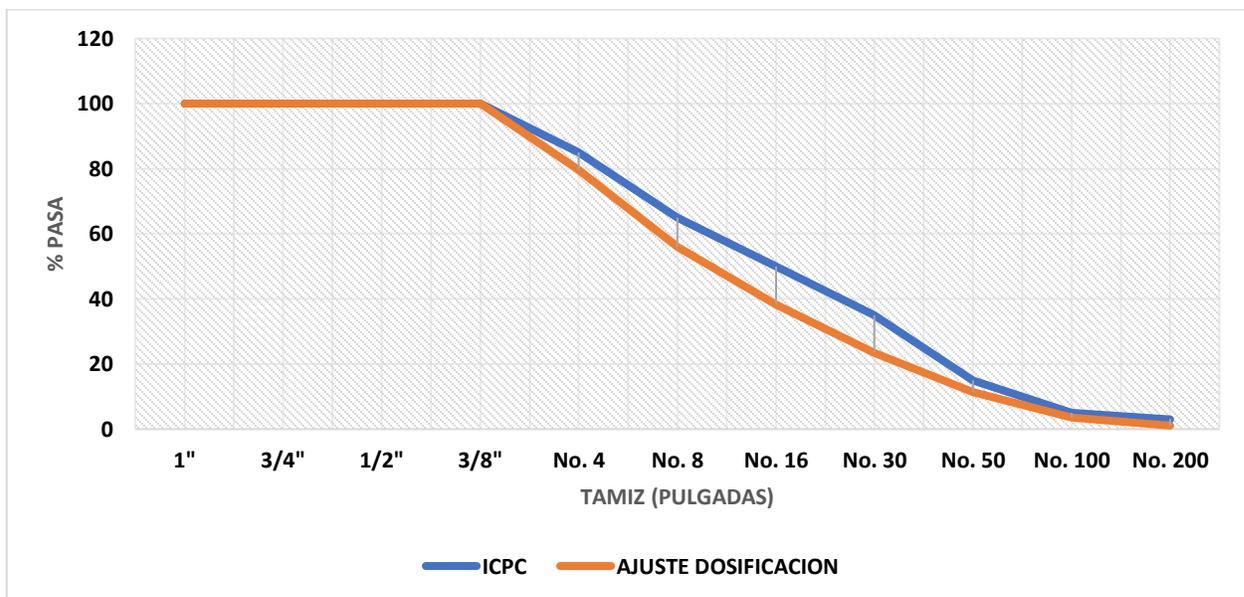


Gráfico 1. Curva granulométrica ICPC de los agregados 100% RCD – 0% arena fina de Puerto Tejada

Fuente: Grupo Investigador. 2023

2. Diseño de mezclas RCD 100% y arena de Puerto Tejada 0%

De acuerdo con la información de pesos suministrada por la firma fabricante CONCREINSA S.A, para la elaboración de un (1) m³ de concreto para la elaboración de adoquines, se requieren de los siguientes materiales, con sus pesos secos,

Tabla 2. Pesos secos para 1 m³ de mezcla

Material	Und.	Preparada 1m ³
Cemento	Kg	422,16
Agua	Kg	56,92

Fuente: Grupo Investigador. 2023

a) Cálculo de la cantidad de cada agregado

$$G \text{ promedio} = \frac{100}{\sum \frac{\%i}{G_i}} \quad \text{Reemplazando se tiene:}$$

$$\boxed{G \text{ promedio}} = \frac{100}{\frac{0,0}{2,731} + \frac{100,0}{2,703}} = \frac{100}{36,9959304} = \boxed{2,70 \text{ Kg/dm}^3}$$

$$\text{VOLUMEN ABSOLUTO DEL MATERIAL} = \frac{\text{PESO DEL MATERIAL (Kg)}}{(\text{DENSIDAD o PESO ESPECÍFICO}) (\text{Kg/m}^3)}$$

$$\text{VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS} = \frac{\text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS}}{\text{AGREGADOS}} (\text{m}^3)$$

$$\text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS} = 1000 - \frac{C (\text{Kg})}{G_c (\text{Kg/dm}^3)} - \frac{A (\text{Kg})}{G_a (\text{Kg/dm}^3)}$$

$$\boxed{\text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS}} = 1000 - \frac{422,16}{2,90} - \frac{56,92}{1,00} = \boxed{797,50 \text{ dm}^3}$$

$$\boxed{\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)}} = \boxed{\text{VOLUMEN PARA PREPARAR}} * \boxed{\text{DENSIDAD PROMEDIO DEL AGREGADO (Kg/dm}^3)}$$

$$\boxed{\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)}} = 797,50 * 2,70$$

$$\boxed{\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)}} = \boxed{2155,66 \text{ Kg}}$$

$$\boxed{\text{PESO DEL AGREGADO PTO TEJADA (Kg)}} = 2155,66 \text{ Kg} * 0,0\% = \boxed{0,00 \text{ Kg}}$$

$$\boxed{\text{PESO DEL AGREGADO RCD (Kg)}} = 2155,66 \text{ Kg} * 100\% = \boxed{2155,66 \text{ Kg}}$$

b) Peso de los materiales

Tabla 3. Pesos secos y proporciones para 1 m³ de mezcla

Material	Und	Peso	Proporciones
Cemento	Kg	422,16	1,00
Agua	Kg	56,92	0,135
Arena del Puerto Tejada	Kg	0,00	0,00
Arena de RCD 100%	Kg	2155,66	5,11

Fuente: Grupo Investigador. 2023

$$\text{Cemento para preparar 25 adoquines} = 9,79 \text{ Kg}$$

Tabla 4. Ajuste por humedad

Material (1)	Proporción 78%	Masa seca (kg) (3)	Masa húmeda (kg) (4)	Agua agregados (kg) (5)	Absorción (kg) (6)	Agua libre (kg) (7)	Aporte (kg) (8)
Cemento	1,00	9,79					
Agua	0,135	1,32					
Arena Puerto Tejada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	
RCD 100%	5,11	50,00	53,60	3,60	4,380	-0,78	-0,78

Fuente: Grupo Investigador. 2023

Fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Agua total de la mezcla} &= \text{Agua de Pasta} + \text{Agua Agregados} \\ \text{Agua Total de la Mezcla} &= 1.32 + 0.78 \\ \text{Agua Total de la Mezcla} &= 2.10 \end{aligned}$$

Tabla 5. Pesos secos de materiales para 25 adoquines 100% RCD

Material (1)	Und	Peso
Cemento	Kg	9,79
Agua	Kg	2,10
Arena Puerto Tejada	Kg	0,00
RCD 100%	Kg	53,60

Fuente: Grupo Investigador. 2023

3. Mezcla 78% material RCD – 22% de arena fina de Puerto Tejada:

Tabla 6. Ajuste de dosificación 78% RCD – 22% Arena fina de Puerto Tejada. Curva granulométrica de los agregados

Ingresar Datos		78	22		
Tamiz (Mm)	Tamiz (Pulgadas)	Material RCD. % que Pasa	Arena de Puerto Tejada. % que Pasa	% que Pasa ICPC	Ajuste Dosificación. % que Pasa
25.00	1"	100	100	100	100
19.00	3/4"	100	100	100	100
12.50	1/2"	100	97,6	100	99,472
9.50	3/8"	100	97,3	100	99,406
4.76	N° 4	79,6	94,7	85	82,922
2.38	N° 8	56	91,1	65	63,722
1.19	N° 16	38,3	83	50	48,134
0.60	N° 30	23,5	72,7	35	34,324
0.30	N° 50	11,4	43,1	15	18,374
0.15	N° 100	3,6	8,8	5	4,744
0.07	N° 200	1,1	4,8	3	1,914

Fuente: Grupo Investigador. 2023

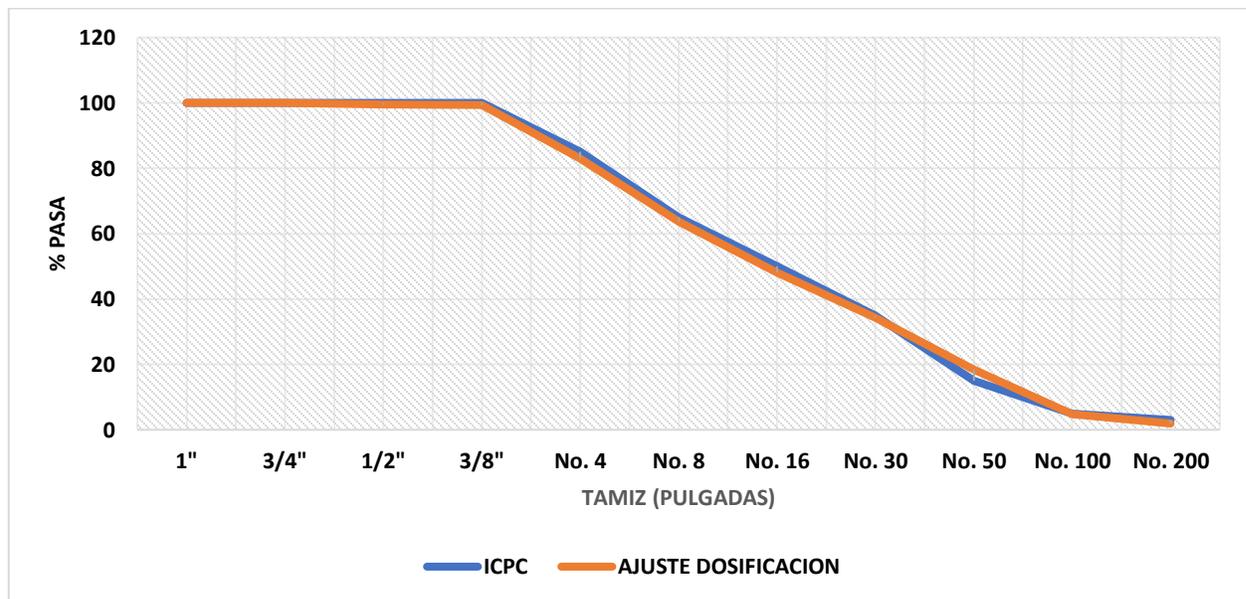


Gráfico 2. Curva granulométrica de los agregados 78% RCD – 22% Arena fina de Puerto Tejada. Curva ICPC

Fuente: Grupo Investigador. 2023

4. Diseño de mezclas RCD 78% y arena de Puerto Tejada 22%

De acuerdo con la información de pesos suministrada por el fabricante CONCREINSA S.A para la elaboración de 1 m³ de concreto, los siguientes, son los pesos secos para 1 m³ de mezcla para fabricación de adoquines:

a) Peso de los materiales

Tabla 7. Pesos secos para 1 m³ de mezcla

Material	Und	Preparada 1m ³
Cemento	Kg	422,16
Agua	Kg	56,92

Fuente: Grupo Investigador. 2023

b) Cálculo de la cantidad de cada agregado

$$G \text{ promedio} = \frac{100}{\sum \frac{\%i}{G_i}} \quad \text{Reemplazando se tiene:}$$

$$\boxed{G \text{ promedio}} = \frac{100}{\frac{22,0}{2,731} + \frac{78,0}{2,703}} = \frac{100}{36,912483} = \boxed{2,71 \text{ Kg/dm}^3}$$

$$\text{VOLUMEN ABSOLUTO DEL MATERIAL} = \frac{\text{PESO DEL MATERIAL (Kg)}}{(\text{DENSIDAD o PESO ESPECÍFICO}) (\text{Kg/m}^3)}$$

$$\text{VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS} = \frac{\text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS}}{\text{AGREGADOS}} \quad (\text{m}^3)$$

$$\text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS} = 1000 - \frac{C (\text{Kg})}{G_c (\text{Kg/dm}^3)} - \frac{A (\text{Kg})}{G_a (\text{Kg/dm}^3)}$$

$$\boxed{\text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS}} = 1000 - \frac{422,16}{2,90} - \frac{56,92}{1,00} = \boxed{797,50 \text{ dm}^3}$$

$$\boxed{\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)}} = \boxed{\text{VOLUMEN PARA PREPARAR}} * \boxed{\text{DENSIDAD PROMEDIO DEL AGREGADO (Kg/dm}^3\text{)}}$$

$$\boxed{\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)}} = 797,50 * 2,71$$

$$\boxed{\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)}} = \boxed{2.160,53 \text{ Kg}}$$

$$\boxed{\text{PESO DEL AGREGADO PUERTO TEJADA (Kg)}} = 2.160,53 \text{ Kg} * 22\% = \boxed{475,32 \text{ Kg}}$$

$$\boxed{\text{PESO DEL AGREGADO RCD (Kg)}} = 2.160,53 \text{ Kg} * 78\% = \boxed{1685,21 \text{ Kg}}$$

c) Peso de los materiales

Tabla 8. Pesos secos para 1 m³ de mezcla - Proporciones

Material	Und.	Peso	Proporciones
Cemento	Kg	422,16	1,00
Agua	Kg	56,92	0,135
Arena de Puerto Tejada	Kg	475,32	1,13
Arena de RCD 78%	Kg	1.685,21	3,99

Fuente: Grupo Investigador. 2023

$$\text{Cemento para Preparar 25 Adoquines} = 9,79 \text{ Kg}$$

Tabla 9. Ajuste por humedad

Material (1)	Proporción 78%	Masa seca (kg) (3)	Masa húmeda (kg) (4)	Agua agregados (kg) (5)	Absorción (kg) (6)	Agua libre (kg) (7)	Aporte (kg) (8)
Cemento	1,00	9,79					
Agua	0,135	1,32					
Arena de Puerto Tejada	1,13	0,00	11,66	0,64	0,238	0,40	
RCD 78%	3,99	50,00	41,90	2,81	3,424	-0,61	-0,21

Fuente: Grupo Investigador. 2023

$$\begin{aligned} \text{Agua Total de la Mezcla} &= \text{Agua de Pasta} - \text{Agua Agregados} \\ \text{Agua Total de la Mezcla} &= 1,32 - 0,21 \\ \text{Agua Total de la Mezcla} &= 1,53 \end{aligned}$$

Tabla 10. Pesos secos para 25 adoquines 78% RCD – 22% Arena Fina Puerto Tejada

Material	Und	Peso
Cemento	Kg	9,79
Agua	Kg	1,53
Arena de Puerto Tejada	Kg	11,66
Arena de RCD 78%	Kg	41,90

Fuente: Grupo Investigador. 2023

5. Mezcla RCD 60% y arena de Puerto Tejada 40%

Tabla 11. Ajuste de dosificación de los agregados 60% RCD – 40% Arena Fina Puerto Tejada

INGRESAR DATOS		60	40		
Tamiz (mm)	Tamiz (pulgadas)	Material RCD % pasa	Arena de Puerto Tejada % pasa	% pasa ICPC	Ajuste Dosificación % Pasa
25.00	1"	100	100	100	100
19.00	3/4"	100	100	100	100
12.50	1/2"	100	97,6	100	99,04
9.50	3/8"	100	97,3	100	98,92
4.76	No. 4	79,6	94,7	85	85,64
2.38	No. 8	56	91,1	65	70,04
1.19	No. 16	38,3	83	50	56,18
0.60	No. 30	23,5	72,7	35	43,18
0.30	No. 50	11,4	43,1	15	24,08
0.15	No. 100	3,6	8,8	5	5,68
0.07	No. 200	1,1	4,8	3	2,58

Fuente: Grupo Investigador. 2023

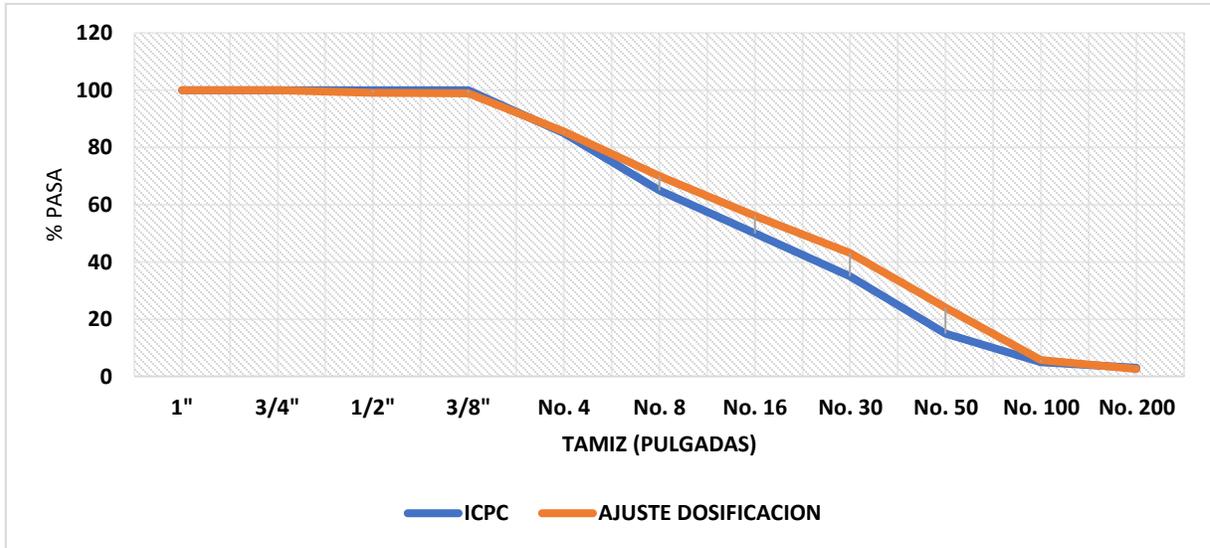


Gráfico 3. Curva granulométrica de los agregados 60% RCD - 40% Arena Fina Puerto Tejada. ICPC

Fuente: Grupo Investigador. 2023

6. Diseño de mezclas arena de Puerto Tejada 40% Y RCD 60%

De acuerdo con información de pesos suministrada por la firma fabricante CONCREINSA S.A para la elaboración de 1 m³ de concreto y los pesos secos para 1 m³ de mezcla para fabricación de adoquines, se tiene:

a) Peso de los materiales

Tabla 12. Pesos secos para 1 m³ de mezcla

Material	Und	Preparada 1m ³
Cemento	Kg	422,16
Agua	Kg	56,92

Fuente: Grupo Investigador. 2023

b) Cálculo de la cantidad de cada agregado

$$G \text{ promedio} = \frac{100}{\sum \frac{\%i}{G_i}} \quad \text{Reemplazando tenemos:}$$

$$\boxed{G \text{ promedio}} = \frac{100}{\frac{40,0}{2,731} + \frac{60,0}{2,703}} = \frac{100}{36,8442078} = \boxed{2,71 \text{ Kg/dm}^3}$$

$$\text{VOLUMEN ABSOLUTO DEL MATERIAL} = \frac{\text{PESO DEL MATERIAL (Kg)}}{(\text{DENSIDAD o PESO ESPECÍFICO}) (\text{Kg/m}^3)}$$

$$\text{VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS} = \text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS (m}^3\text{)}$$

$$\text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS} = 1000 - \frac{C \text{ (Kg)}}{G_c \text{ (Kg/dm}^3\text{)}} - \frac{A \text{ (Kg)}}{G_a \text{ (Kg/dm}^3\text{)}}$$

$$\boxed{\text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS}} = 1000 - \frac{422,16}{2,90} - \frac{56,92}{1,00} = \boxed{797,50 \text{ dm}^3}$$

$$\boxed{\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)}} = \boxed{\text{VOLUMEN PARA PREPARAR}} * \boxed{\text{DENSIDAD PROMEDIO DEL AGREGADO (Kg/Dm}^3\text{)}}$$

$$\boxed{\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)}} = 797,50 * 2,71$$

$$\boxed{\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)}} = \boxed{2164,53 \text{ Kg}}$$

$$\boxed{\text{PESO DEL AGREGADO PTO TEJADA (Kg)}} = 2164,53 \text{ Kg} * 40,0\% = \boxed{865,81 \text{ Kg}}$$

$$\boxed{\text{PESO DEL AGREGADO RCD (Kg)}} = 2164,53 \text{ Kg} * 60\% = \boxed{1298,72 \text{ Kg}}$$

c) Peso de los materiales

Tabla 13. Pesos secos para 1 m³ de mezcla - Proporciones

Material	Und	Peso	Proporciones
Cemento	Kg	422,16	1,00
Agua	Kg	56,92	0,135
Arena de Puerto Tejada	Kg	865,81	2,05
Arena de RCD 60%	Kg	1.298,72	3,08

Fuente: Grupo Investigador. 2023

$$\text{Cemento para preparar 25 adoquines} = 9,79 \text{ Kg}$$

Tabla 14. Ajuste por humedad

Material (1)	Proporción 78%	Masa seca (kg) (3)	Masa húmeda (kg) (4)	Agua agregados (kg) (5)	Absorción (kg) (6)	Agua libre (kg) (7)	Aporte (kg) (8)
Cemento	1,00	9,79					
Agua	0,135	1,32					
Arena Puerto Tejada	2,05	20,08	21,25	1,16	0,434	0,73	
RCD 60%	3,08	30,12	32,29	2,17	2,639	-0,47	0,26

Fuente: Grupo Investigador. 2023

$$\begin{aligned}
 \text{Agua Total de la Mezcla} &= \text{Agua de Pasta} - \text{Agua Agregados} \\
 \text{Agua Total de la Mezcla} &= 1,32 - 0,26 \\
 \text{Agua Total de la Mezcla} &= 1,06
 \end{aligned}$$

Tabla 15. Pesos secos para 25 adoquines 60% RCD – 40% Arena Fina Puerto Tejada

Material	Und	Peso
Cemento	Kg	9,79
Agua	Kg	2,10
Arena de Puerto Tejada	Kg	21,25
Arena de RCD 60%	Kg	32,29

Fuente: Grupo Investigador. 2023

7. Mezcla de arena de Puerto Tejada 50% y RCD 50%

Tabla 16. Ajuste de dosificación 50% RCD – 50% arena fina Puerto Tejada

INGRESAR DATOS		50	50		
Tamiz (mm)	Tamiz (pulgadas)	Material RCD % Pasa	Arena de Puerto Tejada % Pasa	% Pasa ICPC	Ajuste Dosificación % Pasa
25.00	1"	100	100	100	100
19.00	3/4"	100	100	100	100
12.50	1/2"	100	97,6	100	98,8
9.50	3/8"	100	97,3	100	98,65
4.76	No. 4	79,6	94,7	85	87,15
2.38	No. 8	56	91,1	65	73,55
1.19	No. 16	38,3	83	50	60,65
0.60	No. 30	23,5	72,7	35	48,1
0.30	No. 50	11,4	43,1	15	27,25
0.15	No. 100	3,6	8,8	5	6,2
0.07	No. 200	1,1	4,8	3	2,95

Fuente: Grupo Investigador. 2023

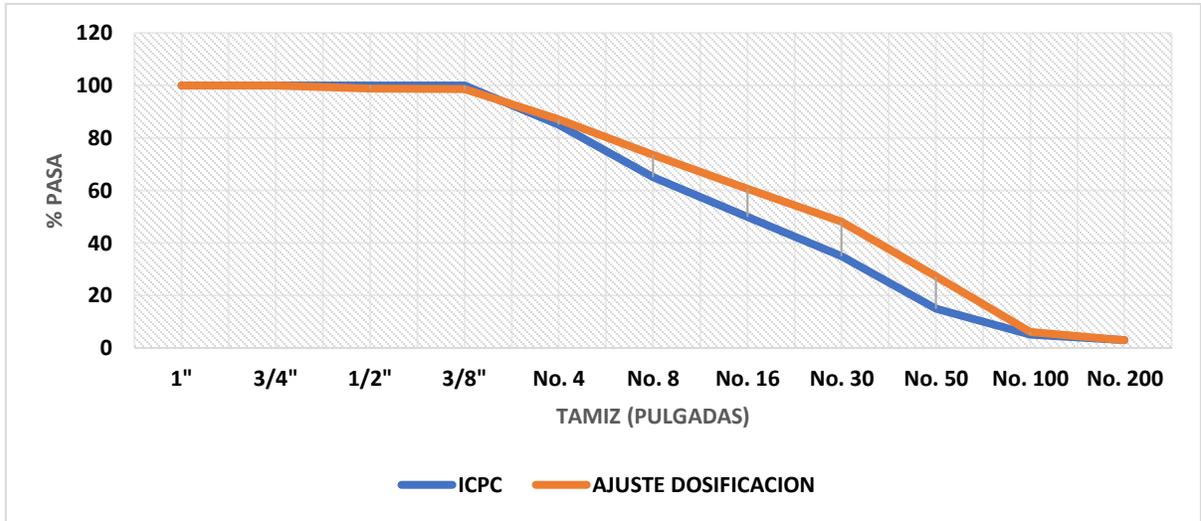


Gráfico 4. Curva granulométrica de los agregados – 50% RCD y 50% Arena de Puerto Tejada. ICPC

Fuente: Grupo Investigador. 2023

a) Diseño de mezclas arena del Puerto 50% y RCD 50%

De acuerdo con información de pesos suministrada por la firma fabricante CONCREINSA S.A para la elaboración de 1 m³ de concreto y los pesos secos para 1 m³ de mezcla para fabricación de adoquines, se tiene:

Tabla 17. Pesos secos para 1 m³ de mezcla

Material	Und	Preparada 1m ³
Cemento	Kg	422,16
Agua	Kg	56,92

Fuente: Grupo Investigador. 2023

b) Cálculo de la cantidad de cada agregado

$$G \text{ promedio} = \frac{100}{\sum \frac{\%i}{G_i}} \quad \text{Reemplazando tenemos:}$$

$$\boxed{G \text{ promedio}} = \frac{100}{\frac{50,0}{2,731} + \frac{50,0}{2,703}} = \frac{100}{36,8062772} = \boxed{2,72 \text{ Kg/dm}^3}$$

$$\begin{aligned} \text{VOLUMEN ABSOLUTO DEL MATERIAL} &= \frac{\text{PESO DEL MATERIAL (Kg)}}{(\text{DENSIDAD o PESO ESPECÍFICO})} \\ &= \frac{\text{Kg}}{(\text{Kg/m}^3)} \\ &= (\text{m}^3) \end{aligned}$$

$$\text{VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS} = 1000 - \frac{\text{C (Kg)}}{\text{Gc (Kg/dm}^3)} - \frac{\text{A (Kg)}}{\text{Ga (Kg/dm}^3)}$$

$$\text{VOLUMEN DE LOS AGREGADOS} = 1000 - \frac{422,16}{2,90} - \frac{56,92}{1,00} = 797,50 \text{ dm}^3$$

$$\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)} = \text{VOLUMEN PARA PREPARAR} * \text{DENSIDAD PROMEDIO DEL AGREGADO (Kg/dm}^3)$$

$$\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)} = 797,50 * 2,72$$

$$\text{PESO DE LOS AGREGADOS (Kg)} = 2166,76 \text{ Kg}$$

$$\text{PESO DEL AGREGADO PTO TEJADA (Kg)} = 2166,76 \text{ Kg} * 50\% = 1083,38 \text{ Kg}$$

$$\text{PESO DEL AGREGADO RCD (Kg)} = 2166,76 \text{ Kg} * 50\% = 1083,38 \text{ Kg}$$

c) Peso de los materiales

Tabla 18. Pesos secos para 1 m³ de mezcla - Proporciones

Material	Und	Peso	Proporciones
Cemento	Kg	422,16	1,00
Agua	Kg	56,92	0,135
Arena de Puerto Tejada	Kg	1.083,38	2,57
Arena de RCD 50%	Kg	1.083,38	2,57

Fuente: Astudillo & González. 2023

$$\text{Cemento para preparar 25 adoquines} = 9,79 \text{ Kg}$$

Tabla 99. Ajuste por humedad

Material (1)	Proporción 78%	Masa seca (kg) (3)	Masa húmeda (kg) (4)	Agua agregados (kg) (5)	Absorción (kg) (6)	Agua libre (kg) (7)	Aporte (kg) (8)
Cemento	1,00	9,79					
Agua	0,135	1,32					
Arena de Puerto Tejada	2,57	25,13	26,59	1,46	0,543	0,91	
RCD 50%	2,57	25,13	26,94	1,81	2,201	-0,39	0,52

Fuente: Grupo Investigador. 2023

Agua Total de la Mezcla	=	Agua de Pasta	-	Agua Agregados
Agua Total de la Mezcla	=	1,32	-	0.52
Agua Total de la Mezcla	=	0,80		

Tabla 20. Pesos secos para 25 adoquines 50% RCD – 50% Arena Fina Puerto Tejada

Material	Und	Peso
Cemento	Kg	9,79
Agua	Kg	0,80
Arena de Puerto Tejada	Kg	26,59
Arena de RCD 50%	Kg	26,94

Fuente: Grupo Investigador. 2023