

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

## ANEXOS

Evaluación del nivel de protección de pasos a nivel en el corredor ferroviario del  
Regiotram de Occidente en  
Cundinamarca, Colombia.

Trabajo Fin de Máster

AUTOR/A: Agamez Hernandez, Juan Camilo

Tutor/a: Argente Cuesta, Sebastián José

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Anexo I: Procedimiento de cálculo de la Distancia de Visibilidad Real de

los Pasos a Nivel analizados dentro del proyecto Regiotram de

Occidente

Evaluación del nivel de protección de pasos a nivel en el corredor ferroviario del  
Regiotram de Occidente en  
Cundinamarca, Colombia.

Trabajo Fin de Máster.

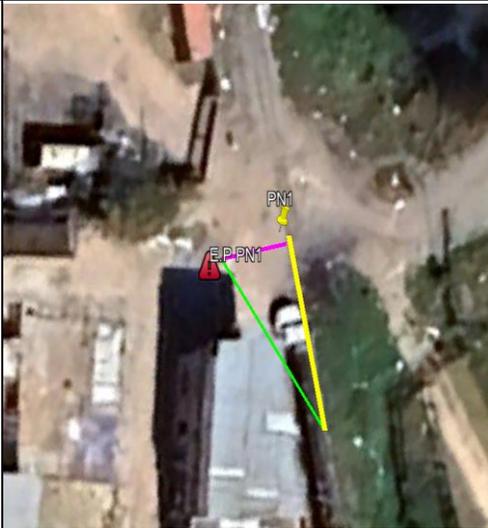
AUTOR/A: Agamez Hernandez, Juan Camilo

Tutor/a: Argente Cuesta, Sebastián José

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023

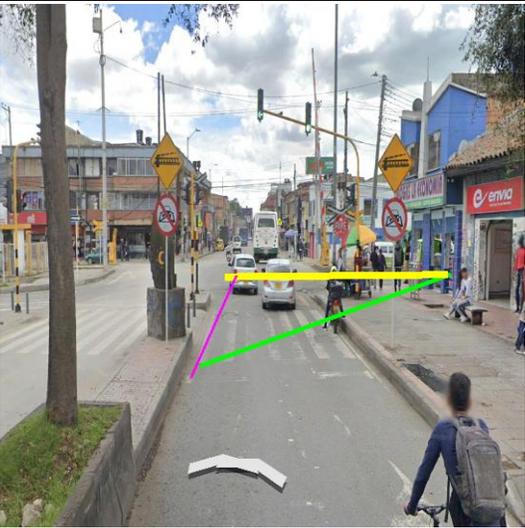
## 1. Introducción.

En el presente anexo, se presenta la tabla que detalla el triángulo de visibilidad para cada uno de los pasos a nivel evaluados. Este análisis nos permitirá determinar la Distancia de Visibilidad Real, siguiendo los pasos establecidos en el apartado 5.1.1.2 de la memoria de este trabajo de fin de máster. La información contenida en esta tabla es fundamental para asegurar la precisión y fiabilidad de los cálculos realizados, proporcionando una base sólida para las conclusiones y recomendaciones derivadas de este estudio.

ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
1	14+440	Carrera 138A/Calle 22			15.3

ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
2	13+430	Carrera 129/Calle 22			20.8
3	12+080	Carrera 116/Calle 22			22.1

ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
4	11+630	Carrera 111A/Calle 22			9.98
5	11+130	Carrera 106/Calle 22			27.7

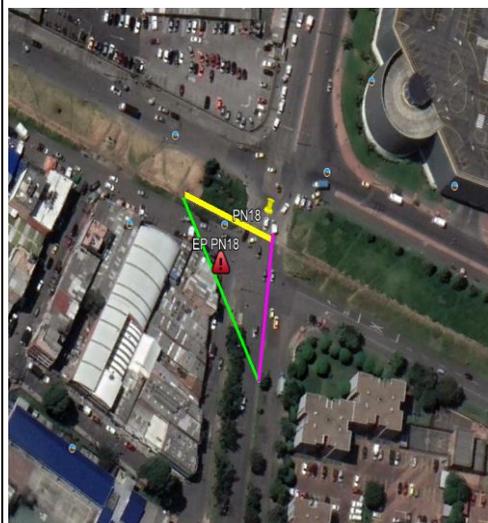
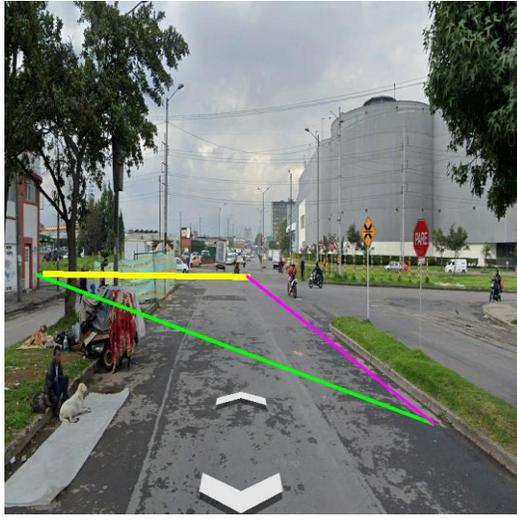
ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
6	10+770	Carrera 103a/Calle 22			17.07
7	10+540	Carrera 100/Calle 22			22.8

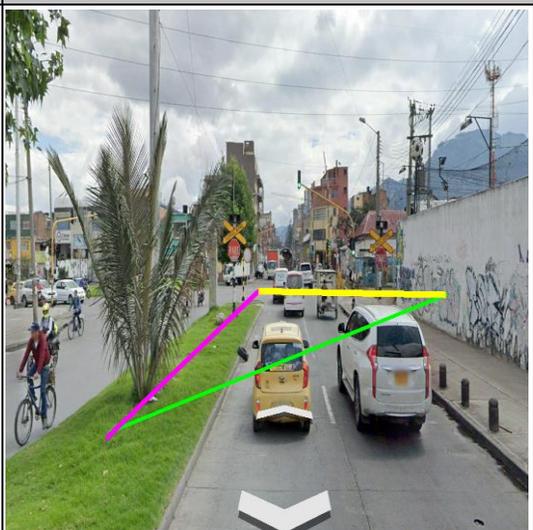
ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
8	10+270	Carrera 97 /Calle 22			23.9
9	09+830	Carrera 96c/Calle 22			26.2

ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
10	09+440	Carrera 93/Calle 22			4
12	08+880	Avenida Cali/Calle 22			36.8

ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
13	06+315	Carrera 68d/Calle 22			10.8
14	04+590	Carrera 56/Calle 22			11.8

ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
15	04+170	Carrera 50/Calle 22			26.2
16	03+230	Carrera 40/Calle 22			9.55

ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
17	02+180	Transversa 32c/Calle 22			9.69
18	01+450	Carrera 27/Calle 22			43.1

ID	PK	Cruce a nivel	Triángulo de visibilidad	Foto a nivel del paso a nivel	Distancia de Visibilidad real (DVR)
19	01+190	Carrera 22/Diagonal 19a			23.3

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

Anexo II: Matriz integral del cálculo del Nivel de Protección de los pasos a nivel evaluados dentro del Proyecto Regiotram de Occidente.

Evaluación del nivel de protección de pasos a nivel en el corredor ferroviario del Regiotram de Occidente en Cundinamarca, Colombia.

Trabajo Fin de Máster.

AUTOR/A: Agamez Hernandez, Juan Camilo

Tutor/a: Argente Cuesta, Sebastián José

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023

## 1. Introducción

En el presente anexo, se presenta la matriz integral de todos los cálculos realizados para determinar El Nivel de Protección de cada uno de los pasos a nivel evaluados dentro del Proyecto del Regiotram de Occidente. Estos cálculos se han llevado a cabo conforme a la metodología propuesta en la memoria del presente trabajo de fin de máster.

el nivel de protección de cada uno de los pasos a nivel evaluados dentro del Proyecto del Regiotram de Occidente. Estos cálculos se han llevado a cabo conforme a los parámetros especificados en el Real Decreto 929/2020, que regula la seguridad operacional e interoperabilidad ferroviarias.

Este anexo proporciona un desglose detallado de la metodología empleada, los criterios de evaluación utilizados y los resultados obtenidos. Se incluyen las variables consideradas y los datos de entrada utilizados para asegurar la precisión y fiabilidad de los cálculos.

*Tabla 1. Matriz integral de cálculos para la determinación del Nivel de Protección de Pasos a Nivel del Regiotram de Occidente.*

ID	Cruce a nivel	PK	Velocidad máxima tren (Km/h)	A (Veh/D)	P (peatones/día)	Numero de trenes (T/día)	AxT	PxT	DVR	DVT	Uso	Nivel de protección Mínima RD (Veh)	Nivel de protección recomienda
1	Carrera 138A/Calle 22	14+438	60	0.37	4.00	83	30.7	332	15.3	189.57	Veh. Y Pea.	A2	A4
2	Carrera 129/Calle 22	13+428	60	353.30	172.00	84	29677.3	14448	20.8	189.57	Veh. Y Pea.	A3	A4
3	Carrera 116/Calle 22	12+080	60	212.73	239.00	84	17869.7	20076	22.1	189.57	Veh. Y Pea.	A3	A4

ID	Cruce a nivel	PK	Velocidad máxima tren (Km/h)	A (Veh/D)	P (peatones/día)	Numero de trenes (T/día)	AxT	PxT	DVR	DVT	Uso	Nivel de protección Mínima RD (Veh)	Nivel de protección recomienda
4	Carrera 111A/Calle 22	11+631	50	213.64	486.00	84	17945.6	40824	9.98	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4
5	Carrera 106/Calle 22	11+130	50	225.78	297.00	83	18740.0	24651	27.7	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4
6	Carrera 103a/Calle 22	10+770	50	91.64	297.00	83	7606.0	24651	17.07	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4
7	Carrera 100/Calle 22	10+540	50	440.20	3811.00	83	36536.6	316313	22.8	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4
8	Carrera 97 /Calle 22	10+330	50	448.51	408.00	84	37675.0	34272	23.9	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4
9	Carrera 96c/Calle 22	9+830	50	489.03	215.00	84	41078.8	18060	26.2	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4
10	Carrera 93/Calle 22	9+438	50	405.83	215.00	84	34090.0	18060	4	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4
11	Carrera 87A/Calle 22	9+230	50	6.91	286.00	84	580.6	24024	4.2	157.98	Veh. Y Pea.	A2	A4
12	Avenida Cali/Calle 22	8+920	50	1717.68	518.00	84	144285.3	43512	36.8	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4

ID	Cruce a nivel	PK	Velocidad máxima tren (Km/h)	A (Veh/D)	P (peatones/día)	Numero de trenes (T/día)	AxT	PxT	DVR	DVT	Uso	Nivel de protección Mínima RD (Veh)	Nivel de protección recomienda
13	Carrera 68d/Calle 22	6+312	60	1163.61	73.00	84	97742.9	6132	10.8	189.57	Veh. Y Pea.	A3	A4
14	Carrera 56/Calle 22	4+600	60	87.96	44.00	83	7301.0	3652	11.8	189.57	Veh. Y Pea.	A3	A4
15	Carrera 50/Calle 22	4+163	60	1204.82	162.00	83	100000.2	13446	26.2	189.57	Veh. Y Pea.	A3	A4
16	Carrera 40/Calle 22	3+229	60	612.39	207.00	84	51440.9	17388	9.55	189.57	Veh. Y Pea.	A3	A4
17	Transversa 32c/Calle 22	2+176	60	11.71	40.00	82	960.4	3280	9.69	189.57	Veh. Y Pea.	A2	A4
18	Carrera 27/Calle 22	1+500	50	111.76	998.00	84	9387.5	83832	43.1	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4
19	Carrera 22/Diagonal 19a	1+200	50	75.42	309.00	86	6486.0	26574	23.3	157.98	Veh. Y Pea.	A3	A4

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

Anexo III: Matriz integral del cálculo de la criticidad de los pasos a nivel evaluados dentro del Proyecto Regiotram de Occidente.

Evaluación del nivel de protección de pasos a nivel en el corredor ferroviario del Regiotram de Occidente en Cundinamarca, Colombia.

Trabajo Fin de Máster.

AUTOR/A: Agamez Hernandez, Juan Camilo

Tutor/a: Argente Cuesta, Sebastián José

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023

## 1. Introducción

En el presente anexo, se presenta la matriz integral de todos los cálculos realizados para determinar la criticidad de cada uno de los pasos a nivel evaluados dentro del Proyecto del Regiotram de Occidente. Estos cálculos se han llevado a cabo conforme a la metodología propuesta en la memoria del presente trabajo de fin de máster.

*Tabla 1. Panel de ponderación parámetros de criticidad.*

Panel de ponderación	
Parámetros técnicos y de explotación	40%
Parámetros sociales	15%
Parámetros climatológicos	15%
Parámetros geométricos	30%

*Tabla 2. Resultados Criticidad.*

ID	Cruce a nivel (PPNN)	Criticidad
1	Carrera 138A/Calle 22	16.42
2	Carrera 129/Calle 22	21.79
3	Carrera 116/Calle 22	22.27
4	Carrera 111A/Calle 22	22.66
5	Carrera 106/Calle 22	13.28
6	Carrera 103a/Calle 22	22.44
7	Carrera 100/Calle 22	27.57
8	Carrera 97 /Calle 22	16.09
9	Carrera 96c/Calle 22	15.48
10	Carrera 93/Calle 22	20.04

ID	Cruce a nivel (PPNN)	Criticidad
11	Carrera 87A/Calle 22	28.55
12	Avenida Cali/Calle 22	32.08
13	Carrera 68d/Calle 22	36.33
14	Carrera 56/Calle 22	22.89
15	Carrera 50/Calle 22	41.49
16	Carrera 40/Calle 22	31.86
17	Transversa 32c/Calle 22	22.93
18	Carrera 27/Calle 22	24.06
19	Carrera 22/Diagonal 19a	22.25

Tabla 3. Cálculo de criticidad por cada uno de los grupos de parámetros evaluados dentro de la metodología propuesta.

ID	Parámetros técnicos y de explotación												Parámetros geométricos						Parámetros sociales		Factores climatológicos		Criticidad		
	IMD (Veh/día)	PCtpd	HMDP (Hr/P)	PCtpdp	DVT	PCdvt	DVR	PCdvr	DVP	PCdvp	Dist. al próximo cruce a nivel (m)	PCx	PCtec	Pendiente (%)	PCpend	Núm. de Carriles vehiculares	PCnc	Ancho del cruce a nivel (m)	PCxc	Pcgeo	I.S	Pcis		PP anuales (mm)	PCcli
1	0.37	0.00	4	0.00	189.57	10.00	15.30	7.11	102.44	8.6	1009	5.66	3.56	0.50%	0.00	1.00	0.00	8.32	0.00	0.00	0.00	0.00	797.00	1.45	16.42
2	353.30	2.06	172	0.44	189.57	10.00	20.80	5.70	105.19	7.9	1369	7.91	4.35	0.50%	0.00	2.00	2.00	8.99	0.01	0.60	20.96	0.28	797.00	1.45	21.79
3	212.73	1.24	239	0.62	189.57	10.00	22.10	5.37	105.84	7.7	447	6.55	3.90	0.50%	0.00	3.00	4.00	12.48	0.02	1.20	43.84	0.58	797.00	1.45	22.27
4	213.64	1.24	486	1.27	157.98	0.00	9.98	8.47	83.98	4.2	447	6.55	2.83	2.00%	5.00	2.00	2.00	8.11	0.99	2.90	24.96	0.33	797.00	1.45	22.66
5	225.78	1.31	297	0.77	157.98	0.00	27.70	3.94	92.84	2.0	362	6.02	1.90	0.50%	0.00	2.00	2.00	9.11	0.00	0.60	85.69	1.13	797.00	1.45	13.28
6	91.64	0.53	297	0.77	157.98	0.00	17.07	6.66	87.52	3.3	225	5.16	2.02	2.00%	5.00	2.00	2.00	7.10	2.12	3.23	124.74	1.65	797.00	1.45	22.44
7	440.20	2.56	3811	10.00	157.98	0.00	22.80	5.19	90.39	2.6	225	5.16	4.32	0.50%	0.00	4.00	6.00	16.74	0.70	2.01	105.52	1.39	797.00	1.45	27.57
8	448.51	2.61	408	1.06	157.98	0.00	23.90	4.91	90.94	2.5	274	5.47	2.53	0.50%	0.00	2.00	2.00	7.66	1.49	1.05	32.84	0.43	797.00	1.45	16.09
9	489.03	2.85	215	0.55	157.98	0.00	26.20	4.32	92.09	2.2	401	6.26	2.49	0.50%	0.00	2.00	2.00	11.02	0.00	0.60	78.27	1.03	797.00	1.45	15.48
10	405.83	2.36	215	0.55	157.98	0.00	4.00	10.00	80.99	5.0	408	6.30	3.32	1.00%	1.67	2.00	2.00	10.55	0.00	1.27	39.96	0.53	797.00	1.45	20.04
11	6.91	0.04	286	0.74	157.98	0.00	4.20	9.95	81.09	5.0	102	4.39	2.34	1.00%	1.67	1.00	0.00	8.76	0.00	0.67	757.58	10.00	797.00	1.45	28.55
12	1717.68	10.00	518	1.35	157.98	0.00	36.80	1.61	97.39	0.8	102	4.39	4.49	0.50%	0.00	6.00	10.00	26.70	0.00	3.00	148.12	1.96	797.00	1.45	32.08



13	1163.61	6.77	73	0.18	189.57	10.00	10.80	8.26	100.19	9.1	1704	10.00	6.60	0.50%	0.00	4.00	6.00	13.86	2.30	2.49	14.51	0.19	797.00	1.45	36.33
14	87.96	0.51	44	0.11	189.57	10.00	11.80	8.01	100.69	9.0	436	6.48	4.00	0.50%	0.00	2.00	2.00	8.31	0.77	0.83	112.17	1.48	797.00	1.45	22.89
15	1204.82	7.01	162	0.42	189.57	10.00	26.20	4.32	107.89	7.2	436	6.48	5.69	1.50%	3.33	6.00	10.00	21.27	1.49	4.78	111.32	1.47	797.00	1.45	41.49
16	612.39	3.56	207	0.53	189.57	10.00	9.55	8.58	99.56	9.3	978	9.86	5.59	0.50%	0.00	4.00	6.00	15.64	1.31	2.19	37.69	0.50	797.00	1.45	31.86
17	11.71	0.07	40	0.09	189.57	10.00	9.69	8.54	99.63	9.3	665	7.91	4.08	0.50%	0.00	2.00	2.00	7.99	1.12	0.94	82.78	1.09	797.00	1.45	22.93
18	111.76	0.65	998	2.61	157.98	0.00	43.10	0.00	100.54	0.0	318	5.74	1.32	0.50%	0.00	6.00	10.00	19.54	2.18	3.66	283.86	3.75	797.00	1.45	24.06
19	75.42	0.44	309	0.80	157.98	0.00	23.30	5.06	90.64	2.5	318	5.74	1.77	0.50%	0.00	4.00	6.00	16.68	0.73	2.02	349.30	4.61	797.00	1.45	22.25

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Anexo IV: Plano en planta paso inferior.

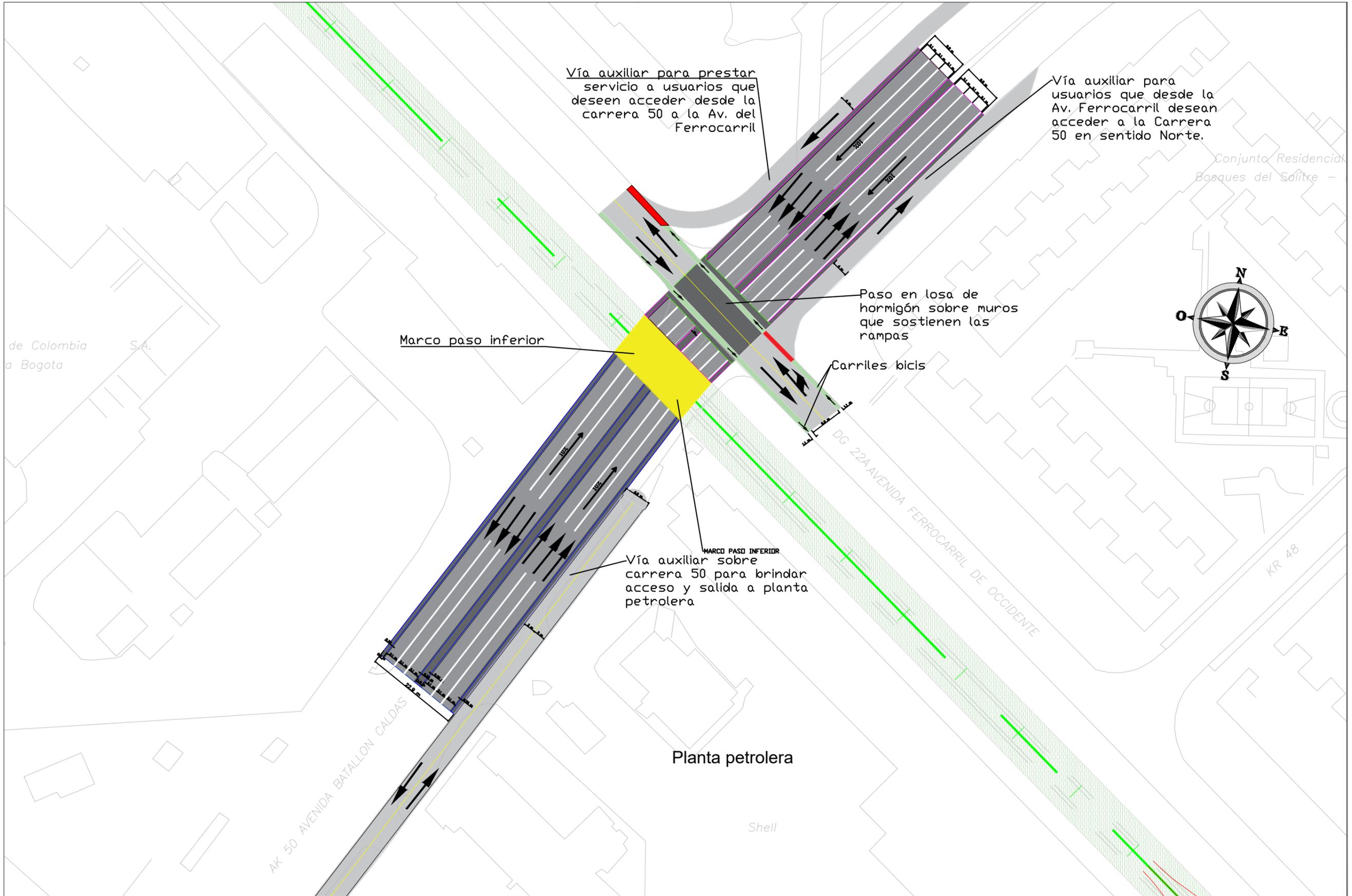
Evaluación del nivel de protección de pasos a nivel en el corredor ferroviario del  
Regiotram de Occidente en  
Cundinamarca, Colombia.

Trabajo Fin de Máster

AUTOR/A: Agamez Hernandez, Juan Camilo

Tutor/a: Argente Cuesta, Sebastián José

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023





# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA

## Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Anexo V: Detalles rampa y pasarela peatonal.

Evaluación del nivel de protección de pasos a nivel en  
el corredor ferroviario del Regiotram de Occidente en  
Cundinamarca, Colombia.

Trabajo Fin de Máster

AUTOR/A: Agamez Hernandez, Juan Camilo

Tutor/a: Argente Cuesta, Sebastián José

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023



## 1. Introducción

En el presente anexo, se presentarán los cálculos geométricos detallados para el desarrollo de la rampa peatonal propuesta como solución de paso a distinto nivel, destinada a mejorar la accesibilidad y seguridad del itinerario peatonal y ciclista que actualmente transita por el paso a nivel 15. Este desarrollo se basa en los criterios de accesibilidad establecidos en la "Guía Práctica de Movilidad" de la Ciudad de Bogotá. A continuación, se detallan los aspectos técnicos y normativos considerados:

**Pendiente de la Rampa:** La pendiente máxima permitida para rampas peatonales, según la normativa, es del 8% para garantizar la accesibilidad de personas con movilidad reducida.

**Longitud y Altura de la Rampa:** La longitud total de la rampa se ha calculado para superar una diferencia de nivel de 7 metros. Con una pendiente del 8%, la longitud mínima requerida es de 104 metros. Esta longitud incluye los descansos necesarios para cumplir con las normativas de accesibilidad, que establecen descansos cada 9 metros de rampa.

**Ancho de la Rampa:** El ancho mínimo recomendado para rampas peatonales es de 1.80 metros para permitir el paso simultáneo de personas y ciclistas. En este caso, se ha propuesto un ancho de 2.5 metros para mayor comodidad y capacidad.

**Descansos y Áreas de Espera:** Los descansos, de al menos 1.5 metros de longitud, se han integrado en el diseño cada 9 metros de rampa, proporcionando áreas de reposo y mejorando la accesibilidad para personas con movilidad reducida.

**Superficie y Materiales:** La superficie de la rampa será antideslizante y resistente al desgaste, utilizando materiales como concreto texturizado o revestimientos especiales que aseguren durabilidad y seguridad bajo diversas condiciones climáticas.

**Señalización y Alumbrado:** Aunque no hace parte del alcance de nuestro trabajo la rampa peatonal deberá incluir elementos de señalización clara y visible, tanto para peatones como para ciclistas, además de un sistema de alumbrado que garantice la visibilidad y seguridad durante las horas nocturnas.

**Elementos de Seguridad:** Se considerarán barandillas y bordes de seguridad a lo largo de toda la rampa para prevenir caídas y ofrecer apoyo adicional a los usuarios.

Estos cálculos y criterios de diseño garantizan que la rampa peatonal cumpla con los estándares de accesibilidad y seguridad, mejorando significativamente la movilidad

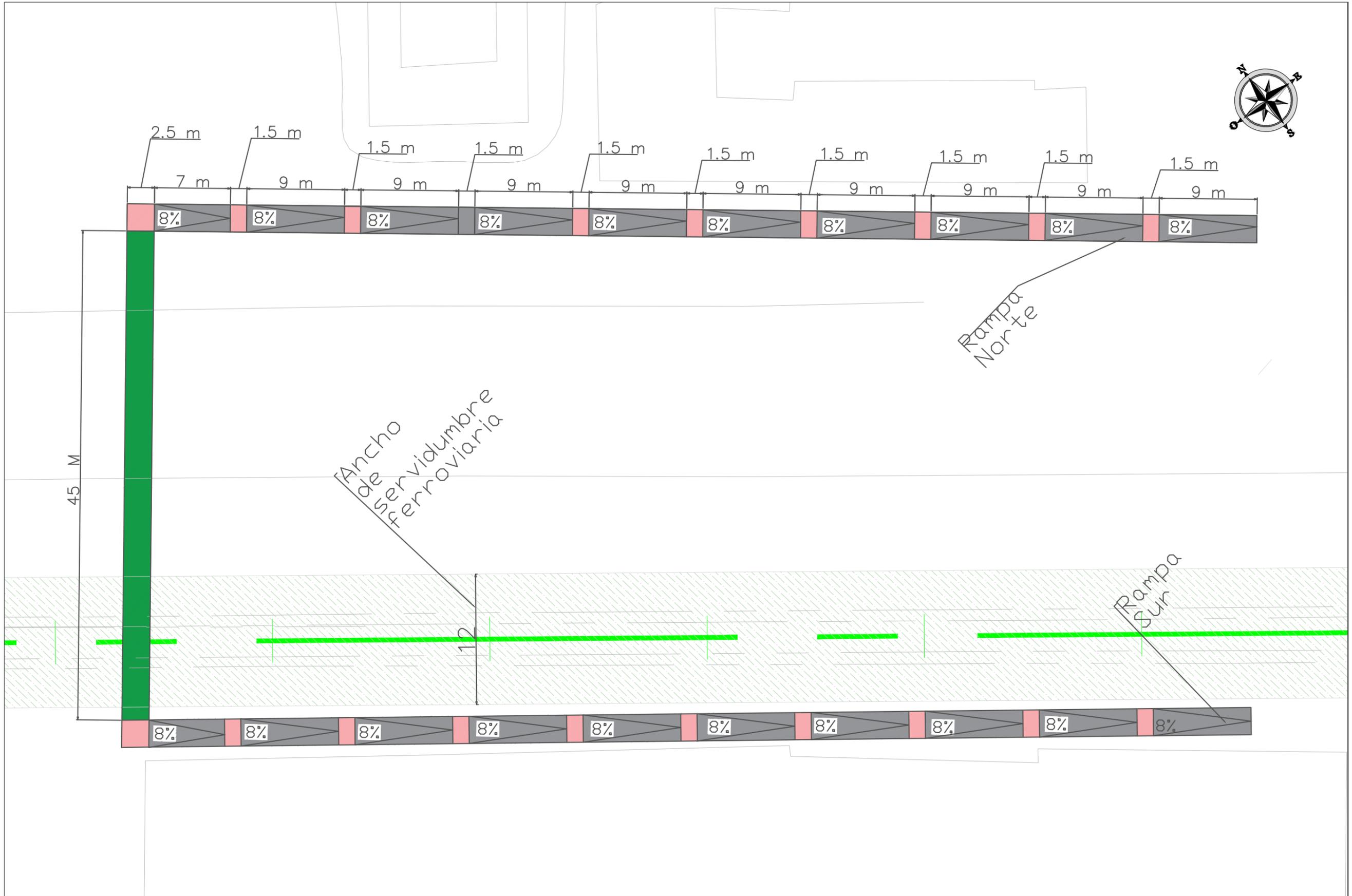
peatonal y ciclista en la zona del paso a nivel 15. A continuación mostraremos los cálculos realizados a partir de los criterios antes mencionados

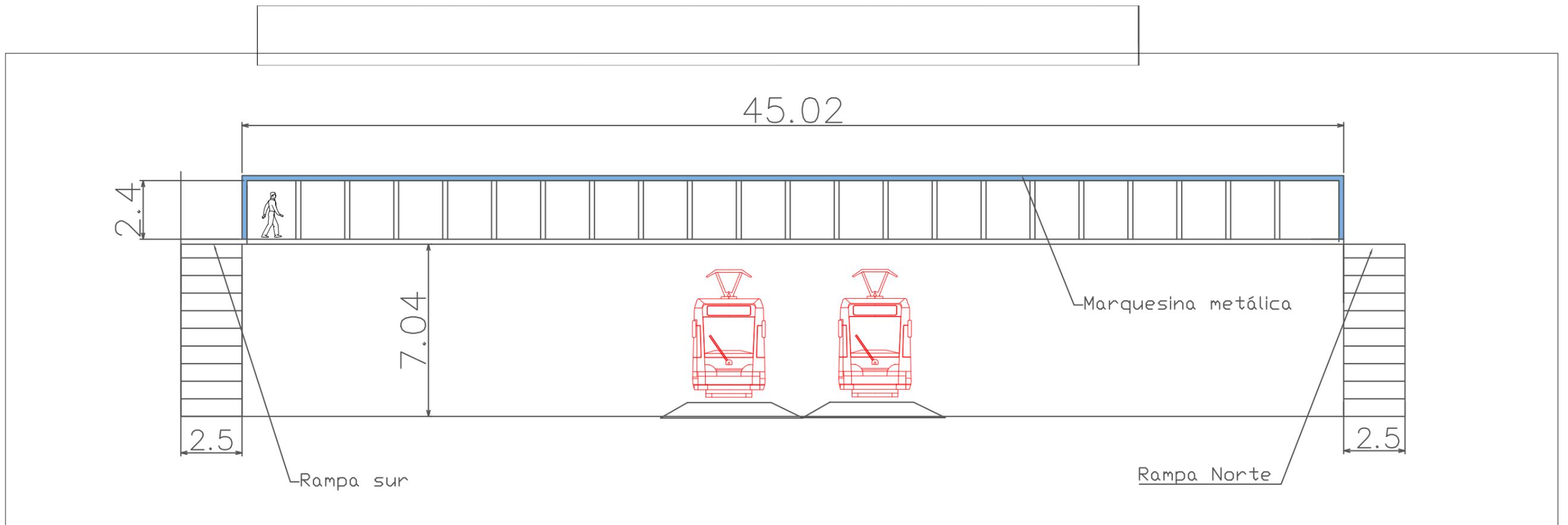
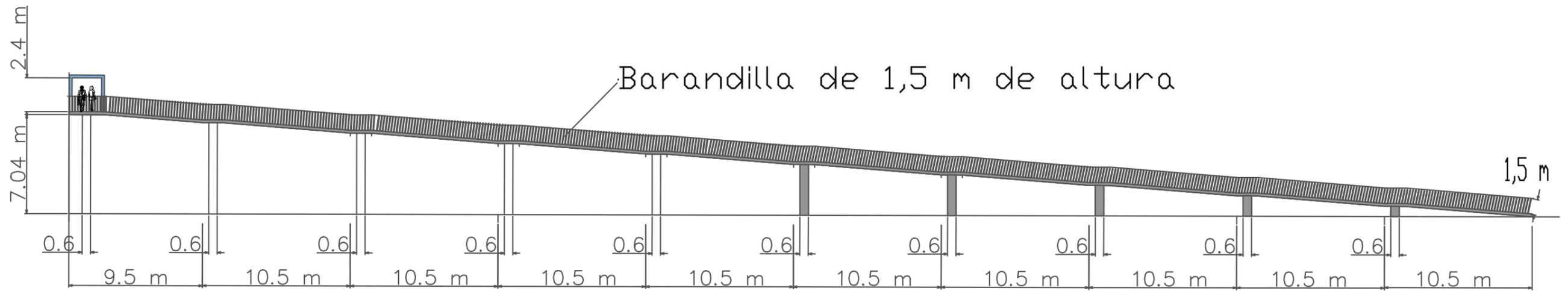
Tabla 1. Parámetros geométricos para desarrollo de rampa peatonal.

<b>Ancho (m)</b>	2,5
<b>Pendiente (%)</b>	8%
<b>Long Descanso (m)</b>	1.5
<b>Altura máxima (m)</b>	7

Tabla 2. Cálculos rampas peatonales.

RAMPA NORTE					RAMPA SUR				
Desarrollo	Longitud (m)	Cota inicio (msnm)	Altura ganada (m)	Cota final (msnm)	Desarrollo	Longitud (m)	Cota inicio (msnm)	Altura ganada (m)	Cota final (msnm)
Rampa 1	9	0	0.72	0.72	Rampa 1	9	0	0.72	0.72
Descanso 1	1.5	0.72	0	0.72	Descanso 1	1.5	0.72	0	0.72
Rampa 2	9	0.72	0.72	1.44	Rampa 2	9	0.72	0.72	1.44
Descanso 2	1.5	1.44	0	1.44	Descanso 2	1.5	1.44	0	1.44
Rampa 3	9	1.44	0.72	2.16	Rampa 3	9	1.44	0.72	2.16
Descanso 3	1.5	2.16	0	2.16	Descanso 3	1.5	2.16	0	2.16
Rampa 4	9	2.16	0.72	2.88	Rampa 4	9	2.16	0.72	2.88
Descanso 4	1.5	2.88	0	2.88	Descanso 4	1.5	2.88	0	2.88
Rampa 5	9	2.88	0.72	3.6	Rampa 5	9	2.88	0.72	3.6
Descanso 5	1.5	3.6	0	3.6	Descanso 5	1.5	3.6	0	3.6
Rampa 6	9	3.6	0.72	4.32	Rampa 6	9	3.6	0.72	4.32
Descanso 6	1.5	4.32	0	4.32	Descanso 6	1.5	4.32	0	4.32
Rampa 7	9	4.32	0.72	5.04	Rampa 7	9	4.32	0.72	5.04
Descanso 7	1.5	5.04	0	5.04	Descanso 7	1.5	5.04	0	5.04
Rampa 8	9	5.04	0.72	5.76	Rampa 8	9	5.04	0.72	5.76
Descanso 8	1.5	5.76	0	5.76	Descanso 8	1.5	5.76	0	5.76
Rampa 9	9	5.76	0.72	6.48	Rampa 9	9	5.76	0.72	6.48
Descanso 9	1.5	6.48	0	6.48	Descanso 9	1.5	6.48	0	6.48
Rampa 10	7	6.48	0.56	7.04	Rampa 10	7	6.48	0.56	7.04
Descanso 10	2.5	7.04	0	7.04	Descanso 10	2.5	7.04	0	7.04
TOTAL	104				TOTAL	104			





**A/A: Comisión Académica del Master Universitario en Transportes, Territorio y Urbanismo**

Valencia, a 14 de junio de 2024

Estimados Sres.:

Por la presente les informo, en mi calidad de tutor, mi CONFORMIDAD con la presentación del Trabajo de Fin de Master titulado: *Evaluación del nivel de protección de pasos a nivel en el corredor ferroviario del Regiotram de Occidente en Cundinamarca, Colombia.*” realizado por el/la alumno/a *Juan Camilo Agamez Hernandez* como culminación de sus estudios del Master Universitario en Transportes, Territorio y Urbanismo.

Atentamente,

Firmado: Sebastián Argente Cuesta

