

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“APORTES A LA NORMATIVA PERUANA DE DISEÑO  
GEOMÉTRICO DE PUENTES PEATONALES”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR  
CARLOS IVÁN ATARAMA TICERÁN**

**ASESOR  
MSc. EDWARD SANTA MARÍA DÁVILA**

**Lima- Perú**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mi mamá, a mis hermanos, Erick, Richard, Rodolfo, Esmeralda, a Víctor por la paciencia que me tuvieron dieron en este tiempo.

A mi papá y mi bisabuelo “Chito” personas de lento caminar esperando que el presente trabajo de investigación ayude a las personas que tienen problemas de movilidad y que tengan una mejor calidad de vida al tener más facilidades de desplazamiento en la vía pública.

A mi asesor el Mg. Sc. Edward Santa María Dávila por depositar su confianza, interés y paciencia en mi persona para la realización de la presente tesis y dedicar parte de su tiempo en ello.

Al Dr. José Carlos Matías León que en sus clases de Tránsito y Diseño Vial Urbano encendió en mí, la chispa que el diseño urbano se puede mejorar.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>PRÓLOGO</b> .....	6
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	8
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	10
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b> .....	13
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	14
1.1. ANTECEDENTES REFERENCIALES .....	14
1.2. PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.4. HIPÓTESIS.....	16
1.5. MARCO TEÓRICO.....	16
1.6. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	17
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	21
2.1 CARACTERÍSTICAS DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA.....	21
2.1.1 Deficiencia .....	21
2.1.2 Discapacidad.....	21
2.1.3 Minusvalía .....	21
2.1.4 Correlación entre deficiencia, discapacidad y minusvalía .....	22
2.2 CLASIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS .....	23
2.2.1 Deficiencias del Órgano de la Audición.....	23
2.2.1.1 Deficiencia de la función vestibular y de equilibrio .....	23
2.2.1.2 Deficiencias de locomoción debida a la función del cerebelo.....	23
2.2.1.3 Propensión a caerse .....	24
2.2.2 Deficiencias del Órgano de la Visión.....	24
2.2.3 Otras Deficiencias (Embarazo).....	24
2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS DISCAPACIDADES.....	25
2.3.1 Discapacidad visual .....	25
2.3.1.1 Agudeza Visual.....	25
2.3.1.2 Campo Visual .....	26
2.3.1.3 Capacidad para distinguirla intensidad luminosa.....	27
2.3.1.4 El sentido de la vista.....	27

2.3.1.5 Tipos de discapacidad visual.....	28
2.3.1.6 Orientación y Movilidad .....	28
2.3.2 Discapacidades de Ambulación y Locomoción.....	29
2.3.2.1 Discapacidad para caminar.....	29
2.3.2.2 Discapacidad para salvar desniveles.....	29
2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS MINUSVALÍAS.....	29
2.4.1 Minusvalía de Orientación .....	29
2.4.1.1 Perturbación intermitente de la orientación .....	29
2.4.2 Minusvalía de la movilidad.....	30
2.4.2.1 Consecución de la movilidad con la asistencia de otros individuos .....	30
2.4.2.2 Movilidad deficiente.....	30
2.4.2.3 Movilidad reducida .....	30
2.4.2.4 Restricción al ámbito de la vecindad.....	30
2.4.2.5 Restricción al ámbito de la vivienda.....	31
2.4.2.6 Restricción al ámbito de la habitación .....	31
2.4.2.7 Restricción al ámbito de la silla .....	31
2.5 ANTROPOMETRÍA.....	31
2.5.1 Adultos mayores.....	32
2.5.2 Antropometría y envejecimiento .....	32
2.5.3 Antropometría en el hombre peruano .....	34
2.5.4 El estado físico de la antropometría.....	37
2.6 FACILIDADES PEATONALES .....	38
2.6.1 Uso o no uso de puentes peatonales.....	38
2.6.2 Señalización.....	45
2.6.3 Pavimento táctil.....	51
2.6.4 Barandas y Pasamanos .....	53
2.6.4 Escaleras y Rampas .....	57
2.6.6 Confort Vibración .....	67
2.6.7 Iluminación.....	68
2.6.8 Ruta Peatonal .....	69
2.6.9 Drenaje.....	72
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>74</b>
3.1. DESCRIPCIÓN.....	74
3.2. MUESTRA, REPRESENTATIVIDAD .....	79

3.3. SECUENCIA O MÉTODO DE OBSERVACIÓN.....	82
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS .....</b>	<b>84</b>
4.1. OUTLIERS – VALORES ATÍPICOS .....	85
4.2. BONDAD DE AJUSTE.....	86
4.3. DISTRIBUCIÓN NORMAL .....	89
4.3.1 Datos con valores atípicos .....	89
4.3.2 Datos sin valores atípicos.....	90
4.4. REGRESIÓN.....	95
4.4.1 Relación entre variables.....	95
4.4.2 Ajuste de Curvas.....	95
4.4.3 Ecuaciones de curvas de aproximación .....	96
4.5. CONTEOS PEATONALES.....	102
4.5.1 Puente (EV9) Ancash.....	102
4.5.2 Puente (PN41) Megaplaza.....	103
4.5.3 Puentes (G7, G8) paradero 8 .....	104
4.6. INTERFERENCIAS .....	105
<b>CAPÍTULO V: PROPUESTA.....</b>	<b>110</b>
5.3 MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA .....	110
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>129</b>

## RESUMEN

Diariamente hay accidentes de tránsito producto de los conflictos entre los flujos peatonales y los vehículos. Para evitar muchos de estos conflictos se construyen los puentes peatonales, pero a pesar que existen puentes peatonales se siguen presentando accidentes cerca a los puentes al no ser usados, esto debido al comportamiento de las personas. También hay grupos que tienen problemas en acceder al puente y no pueden utilizarlo o lo hacen con mucho esfuerzo.

En el presente estudio, se analizaron las condiciones de uso de los puentes peatonales por diferentes grupos de personas.

En el grupo de personas que tienen dificultad de acceder al puente y lo hacen con mucho más dificultad se encuentran las personas discapacitadas de movilidad y visión.

Las dimensiones de alturas de grada, barandas, pasamanos fueron copiados de normas de países donde las personas tienen tallas mayores a la talla del peruano promedio, esto se puede notar al no existir tablas ergonómicas Peruanas que hayan sido resultado de muestras nacionales. La falta de una señalización y geometría adecuada en el puente peatonal y su recorrido, dificulta llegar a este y desplazarse adecuadamente.

Se realizó observaciones y análisis estadístico del uso de puentes peatonales para observar las causas que impiden acceder al puente y la dificultad en su utilización.

Se ha encontrado defectos en el diseño geométrico, señalización y orientación de los diferentes puentes peatonales. Se encontró también patrones de desplazamiento de los peatones y velocidades promedio por cada tipo de puente de diferente geometría.

## ABSTRACT

There are traffic accidents every day as a result of conflicts between pedestrian flows and vehicles. Pedestrian bridges are built to avoid many of these conflicts, but even though there are bridges for pedestrians, there are still accidents near them because they are not used, due to the behavior of people. There are also groups of people that have problems accessing to bridges and can't use them or when they do, it takes a lot of effort for those people.

In the present study, the conditions of use of pedestrian bridges by different groups of people.

Disabled people with mobility and vision are in the group of people who have difficulty accessing the bridge and do it with much more difficulty.

The dimensions of heights of steps, railings, handrails were copied from standards of countries where people have sizes greater than the average in Peru. This can be noted in the absence tables showing ergonomic values for Peruvian people. The lack of an adequate geometry in pedestrian bridges makes it difficult to use them and move along them.

Data from observations and statistical analysis of the use of pedestrian bridges were taken to observe the causes that makes it complicated to access the bridge and the difficulty in its use.

Defects have been found in the geometric design and in the orientation of different pedestrian bridges. It also found pedestrian displacement patterns and average speeds for each type of bridge of different geometry.

## PRÓLOGO

Los puentes peatonales se han convertido en parte de la infraestructura urbana que puede permitir la conectividad y el tejido urbano de forma coherente, sobre todo en contraposición con la aparición de las vías de alta velocidad, con el aumento de la carga vehicular y con la alta tasa de accidentes viales.

Sin embargo, muchos de las pasarelas peatonales no contemplan las condiciones mínimas de transitabilidad, y denotan un esfuerzo adicional importante para las personas con dificultad de movimiento (como las mujeres embarazadas, las personas mayores, las personas con niños, las personas con movilidad reducida, entre otros). La falta de condiciones adecuadas puede crear un efecto barrera en los desplazamientos a pie en diferentes zonas de la ciudad, generando aislamiento urbano, impactando negativamente en uno de los modos suaves de mayor impacto en la movilidad sostenible.

Los puentes peatonales deben estar diseñados, construidos y mantenidos considerando el confort del tránsito y el desplazamiento seguro de las personas. Muchas veces la geometría del puente y el camino hacia el puente no tienen un entorno amigable al peatón, ni toma en cuenta las condiciones del entorno, como la ubicación cercana a paraderos o estaciones del transporte público, los espacios necesarios para el desplazamiento seguro, la geometría de las gradas o rampas de acceso, tránsito y salida, las condiciones de limpieza e iluminación, entre otros.

El presente trabajo ha permitido la observación y análisis del tránsito de 5100 personas sobre 11 puentes (10 de ellos de diferente geometría), lo que nos da una idea del comportamiento y aptitudes de los peatones ante distintas geometrías de puentes. También se ha observado que existe un grupo de personas que no logra movilizarse por los puentes peatonales por malas condiciones de accesibilidad en zonas cercanas al puente, lo que hace inútil construir un puente con rampas, si un peatón en silla de ruedas u otro elemento que use para su desplazamiento no puede llegar al puente.

El tema analizado revela la necesidad de observar con detenimiento y compromiso las condiciones de la infraestructura urbana que pueda asegurar la movilidad

movilidad sostenible para todos los ciudadanos, sobre todo para aquellos con dificultad de movimiento, descubriendo algunos patrones de comportamiento y parámetros de desplazamiento que permitirá mejorar las variables de diseño para una mejor normativa de puentes peatonales.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Alturas de grada, pendientes y número de peatones en puentes estudiados .....	19
Tabla 2	Promedio y desviación estándar de talla de hombres de diferentes poblaciones. ....	33
Tabla 3	Promedio y desviación estándar de talla de mujeres de diferentes poblaciones. ....	34
Tabla 4	Distribución por grupo de edad. ....	35
Tabla 5	Antropometría del trabajador minero de la altura. ....	35
Tabla 6	Espaciamiento entre puentes peatonales. ....	41
Tabla 7	Muertes peatonales en ciudades con y sin Puentes Peadonales .....	42
Tabla 8	Motivos para no usar los puentes .....	43
Tabla 9	Características Generales de los Peatones Usuarios y No usuarios, en PP con Posibilidad de Paso a Nivel de Calle, México DF, 2008. ....	44
Tabla 10	Razones de Uso y No uso de PP con Posibilidad de Paso a Nivel de Calle. ....	45
Tabla 11	Colores de superficies, placas y texto para hacer contraste. ....	45
Tabla 12	Tamaños mínimos y recomendables de texto a determinadas distancias. ....	49
Tabla 13	Altura de pasamanos en diferentes países. ....	55
Tabla 14	Parámetros de rampas y escaleras en Perú. ....	57
Tabla 15	Desarrollo ley de Blondel para 63 cm (Valores en rojo NO son prácticos) .....	58
Tabla 16	Altura de gradas en México. ....	60
Tabla 17	Rampómetro Norma A.120. ....	66
Tabla 18	Niveles de luz mínimos para personas con poca visión. ....	69
Tabla 19	Nivel de Uso en Puentes Peadonales en Lima .....	74
Tabla 20	Mediciones realizadas en puentes. ....	79
Tabla 21	Muestras utilizadas con frecuencia en investigaciones nacionales y regionales según área de estudio. ....	80
Tabla 22	Puentes por Distrito y Ubicación Geográfica en Lima. ....	80
Tabla 23	Puentes por Eje Vial en Lima Metropolitana y Callao. ....	81
Tabla 24	Ubicación Distrital de Puentes Observados. ....	81
Tabla 25	Alturas de contrapaso en Puentes PN, PS y Vía de Evitamiento. ....	82
Tabla 26	Mediana de las velocidades de caminata en función de edad y el género de los peatones en la ciudad de Tucson Arizona .....	84
Tabla 27	Criterio de Chauvenet para valor medido .....	86
Tabla 28	Valores Kolmogorov-Smirnov a muestras de 400 personas o menos para el análisis de bondad .....	88
Tabla 29	Velocidades en principales puentes (400 datos por puente).....	97
Tabla 30	Velocidades medias observadas en los puentes en estudio.....	99
Tabla 31	Conteo de desplazamiento de 1000 personas en puente (EV9) Ancash. ....	102

Tabla 32	Conteo de desplazamiento de 1000 personas en puente (PN41) Megaplaza .....	103
Tabla 33	Conteo de desplazamiento de peatones en Gambeta (G7, G8) .....	105
Tabla 34	Condición de los puentes peatonales si tienen rampas, gradas, ascensores o son a nivel.....	111
Tabla 35	Altura de gradas en algunos puentes peatonales. ....	112
Tabla 36	Acciones de Peatones en el Puente Peatonal.....	113
Tabla 37	Distancia libre sin grada a recorrer en la ruta a puente peatonal (m). ....	114
Tabla 38	Iluminación en puentes peatonales (lux) .....	115
Tabla 39	Propuesta por cada puente analizado .....	117

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Plano de ubicación general de los puentes estudiados .....	18
Figura 2	Relación más común entre Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías...23	23
Figura 3	Visión en el daltonismo y cromatismo. ....	24
Figura 4	Disminución visual en la agudeza.....	26
Figura 5	Pérdidas de campo y agudeza. ....	26
Figura 6	Pérdida de visión central.....	27
Figura 7	Pérdida de visión periférica.....	27
Figura 8	Parámetros ergonómicos del trabajador minero .....	36
Figura 9	Proporciones del cuerpo humano.....	37
Figura 10	El Modulor de Le Corbusier .....	38
Figura 11	Longitud y ruta de cruce en un puente peatonal con rampa sin escalera.39	39
Figura 12	Longitud y ruta de cruce en un puente peatonal con rampa y escalera. ..40	40
Figura 13	Personas cruzando en la Av. Gambeta en la zona donde termina las vallas que estan a un costado del puente.....	40
Figura 14	Longitud y ruta de cruce en un puente peatonal solo con escalera.....	41
Figura 15	Puente que solo cuenta con gradas. ....	42
Figura 16	Dimensiones ideales de letras. ....	46
Figura 17	Distintos tipos de letras.....	46
Figura 18	Tipos de letras típicas para textos acessibles y no accesibles. ....	47
Figura 19	Luminancia. ....	48
Figura 20	Iluminancia .....	48
Figura 21	Adecuación de tamaños. ....	49
Figura 22	Letrero sobre puente peatonal en Vía de Evitamiento. ....	50
Figura 23	Cajetín del sistema Braille. ....	50
Figura 24	Dimensión de cajetín Braille y dimensiones entre cajetines Braille .....	51
Figura 25	Dimensiones y tipo de pavimento táctil. ....	52
Figura 26	Orientación y tipo de pavimento de ruta táctil. ....	52
Figura 27	Falta de ruta táctil al terminar la escalera.....	53
Figura 28	Reglamento Nacional de Edificaciones. ....	54
Figura 29	Diferentes alturas de pasamanos y/o topes para silla de ruedas. ....	55
Figura 30	Topes de baranda a superficies.....	56
Figura 31	Información para discapacitados en una baranda.....	56
Figura 32	Baranda con diferentes alturas. ....	57
Figura 33	Construcción gráfica de la relación de pendiente según la formula $2C+H=63$ . ....	58
Figura 34	Construcción gráfica de la relación de pendiente en gradas y rampas según la fórmula $2C+H=63$ . ....	59
Figura 35	Dimensiones de gradas máximas y mínimas en España, según fórmula $540\text{ mm} \leq 2C+H \leq 700\text{ mm}$ . ....	59

Figura 36 Dimensiones de gradas máximas y mínimas en EEUU, según la fórmula $480 \text{ mm} \leq 2C+H \leq 640 \text{ mm}$ .	60
Figura 37 Escalera huellas y peraltes - Vista Lateral.	61
Figura 38 Peatón discapacitado guiándose con su bastón colocándolo sobre el peralte del puente.	61
Figura 39 Protección lateral inferior a lo largo de la escalera.	62
Figura 40 Protección lateral inferior debajo de la escalera.	62
Figura 41 Pavimento táctil en escalera.	63
Figura 42 Contraste en el contrapaso.	63
Figura 43 Gradas en curva.	64
Figura 44 Pavimento táctil en rampa.	64
Figura 45 Puente Rayito de Sol con rigidizadores.	68
Figura 46 Puente clausurado Cesar Vallejo.	68
Figura 47 La altura mínima de iluminación debería ser 2.1 m.	69
Figura 48 Lugares de difícil acceso a discapacitados.	70
Figura 49 Acceso a puente peatonal.	70
Figura 50 Giba que acceso a puente peatonal.	71
Figura 51 Vado a nivel para ayudar a cruzar la calle.	71
Figura 52 Puente con problemas de drenaje.	72
Figura 53 Puente con drenaje adecuado.	73
Figura 54 Ubicación de puentes y distancia de observación 1.	75
Figura 55 Ubicación de puentes y distancia de observación 2.	76
Figura 56 Puentes con barreras centrales en los cuales se hizo conteo.	77
Figura 57 Puentes con rampas, sin barreras centrales.	78
Figura 58 Plano de ubicación general 2 de los puentes estudiados.	78
Figura 59 Estudios de la velocidad del peatón.	85
Figura 60 Gráfica de distribución normal.	89
Figura 61 Media de la velocidad del peatón.	90
Figura 62 Distribución normal de velocidades con outliers y sin outliers, en puentes contrapaso 22,5 cm y 18 cm.	91
Figura 63 Distribución normal de velocidades con outliers y sin outliers, en puentes contrapaso 16 cm y rampa 7,5%.	92
Figura 64 Distribución normal de velocidades en el puente PN38 y PN27, con contrapaso 16 cm y rampa 7,5%.	93
Figura 65 Distribución normal de velocidades en el puente PN27.	93
Figura 66 Distribución normal de velocidades sin outliers de puentes peatonales.	94
Figura 67 Distribución normal de velocidades sin outliers de puentes peatonales.	95
Figura 68 Algunas veces la relación entre dos variables se describe mediante una línea recta.	96
Figura 69 Algunas veces la relación entre dos variables se describe mediante una relación no lineal.	96
Figura 70 Curvas de aproximación Contrapaso Vs Velocidad.	98

Figura 71	Curvas de aproximación Pendiente Vs Velocidad.....	98
Figura 72	Pendientes Vs. Velocidades observadas en los puentes estudiados .....	99
Figura 73	Curvas de aproximación sin outliers de Contrapaso Vs. Velocidad con valores de comprobación de otros puentes similares.....	100
Figura 74	Curvas de aproximación sin outliers de Pendiente Vs. Velocidad con valores de comprobación de otros puentes similares.....	101
Figura 75	Esquema puente peatonal (EV9) con gradas orientadas al paradero. ....	103
Figura 76	Puente peatonal (PN41) con rampa orientada al paradero.....	104
Figura 77	Peatones cruzando la vía en Gambeta .....	105
Figura 78	Puentes en Gambeta .....	105
Figura 79	Interferencias removidas o protegidas en puente peatonal .....	107
Figura 80	Interferencia de línea de telefonía en excavación de zapata de puente.	107
Figura 81	Interferencia de postes de alumbrado en proyección de zapata de puente.....	108
Figura 82	Puentes con rampa de tramos largos y tramos paralelos, con escalera	108
Figura 83	Puente peatonal y su orientación cartesiana.....	114

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

- MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- MML:** Municipalidad Metropolitana de Lima
- NTE A:** Normas Técnicas de Arquitectura (Perú)
- NTE U:** Normas Técnicas de Urbanismo (Perú)
- CTLC:** Consejo de Transporte de Lima y Callao
- INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática
- OMS-INSERSO:** Organización Mundial de la Salud – Instituto Nacional de Servicios Sociales
- OMS:** Organización Mundial de la Salud
- ONCE:** Organización Nacional de Ciegos Españoles
- CAP:** Colegio de Arquitectos del Perú
- CTE:** Código Técnico de la Edificación (España)
- ADA:** Standars for Accesible Design
- UPN:** Universidad Privada del Norte
- IESNA:** Illuminating Engineering Society of North America
- K-S:** Kolmogorof – Smirnof
- SEDUVI:** Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda
- PTVGROUP:** Planung Transport Verkehr Group
- MVCS:** Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES REFERENCIALES

Actualmente existen estudios sobre puentes peatonales y su uso en Lima Metropolitana.

El MTC recibió información de la MML sobre accidentes de tránsito (CTLC, 2008) posteriormente realizó observaciones a fin de registrar el comportamiento de los peatones en relación al uso de los puentes peatonales. Se clasificó a los puentes en tres tipos:

- Tipo 1: el uso del puente es la única manera de cruzar, es decir, cumple su propósito.
- Tipo 2: el puente es utilizado, aunque el cruce a nivel también se puede realizar.
- Tipo 3: el cruce a nivel se realiza con mucha mayor frecuencia que el cruce a través del puente.

De las observaciones efectuadas (CTLC, 2011), se estima que el 13% de los puentes peatonales es del tipo 3, el 43% del tipo 2 y 44% de los puentes peatonales en Lima y Callao está clasificado como tipo 1.

Para el tipo 1, se presentan las siguientes razones de comportamiento:

- Una limitante física construida e instalada en el Separador Central o laterales de la Vía que dificulte el cruce a nivel de las personas, logrando desincentivar esa posibilidad. En los casos más extremos se convierte en la única posibilidad para cruzar (porque la valla física es imposible de salvar).
- No existiendo vallas que limitan el cruce de peatones, y la existencia de gran cantidad de carriles con altos volúmenes vehiculares y altas velocidades de circulación impiden el cruce de peatones a nivel.

Cuando estos elementos, en combinación o de manera independiente están presentes han logrado que el puente peatonal sea usado en un 100%.

El presente proyecto tiene como principal fuente de análisis los puentes de Tipo 1, debido a que los peatones están obligados a subirse al puente. También existe un análisis secundario de conteo a puentes en los cuales no es necesario subir al puente para cruzar la calle.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El diseño geométrico existente de puentes peatonales limita o restringe el uso de éstos por parte de personas de escasa movilidad, discapacitados, madres gestantes, personas con bultos, ciclistas.

Las personas de escasa movilidad que no pueden acceder a los paraderos (362 342 en Perú en el año 2013) al ver reducido o imposibilitado su desplazamiento al no poder cruzar el puente ven afectada su calidad de vida, les ocasiona egresos extra y pérdida de tiempo desplazarse de un lado de la vía a otro (INEI, 2013).

Al usar algunos puentes peatonales se siente que se pierde mucho tiempo al recorrerlos y también se puede notar un poco de fatiga (Hidalgo, 2010).

De otro lado la falta de iluminación en los puentes es un factor que favorece el incremento de actividades delictivas como el hurto.

¿Cómo mejorar el diseño de los puentes peatonales de tal forma que sea más seguro y pueda ser usado por un mayor número de personas y mejorar su calidad de vida?

## 1.3. OBJETIVOS

Objetivo General:

Identificar los puntos débiles en el diseño de puentes peatonales existentes donde el puente peatonal sea el único medio de transitar de un lado de la vía al otro lado, asimismo en el diseño vial urbano en un radio de influencia del puente.

### Objetivos Específicos:

- Calcular los intervalos de tiempo de desplazamiento de diferentes grupos de personas para poder acceder a un puente y/o usarlo.
- Identificar que grupos de personas pueden hacer uso del puente peatonal.

## 1.4. HIPÓTESIS

Los puentes peatonales existentes no han considerado condiciones adecuadas de transitabilidad peatonal, tanto para personas con algún tipo de discapacidad ni para personas con movilidad reducida.

## 1.5. MARCO TEÓRICO

(Congreso Peruano, 2012) La persona con discapacidad es aquella que tiene una o más deficiencias físicas, sensoriales, mentales o intelectuales de carácter permanente que, al interactuar con diversas barreras actitudinales y del entorno, no ejerza o pueda verse impedida en el ejercicio de sus derechos y su inclusión plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones que las demás. La persona con discapacidad tiene derecho a acceder, en igualdad de condiciones que las demás, al entorno físico, los medios de transporte, los servicios, la información y las comunicaciones, de la manera más autónoma y segura posible. El Estado, a través de los distintos niveles de gobierno, establece las condiciones necesarias para garantizar este derecho sobre la base del principio de diseño universal. Asimismo, tiene derecho a gozar de ambientes sin ruidos y de entornos adecuados.

Según (INEI, 2013), en la primera encuesta nacional especializada sobre discapacidad 1 575 402 de peruanos sufre alguna discapacidad (5,2% de la población total), de los cuales 754 671 son hombres y 820 731 son mujeres.

Al analizar los puentes existentes, y observar el comportamiento de las personas en los puentes de distinta geometría. Podremos definir una geometría haga más fácil su uso. Otro tema que debemos notar es que los grupos de escasa movilidad ya tienen problemas en acceder al puente peatonal, y se tiene que buscar soluciones a la ruta que tiene el peatón para llegar al puente. Si

mejoramos el diseño del puente peatonal y el camino de acceso al puente peatonal entonces el nivel de confort, funcionalidad y seguridad será útil para madres gestantes, niños con bultos, adultos con grandes bultos, ciclistas, personas de avanzada edad.

El presente proyecto de investigación se basará en manuales de diseño para peatones (MVCS, Actualización 2017), la norma A.120 “Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores”, y tomará otros aspectos no contemplados en esta norma y manuales.

## **1.6. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Se desea observar los parámetros de desplazamiento (como la velocidad individual del peatón) en puentes con diferentes alturas de grada y/o pendiente, y determinar que grupos pueden desplazarse por el puente y que grupos no pueden hacerlo.

Se escogió un total de **11** puentes para análisis, se hizo una primera medición en **4** puentes con observaciones de 400 personas en los tramos de bajada, subida y sobre la plataforma del puente. Cada puente tiene diferentes alturas de grada 16 cm (PN38), 18 cm (PN42), 22,5 cm (PN39) y con rampa de 7,5% de pendiente (PN27).

Se tomó datos en una segunda medición en muestras más pequeñas a **3** nuevos puentes para verificar si nuestra toma de datos principal es útil y aplicable en muestras más pequeñas en puentes con gradas de 16 cm (PN29), 17 cm (EV3), 18,5 cm (PN40); a dos puentes del primer grupo les hicimos tomas de datos complementarias en las rampas, 8% de pendiente (PN38) y 7,5% de pendiente (PN27).

En la figura 1 se puede ver la ubicación de los puentes estudiados.

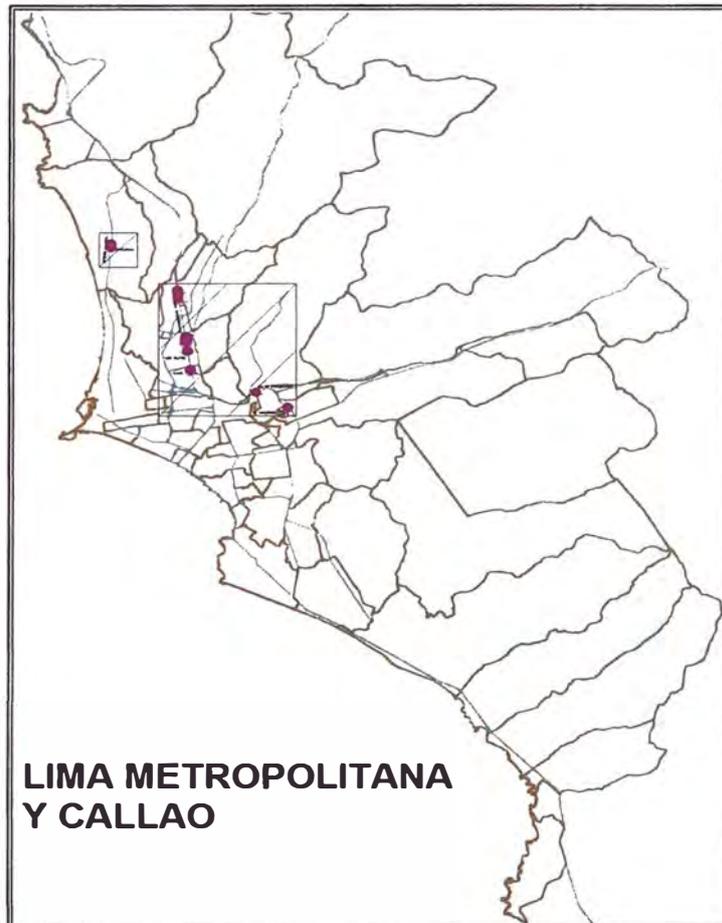


Figura 1 Plano de ubicación general de los puentes estudiados

*Fuente: Elaboración propia*

La tercera medición fue en 4 puentes para fines de conteo peatonal: dos puentes (G7 y G8) en la Av. Néstor Gambeta en el paradero 8 los cuales están muy cerca, donde se hizo el conteo de 1000 personas (entre los dos puentes por estar muy cerca) para ver si cruzaban a nivel la vía o usaban los puentes peatonales; y dos puentes que tienen rampa y escalera, en estos puentes se hizo el conteo de 1000 personas para ver si los peatones usaban la rampa o la escalera. Las rampas de estos puentes peatonales son rampas paralelas que se desarrollan en un solo espacio. Uno de los puentes (PN41) tiene la rampa con orientación al paradero y el otro puente (EV9) la orientación de la escalera hacia el paradero.

De 250 puentes que tiene Lima se midió la altura de grada a 89 puentes para determinar entre que valores se encontraban las alturas y se observó que estaban entre 15 cm y 22,5 cm, representando el 36% de los puentes peatonales existentes

La mayoría de puentes escogidos están en Panamericana Norte o Vía de Evitamiento al considerar que son vías principales y muchas personas transitan por esta vía. Los 11 puentes seleccionados para observación representan el 4,4% de la cantidad de puentes que hay en Lima Metropolitana y Callao, y además 10 de ellos tienen configuración geométrica diferente.

Tabla 1 Alturas de grada, pendientes y número de peatones en puentes estudiados

<b>Primera Medición</b>	<b>Puentes</b>	<b>Alt. Grada cm</b>	<b>Pend. %</b>	<b>Peatones</b>
PN 27	Real Plaza		7,5	400
PN 38	Purina	16		400
PN 42	Celima -Trébol	18		400
PN 39	Temporal Naranjal	22,5		400
<b>Segunda Medición</b>	<b>Puentes</b>	<b>Alt. Grada cm</b>	<b>Pend. %</b>	<b>Peatones</b>
PN 27	Real Plaza		7,5	200
PN 38	Purina		8	100
PN 29	San Martín	16		100
EV 3	Primavera	17		50
PN 40	Volvo	18,5		50
<b>Tercera Medición</b>	<b>Puentes</b>	<b>Escalera</b>	<b>Rampa</b>	<b>Peatones</b>
PN 41	Megaplaza	Si	Si	1000
EV 9	Ancash	Si	Si	1000
G7, G8	Gambeta	No	Si	1000

*Fuente: Elaboración propia*

### **Diseño experimental de la investigación**

Se medirá las pendientes y las alturas de las gradas de la muestra de puentes peatonales y se realizará un análisis del desplazamiento y del comportamiento de las personas en dicha infraestructura.

### **Espacio o escenario**

Los escenarios a utilizar serán los puentes que tienen diseño típico en el entorno urbano.

### **Sistema de muestreo**

En la medida de lo posible las filmaciones se realizaron desde las 12 del mediodía hasta las 6 de la tarde, y desde las 6 de la mañana del siguiente día hasta el mediodía. Cuando no fueron posibles estas mediciones se tomó un mínimo de 3

horas de grabación, tratando de que estas sean en horas punta. 7 a.m. - 9 a.m., 12:30 p.m. - 2:30 p.m., 4:30 p.m. - 6:30 p.m.

### **Tratamiento de información**

Se calcularon las velocidades y condiciones de desplazamiento, teniendo el tiempo de desplazamiento y la distancia recorrida.

### **Análisis**

Se compararon las diferentes velocidades y condiciones de desplazamiento dado los diferentes tipos de puentes, y los factores que hacen el desplazamiento más rápido.

### **Resultados esperados**

Determinar posibles mejoras en el diseño de los puentes peatonales, para dar mayor accesibilidad a las personas. Ejemplo: Determinar la mejor altura de contrapaso a las usadas actualmente, tal que ayude al desplazamiento.

Determinar posibles mejoras en la ruta de recorrido hacia el puente y saliendo de este, así como mejoras en la señalización peatonal del puente.

## CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA

Las personas que tienen problemas para desplazarse tienen sus funciones, sicomotoras, biológicas, sensoriales, mentales, disminuidas o anuladas. Según (OMS - INSERSO, 1994), el tipo de problemas que tienen se clasifican en deficiencias, discapacidades y minusvalías.

#### 2.1.1 Deficiencia

En salud una deficiencia es toda pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica. Hay que tener en cuenta dos puntos de esta definición. En primer lugar, el término "deficiencia" abarca más que el de "trastorno" en debido a que incluye también las pérdidas; por ejemplo, la pérdida de un brazo es una deficiencia, pero no un "trastorno".

En la deficiencia se puede observar pérdidas o anormalidades que pueden ser temporales o permanentes, e incluye la existencia o aparición de una anomalía, defecto o pérdida en una extremidad, órgano, tejido u otra estructura corporal; o un defecto en un sistema funcional o mecanismo del cuerpo (OMS - INSERSO, 1994).

#### 2.1.2 Discapacidad

En salud, una discapacidad es toda restricción o ausencia (con origen en deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera común para las personas (OMS - INSERSO, 1994).

#### 2.1.3 Minusvalía

En salud, minusvalía es una situación desventajosa para un sujeto determinado. Consecuencia de una deficiencia de una discapacidad que restringe o impide el desempeño de un rol que es común en su caso (en función de su edad, sexo y factores sociales y culturales) (OMS - INSERSO, 1994).

La minusvalía se caracteriza por una discordancia entre la actuación o status del

individuo y las expectativas del grupo concreto al que pertenece. La desventaja se acrecienta como resultado de su imposibilidad de adaptarse a las normas de su mundo. La minusvalía es por ello un fenómeno social, que representa las consecuencias sociales y ambientales que se derivan para el individuo por el hecho de tener deficiencias y discapacidades

#### 2.1.4 Correlación entre deficiencia, discapacidad y minusvalía

##### Integración de conceptos

Según (OMS – INSERSO, 1994), las ideas presentadas pueden quedar relacionadas de la siguiente manera:

ENFERMEDAD => DEFICIENCIA => DISCAPACIDAD => MINUSVALIA  
o TRASTORNO

(Situación intrínseca) => (exteriorizada) => (objetivizada) => (socializada)

Aunque esta representación gráfica puede dar la impresión de que hay una progresión lineal sencilla a lo largo de toda la secuencia, la situación es en realidad más compleja. En primer lugar, la minusvalía puede ser consecuencia de una deficiencia sin que medie un estado de discapacidad.

Un individuo daltónico que no pueda identificar entre el rojo y el verde tiene una deficiencia, y sería un poco raro que no lleve una vida normal; el que la deficiencia constituya una minusvalía dependerá de las circunstancias: si su ocupación, es de tipo obrero es muy posible que no importe su deficiencia, pero estaría en grave desventaja si aspirase a ser “maquinista de trenes” pues le sería imposible desempeñar esta ocupación.

La relación con las discapacidades es poco precisa y, si se trata de minusvalías, completamente inadecuada (ver figura 2).

Quizá se comprenda mejor con unos ejemplos:



Figura 2 Relación más común entre Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías.

Fuente: (OMS – INSERSO, 1994)

## 2. 2 CLASIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS

Según (OMS – INSERSO, 1994) la deficiencia se caracteriza por pérdidas o anomalías que pueden ser temporales o permanentes, entre las que se incluye la existencia o aparición de una anomalía, defecto o pérdida producida en un miembro, órgano, tejido u otra estructura del cuerpo, incluidos los sistemas propios de la función mental. La deficiencia representa la exteriorización de un estado patológico, y, en principio, refleja perturbaciones a nivel del órgano.

### 2.2.1 Deficiencias del Órgano de la Audición

Las deficiencias del órgano de la audición no sólo hacen referencia al oído, sino también a todo el sistema auditivo y su funcionamiento.

#### 2.2.1.1 Deficiencia de la función vestibular y de equilibrio

Se dan vértigos y mareos.

#### 2.2.1.2 Deficiencias de locomoción debida a la función del cerebelo

Se dan problemas de coordinación en las personas.

### 2.2.1.3 Propensión a caerse

Ocurre de repente al caminar, originando que la persona camine agarrándose del mobiliario.

### 2.2.2 Deficiencias del Órgano de la Visión

Las deficiencias del órgano de la visión no sólo hacen referencia al ojo sino también a las estructuras y funciones asociadas a él, incluidos los párpados. Un tipo de enfermedad que cae dentro de estas deficiencias es el daltonismo. Según (DOCE, Noviembre 2015) 1 de cada 10 hombres lo sufre en algún grado (las mujeres lo sufren muy poco), esta enfermedad consiste en la escasez de visión de algún color.

Según (Daltonismo-Wikipedia, s.f.) algunos de tipos de daltonismo son:

- Deuteranopia: ausencia de color verde.
- Protanopia: ausencia de color rojo.
- Tritanopia: ausencia de color azul.
- Acromatismo: solo se puede ver en escala de grises.

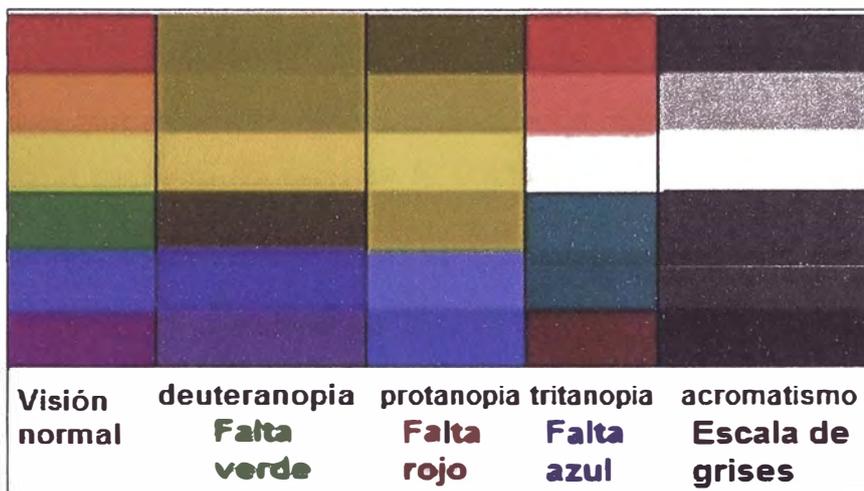


Figura 3 Visión en el daltonismo y cromatismo.

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.2.3 Otras Deficiencias (Embarazo)

El embarazo se ha incluido dentro de esta clasificación porque va asociado con ciertas limitaciones funcionales (OMS –INSERSO, 1994).

## 2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS DISCAPACIDADES

### 2.3.1 Discapacidad visual

Según (Consejo Nacional de Fomento Educativo, 2010), La discapacidad visual es una condición en la cual la percepción de imágenes en forma total o parcial es deficiente. La vista es un sentido que nos permite identificar los objetos ya conocidos u otros que es la primera vez que vemos.

Las personas con discapacidad visual tienen la necesidad de descubrir y construir el mundo por medio de otros sentidos: olfato, tacto, gusto, sonido y tal vez imágenes parcializadas de objetos.

Según (García Ramos, s.f.) El concepto de discapacidad visual abarca los términos de ceguera y deficiencia visual de las personas cuya visión en ambos ojos se puede identificar una de las siguientes condiciones: baja agudeza visual (AG), campo visual (CV) disminuido e incapacidad para distinguir la intensidad luminosa.

#### 2.3.1.1 Agudeza Visual

Capacidad para distinguir los objetos con nitidez a cierta distancia. La deficiencia se da cuando la persona no alcanza la unidad normal de agudeza visual (diez décimos o el conocido 20/20).

Las personas que usan lentes mayormente tienen problemas con su agudeza visual. No están consideradas como personas de baja visión, porque los problemas de visión borrosa se soluciona usando lentes. En la figura 4 se puede ver como es la visión de una persona 20/20 y una persona con disminución de agudeza visual.



Figura 4 Disminución visual en la agudeza.

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.3.1.2 Campo Visual

Es la zona del espacio visual alcanza identificar una persona. La deficiencia está presente cuando el CV se encuentra disminuido a 10° o menos. El campo visual de una persona con visión normal es de:

- 180° en el campo visual horizontal en los dos ojos.
- 140° en el campo visual vertical en los dos ojos.
- 150° de percepción periférica con cada ojo.

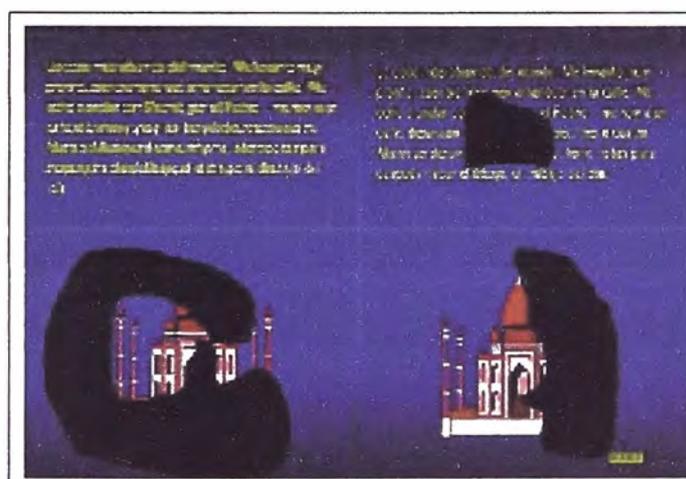


Figura 5 Pérdidas de campo y agudeza.

*Fuente: (García Ramos, s.f.)*



Figura 6 Pérdida de visión central

*Fuente: (García Ramos, s.f.)*

Las personas con glaucoma tienen una pérdida de visión periférica (véase figura 7).

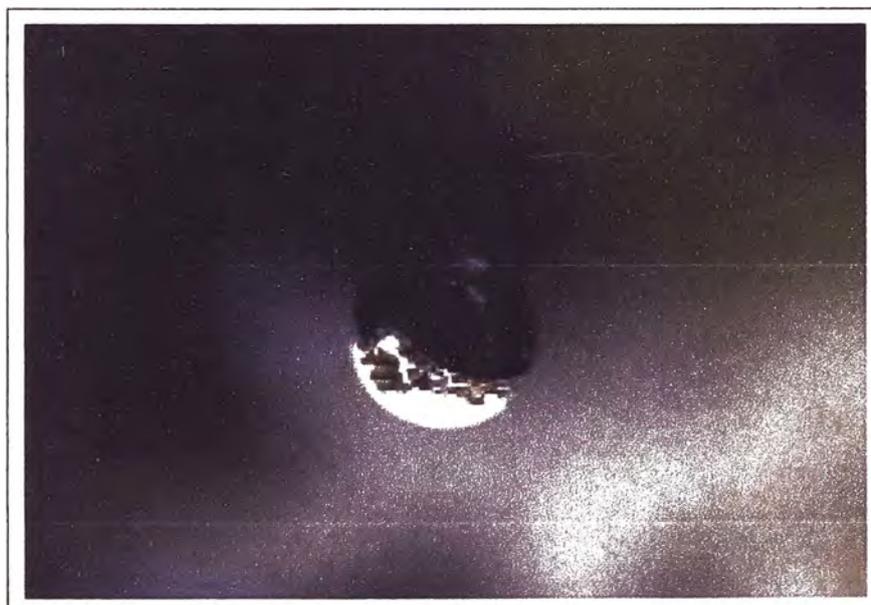


Figura 7 Pérdida de visión periférica

*Fuente: (García Ramos, s.f.)*

### 2.3.1.3 Capacidad para distinguir la intensidad luminosa

Es la sensación de sensibilidad hacia los cambios de luz.

### 2.3.1.4 El sentido de la vista

Las personas necesitan tener órganos visuales bien desarrollados y en buen

funcionamiento (ojo, músculos y nervios que llevan la información al cerebro) para recibir satisfactoriamente las imágenes y gozar de una buena visión. También se necesitan experiencias visuales (ver diferentes tipos de objetos, personas y lugares) y una buena atención para entender lo que se está observando. En el periodo que dura la infancia hasta los ocho años aproximadamente, si se cumplen esos sucesos, el niño tendrá una buena percepción visual debido a las experiencias con el entorno.

#### *2.3.1.5 Tipos de discapacidad visual*

La discapacidad visual adopta la forma de ceguera y baja visión. Las personas no reciben ningún tipo de información visual; en su mayor parte, son diagnosticadas por los médicos como NPL (no percepción de la luz). Las personas con baja visión, aun usando lentes, ven mucho menos que una persona con vista normal.

La discapacidad visual puede originarse por un inadecuado desarrollo de los órganos visuales o por padecimientos o accidentes que afecten los ojos, las Vías visuales o el cerebro.

Puede originarse en diferentes edades y mostrar una evolución distinta, de acuerdo con la edad de aparición.

#### *2.3.1.6 Orientación y Movilidad*

(García Ramos, s.f.) Define la orientación y movilidad como:

- Orientación, “es el proceso de aprendizaje que permite establecer y actualizar la posición que se ocupa en el espacio por medio de la información sensorial”.
  
- Movilidad, “en sentido amplio, es la capacidad para desplazarse de un lugar a otro con facilidad, la que implica interactuar con el medio”.

Caminar tranquilamente en la calle, se inicia cuando el niño va guiado de la mano de algún familiar, continua cuando lo hace con un guía vidente y concluirá al utilizar su bastón o su perro guía para desplazarse.

### 2.3.2 Discapacidades de Ambulación y Locomoción

Hace referencia a la capacidad del sujeto para llevar a cabo actividades características asociadas con el movimiento de un lugar a otro. De sí mismo y de los objetos

#### 2.3.2.1 Discapacidad para caminar

Dificultades en la ambulación en terreno llano

#### 2.3.2.2 Discapacidad para salvar desniveles

Dificultad en la maniobrabilidad en desniveles de terreno como salvar escalones ocasionales entre diferentes niveles

## 2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS MINUSVALÍAS

### 2.4.1 Minusvalía de Orientación

Según (OMS – INSERSO, 1994) La orientación es la capacidad del sujeto para orientarse en relación con su entorno

Incluye: Orientación respecto del entorno, incluidas la reciprocidad o interacción con el entorno.

La recepción de señales procedentes del entorno (como, por ejemplo, al ver, escuchar, oler o tocar), la asimilación de dichas señales y la formulación de respuestas a lo asimilado; las consecuencias de las discapacidades de la conducta y de la comunicación incluidos los planos del ver, escuchar, tocar, hablar y la asimilación de estas funciones por la mente

#### 2.4.1.1 Perturbación intermitente de la orientación

Incluye: Experiencias episódicas que interfieren con la plena orientación, como el vértigo, las asociadas con la enfermedad de Ménière, la diplopía (visión doble, tal como puede darse en la esclerosis múltiple), la interrupción intermitente de la consciencia (p. ej. la epilepsia).

Las personas que tienen dificultad en orientarse debido a bajos niveles de iluminación entran en esta categoría, como las personas que tienen problemas en orientarse si no encuentran un ruido fuerte de fondo por su baja audición.

#### 2.4.2 Minusvalía de la movilidad

Según (OMS – INSERSO, 1994) La movilidad: Es el conjunto de desplazamientos que se producen en un entorno físico. Se toma como punto de inicio de los desplazamientos la cama del individuo

Las capacidades del individuo se aumentan cuando conviene mediante prótesis u otras ayudas físicas, incluida la silla de ruedas

##### 2.4.2.1 Consecución de la movilidad con la asistencia de otros individuos

Cuando hay deficiencias y discapacidades que siguen un curso intermitente, como por ejemplo una artritis reumatoide leve u osteoartritis.

##### 2.4.2.2 Movilidad deficiente

Cuando hay restricciones donde el sujeto se puede mover pero necesita más tiempo para hacerlo, como una persona de muy baja visión u otra que tenga algún tipo de inseguridad al desplazarse. No obstante esta persona puede hacer uso del transporte público.

##### 2.4.2.3 Movilidad reducida

Cuando la capacidad para moverse se ve notoriamente afectada, por ejemplo cuando la discapacidad para ver dificulta la movilidad, cuando no se puede hacer esfuerzos considerables a causa de una deficiencia cardíaca o respiratoria, cuando no se puede utilizar el transporte público.

##### 2.4.2.4 Restricción al ámbito de la vecindad

Cuando los desplazamientos están restringidos a lugares muy cercanos a la vivienda, se presenta en los casos cuando hay problemas de tipo cardíaco y respiratorio y solo haciendo esfuerzos moderados hay problemas para

desplazarse.

#### **2.4.2.5 Restricción al ámbito de la vivienda**

Cuando solo el desplazamiento es al interior de la vivienda, al existir una grave discapacidad para hacer esfuerzos pequeños por deficiencias de tipo cardíaco o respiratorio.

#### **2.4.2.6 Restricción al ámbito de la habitación**

Cuando solo el desplazamiento es al interior de la habitación, al existir una grave discapacidad para hacer esfuerzos pequeños como por deficiencias de tipo cardíaco o respiratorio.

#### **2.4.2.7 Restricción al ámbito de la silla**

Cuando el confinamiento se reduce al espacio de una silla, como en los casos de discapacidad en que se está postrado debido a deficiencias de tipo cardíaco o respiratorio o cuando se depende de máquinas elevadoras o dispositivos similares para meterse y salir de la cama.

### **2.5 ANTROPOMETRÍA**

Según (Antropometría – Wikipedia, s.f.) La palabra antropometría se forma de *ántropo* (*anthropo*) “ser humano” y *metría* “cualidad (ia) de medida (metrón)”, la primera publicación sobre antropometría fue hecha en 1870 y se llamaba “*Anthropométrie*” del matemático belga Quételet, recién en 1940 se comenzó a dar importancia por la necesidad de datos para la industria bélica y aeronáutica.

Las medidas que se toman son: estructurales y funcionales. Las estructurales son las medidas del cuerpo de las personas en posiciones estándar (parados, sentados, echados) y las medidas funcionales son medidas que se toman al realizar una persona alguna actividad específica. Según (OMS-Informe 854, 1995) Se usa la antropometría para identificar a las personas que necesitan una consideración especial o para evaluar la respuesta de esa persona a alguna intervención.

Las dimensiones de alturas de pasamanos, alturas de grada, anchos de desplazamiento, largo de paso fueron tomados de reglamentos de países donde las dimensiones de las personas son más grandes que el peruano promedio.

### 2.5.1 Adultos mayores

Se considera adulto mayor a las personas que tienen 60 o más años de edad, este grupo tiene un rápido crecimiento en el Perú y el mundo.

Según (OMS-Envejecimiento y ciclo de vida, s.f.), “Entre 2000 y 2050, la proporción de los habitantes del planeta mayores de 60 años pasara del 11% a 22%, en cifras será de 605 millones a 2000 millones en el lapso de 50 años”

Esto quiere decir que aumentarán los problemas de movilidad en este grupo de personas por ser un grupo muy grande.

### 2.5.2 Antropometría y envejecimiento

A medida que uno va envejeciendo la talla disminuye, la tasa de reducción es de 1 a 2 cm por decenio a partir de los 40 años y más alta en edades más avanzadas. Esto se nota más claramente cuando la persona se encuentra sentada y es por la compresión de discos de la columna vertebral. Esto se puede observar en las tablas 2 y 3.

Tabla 2 Promedio y desviación estándar de talla de hombres de diferentes poblaciones.

Emplazamiento	Grupo de edad (años)		
	60 - 69	70 - 79	≥80
<b>Hombres</b>			
Australia (anglo australianos)	168,2 ± 10,0 <sup>a</sup>	164,0 ± 10,0	—
Australia (de ascendencia china)	162,8 ± 5,3 <sup>a</sup>	165,0 ± 7,5 <sup>a</sup>	—
Australia (de ascendencia griega)	—	165,2 ± 6,4 <sup>b</sup>	163,3 ± 6,7
Brasil	165,0 ± 11,0	163,0 ± 10,0	162,0 ± 8,2
China (Beijing)	161,8 ± 4,4	161,6 ± 3,9	—
China (todo el país)	162,1 ± 6,7	160,0 ± 7,7	155,4 ± 6,8 <sup>a</sup>
China (Provincia de Taiwán)	165,6 ± 7,1	164,9 ± 8,6	165,2 ± 8,9
China (Tianjin)	—	166,0 ± 6,0	164,2 ± 6,2
EUA (este de Boston)	170,4 ± 7,9	167,6 ± 7,3	166,9 ± 7,3
EUA (Iowa)	176,0 ± 6,6	175,3 ± 6,8	175,0 ± 7,6
EUA (muestra nacional)	174,0 ± 6,7	172,0 ± 6,6	170,6 ± 6,6
Finlandia	169,7 ± 11,9	168,7 ± 6,2	167,4 ± 6,4
Grecia (Esparta)	—	165,9 ± 6,2	165,9 ± 6,4 <sup>a</sup>
Guatemala (zona rural)	155,1 ± 5,2	156,0 ± 5,7	153,2 ± 6,8 <sup>a</sup>
Hong Kong	—	161,9 ± 6,0	161,7 ± 8,0
Italia (5 emplazamientos)	165,5 ± 6,1 <sup>c</sup>	164,3 ± 6,7	161,8 ± 6,3
Italia (17 emplazamientos)	164,0 ± 7,4	162,2 ± 6,7	160,1 ± 6,8
Países Bajos (Rotterdam)	175,1 ± 6,4	172,6 ± 6,4	170,8 ± 7,3
Suecia	—	174,1 ± 5,7	172,9 ± 5,0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Tamaño de la muestra <25

<sup>b</sup> Grupo de edad = 74-79 años

<sup>c</sup> Grupo de edad = 65-69 años

Fuente: (OMS-Informe 854, 1995)

Tabla 3 Promedio y desviación estándar de talla de mujeres de diferentes poblaciones.

Emplazamiento	Grupo de edad (años)		
	60 - 69	70 - 79	≥80
<b>Mujeres</b>			
Australia (anglo australianos)	165,3 ± 8,6	166,4 ± 8,0	---
Australia (de ascendencia griega)	—	149,9 ± 5,3	148,6 ± 6,0
Brasil	152,0 ± 7,4	150,0 ± 7,9	149,0 ± 8,9
China (Beijing)	156,0 ± 4,4	154,6 ± 3,8	—
China (todo el país)	150,6 ± 6,1	148,3 ± 6,3	146,3 ± 7,3
China (Provincia de Taiwán)	154,8 ± 5,9	153,9 ± 6,1	153,1 ± 5,8
China (Tianjin)	—	152,8 ± 5,9	150,4 ± 6,3
EUA (este de Boston)	157,7 ± 6,6 <sup>c</sup>	157,2 ± 6,6	156,2 ± 7,8
EUA (Iowa)	161,8 ± 6,1 <sup>c</sup>	161,3 ± 6,6	161,3 ± 6,5
EUA(muestra nacional)	160,6 ± 5,9	159,1 ± 6,0	158,4 ± 5,9
Finlandia	157,0 ± 5,7	154,7 ± 5,7	153,0 ± 6,3
Guatemala (zona rural)	142,9 ± 6,2	139,7 ± 6,6	139,6 ± 5,5
Hong Kong	—	148,4 ± 6,4	145,6 ± 7,2
Italia (5 emplazamientos)	153,2 ± 6,3 <sup>c</sup>	151,4 ± 6,1	150,6 ± 7,0
Italia (17 emplazamientos)	152,5 ± 6,7	150,5 ± 6,5	147,5 ± 6,9
Países Bajos (Rotterdam)	163,0 ± 6,2	159,4 ± 6,6	157,2 ± 6,2
Suecia	—	161,1 ± 1,8	157,9 ± 5,6

<sup>c</sup> Grupo de edad = 65-69 años

Fuente: (OMS-Informe 854, 1995)

Esto hace notar que las personas al apoyarse en las barandas al subir un puente cuando son jóvenes lo harán a una altura y a medida que vayan envejeciendo esta altura de apoyo será menor.

### 2.5.3 Antropometría en el hombre peruano

Se realizó un estudio antropométrico (Ramírez, 2006) en la Empresa Minera del Centro del Perú S.A., entre los años 1984 – 1994, con el fin de conocer la antropometría de las personas para poder realizar mejoras en el uso ergonómico de sus equipos. Este estudio nos dará una idea parcial de la antropometría del hombre peruano. El estudio abarcó el 46% de los 6500 trabajadores de Centromín Perú.

Se dividió el grupo en 4 rangos de edades que se pueden ver en la tabla 4.

Tabla 4 Distribución por grupo de edad.

Edad en Años	n	%
21-30	500	16,6
31-40	1100	36,7
41-50	1100	36,7
51-60	300	10
Total	3000	100

Fuente: (Ramírez, 2006)

En el grupo observado no existen niños, ni personas mayores de 60 años que son grupos de personas de talla menor al promedio.

Se obtuvo la tabla 5 de las principales medidas antropométricas.

Tabla 5 Antropometría del trabajador minero de la altura.

Parámetro (cm)	Media	VE	DEM
Estatura	158,4	151,2 - 169,5	2,37
Altura del Piso al Hombro	135	129 - 143,1	2,35
Altura de Asiento al Codo	24,3	23,4 - 25,0	0,90
Altura Fosa Poplitea Sentado	41,1	39,2 - 43,9	3,06
Alcance Vertical Max. Del Brazo	207,2	202,1 - 220	4,93
Alcance Vertical Min. Del Brazo	201,9	197 - 213,3	1,01
Alcance Max. Brazo hacia Adelante	73,8	69,9 - 78,4	2,05
Largo del Pie	23,9	22,7 - 24,4	2,91

VE: Valores extremos  
DEM: Desviación estadística de la media  
Análisis estadístico de los parámetros ergonómicos.

Fuente: (Ramírez, 2006)

Tenemos la media de la altura del piso al hombro que es de 135 cm, si le restamos 73,8 cm que es la longitud del brazo tenemos la altura de **61,8** cm, podemos notar que es la altura donde se puede apoyar sobre un pasamanos.

También tenemos la altura del asiento al codo que es de 24,3 cm, y si le sumamos la altura de la fosa poplitea cuando la persona está sentada que es de 41,1 cm, y le sumamos ambas alturas, resulta **65,4** cm la altura de un posible pasamanos cuando la persona está en silla de ruedas.

En la Figura 8 podemos ver la Tabla 5 dibujada, además de posibles alturas de baranda, para una persona de **158,4** cm de altura, entendiéndose que para personas de diferentes alturas se necesitara otras alturas de baranda.

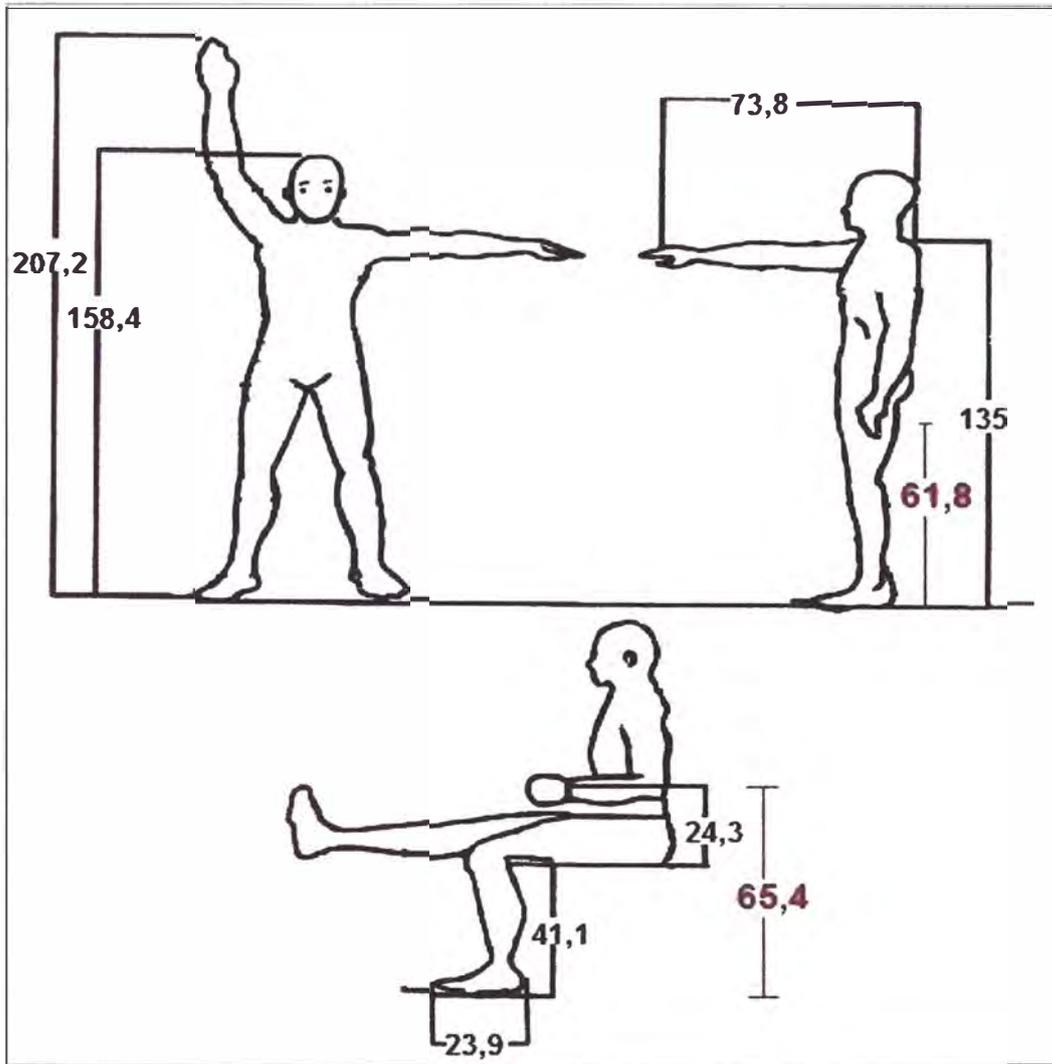


Figura 8 Parámetros ergonómicos del trabajador minero

Fuente: Adaptada de (Ramírez, 2006)

Según (Samira Asgari, 2018), los peruanos tienen un gen llamado FNB1, el cual solo se ha encontrado en la genética de los peruanos; si una persona tiene solo una copia de uno de los progenitores tendrá 2,2 cm menos de una persona que no incluya el gen y si tiene dos copias (del padre y de la madre) tendría 4 cm menos.

El estudio realizado por la Escuela de Medicina de Harvard, fue realizado en base a 4002 peruanos, el hombre promedio tiene 1,65 m y la mujer 1,53 m, en

EUA tienen un promedio de altura de 10 cm más alto que los peruanos y los holandeses 15 cm más alto. Como podemos ver del estudio de Ramírez y de Samira Asgardi el peruano es una persona de baja estatura, pero no tenemos tablas antropométricas a escala nacional para poder usarlas en temas de la vida cotidiana como el mobiliario urbano.

#### 2.5.4 El estado físico de la antropometría

El arquitecto Le Corbusier desarrollo una teoría de las proporciones, basadas en la sección aurea y en las medidas del cuerpo humano. Tomo como referencia la altura del hombre  $M+m=1,829$  y la altura hasta el ombligo  $M=1,13$ , a esta teoría de proporciones en el cuerpo humano la llamo El Modulor. Véase figura 9.

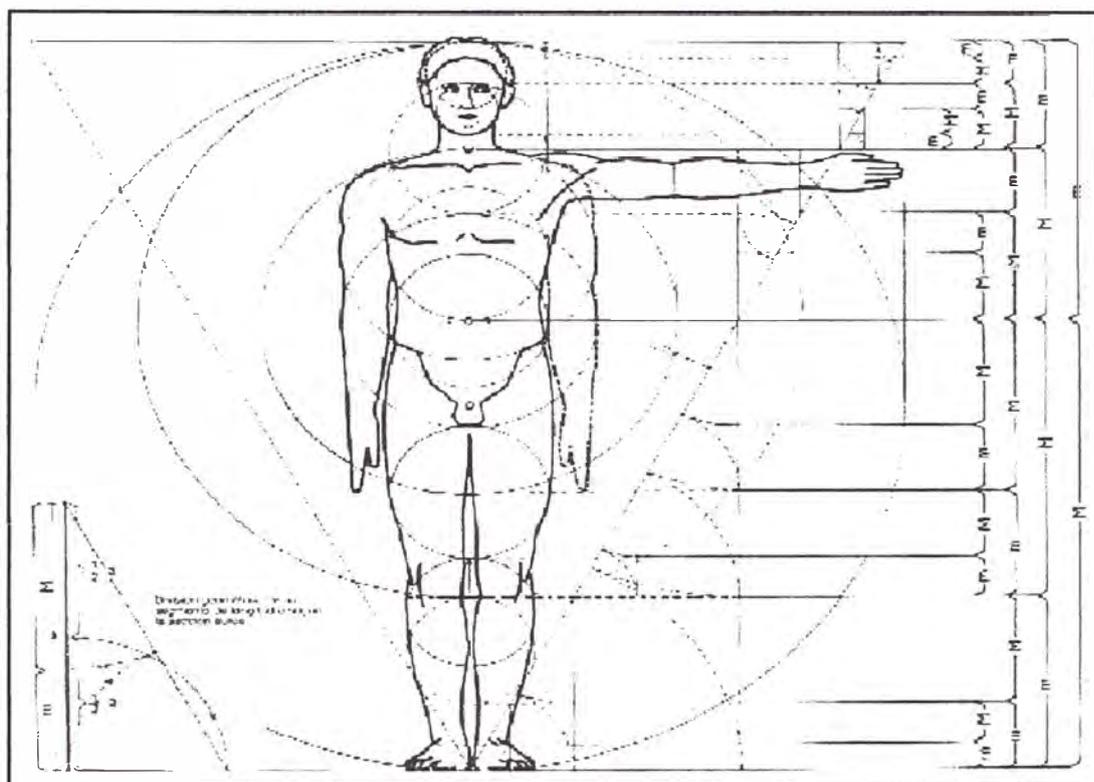


Figura 9 Proporciones del cuerpo humano.

*Fuente: (Neufert, 1995)*

Con las dimensiones de El Modulor presentadas por Le Corbusier se comenzó a construir algunas viviendas y se observó que en algunas situaciones las dimensiones mínimas de construcción eran menores a lo que deberían de ser, y realizo algunas correcciones a sus medidas.

Le Corbusier hizo las correcciones con respecto a su anterior modelo, la altura de 0,70 m que se puede ver en la figura 10 podría representar un pasamanos para el uso con silla de ruedas, un adulto mayor o un niño; la altura de 0,86 m un pasamanos para una persona parada, la altura de 1,13 m una baranda. Estas medidas son para personas de talla aproximada a 1,829 m.

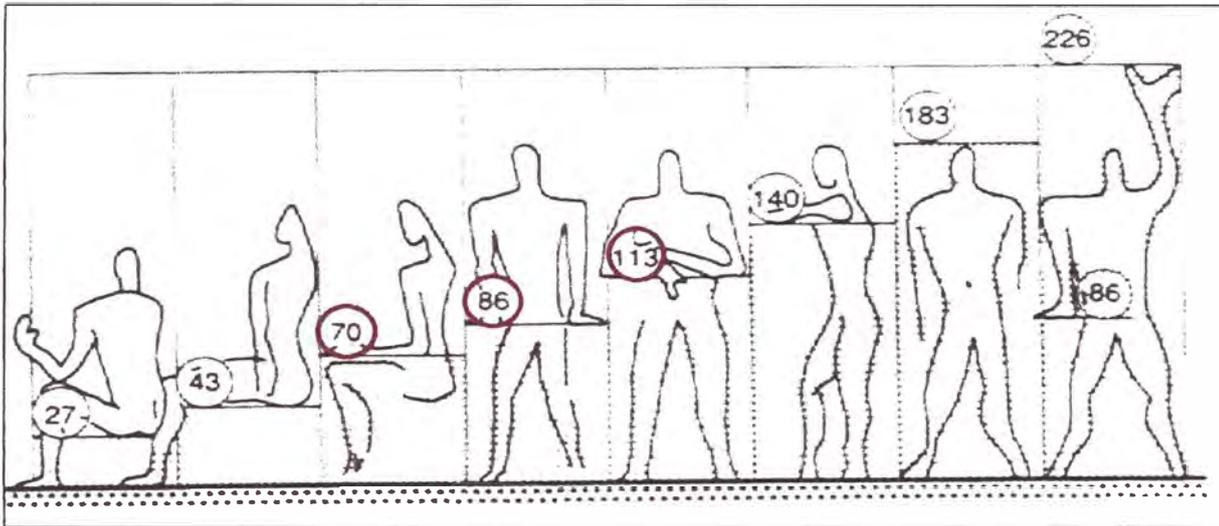


Figura 10 El Modulor de Le Corbusier

Fuente: (Neufert, 1995)

## 2.6 FACILIDADES PEATONALES

### 2.6.1 Uso o no uso de puentes peatonales

Los puentes peatonales se construyen con la idea de ayudar al peatón a cruzar una vía, pero en la práctica lo que hacen es facilitar el tránsito vehicular y no al peatón por la ampliación de carriles, pasos a desnivel, intercambios viales. El uso del puente peatonal implica que haya un mayor recorrido del peatón, quien tiene que agregar los ascensos y descensos para cruzar la vía; en algunos casos, la dificultad aumenta cuando el peatón lleva un bulto.

En la Av. Néstor Gambeta de 18 puentes existentes, sólo 1 puente cuenta con escaleras a un lado del puente, en todos los demás puentes las personas recorren distancias en exceso al cruzar la vía al utilizando el puente. Este tipo de situación se puede ver en la figura 11 y la comparación del recorrido a nivel. Como podemos observar en este croquis el recorrido de un puente con escalera

es de aproximadamente 3,5 veces un recorrido a nivel de pista, y un recorrido de un puente solo con rampas sería aproximadamente 8 veces el recorrido a nivel de pista. Se dificulta en gran medida la accesibilidad de las personas al incrementarse mucho las distancias a recorrer para cruzar una vía utilizando un puente sin escaleras.

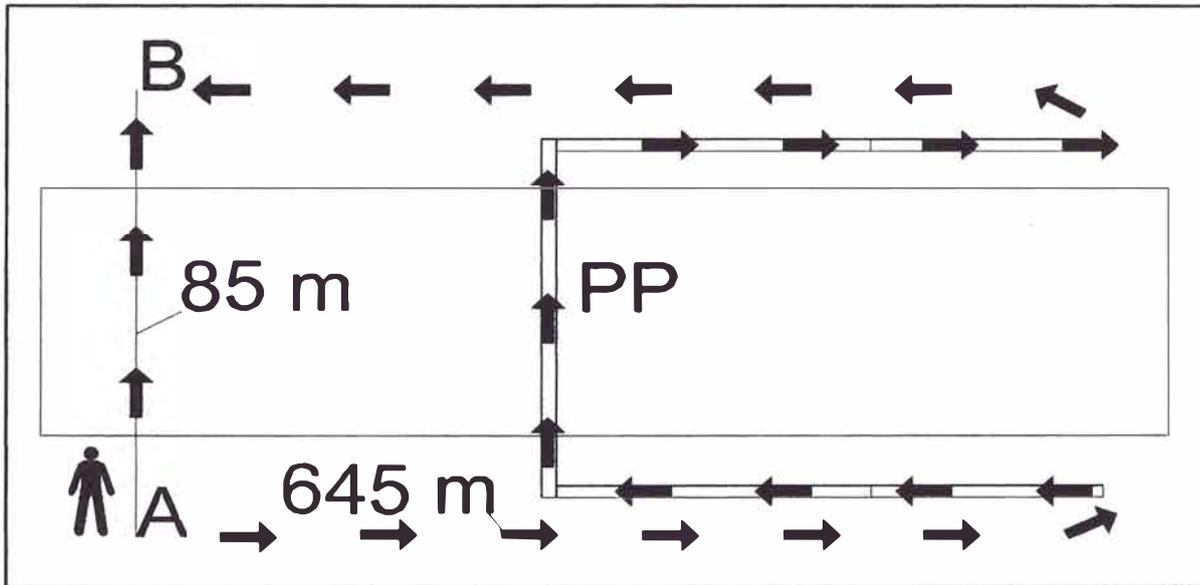


Figura 11 Longitud y ruta de cruce en un puente peatonal con rampa sin escalera.

*Fuente: Elaboración propia.*

Si los mencionados puentes de la Av. Gambeta tuvieran escaleras como en la figura 12 los recorridos de los peatones serían mucho mas cortos y los puentes serian mucho mas utilizados ya que el peaton usaria menos tiempo

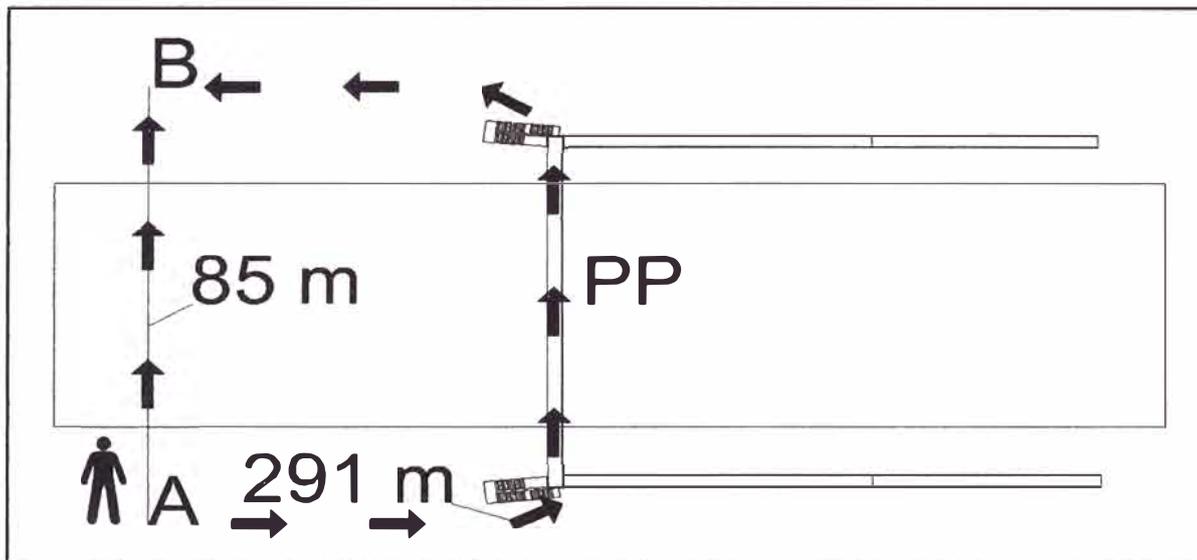


Figura 12 Longitud y ruta de cruce en un puente peatonal con rampa y escalera.

*Fuente: Elaboración propia.*

Actualmente la mayoría de peatones en la Av. Gambeta realizan el cruce a nivel, y no utilizan las rampas existentes (vease figura 13).



Figura 13 Personas cruzando en la Av. Gambeta en la zona donde termina las vallas que están a un costado del puente.

*Fuente: Elaboración propia.*

La diferencia entre la ubicación de un puente peatonal y su diseño entre los puntos de desplazamiento (origen – destino) del peatón hace que muchas veces cruce la calle en sitios inadecuados, la separación entre puentes peatonales y el peatón hace que escojamos usar un puente peatonal o no usarlo, como se puede ver en la tabla 6 algunas vías tienen puentes peatonales algo cerca y otras vías tienen distanciados los puentes peatonales.

Tabla 6 Espaciamiento entre puentes peatonales.

Espaciamiento	Ocurrencia
Menos de 200m	6%
200m - 400m	26%
400m - 600m	19%
600m - 800m	17%
800m - 1Km	10%
1Km - 2Km	13%
Más de 2Km	9%
Total	100%

Espaciamiento entre puentes peatonales en una misma vía en Lima Metropolitana

Fuente: Elaboración propia

Existen puentes que tienen que ser usados al 100% por los peatones porque hay barreras arquitectónicas en medio de la vía y estos puentes tienen fecha de construcción un poco antigua y no cuentan con rampas para un desplazamiento amigable de un punto A hacia un punto B.

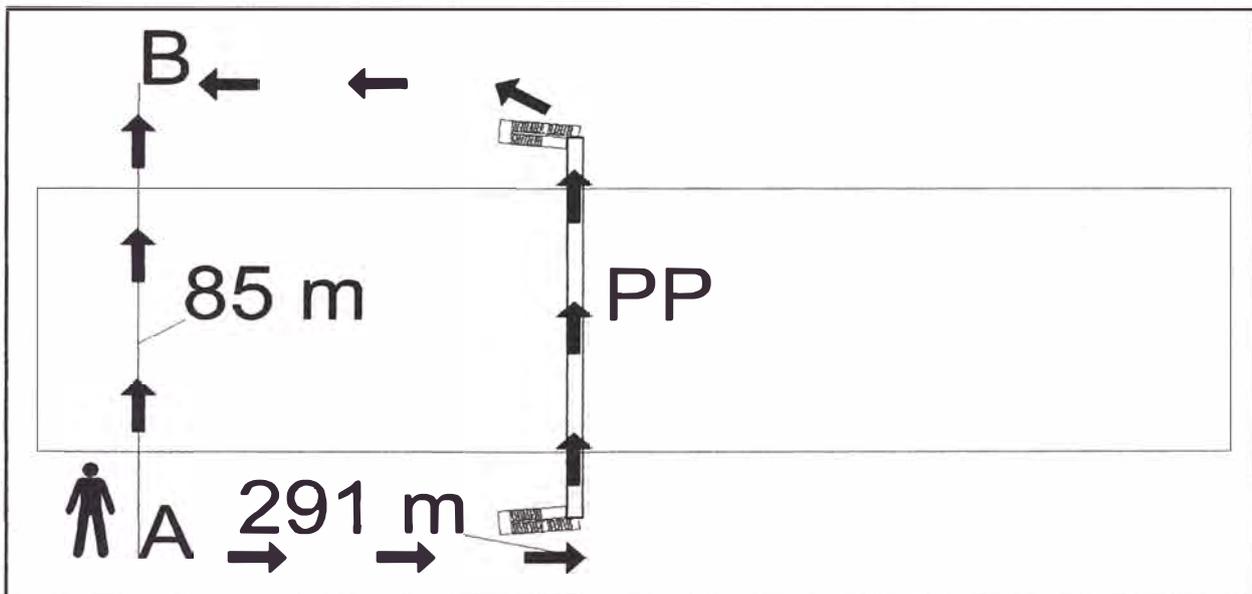


Figura 14 Longitud y ruta de cruce en un puente peatonal solo con escalera

Fuente: Elaboración propia.

Estos puentes tienen escaleras con contrapasos de 16 cm a más, muchas personas que tienen problemas para moverse lo hacen con dificultad o no lo hacen, algunos de estos puentes peatonales tienen problemas de espacio para aumentar una rampa y solo es posible usarlos subiendo y bajando escaleras (Véase figura 15).



Figura 15 Puente que solo cuenta con gradas.

*Fuente: Elaboración propia.*

La construcción de un puente peatonal no garantiza su uso, se puede observar en la tabla 7 donde se muestra la cantidad de muertes por cada 100 mil habitantes en diferentes países.

Tabla 7 Muertes peatonales en ciudades con y sin Puentes Peatonales

Ciudad	Muertes Peatonales / 100 000 habitantes	Puentes
Londres	1,9	No
Nueva York	2,2	No
Singapur	2,8	Algunos
Sao Paulo	3,5	Algunos
Hong Kong	3,8	Algunos
Bogotá	5,7	Algunos
Lima	8,8	Algunos
Ciudad de México	15,4	Si
Ciudad del Cabo	19,4	Si

*Fuente: (Dextre, 2014)*

Diversos estudios han hecho notar los motivos del uso poco frecuente de puentes peatonales, uno de estos estudios (Arias, 2012) en la Ciudad de Arequipa tuvo como muestra a 360 individuos y a 3 puentes peatonales, siguiendo la pauta de Hernández con respecto al número de individuos para conductas de poblaciones regionales la muestra puede ser entre 300 a 400 individuos.

Solo se usó los datos de peatones mayores de edad y que habían consentido la encuesta. La toma de datos fue sobre peatones que no usaron los puentes peatonales.

La encuesta diseñada para este caso tenía alternativas:

- Me canso mucho.
- El tiempo no me lo permite, estoy sobre la hora.
- Tengo temor de que me asalten.
- No hay necesidad, es igual a cruzar por la calle.
- y un espacio en blanco para otra alternativa.

En la tabla 8 se puede ver los valores cuantitativos de la encuesta realizada a los peatones.

Tabla 8 Motivos para no usar los puentes

Motivo	Hombres		Mujeres		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
Pereza	63	17,5	33	9,17	99	26,27
Falta de tiempo	66	18,33	45	12,5	111	30,83
Temor de robo	66	18,33	9	2,5	75	20,83
No es necesario	75	20,84	3	0,83	78	21,67
Total	270	75	90	25	360	100

*Fuente: (Arias, 2012)*

Tenemos también un estudio mexicano (Hidalgo, 2010) sobre los motivos de uso y no uso de puentes peatonales. El tamaño de la muestra fue de 102 puentes de una población de 617 puentes, se tomaron en cuenta tanto a los peatones que tienen paso a nivel en la calle como los que no lo tienen (véase tabla 9).

Tabla 9 Características Generales de los Peatones Usuarios y No usuarios, en PP con Posibilidad de Paso a Nivel de Calle, México DF, 2008.

Variable	Usuario		No Usuario		TOTAL	
	n	%	n	%	n	%
Edad (años)						
menor de 15	4	1	3	0,7	7	0,9
15 a 44	276	68,7	262	63,7	538	66,2
44 a 64	98	24,4	116	28,2	214	26,3
65 o más	24	6	30	7,3	54	6,6
Total	402	100	411	100	813	100

## Sexo

Masculino	192	47,8	196	47,7	388	47,7
Femenino	210	52,2	215	52,3	425	52,3
Total	402	100	411	100	813	100

## Vive o trabaja cerca

Si	313	78,1	334	81,5	647	<b>79,8</b>
No	88	21,9	76	18,5	164	20,2
Total	401	100	410	100	811	100

## Características físicas del PP

Adecuado y muy adecuado	175	25,4	221	53,8	396	<b>48,7</b>
Regularmente adecuado	125	31,1	111	27	236	29
Inadecuado y muy inadecuado	102	43,5	79	19,2	181	22,3
Total	402	100	411	100	813	100

*Fuente (Hidalgo, 2010)*

Se decidió agrupar a la muestra en edad, sexo, si viven o trabajan cerca, y las características físicas del puente peatonal; obteniéndose la Tabla 9. De este cuadro se puede observar que la mayoría de usuarios (**79,8%**) del puente peatonal vive cerca de este, el **48,7%** se considera adecuado y muy adecuado el diseño del PP,

En la tabla 10 en la parte de razones de no uso vemos que la flojera **30,7%** es el porcentaje más alto para no usar los PP (recorridos muy largos para cruzar). A pesar que el porcentaje 48,7% de puentes es adecuado o muy adecuado para desplazarse, y al tener que usarlos muy seguido (79,8% vive o trabaja cerca) prefieren no usarlos por la flojera. El mayor porcentaje de personas que prefirieron usar el puente peatonal **80,2%**, consideraron que era más seguro.

Tabla 10 Razones de Uso y No uso de PP con Posibilidad de Paso a Nivel de Calle.

Variable	Hombre		Mujer		TOTAL	
	n	%	n	%	n	%
Razones de no uso						
Son inseguros	23	22,5	31	26,7	54	24,8
Me puedo cruzar por la calle	31	30,4	25	21,5	56	25,7
Flojera, implica mucho esfuerzo	32	31,4	35	30,2	67	<b>30,7</b>
No puedo hacerlo	8	7,8	22	19	30	13,8
Otra razón	8	7,8	3	2,6	11	5
Total	102	100	116	100	218	100
Razones de uso						
Son más seguros	224	80,3	233	80,1	457	<b>80,2</b>
No hay otra forma de cruzar	42	15	48	16,5	90	15,8
Porque puedo hacerlo	13	4,71	10	3,4	23	4
Total	279	100	291	100	570	100

Fuente (Hidalgo, 2010)

## 2.6.2 Señalización

Los caracteres y símbolos usados en la señalización deben cumplir ciertas condiciones como claridad, legibilidad. Los símbolos y textos contrastaran con el fondo, de ser posible los símbolos y textos claros y el fondo oscuro.

Según (ONCE, 2003) El contraste entre el texto y el fondo del texto deber ser como mínimo de un 70% y se recomienda los colores como muestra la tabla 11, también se muestra el color de la superficie donde se coloca la placa.

Tabla 11 Colores de superficies, placas y texto para hacer contraste.

Superficie	Placa	Texto
Ladrillo rojo o piedra oscura	Blanca	Negro o color oscuro
Ladrillo claro o piedra beige	Negro o color oscuro	Blanco
Pared blanca	Negro o color oscuro	Blanco y amarillo
Verde	Blanco	Negro o color oscuro

Fuente (ONCE, 2003)

Según (Martínez, 2008) la relación entre el ancho de la letra y su altura, deberá realizarse en una proporción de 3:5 (3 de ancho por 5 de altura) y el ancho del cuerpo y con respecto al espesor y la altura 1:10, como muestra la figura 16.

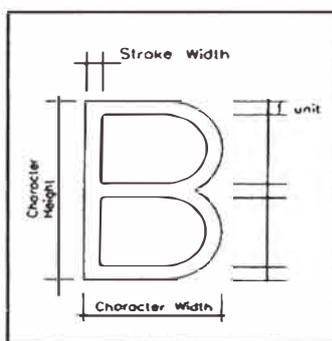


Figura 16 Dimensiones ideales de letras.

Fuente: (Martínez, 2008)

Los textos que sean demasiado delgados, demasiado gruesos, o su trazo no sea sencillo (como el estilo linoscript), podran ser difíciles de identificar para personas que tengan problemas con su agudeza visual. Estos se muestran en la figura 17 y 18.

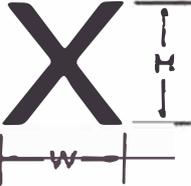
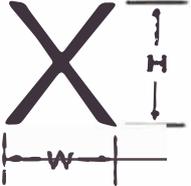
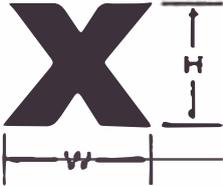
Font Proportions		
1 Accessible for text	2 Not accessible for text	3 Not accessible for text
Helvetica Regular	Helvetica Light	Helvetica Black
Width% = (W x 100) ÷ H		
		

Figura 17 Distintos tipos de letras.

Fuente: (Museo Smithsonian)

Se recomienda el uso de letras arial, helvética o parecida; no se recomienda el uso de letras itálicas, oblicuas o script.

Accessible for text (weight %, x-height %, width %)	Not accessible for text (weight %, x-height %, width %)
<b>Serif</b>	<b>Serif</b>
<b>Times Roman</b> (11, 69, 105)	<b>Times Bold</b> (19, 67, 101)
<b>New Century Schoolbook</b> (13, 71, 103)	<b>New Century Schoolbook Bold</b> (22, 69, 106)
<b>Sans Serif</b>	<b>Sans Serif</b>
<b>Helvetica</b> (12, 72.5, 89)	<b>Helvetica Light</b> (7, 72.5, 81)
<b>Univers 55</b> (14, 70, 83)	<b>Univers 45</b> (7, 71, 84)
<b>Futura</b> (12, 62, 77)	<b>Futura Light</b> (6, 61, 63)
	<b>Decorative</b>
	<b>Script</b> (9, 51, 130)

Figura 18 Tipos de letras típicas para textos accesibles y no accesibles.

Fuente: (Museo Smithsonian)

### 2.6.2.1 Contraste

Se determina como el cociente entre la diferencia de luminancias (Luminancia de Fondo-Luminancia de Detalle)\*100 y la Luminancia de Fondo.

$$C = \frac{(L. Fondo - L. Detalle) * 100}{L. Fondo}$$

C =Contraste

L. Fondo = luminancia de Fondo

L. Detalle= luminancia de Detalle

### 2.6.2.2 Luminancia (L)

Es la cantidad de luz que se refleja sobre una superficie en dirección a los ojos, (Véase figura 19).

$$L = \frac{C}{m^2}$$

L=luz

C=candela

m2=metro cuadrado

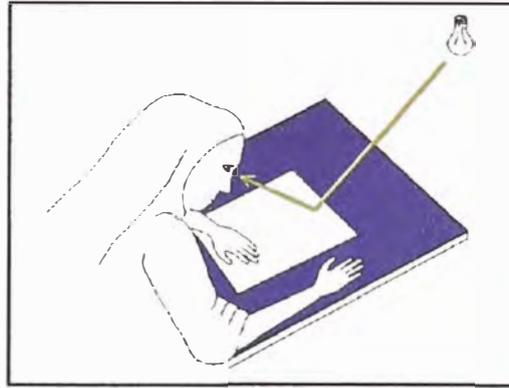


Figura 19 Luminancia.

Fuente: (Once, 2003)

### 2.6.2.3 Iluminancia (E)

Es la cantidad de flujo luminoso recibido por una superficie (véase figura 20), Su unidad es el Lux. Símbolo: lx.

$$\text{Iluminancia}(E) = \frac{\text{Flujo}}{\text{Superficie}} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{Lux}$$

lm = flujo luminoso en lúmenes (lm)

m<sup>2</sup> = metro cuadrado

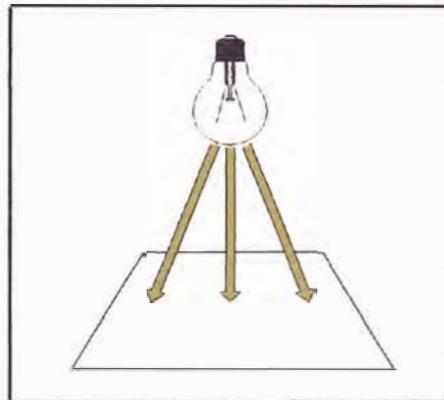


Figura 20 Iluminancia

Fuente: (Once, 2003)

Para las personas con deficiencia visual con una visión aproximada de un 10% los tamaños mínimos son los indicados en la tabla 12.

Tabla 12 Tamaños mínimos y recomendables de texto a determinadas distancias.

TAMAÑO		
Distancia	Mínimo	Ideal
≥5 m	7,0 cm	14,0 cm
4 m	5,6 cm	11,0 cm
3 m	4,2 cm	8,4 cm
2 m	2,8 cm	5,6 cm
1 m	1,4 cm	2,8 cm
50 cm	0,7 cm	1,4 cm

Fuente: (Once, 2003)

En la figura 21 se muestra como se lee el texto a diferentes distancias.

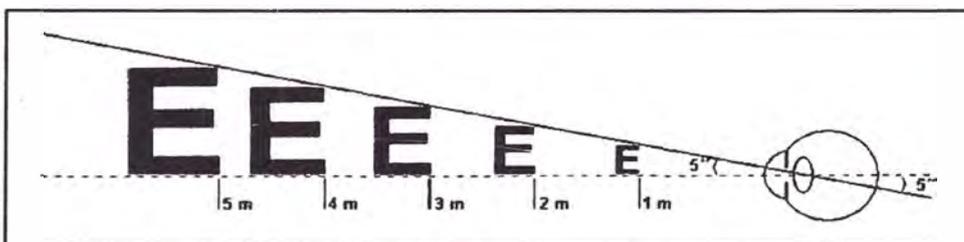


Figura 21 Adecuación de tamaños.

Fuente: (Once, 2003)

Los letreros de señalización que existe en los puentes peatonales han sido diseñados para un conductor de vehículos con visibilidad 20/20 (MTCVC, Julio 2000), y no necesariamente cumple con todos los requerimientos para un peatón con baja visión que llegue al puente y quiera ubicarse. Lo cual le brindaría una información incompleta. Tal como muestra la figura 22.



Figura 22 Letrero sobre puente peatonal en Vía de Evitamiento.

*Fuente: Elaboración propia*

#### 2.6.2.4 Sistema Braille

El sistema Braille es un sistema de escritura desarrollado para que personas con baja o nula visión puedan ubicarse y desplazarse en un entorno no conocido.

1	● ●	4
2	● ●	5
3	● ●	6

Figura 23 Cajetín del sistema Braille.

*Fuente: (ONCE, 2003).*

Las características del sistema Braille normalizado por (ONCE, 2003) son:

Tamaño del cajetín: 5 mm ± 0,75 mm

Distancia entre punto adyacente del mismo cajetín (H o V) 2,5 mm

Distancia entre el punto 1 y punto 1 del otro texto 6 mm.

Espacio entre líneas: 10 mm

Diámetro del punto (en la base): 1,3 mm ± 0,1 mm

Altura del punto: 0,6 mm ± 0,1 mm

En la figura 24 se puede observar la disposición del alfabeto Braille

La señalización en alto relieve debe estar a una altura entre 1,3 m a 1,6 m de la superficie de donde se está transitando.

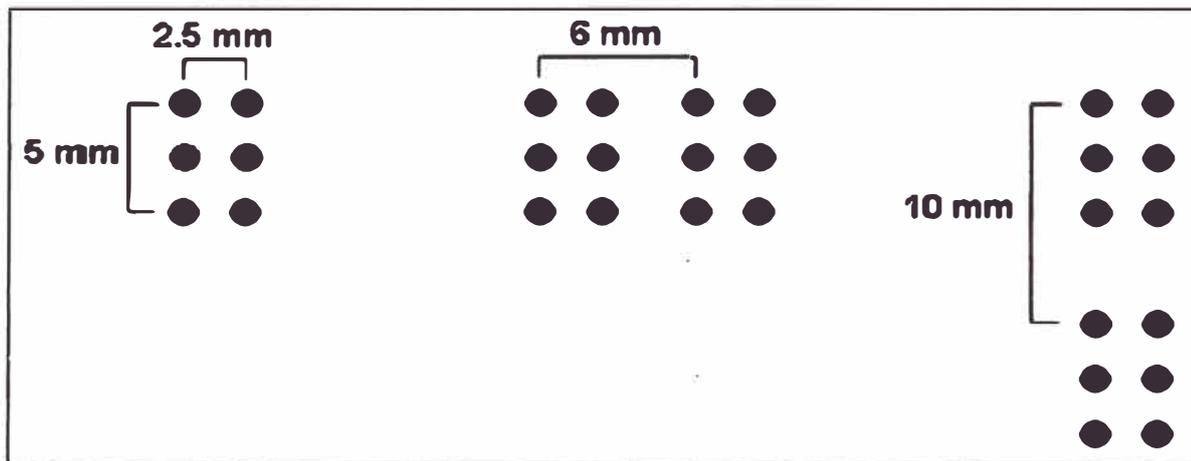


Figura 24 Dimensión de cajetín Braille y dimensiones entre cajetines Braille

*Fuente: (Once, 2003)*

### 2.6.3 Pavimento táctil

Saliendo y entrando en las escaleras y/o rampas debería de existir un pavimento táctil para que las personas con baja o ninguna visión puedan orientarse hacia un camino seguro o hacia el paradero que es normalmente lo que existe junto a un Puente Peatonal.

(Seduvi, 2012) Algunas especificaciones que deben cumplir este pavimento táctil son:

- Tener un contraste de color de 70% con la vereda adyacente donde serán colocados.
- Debe ser de un material antideslizante tanto en seco como húmedo.
- Construidos con un material que resista el desgaste con el uso continuo e intemperie.
- Después de la salida de rampa o escalera se colocará una ruta táctil que lleve fuera del paradero o ubicar al peatón en lugar cercano para que tome un vehículo.

Hay dos tipos de pavimento uno de puntos que indica cambio de pendiente o tipo de superficie, y uno de líneas que indica el camino a seguir tal como muestra la figura 25.

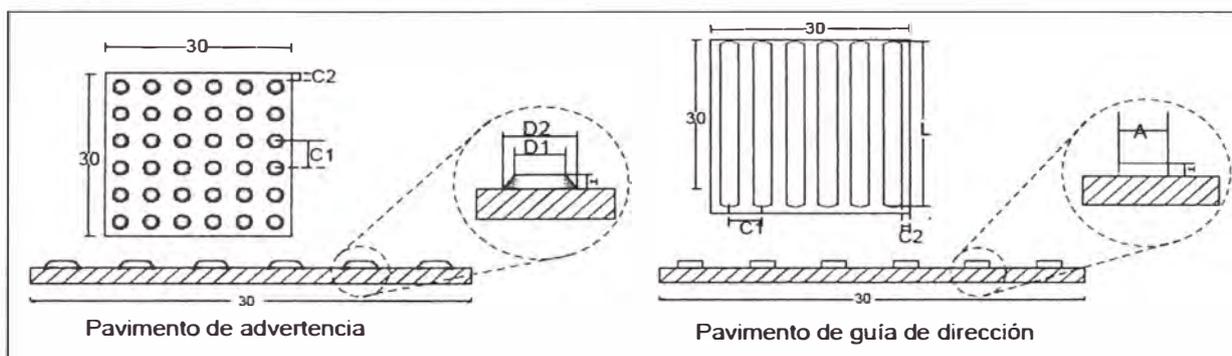


Figura 25 Dimensiones y tipo de pavimento táctil.

Fuente: (Seduvi, 2012)

En la figura 26 podemos observar cómo se usa los pavimento de advertencia o de guía de dirección, o la combinación de ambos.

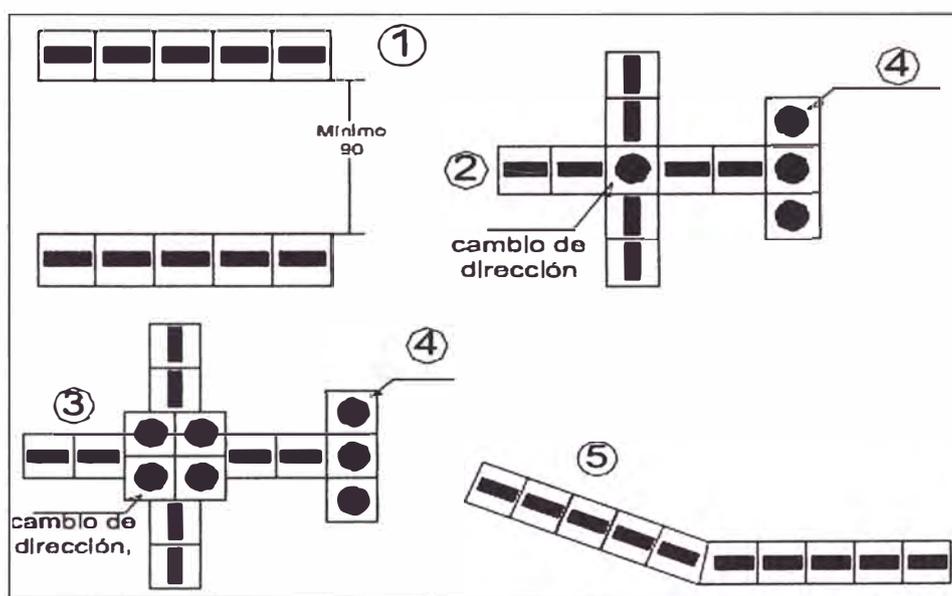


Figura 26 Orientación y tipo de pavimento de ruta táctil.

Fuente: (Seduvi, 2012)

- 1) Distancia entre dos guías de dirección
- 2) Cambio de dirección 1 tipo
- 3) Cambio de dirección 2 tipo
- 4) Inicio o final de ruta
- 5) Cambio de dirección mayor o menor a 90°

La falta de rutas peatonales al terminar las escaleras, evita un desplazamiento independiente de los peatones invidentes, toda vez que dependen en la mayoría

de las veces de otra persona u sonidos para poder guiarse si desean salir del paradero o tomar un vehículo. Los invidentes están sujetos al horario donde hay personas circulando, están limitadas al salir de madrugada de sus domicilios. En la figura 27 se puede ver a una invidente bajando de la escalera y no cuenta con una guía de dirección peatonal



Figura 27 Falta de ruta táctil al terminar la escalera.

*Fuente: Elaboración propia*

#### 2.6.4 Barandas y Pasamanos

El Manual de Puentes (MTC, Enero 2016) menciona que la altura de las barandas para peatones debe ser de 42 pulg (1060 mm) medidos a partir de la capa superior de la vereda.

El manual de carreteras-diseño Geométrico (MTC, Rev. Oct 2014) señala que la altura de las barandas será mínimo de 1,2 m, tomaremos este segundo valor por ser de mayor seguridad al ser una baranda más alta.

El Manual de Puentes (MTC, Enero 2016) menciona que si se utilizan tanto elementos horizontales como verticales, la abertura libre de 6 pulg (150 mm) se deberá aplicar a las 27 pulg (685 mm) inferiores de la baranda, mientras que en la separación en la parte superior podrá ser tal que no permita el paso de una esfera de 8 pulg (200 mm) de diámetro.

Las separaciones arriba indicadas no se deben de aplicar a las barandas tipo valla metálica ni a sus postes. En este tipo de barandas las aberturas no deberán ser mayores que 2 pulg. (50 mm).

Debajo de las barandas en escaleras y rampas debería de existir un sardinel o rodapiés para que las personas invidentes lo usen de guía al desplazarse por el puente peatonal. Tal como se puede ver en la figura 28.

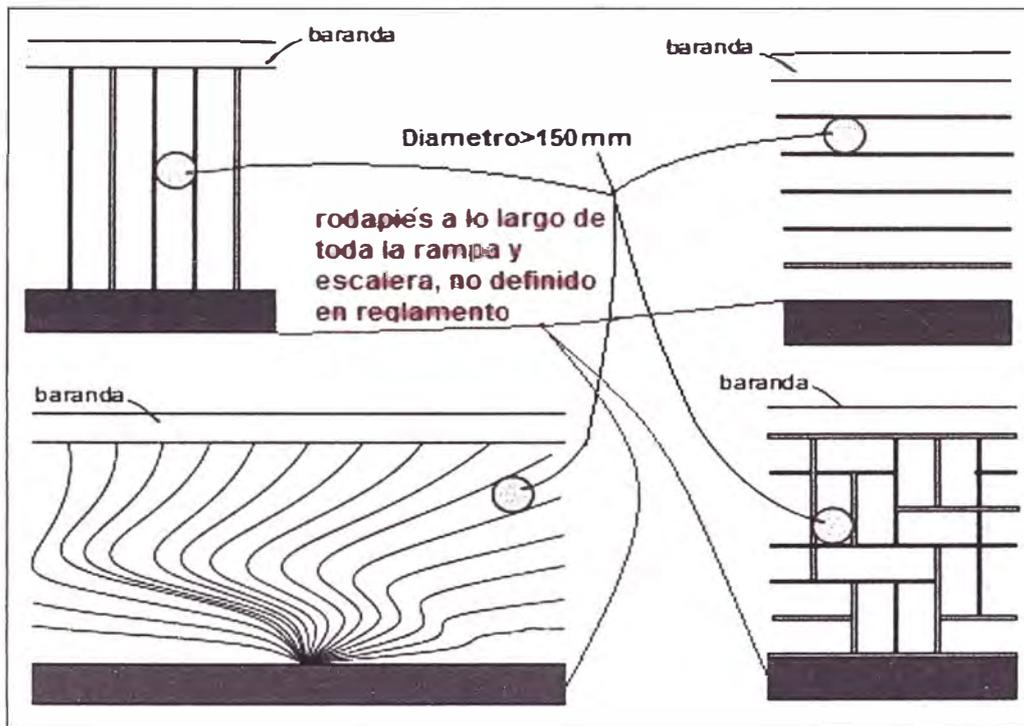


Figura 28 Reglamento Nacional de Edificaciones.

*Fuente: adaptado de (CAP LIMA, 2012)*

Si una plataforma o piso transitable se halla a más de 0,60 m. (CAP LIMA, 2012 NTE) del suelo usara una baranda.

Las barandas deberán soportar una sobrecarga de 100 kg. (CAP LIMA, 2012) por metro lineal.

Deben existir diferentes alturas de pasamanos, para diferentes alturas de peatón, para peatones jóvenes y adultos determinada altura; para peatones de edad avanzada, niños, personas en silla de ruedas una altura más pequeña; y un pasamanos a una altura de entre 10 cm a 20 cm para guiar las ruedas pequeñas

de la silla de ruedas, o el bastón de una persona invidente. Tal como podemos ver en la tabla 13 estas alturas de pasamanos diferentes están legisladas en varios países.

Tabla 13 Altura de pasamanos en diferentes países.

	Alt. Barandas (m)	Alt. Pasam. 1	Alt. Pasam. 2	Alt. Pasam. 3
España	1,2	0,9 - 1,1	0,75 - 0,65	
Chile	1,2	0,95	0,75	0,1-0,2
México	1,2	0,9	0,75	

Fuente Elaboración propia

La figura 29 ilustra los pasamanos de la legislación chilena del cuadro 2.14.

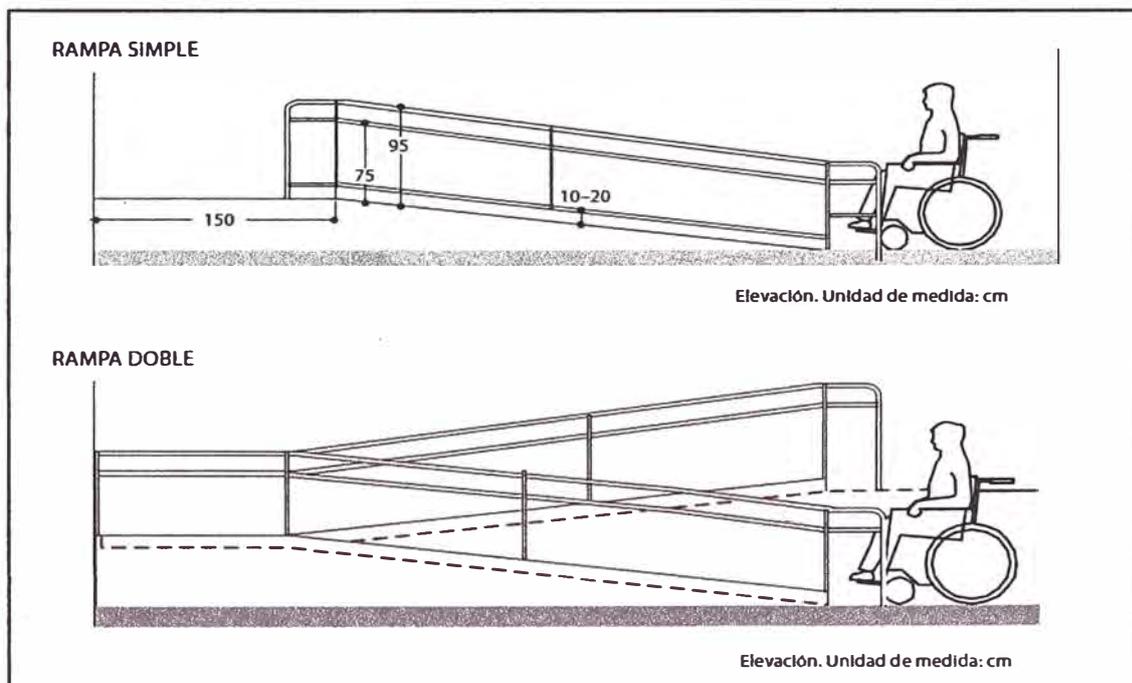


Figura 29 Diferentes alturas de pasamanos y/o topes para silla de ruedas.

Fuente: (Manual de Accesibilidad - Chile, 2010)

Las barandas deberán tener un color que contraste con el entorno continuo.

Los pasamanos deben tener bordes redondeados.

Los pasamanos estarán de 4 a 5 cm separados de la superficie vertical y 10 cm mínimo de alguna superficie horizontal. Tal como se muestra en la figura 30.

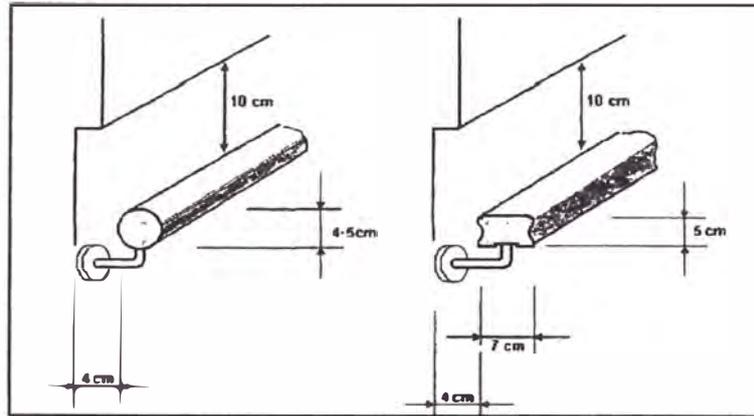


Figura 30 Topes de baranda a superficies.

Fuente: (ONCE, 2003)

Los pasamanos deben tener marcados en alto relieve los números y texto en sistema Braille de la información que se quiere mostrar. Teniendo en cuenta la forma como la leemos nosotros es de izquierda a derecha, y que la persona que va a hacerlo, lo hará con las yemas de los dedos (véase figura 31).

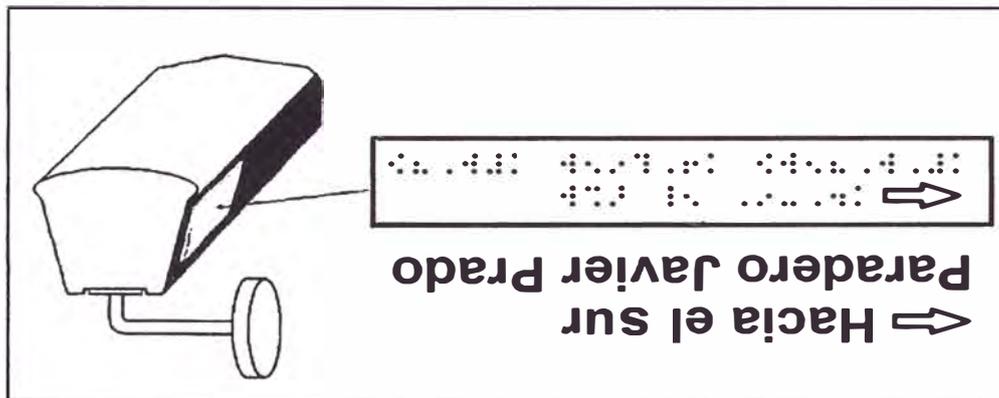


Figura 31 Información para discapacitados en una baranda.

Fuente: Elaboración propia.

Las diferentes alturas de peatones y el apoyo de estos en las barandas hacen necesario que existan diferentes alturas de barandas para facilitar su desplazamiento. Tal como se aprecia en la figura 32.

En el caso de la plataforma central las barandas deben tener alturas cercanas a 1.8 m para evitar que las personas las suban de manera rápida y fácil.



$$2C+1H= 63\text{cm}$$

C: contrahuella

H: huella

Tabla 15 Desarrollo ley de Blondel para 63 cm (Valores en rojo NO son prácticos)

$2 * C$	+	$H$	=	<b>63</b>
$2 * 10$	+	<b>43</b>	=	63
$2 * 11$	+	<b>41</b>	=	63
$2 * 12$	+	<b>39</b>	=	63
$2 * 13$	+	<b>37</b>	=	63

$2 * C$	+	$H$	=	<b>63</b>
$2 * 14$	+	<b>35</b>	=	63
$2 * 15$	+	<b>33</b>	=	63
$2 * 16$	+	<b>31</b>	=	63
$2 * 17$	+	<b>29</b>	=	63

$2 * C$	+	$H$	=	<b>63</b>
$2 * 18$	+	<b>27</b>	=	63
$2 * 19$	+	<b>25</b>	=	63
$2 * 20$	+	<b>23</b>	=	63

Fuente: Elaboración propia

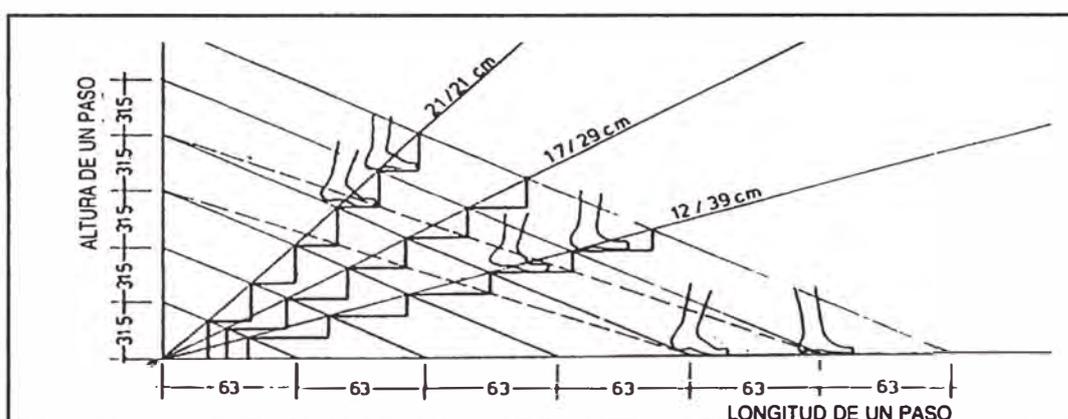


Figura 33 Construcción gráfica de la relación de pendiente según la fórmula  $2C+H=63$ .

Fuente: (Web , s.f.)

En la figura 33 se observa 3 opciones para la fórmula  $2C+H=63$ . El valor de la constante difiere en diferentes autores.

En España (Según Código Técnico de la Edificación CTE), se tiene  $540 \text{ mm} \leq 2C+H \leq 700 \text{ mm}$ . Como se puede observar hay un rango amplio de dimensiones si usamos la fórmula  $540 \text{ mm} \leq 2C+H \leq 700 \text{ mm}$ , si usamos las dimensiones más cercanas al límite inferior 540 mm, obtenemos gradas más pequeñas y fáciles de desplazar; si usamos el límite 700 mm las gradas serán más grandes y el desplazamiento más difícil. En la figura 34 se puede observar diferentes combinaciones dependientes en gradas para  $2C+H=63$ , pendientes de escaleras de muy poco uso y pendientes para rampas.

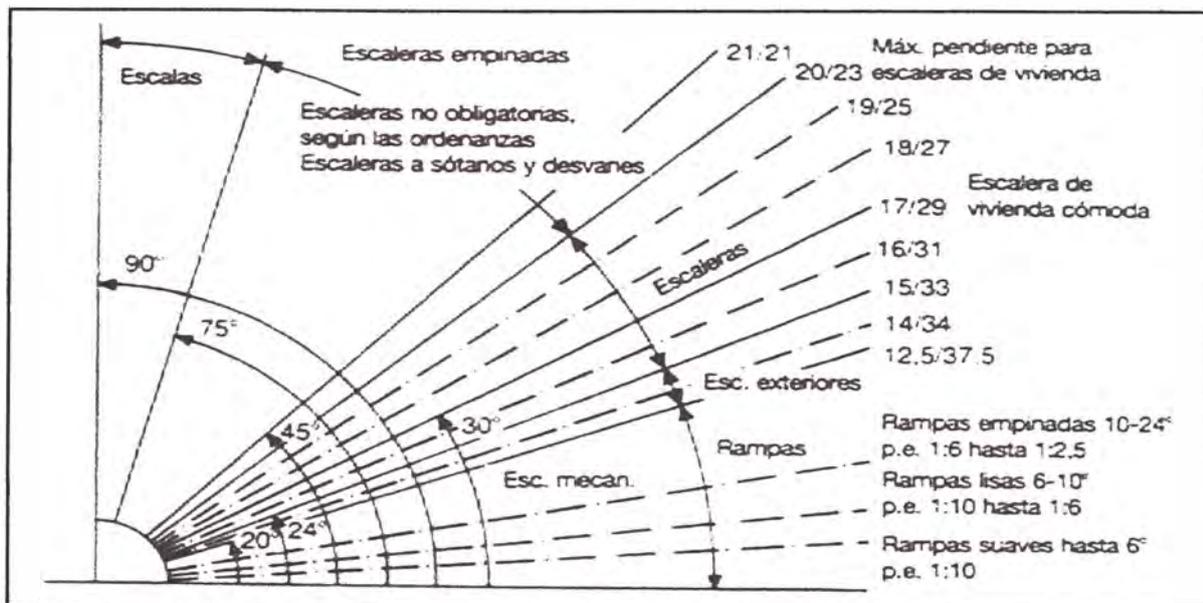


Figura 34 Construcción gráfica de la relación de pendiente en gradas y rampas según la fórmula  $2C+H=63$ .

Fuente: (Neufert, 1995)

### 2.6.5.2 Según Código Técnico de la Edificación Española

En tramos rectos, la huella medirá 280 mm como mínimo, y la contrahuella 130 mm como mínimo, y 185 mm como máximo, excepto en escuelas infantiles y edificios utilizados por ancianos, donde la contrahuella medirá 170 mm, como máximo.

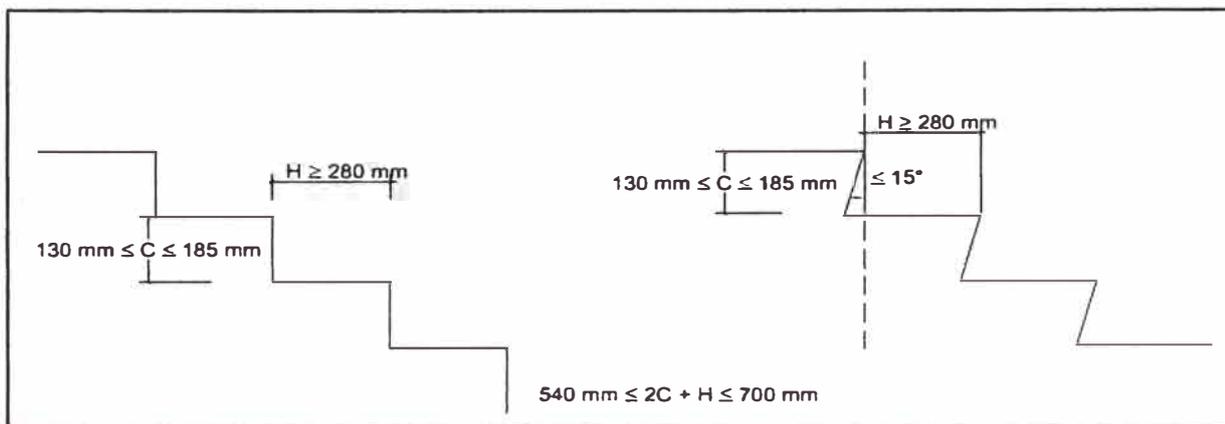


Figura 35 Dimensiones de gradas máximas y mínimas en España, según la fórmula  $540 \text{ mm} \leq 2C+H \leq 700 \text{ mm}$ .

Fuente: (CTE, 2006)

### 2.6.5.3 Según Legislación ADA

Todos los pasos y contrapasos en un tramo de escaleras deben tener contrapasos y pasos uniformes. Los contrapasos deben tener mínimo (100 mm) de altura y un máximo de (180 mm). El paso debe de tener (280 mm) de tamaño.

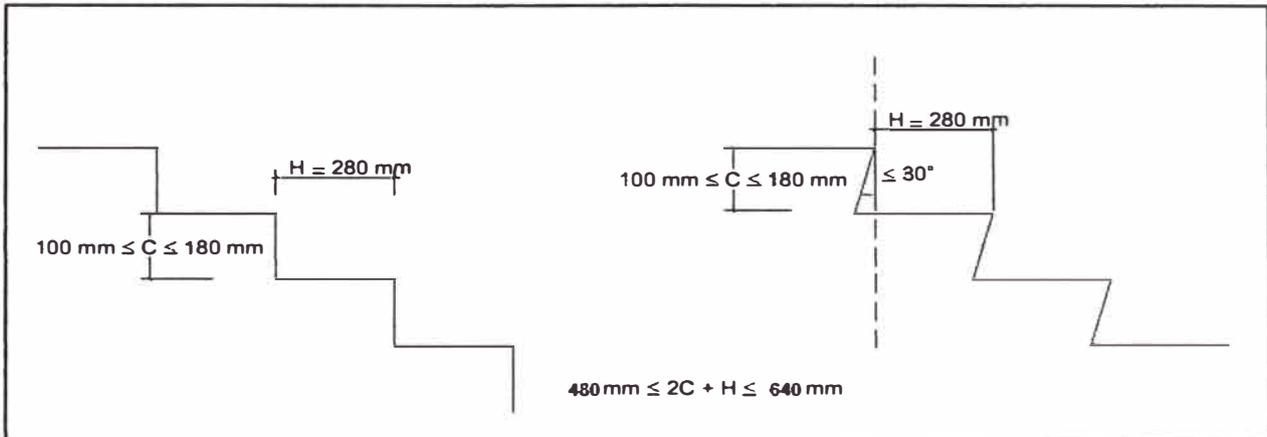


Figura 36 Dimensiones de gradas máximas y mínimas en EE.UU, según la fórmula  $480\text{ mm} \leq 2C + H \leq 640\text{ mm}$ .

Fuente: (ADA GUIDELINES, 2006)

#### 2.6.5.4 Según Legislación Mexicana

##### Dimensiones de diseño de escaleras

Tabla 16 Altura de gradas en México.

Característica	Dimensión
Altura máxima de peraltes	0,18 m
Altura mínima de peraltes	0,10 m
Profundidad mínima de huella	0,25 m

Fuente: (Secretaría Obras Públicas DF, 2011)

#### 2.6.5.5 Escaleras

##### Generalidades

- Cada tramo de escalera debe tener una variación máxima de 5 mm entre escalones consecutivos.
- El piso debe ser antideslizante, y las huellas y contrahuellas deben tener contraste.
- Los peraltes deberán ser cerrados.

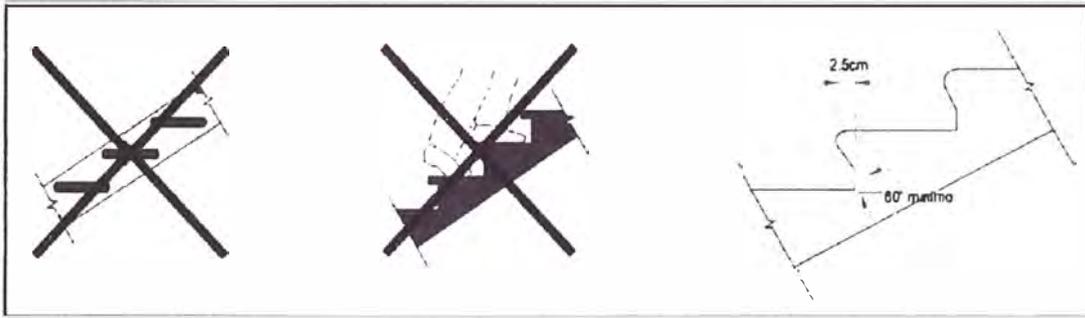


Figura 37 Escalera huellas y peraltes - Vista Lateral.

Fuente: (Secretaria Obras Publicas DF, 2011)

- El puente peatonal en sus rampas, o escaleras debe tener una baranda o sardinel de mínimo 10 cm de altura o si tiene algún lado abierto debe tener a los costados una protección lateral de mínimo 10 cm en toda la longitud de la escalera. Esta sardinel o baranda en la parte inferior ayuda a guiarse a los invidentes al colocar su bastón allí, o a las personas con sillas de ruedas, tal como se ve en la figura 38 y figura 39.



Figura 38 Peatón discapacitado guiandose con su bastón colocandolo sobre el peralte del puente.

Fuente: Elaboración propia.

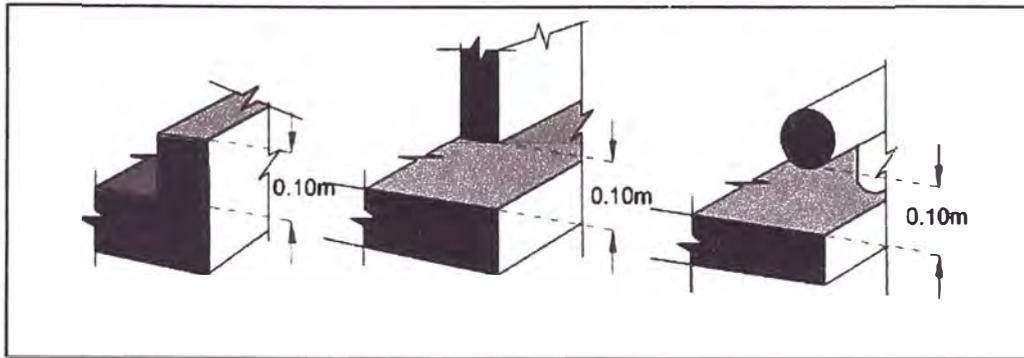


Figura 39 Protección lateral inferior a lo largo de la escalera.

Fuente: (Secretaria Obras Publicas DF, 2011)

- Cuando debajo de la escalera la altura sea mayor a 1,9 debe existir un borde de mínimo 0,1 m de altura en toda esta zona, para evitar que el peaton sufra algún contacto en la cabeza como se puede ver en la figura 40.

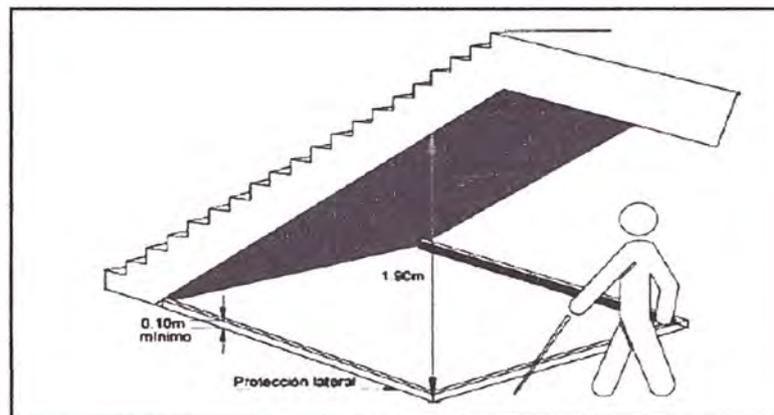


Figura 40 Protección lateral inferior debajo de la escalera.

Fuente: (Secretaria Obras Publicas DF, 2011)

- Las escaleras deben contar con pasamanos en ambos lados.
- Deben tener una pendiente de 2% máxima para evitar empozamiento de agua.
- No serán del tipo caracol.
- Las escaleras a 0,30 m del inicio y final de estas deben contar con un pavimento de advertencia para avisar el cambio de superficie (vease figura 41).

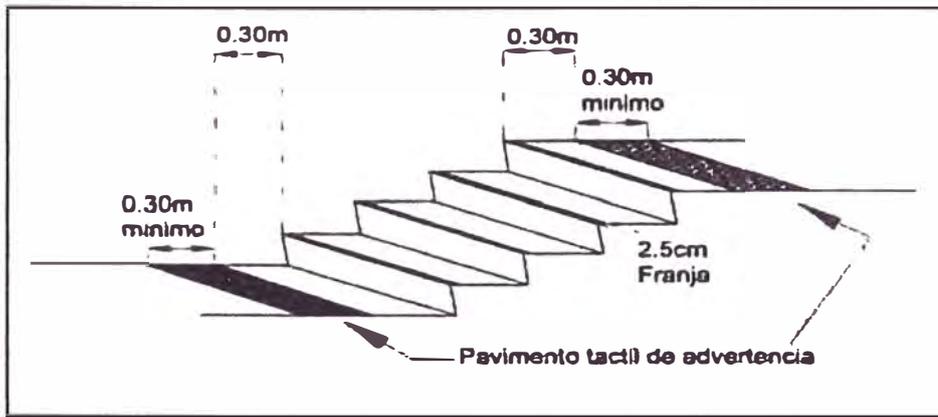


Figura 41 Pavimento táctil en escalera.

Fuente: (Secretaria Obras Publicas DF, 2011)

- Las escaleras deben tener algún tipo de señalización donde se note el contraste del paso y el contrapaso teniendo en cuenta a las personas que tengan daltonismo, cromatismo u otro tipo de problema de visión y exista poca iluminación en el puente (Vease figura 42)



Figura 42 Contraste en el contrapaso

Fuente: Elaboración propia

- En las gradas en curva se considera el ancho efectivo a partir de 30 cm del borde de la escalera si el ancho de la grada tiene como mínimo 28 cm en esa parte, esto con el fin de que una persona pueda subir cómodamente por la escalera.

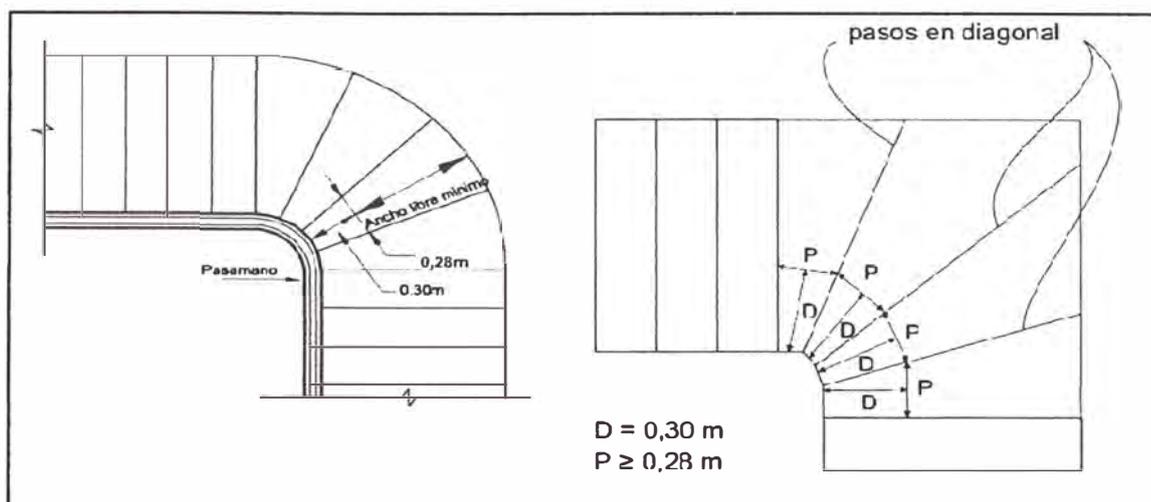


Figura 43 Gradas en curva

Fuente: (CAP LIMA, 2012)

### 2.6.5.6 Rampas

#### Generalidades

- Al final y al inicio de la rampa deberá existir un pavimento táctil de mínimo 30 cm de ancho y a 30 cm del inicio y fin de rampa (vease figura 44).

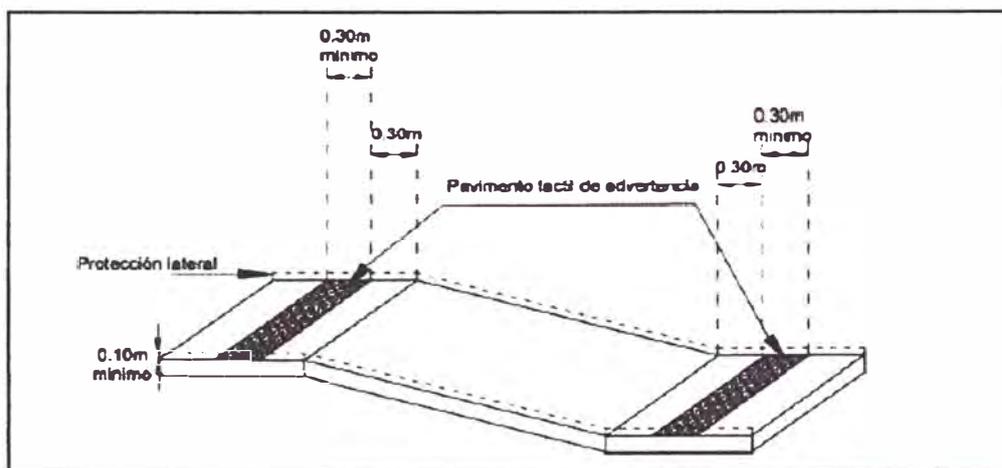


Figura 44 Pavimento táctil en rampa.

Fuente: (Secretaria Obras Publicas DF, 2011)

- Al final y al inicio de la rampa deberá existir un pavimento táctil de mínimo 30 cm de ancho y a 30 cm del inicio y fin de rampa (vease figura 44).
- Deben contar con pasamanos a ambos lados.
- El largo de los tramos en pendiente será menor a 15 metros.

- Los descansos tendrán una longitud mínima de 1.5 m por el ancho de la rampa.
- Los cambios de dirección en el recorrido se hacen en los descansos.
- Los descansos deben tener un bombeo máximo de 2% para evitar empozamiento de agua.
- Cuando el ancho de la rampa la altura sea mayor a 1,9 debe existir un borde de mínimo 0,1 m de altura en toda esta zona.
- Los materiales deben ser antideslizantes.
- Deberá tener bandas de protección laterales de mínimo 0,1 m de alto para evitar la caída de objetos del peatón a la vía a nivel.
- Las pendientes y sus tramos permitidos son:
  - Solo se usará la pendiente de 12% cuando el tramo sea muy pequeño (máx 2 m)
  - Diferencias de nivel de hasta 0,25 m 12% de pendiente
  - Diferencias de nivel de 0,26 hasta 0,75 m 10% de pendiente
  - Diferencias de nivel de 0,76 hasta 1,20 m 8% de pendiente
  - Diferencias de nivel de 1,21 hasta 1,80 m 6% de pendiente
  - Diferencias de nivel de 1,81 hasta 2,00 m 4% de pendiente
  - Diferencias de nivel mayores 2% de pendiente

Tabla 17 Rampómetro Norma A.120.

Altura (cm)	12%	10%	8%	6%	4%	2%
5	42	50	63	83	125	250
10	83	100	125	167	250	500
20	167	200	250	333	500	1000
25	208	250	313	417	625	1250
26		260	325	433	650	1300
30		300	375	500	750	1500
40		400	500	667	1000	2000
45		450	563	750	1125	2250
50		500	625	833	1250	2500
60		600	750	1000	1500	3000
70		700	875	1167	1750	3500
75		750	938	1250	1875	3750
76			950	1267	1900	3800
80			1000	1333	2000	4000
90			1125	1500	2250	4500
100			1250	1667	2500	5000
110			1375	1833	2750	5500
120			1500	2000	3000	6000
121				2017	3025	6050
130				2167	3250	6500
135				2250	3375	6750
140				2333	3500	7000
150				2500	3750	7500
160				2667	4000	8000
170				2833	4250	8500
180				3000	4500	9000
181					4525	9050
190					4750	9500
200					5000	10000
201						10050
250						12500
300						15000
350						17500

Los diagramas muestran el desarrollo de rampas para diferentes alturas y pendientes. Cada diagrama incluye un triángulo de desarrollo con una base de 1,20 m y una altura que coincide con la altura de la rampa en la tabla. Se indican las dimensiones de los descansos y rampas para cada caso.

La zona sombreada de rojo corresponde a una zona de descanso, se muestra también el desarrollo de las pendientes con valores en cm.

Fuente: Elaboración propia

### 2.6.6 Confort Vibración

(Anderson, 2013) Los puentes peatonales son estructuras que cada vez son más esbeltas debido a que tenemos mejores materiales de construcción, como consecuencia de la esbeltez se hacen más notorias las vibraciones cuando hay cargas dinámicas.

(Newland, 2004, citado en Anderson) La frecuencia al caminar de una persona está entre 1,7 Hz y 2,3 Hz, entre 2,5 Hz y 3,2 Hz para trote, entre 1,3 Hz a 2,4 Hz para saltos. Si la frecuencia de los peatones es igual a la del puente causa un fenómeno que se llama resonancia el cual puede ser muy peligroso.

(Cunha, 2011, citado en Anderson) Un ejemplo de esto ocurrió en China en 1994 cuando un grupo de estudiantes al excitar el puente por diversión hizo que fallara produciendo la muerte de 38 personas.

(Zivamovic, 2005, citado en Anderson) También se puede notar en 1831 en Inglaterra cuando un grupo de 60 soldados pasaban marchando sobre un puente, este evento hizo notar los peligros de marchar sobre la fuente y se hizo la previsión del caso de no marchar en los puentes peatonales, otro evento más reciente fue en el año 2000 en Londres en el Puente Millenium, se produjo vibraciones horizontales excesivas el día de su inauguración.

La norma peruana de puentes peatonales establece como máxima frecuencia de vibración de 3 Hz.

(Rodríguez, 2010) Personas que tienen la enfermedad de Meniere o tienen dañado su tímpano tendrán dificultades en desplazarse por puentes peatonales con mucha vibración, como lo hacía el Puente Rayito de Sol (Latina.pe, 2014) antes que se le pongan elementos para rigidizar la plataforma y se aumente la masa en sus bases para hacerlo más rígido, actualmente la frecuencia del sector que se muestra en la figura 45 es de **4 Hz**, y se obtuvo con los programas Acelerometer y Transform.



Figura 45 Puente Rayito de Sol con rigidizadores.

Fuente: Elaboración propia

El puente que está al frente de la Universidad Cesar Vallejo en la Panamericana Norte (figura 46) tuvo que ser cerrado por el exceso de vibración en horas punta, estas vibraciones causaban incomodidad en el alumnado.

Las vibraciones también pueden ocurrir por el tráfico vehicular.



Figura 46 Puente clausurado Cesar Vallejo.

Fuente: (Canal N, 2014)

### 2.6.7 Iluminación

Muchas personas que tienen poca visibilidad tienen problemas para orientarse en lugares con poca luz y más aún de noche. La I.E.S.N.A. (Illuminating Engineering Society of North America), determina que para personas con discapacidad la iluminación mínima será de 100 lux. Medida a nivel del suelo,

para lugares muy transitados que incluyan escaleras y rampas puede ser de 50 lux, y excepcionalmente de 30 lux. La falta de iluminación en la ruta hacia el puente peatonal también alienta el no uso del puente por las noches.

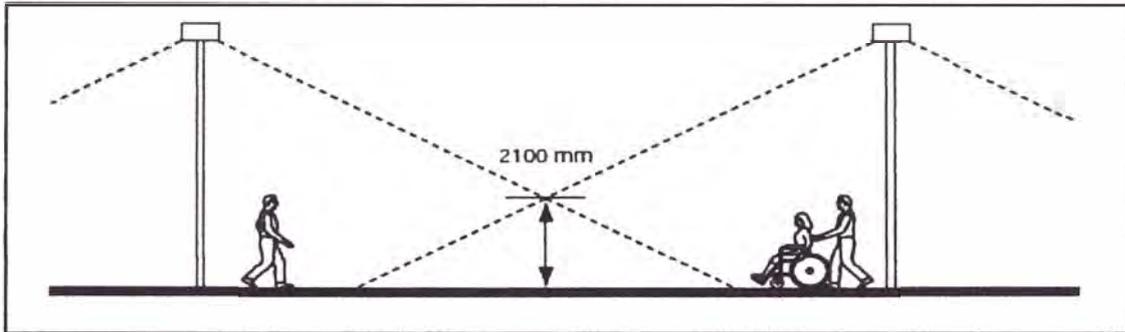


Figura 47 La altura mínima de iluminación debería ser 2.1 m.

Fuente: (Guidelines Accessibility, 2004)

Así como también el (Smithsonian Guidelines for Accessible Exhibition Design, 1990) establece niveles máximos de iluminación.

Tabla 18 Niveles de luz mínimos para personas con poca visión.

Luz ambiente	50 - 300 lux
Texto en paneles	100 - 300 lux
Signos direccionales	200 - 300 lux
Objetos	100 - 300 lux
Rampas, escaleras	100 - 300 lux

Fuente: (Secretaria Obras Publicas DF, 2011)

### 2.6.8 Ruta Peatonal

La cantidad de discapacitados que tiene problema para acceder a paraderos y por consiguiente a puentes peatonales era de 362 342 (INEI, 2013) como muestras la figura 48, no solo es necesario que el puente peatonal sea de un buen nivel de confort al transitar, además la ruta que se utilizara también debe tener un buen nivel de confort para cualquier persona, se debe evitar de usar en lo posible la grada en la ruta peatonal al puente, y si se utilizara esta debiera ser de tamaño muy pequeño.

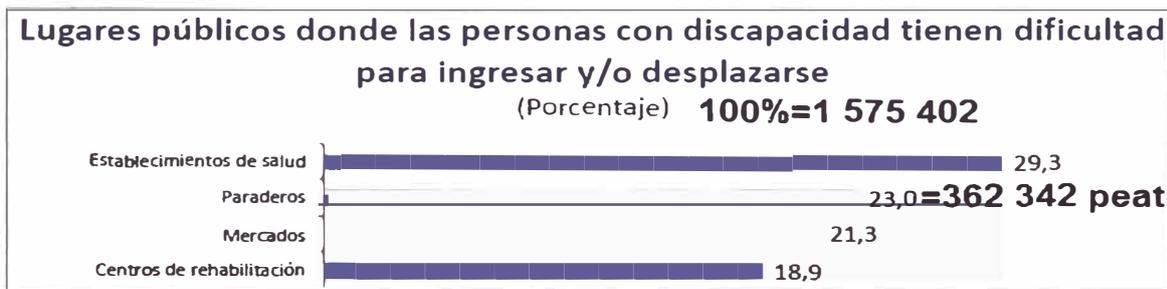


Figura 48 Lugares de difícil acceso a discapacitados.

Fuente: (INEI, 2013)

El tamaño de grada mínimo no está definido explícitamente, y el tamaño mínimo de grada que usan normalmente esta entre 16 a 18 cm y este tamaño de grada es todavía un escollo muy difícil de afrontar para algunas personas, se muestra en la figura 49 el tipo de accesos que podían mejorar con gradas pequeñas. Este acceso corresponde a un puente peatonal en Panamericana Sur.



Figura 49 Acceso a puente peatonal.

Fuente: Elaboración propia

La giba como la que se presenta en la figura 50 también es un elemento muy importante en una ruta peatonal al paradero donde hay afluencia masiva de vehículos ya que esta hace que la velocidad de los vehículos disminuya, y el peatón pueda transitar con mayor seguridad y más libremente al estar al mismo nivel la vereda de donde parte a la vereda donde llega y la ruta peatonal.



Figura 50 Giba que acceso a puente peatonal.

Fuente: Elaboración propia

Los vados a nivel sirven para un desplazamiento más seguro de personas con escasa movilidad al eliminar la grada y la pequeña rampa que utilizan, Se puede transitar en forma más tranquila. Una rampa al estar mojada puede causar problemas de inseguridad en personas con sillas de ruedas o con coches de bebe. En la figura 51 podemos observar un vado ubicado en el centro de Lima.

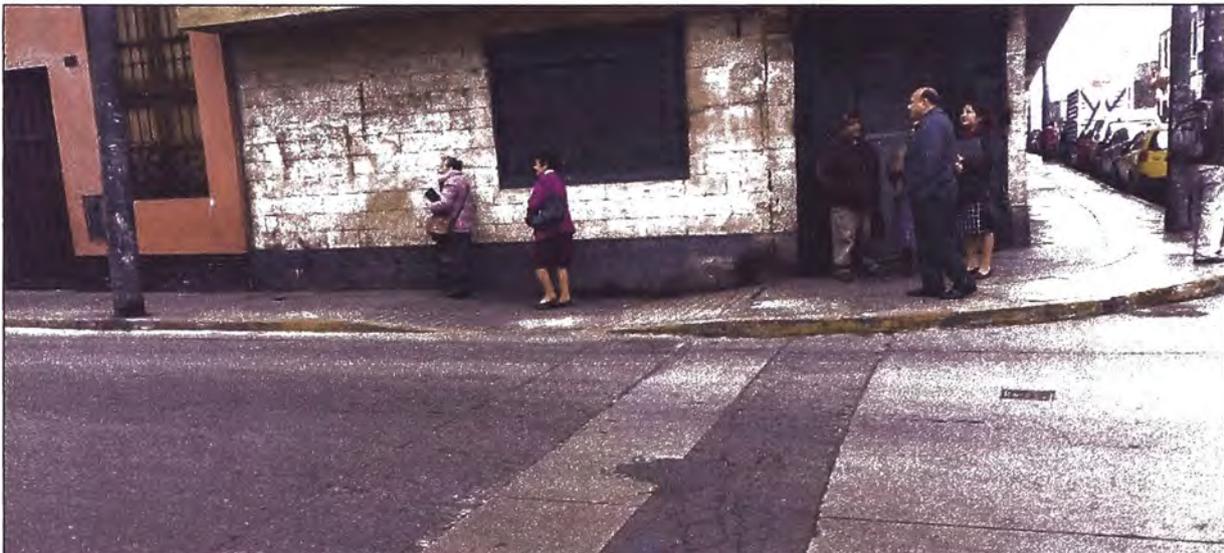


Figura 51 Vado a nivel para ayudar a cruzar la calle.

Fuente: Elaboración propia

Se debe considerar una protección peatonal en el vado debido a que un vehículo

podría impactar al peatón, y una ruta peatonal en la pista que tenga un contraste adecuado.

### 2.6.9 Drenaje

Los pasos de las gradas deberán tener un bombeo de 1 a 2% hacia afuera de la grada para no generar empozamiento, las plataformas o superficies en lugares donde no corresponde grada un bombeo de 1 a 2%, y un lugar a donde fluyan las aguas y su drenaje respectivo.

En algunos puentes peatonales (figura 52) se ha observado que los charcos obligan al 100% de las personas cruzar sobre ellos (puente peatonal frente a la Universidad de Lima), La foto fue tomada el 7 de Octubre del 2018 a las 7:30 de la mañana.

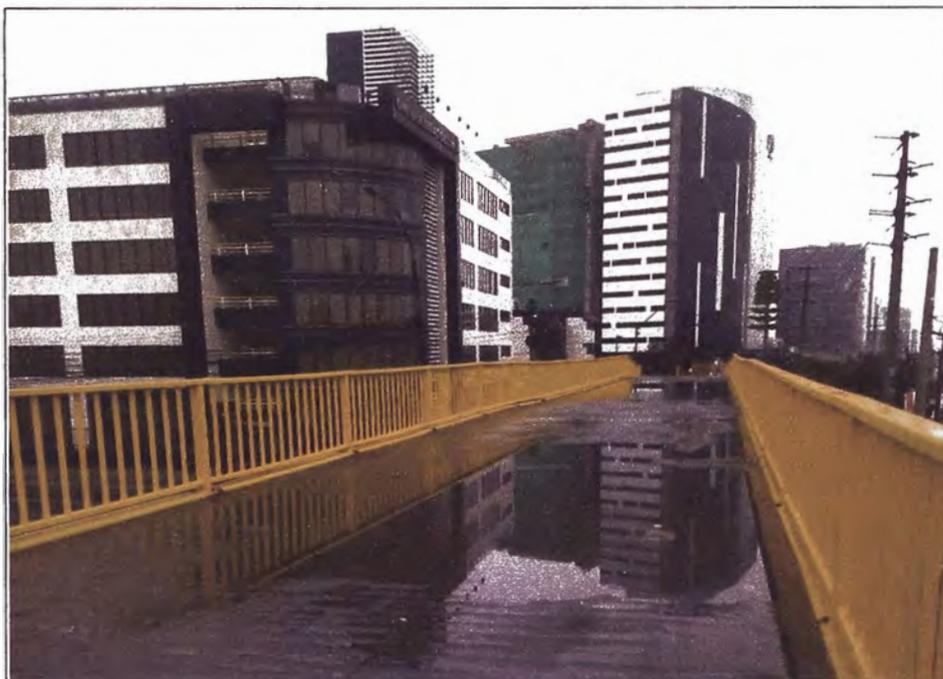


Figura 52 Puente con problemas de drenaje.

Fuente: Elaboración propia

La figura 53 muestra un puente en Vía de Evitamiento ubicado cerca a la Av. Ramiro Priale con un drenaje adecuado para que no exista acumulación de agua, los orificios tienen un diámetro de 3 pulgadas, están espaciados cada 4 metros en la plataforma del puente, su uso es del 100% al existir barreras en

mitad de la vía. La foto fue tomada la primera semana de Julio del 2018 a las 9 de la mañana aproximadamente. Dado que en Lima Metropolitana el nivel de precipitación pluvial es muy bajo nos daremos cuenta que tener un puente peatonal sin drenaje en otras zonas del Perú, donde haya mucha precipitación podría ser un problema de incomodidad bastante grande en épocas de lluvia.



Figura 53 Puente con drenaje adecuado

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN

### 3.1. DESCRIPCIÓN

Para comenzar a seleccionar los puentes peatonales que iban a ser observados, se tomó un estudio del 2008, el cual presentaba 217 puentes (actualmente 250) en Lima Metropolitana y el 35% de estos puentes que es 104 puentes su uso es de 100% (tipo 1) debido a que no hay forma de cruzar a nivel, y todo peatón estaba obligado a subir por el puente si quería pasar al otro lado de la vía. Estos puentes tenían vallas o separadores laterales o centrales para que no puedan cruzar la vía. Una vía ancha (gran cantidad de carriles), con altos flujos y velocidades vehiculares altas. La tabla 19 muestra el nivel de uso de los puentes peatonales en Lima en 2008.

Tabla 19 Nivel de Uso en Puentes Peatonales en Lima

Nivel Uso	Total
100% Uso	35
Alto	22
Muy Alto	15
Medio Bajo	14
Bajo	17
0% de Uso	1
Total General	104

Fuente (Consejo de Transporte de Lima y Callao (CTLTC), 2011)

El proceso consistió en observar el desplazamiento de peatones en puentes peatonales se hizo mediante el análisis de **11** puentes peatonales (10 puentes tenían diferente geometría), la mayoría de puentes escogidos tenían la limitante para los peatones que para cruzar la vía solo podían usar el puente peatonal y no podían cruzar la vía (tipo1).

Una vez que se tenía seleccionado que tipos de puentes se iba a evaluar, se tomó una primera medición en **4** puentes y fueron:

- El puente Temporal Naranjal (PN39) con contrapasos de 22,5 cm fue un puente temporal de madera y metal que reemplazaba al puente peatonal que estaba cerca de la fábrica Purina.
- El puente Celima Trébol (PN42) con contrapasos de 18 cm es un puente metálico antiguo que está ubicado en la Panamericana Norte a la Altura de la Av. Enrique Fermi, Urbanización Palao.
- El puente Purina (PN 38) con contrapasos de 16 cm y rampa de 8% es un puente nuevo de concreto con escalera y rampa (se observó el desplazamiento en la escalera).
- El puente Real Plaza (PN27) es un puente de concreto con rampa de 7,5%.

Estos 4 puentes estaban en la zona norte de Lima, en la carretera Panamericana. Los puentes que nos iban a servir de medida principal de referencia se muestran en la figura 54.

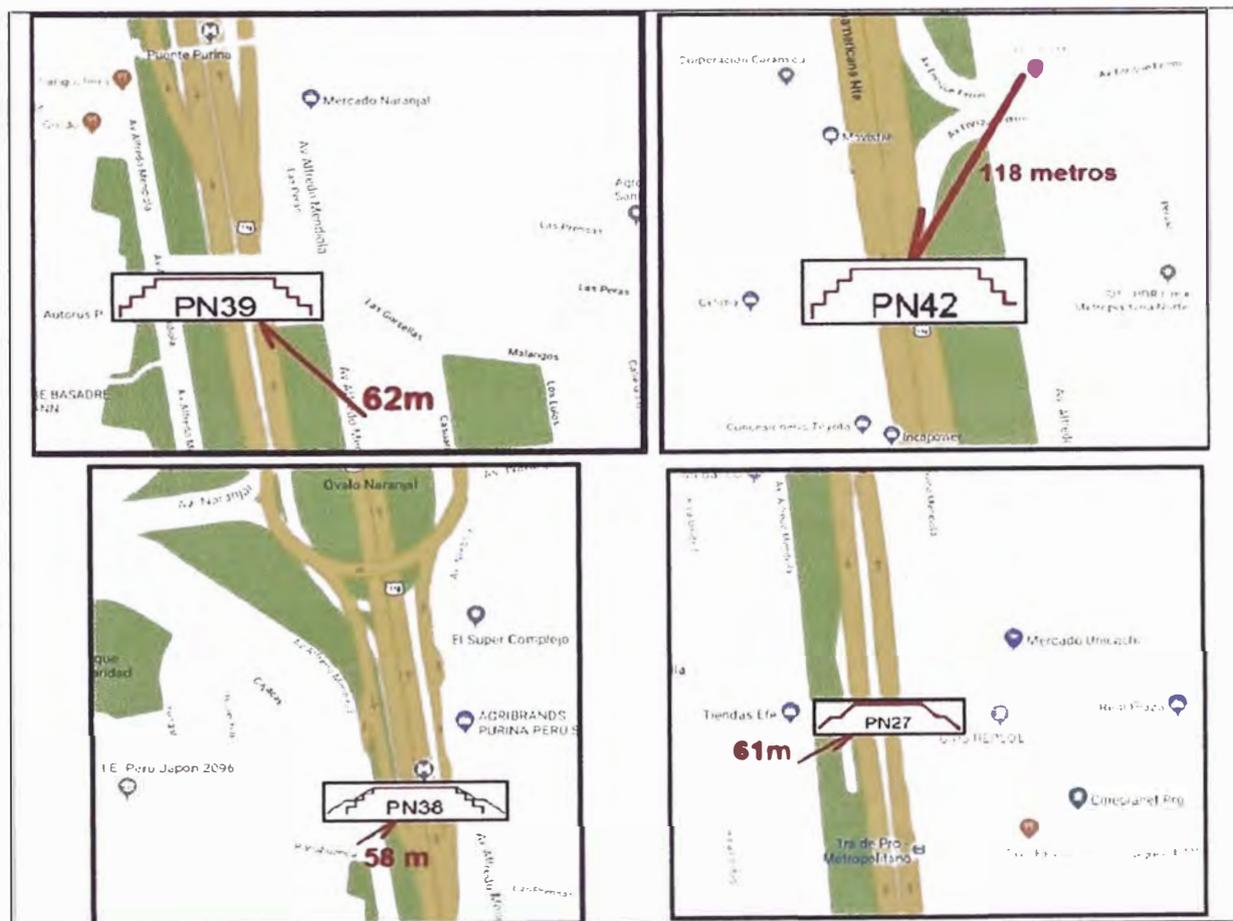


Figura 54 Ubicación de puentes y distancia de observación 1.

Fuente: Elaboración propia

Se usaron **3** puentes nuevos para verificación y 2 del anterior grupo:

- El puente Volvo (PN40) con contrapasos de 18,5 cm situado frente a la fábrica Volvo en Panamericana Norte.
- El puente San Martín (PN29) con contrapasos de 16 cm que está ubicado cerca del ovalo Infantas siendo el primer puente de Sur a Norte.
- El puente Ancash (EV3) que tiene contrapasos de 17 cm y es el puente más cerca de puente nuevo, y partiendo de puente Nuevo de sur a norte es el primer puente (Puente sobre vía de Evitamiento).
- Los puentes (PN27) y (PN38) estuvieron en la primera medición y se verificaron solo las rampas y menor cantidad de datos (solo rampas).

Del grupo de puentes que usamos en la segunda medición 4 estaban en Panamericana Norte (PN27, PN29, PN38, PN40) y uno en Vía de Evitamiento (EV3).

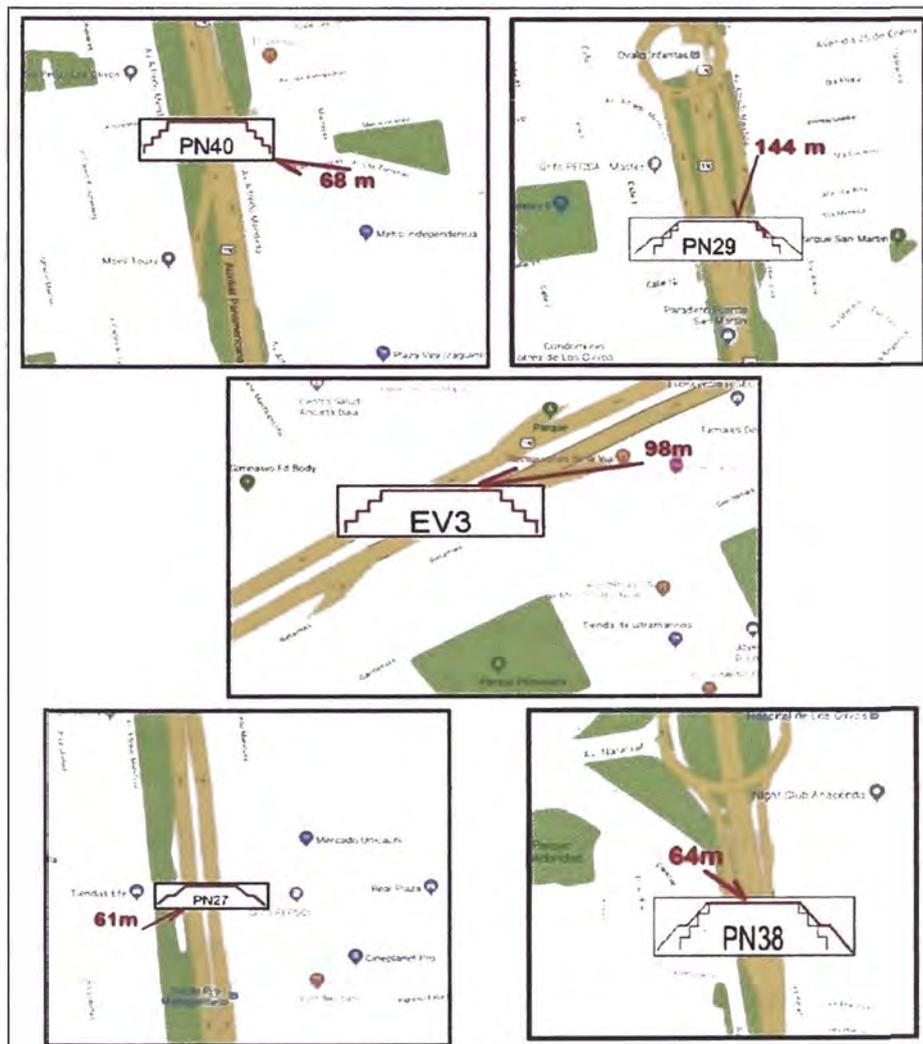


Figura 55 Ubicación de puentes y distancia de observación 2.  
Fuente: Elaboración propia

La figura 55 muestra los puentes que nos sirvieron para verificación de datos de los puentes que se observan en la figura 54.

Se hizo una tercera medición pero solo de conteo peatonal en 4 puentes. Se tomaron dos puentes que tenían gradas y rampas, para saber si las personas preferían usar la rampa o las gradas (figura 56). Los puentes fueron:

- El puente Megaplaza (PN 41) situado al frente de Megaplaza.
- y el puente Ancash (EV9) situado en el cruce de Av. Los Eucaliptos y Vía de Evitamiento.

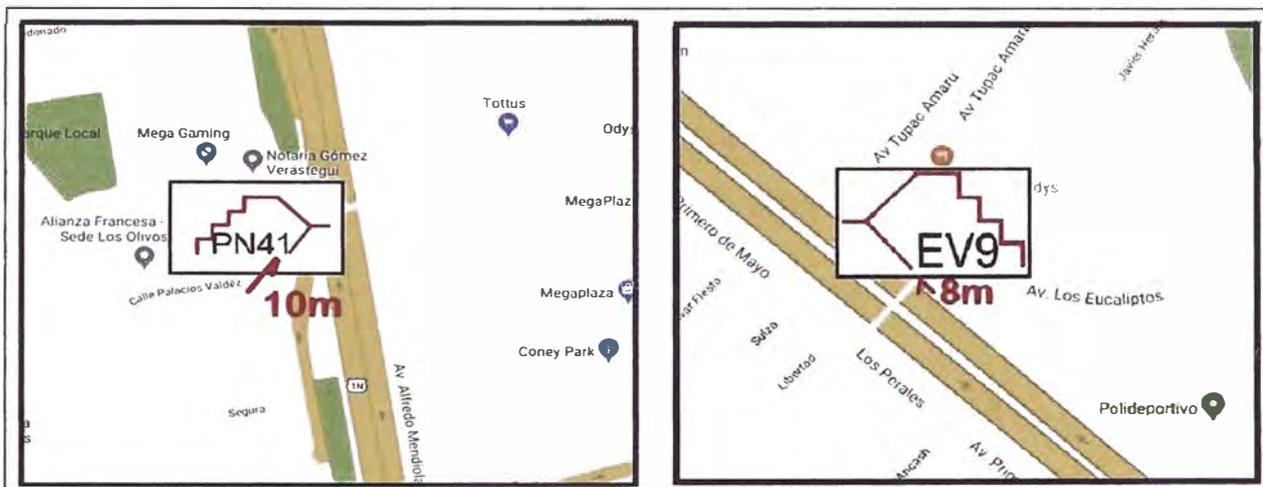


Figura 56 Puentes con barreras centrales en los cuales se hizo conteo

Fuente: Elaboración propia

En los puentes PN41 y EV9 que analizamos los peatones estaban obligados a utilizar el puente y su comportamiento al subir por el puente, desplazarse en la plataforma, y bajar del puente daría algunas ideas de dificultades en el desplazamiento del puente por diferentes grupos etarios y se podría trabajar en mejoras de diseño para los PP.

Los horarios de medición fueron en su mayor parte entre las 6 y 10 de la mañana, debido a que las personas en este intervalo de horarios se dirigen a sus trabajos y lo hacen con más prisa, en horario nocturno los desplazamientos pueden ser más lentos toda vez que es el fin de jornada laboral o de estudios y las personas ya están cansadas y no hay tanto apuro por llegar a una hora fija a sus domicilios.

En los otros dos puentes se hizo el conteo de peatones que cruzaron la vía a nivel sin usar los puentes peatonales, los mencionados puentes peatonales solo contaban con rampas (figura 57).

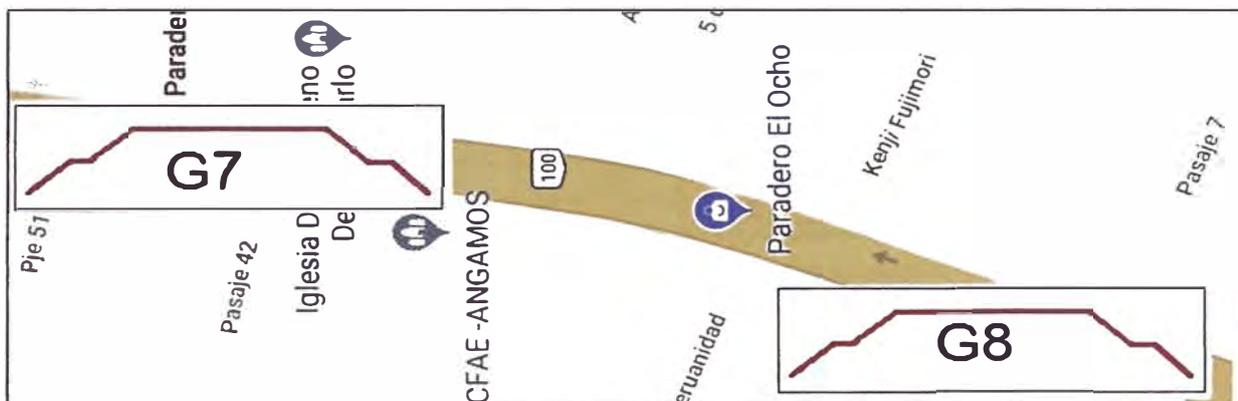


Figura 57 Puentes con rampas, sin barreras centrales

Fuente: Elaboración propia

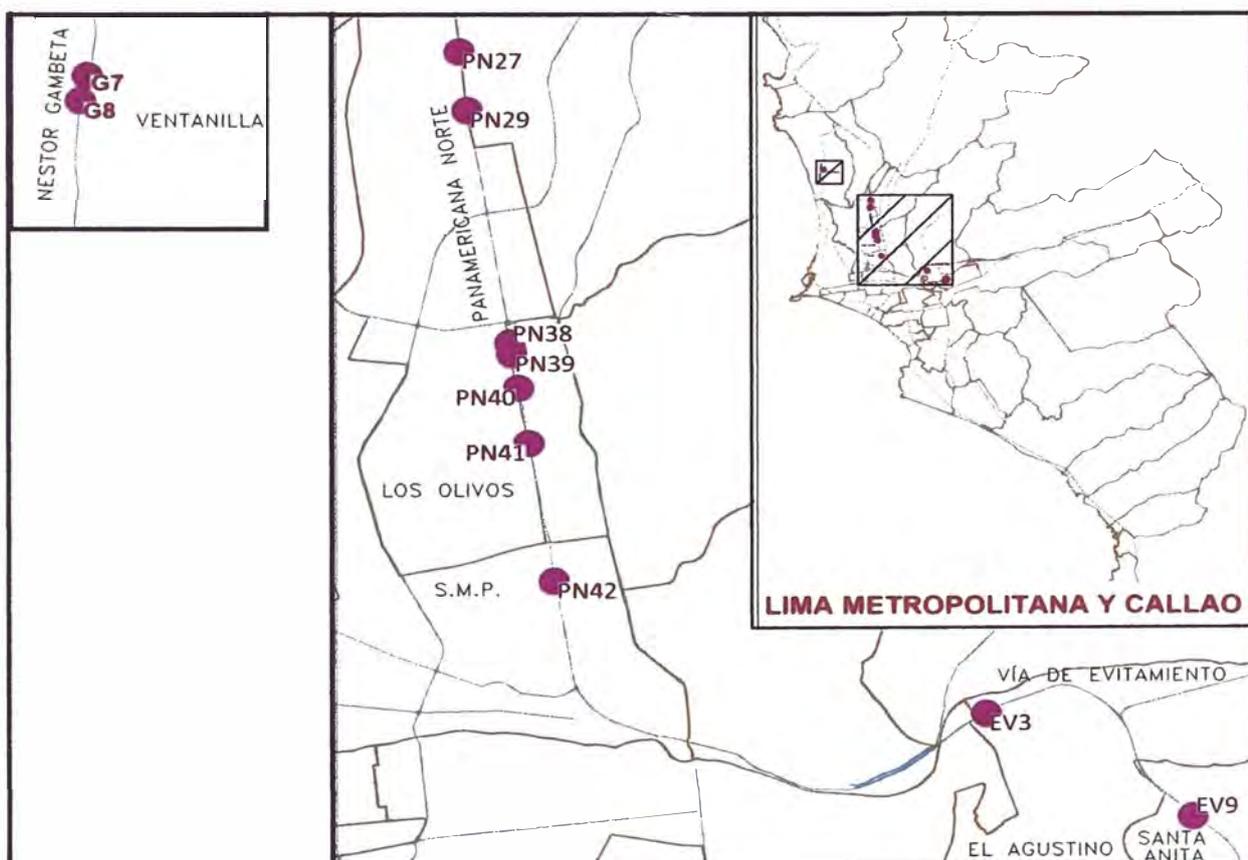


Figura 58 Plano de ubicación general 2 de los puentes estudiados

Fuente: Elaboración propia

En la figura 58 observamos los puentes que utilizamos en el presente estudio.

La tabla 20 muestra un resumen de las mediciones tomadas en los puentes estudiados.

Tabla 20 Mediciones realizadas en puentes

Primera Medición		Grada (cm)	Rampa (%)	Peatones	Lugar Observado	Hora Medición
PN 27	Real Plaza		7,5	400	Todo el puente	6-10 a.m.
PN 38	Purina	16		400	Todo el puente	6-10 a.m.
PN 42	Celima-Trébol	18		400	Todo el puente	2-6 p.m.
PN 39	Temp. Naranjal	22,5		400	Todo el puente	6-10 a.m.
Segunda Medición		Grada (cm)	Rampa (%)	Peatones	Lugar Observado	Hora Medición
PN 27	Real Plaza		7,5	200	Todo el puente	4-6:30 p.m.
PN 38	Purina		8	100	Solo una rampa	6-10 a.m.
PN 29	San Martín	16		100	Solo un tramo de escalera	6-10 a.m.
EV 3	Primavera	17		50	Todo el puente	2-4 p.m.
PN 40	Volvo	18,5		50	Todo el puente	6-10 a.m.
Tercera medición		Grada (cm)	Rampa (%)	Peatones	Lugar Observado	Hora Medición
PN 41	Megaplaza	Si	Si	1000	Un lado del puente	7-10 a.m.
EV 9	Ancash	Si	Si	1000	Un lado del puente	7-10 a.m.
G7, G8	Gambeta	No	Si	1000	Todo el puente	6-10 a.m.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. MUESTRA, REPRESENTATIVIDAD

El muestreo para los individuos que cruzaron el puente fue NO ALEATORIO (Martínez, 2005) dado que se escogieron horarios convenientes para que se puedan hacer buena cantidad de mediciones en el cual los puentes son usados intensamente y en puentes que convenientemente podían ser filmados.

Nuestra población objetivo serán los individuos que puedan cruzar el puente especialmente los que tengan movilidad reducida, mas no de personas corriendo muy rápidamente por no considerar este comportamiento algo que se pueda mantener mucho tiempo más allá de las cercanías del puente. El número de elementos en la muestra por puente fue de 400 en 4 puentes y la tomamos de la tabla 21. Los puentes que se analizó 11 representan el 4,4% del total de puentes que existe en Lima (250); y de estos 11 puentes, 10 tiene una configuración geométrica diferente entre sí, pero son similares en geometría a toda la población de puentes (250). 9 de los puentes están ubicados sobre la principal autopista de Lima (Panamericana Norte y Vía de Evitamiento se encuentran en dicha autopista).

Tabla 21 Muestras utilizadas con frecuencia en investigaciones nacionales y regionales según área de estudio.

<b>Tipos de Estudio</b>	<b>Nacionales</b>	<b>Regionales</b>
Económicos	1000+	100
Médicos	1000+	500
<b>Conductas</b>	<b>1000+</b>	<b>700 - 300</b>
<b>Actitudes</b>	<b>1000+</b>	<b>700 - 400</b>
Experimentos de Laboratorio	- - -	100

Fuente (Hernández, 2014)

Se hizo una revisión de cuantos puentes peatonales existían en la elaboración de la tesis y se obtuvo la cantidad de 250, aumentado en 33 el número de puentes con respecto al estudio del 2008 (Consejo de Transporte de Lima y Callao (CTLIC), 2011). Esta lista de puentes se muestra en las Tablas 22 y 23.

Tabla 22 Puentes por Distrito y Ubicación Geográfica en Lima.

<b>Distrito</b>	<b>Ptes.</b>	<b>Ubic. Geo.</b>	<b>Distrito</b>	<b>Ptes.</b>	<b>Ubic. Geo.</b>
Ancón	1	Cono Norte	Punta Hermosa	2	Cono Sur
Ate	15	Cono Este	Punta Negra	2	Cono Sur
Barranco	2	Lima Trad.	Rímac	8	Lima Trad.
Chorrillos	2	Cono Sur	San Bartolo	1	Cono Sur
Comas	6	Cono Norte	San Borja	7	Lima Trad.
El Agustino	4	Cono Este	San Isidro	6	Lima Trad.
Independencia	1	Cono Norte	San Juan de Lurigancho	1	Cono Este
Jesús María	1	Lima Trad.	San Juan de Miraflores	15	Cono Sur
La Victoria	9	Lima Trad.	San Luis	3	Cono Este
Lima	7	Lima Trad.	San Martín de Porres	18	Cono Norte
Los Olivos	15	Cono Norte	San Miguel	5	Cono Oeste
Lurigancho	2	Cono Este	Santa Anita	6	Cono Este
Lurín	9	Cono Sur	Santiago de Surco	14	Lima Trad.
Magdalena del Mar	4	Cono Oeste	Villa El Salvador	17	Cono Sur
Miraflores	8	Cono Oeste	Villa María del Triunfo	8	Cono Sur
Pucusana	1	Cono Sur	Bellavista	1	Callao
Pueblo Libre	2	Lima Trad.	Callao	16	Callao
Puente Piedra	22	Cono Norte	Ventanilla	9	Callao
<b>Sub Total1</b>	<b>111</b>		<b>Sub Total2</b>	<b>139</b>	

Sub Total1 + Sub Total2 = TOTAL 250

Fuente: Elaboración Propia, Octubre 2018

Tabla 23 Puentes por Eje Vial en Lima Metropolitana y Callao.

N Eje	Eje Vial	Ptes. Obs.	Puentes	%
1	Av. Alfonso Ugarte		2	0.8%
2	Av. Alfredo Benavides		2	0.8%
3	Av. Brasil		3	1.2%
4	Av. Néstor Gambeta	2	18	7.2%
5	Carretera Central		9	3.6%
6	Circuito de Playas		12	4.8%
7	Av. Circunvalación - Av. Nicolas Ayllón		4	1.6%
8	Av. Elmer Faucett		7	2.8%
9	Av. Los Héroes		22	8.8%
10	Av. Javier Prado		10	4.0%
11	Av. La Marina – Guardia Chalaca		3	1.2%
12	Av. Lima		1	0.4%
13	Av. Naranjal		3	1.2%
14	Vía de Evitamiento	2	15	6.0%
15	Panamericana Norte	7	55	22.0%
16	Panamericana Sur		43	17.2%
17	Av. Perú		2	0.8%
18	Av. Próceres de la Indep. – Av. 9 de Oct.		3	1.2%
19	Av. Túpac Amaru		7	2.8%
20	Av. Universitaria		3	1.2%
21	Av. Paseo de la República – Av. Huaylas		16	6.4%
22	Av. Grau		2	0.8%
23	Av. Alfredo Benavides		1	0.4%
24	Av. Priale - Av. Las Torres		3	1.2%
25	Av. Morales Duarez		4	1.6%
			<b>250</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Elaboración Propia, Octubre 2018

Tabla 24 Ubicación Distrital de Puentes Observados

	Puente	Ubicación Geográfica
PN 27	Real Plaza	Los Olivos
PN 29	San Martín	Los Olivos
PN 38	Purina	Los Olivos
PN 39	Temporal Naranjal	Los Olivos - S.M.P.
PN 40	Volvo	Los Olivos - S.M.P.
PN 41	Megaplaza	Los Olivos - S.M.P.
PN 42	Celima-Trébol	S.M.P.
EV 3	Primavera	El Agustino
EV 9	Ancash	Santa Anita
G7, G8	Gambeta	Ventanilla

Fuente: Elaboración Propia

Se hizo una medición de las gradas de 89 puentes en Panamericana Norte, Vía Evitamiento y Panamericana Sur y las medidas obtenidas de altura de grada estaban comprendidas entre 15 cm y 22,5 cm. Ver cuadro tabla 25.

Tabla 25 Alturas de contrapaso en Puentes PN, PS y Vía de Evitamiento.

Altura de Contrapaso	Puentes	Pendiente%
22,5	1	1.12%
19,5	1	1.12%
19	7	7.87%
18,5	2	2.25%
18	33	37.08%
17,5	4	4.49%
17	20	22.47%
16,5	1	1.12%
16	19	21.35%
15	1	1.12%
	<b>89</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Elaboración Propia, Mayo 2018

Del total de puentes 250, se escogió 4 puentes como lugares de principal análisis de desplazamiento por tener alturas características típicas de contrapaso y pendiente de 16 cm, 18 cm, 22,5 cm y 7,5%.

### 3.3. SECUENCIA O MÉTODO DE OBSERVACIÓN

Se puso una cámara filmadora en un lugar donde se pudiera observar la mayor parte del puente. El objetivo era filmar el comportamiento del peatón y sus tiempos de desplazamiento en el puente (subida, en la plataforma, bajada y gradas), estos intervalos de tiempo fueron medidos al segundo para así poder calcular las velocidades.

- El horario de filmación fue en su mayoría en la mañana en horario entre las 6 y 10 de la mañana, se hizo una pequeña toma de datos en la noche y se observó una disminución de la velocidad toda vez que los peatones en ese horario nocturno no estaban apurados de llegar a algún lugar.
- No se descartó a las personas con movilidad reducida a menos que la persona se hubiera detenido a descansar por un periodo largo.

- Las mediciones se hicieron desde que el peatón subió o bajo las escaleras o rampas, cuando hubo vehículos que taparon el instante en que subieron o bajaron el puente NO se les tomo en cuenta.
- En dos puentes solo se pudo filmar solo una parte del recorrido de bajada por tener longitudes muy largas.
- Se pudo observar que efectivamente estos puentes donde se realizó las mediciones la única forma de cruzar la vía era por el puente peatonal, por lo tanto, pasaron las personas que necesitaban y podían cruzar la vía.
- Dos puentes que se usó exclusivamente para análisis de conteo, tenían la configuración de que disponían de rampa y escalera, y la cantidad utilizada fue de 1000 peatones en el conteo en cada puente, para ver que preferían la rampa o la escalera en un lado del puente.
- También se hizo un conteo de 1000 personas entre dos puentes peatonales que contaban solo con rampa en Ventanilla y donde los peatones habían roto las vallas centrales, para ver cuál era su comportamiento.

**CAPÍTULO IV: ANÁLISIS**

Hay rangos de velocidades esperadas para la población según su edad y sexo como se muestra en la tabla 26, estos valores de desplazamiento de las personas se toman en cuenta en lugares donde no hay aglomeración de gente y no existan colas para moverse (el desplazamiento no depende de otras personas).

Cuando aumenta la densidad de personas, la velocidad tiende a disminuir debido a la aglomeración en la ruta por la que transitan estas.

Tabla 26 Mediana de las velocidades de caminata en función de edad y el género de los peatones en la ciudad de Tucson Arizona

Edad (años)	Percentil 50 de la velocidad de caminata (m/s)		Edad (años)	Percentil 50 de la velocidad de caminata (m/s)	
	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
2	0,85	1,04	13	1,62	1,71
3	1,07	1,04	14	1,55	1,62
4	1,25	1,25	15	1,71	1,62
5	1,4	1,37	16	1,58	1,65
6	1,46	1,52	17	1,58	1,65
7	1,52	1,52	18	1,49	1,65
8	1,52	1,62	20 - 29	1,74	1,65
9	1,55	1,65	30 - 39	1,65	1,65
10	1,68	1,65	40 - 49	1,55	1,52
11	1,58	1,58	50 - 59	1,49	1,52
12	1,77	1,74	> 60	1,25	1,25

Fuente: (Jerez-Torres, 2011)

También hay estudios de desplazamientos con diferentes pendientes, donde la velocidad difiere según la pendiente por la que transita a mayor pendiente más dificultad para los desplazamientos, a menor pendiente el desplazamiento es más fácil y más rápido. Las escaleras con gradas muy altas tendrán ser más difíciles de subir que una rampa peatonal, estas relaciones de velocidades entre diferentes alturas de grada y rampa nos ayudara a diseñar una mejor altura de grada para los desplazamientos de las personas, tanto en puentes peatonales como cualquier lugar público.

En un mismo puente peatonal las velocidades variarán de acuerdo a la hora en que se tomen las mediciones, en horas de la mañana para ir al trabajo, las

velocidades serán mayores que a mediodía o la noche cuando las personas están llegando a sus casas a descansar y lo hacen a un paso algo más pausado. Este tipo de relaciones se puede ver en la figura 59.

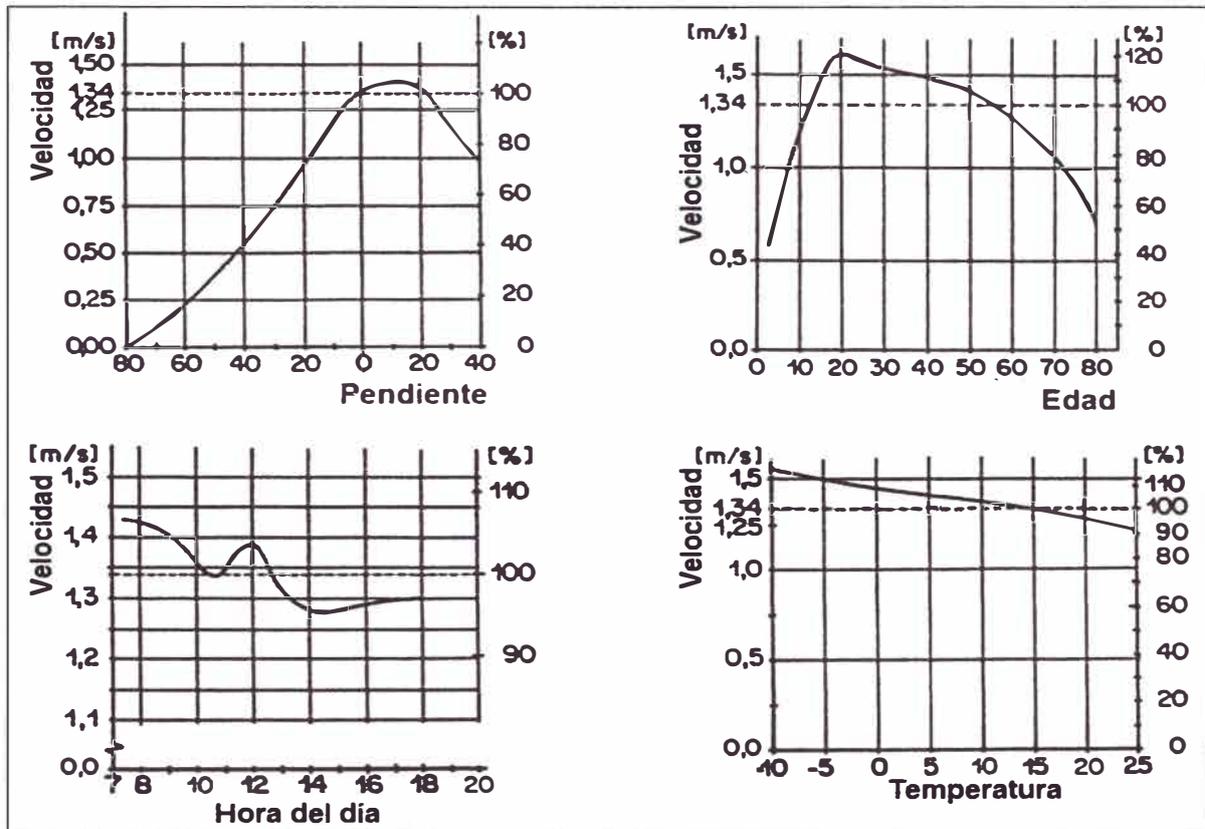


Figura 59 Estudios de la velocidad del peatón

Fuente: (PTVGROUP, 2014)

#### 4.1. OUTLIERS – VALORES ATÍPICOS

En Estadística hay algunas veces valores que difieren bastante de los medidos en toda la muestra, estos valores si bien es cierto fueron medidos con rigurosidad, son valores que muy pocas veces se presentan y si tomamos en cuenta esos valores en la muestra alteraría los resultados finales. A estos valores se les llama Outliers o valores atípicos.

Si por ejemplo tuviéramos 5 personas desplazándose y cuatro de ellas estuvieran a una velocidad de 1 m/s y la quinta persona estuviera corriendo a 6 m/s, el promedio sería de 2 m/s y la mediana sería de 1 m/s. El valor outlier sería de 6 m/s debido a que sería un valor atípico a la muestra tomada.

En este caso de estudio usaremos el criterio de Chauvenet ( $R_c$ ), Este criterio establece que un valor medido  $x_i$  debe ser eliminado si el valor  $r$  calculado, es mayor que el valor  $R_c$  tabulado para este criterio.

$$R_c = \frac{|x_i - \bar{X}|}{s(X)}$$

Tabla 27 Criterio de Chauvenet para valor medido

Número de lecturas (n)	Razón de máxima aceptación
3	1,38
4	1,54
5	1,65
6	1,73
7	1,8
10	1,96
15	2,13
25	2,33
50	2,57
100	2,81
300	3,14
500	3,29
1000	3,48

Fuente: (Uchasara, 2017)

## 4.2. BONDAD DE AJUSTE

La bondad de ajuste de un modelo estadístico describe lo bien que se ajusta un conjunto de observaciones. Un método que sirve para calcular la bondad de ajuste a un conjunto de datos es el de Kolmogorov-Smirnov.

Los valores de Kolmogorov-Smirnov obtenidos se hicieron tomando los datos de 400 peatones para cada uno de los 4 puentes principales: PN27, PN38, PN39 y PN42. Se estableció un nivel de significancia del 95%, los datos que no tienen como mínimo la significancia de 95% están marcados en rojo. Cuando se separó la muestra de 400 peatones y se separó la muestra en grupos de edad, sexo, se nota que no pasan la prueba de K-S para un nivel de significancia de 95%.

Después se procedió a hacer la misma prueba de K-S pero sin considerar los valores atípicos. En el único caso que no pudo pasar la prueba es en la rampa de subida del PN27 Real Plaza. Estos valores los podemos ver en la tabla 28 de los 4 principales puentes de medición.

Los valores de K-S fueron calculados con el programa SPSS Statistics 24

NARANJAL MADERA (PN39)  
contrapaso=22,5 cm

CELIMA TREBOL (PN42)  
contrapaso=18 cm

PURINA (PN38)  
contrapaso=16 cm

REAL PLAZA (PN27)  
pendiente=7.5%

SUBIDA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0	400	0.000	392
H	0	267	0.000	266
M	0	133	0.003	126
N	0.03	32	0.024	33
J	0	255	0.000	250
A	0	91	0.000	87
V	0.061	22	0.061	22

SUBIDA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0.001	400	0.000	390
H	0	206	0.000	203
M	0.2	194	0.059	187
N	0.2	19	0.200	19
J	0	266	0.000	260
A	0.2	90	0.200	86
V	0.2	25	0.200	25

SUBIDA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0	338	0.000	338
H	0	251	0.000	261
M	0.005	87	0.000	77
N	0.2	11	0.039	11
J	0	230	0.000	230
A	0	87	0.000	88
V	0.15	10	0.200	9

SUBIDA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0.061	400	0.090	386
H	0.2	230	0.200	218
M	0.086	170	0.200	168
N	0.2	16	0.200	16
J	0.2	266	0.079	251
A	0.2	108	0.200	109
V	0.2	10	0.200	10

NARANJAL MADERA (PN39)

CELIMA TREBOL (PN42)

PURINA (PN38)

REAL PLAZA (PN27)

PLATAFORMA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0.033	400	0.003	392
H	0.004	267	0.000	266
M	0.2	133	0.200	126
N	0.2	32	0.200	33
J	0.016	255	0.004	250
A	0.014	91	0.200	87
V	0.2	22	0.200	22

PLATAFORMA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0	400	0.000	390
H	0	206	0.000	203
M	0	194	0.000	187
N	0.2	19	0.097	19
J	0.02	266	0.000	260
A	0.06	90	0.001	86
V	0.057	25	0.026	25

PLATAFORMA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0.001	400	0.007	389
H	0.007	300	0.010	305
M	0.2	100	0.200	84
N	0.002	20	0.060	18
J	0.008	263	0.055	259
A	0.024	105	0.069	101
V	0.2	12	0.200	11

PLATAFORMA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0.004	400	0.001	386
H	0.005	230	0.010	218
M	0.012	170	0.002	168
N	0.002	16	0.200	16
J	0.002	266	0.003	251
A	0.2	108	0.045	109
V	0.2	10	0.054	10

NARANJAL MADERA (PN39)

CELIMA TREBOL (PN42)

PURINA (PN38)

REAL PLAZA (PN27)

BAJADA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0	400	0.000	392
H	0	267	0.000	266
M	0	133	0.000	126
N	0.004	32	0.006	33
J	0	255	0.000	250
A	0.144	91	0.049	87
V	0.2	22	0.200	22

BAJADA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0	400	0.000	390
H	0	206	0.000	203
M	0	194	0.000	187
N	0.2	19	0.109	19
J	0	266	0.000	260
A	0.002	90	0.000	86
V	0.125	25	0.200	25

BAJADA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0.043	62	0.023	51
H	0.021	49	0.071	44
M	0.027	13	0.200	7
N	0.2	9	0.200	7
J	0.2	33	0.200	29
A	0.2	18	0.074	13
V	-	2	-	2

BAJADA

	K-S	# Per.	K-S	# Per.
TODO	0.091	400	0.000	386
H	0.2	230	0.200	218
M	0.038	170	0.000	168
N	0.2	16	0.200	16
J	0.028	266	0.200	251
A	0.003	108	0.000	109
V	0.05	10	0.050	10

TODO: Total de la Muestra

H: Hombres  
M: Mujeres

N: Niños  
J: Jovenes

A: Adultos  
V: Ancianos

0.049: 95.1% Significancia  
0.2: 80% Significancia

Tabla 28 Valores Kolmogorov-Smirnov a muestras de 400 personas o menos para el análisis de bondad

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. DISTRIBUCIÓN NORMAL

Según (Minitab 18, 2017) la distribución normal es una distribución continua que se determina por la media ( $\mu$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ). La media es el valor más alto y centro de la curva en forma de campana. La desviación estándar muestra la dispersión de la distribución.

Por ejemplo, en la figura 60 de una distribución normal, aproximadamente, el 68% de las observaciones se encuentra dentro de  $\pm 1$  desviación estándar de la media; el 95% se encuentra dentro de  $\pm 2$  desviaciones estándar de la media (como muestra el área sombreada); y el 99.7% se encuentra dentro de  $\pm 3$  desviaciones estándar de la media.

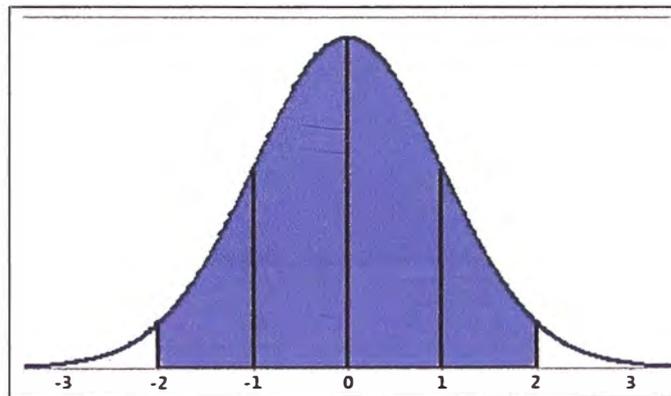


Figura 60 Gráfica de distribución normal.

Fuente: (Minitab 18, 2017)

La distribución normal es la distribución estadística más usada debido a que esta ocurre naturalmente en muchas situaciones de mediciones biológicas, físicas y sociales. En las figuras 62 y 63 tenemos las distribuciones normales de las velocidades obtenidas en los diferentes puentes, en sus tramos de subida, plataforma y bajada. La distribución normal tiene la particularidad que el área bajo esta curva es 1.

#### 4.3.1 Datos con valores atípicos

En la figura 61 notamos que hay velocidades de más de 4,2 m/s en la plataforma en la distribución normal y que estos valores son poquísimos en relación a la

muestra, al ser el área bajo la curva en este sector aproximadamente cero. La velocidad media es de 1,2 m/s en esta distribución normal.

#### 4.3.2 Datos sin valores atípicos

En la figura 61 observamos que las velocidades máximas son de aproximadamente 2,2 m/s, en esta gráfica fueron eliminados los datos con valores atípicos debido a que son valores que no se pueden mantener en lugares más allá del puente (es difícil ver una persona corriendo todo el día y en toda situación). La velocidad media en esta gráfica corresponde a 1,18 m/s.

La gráfica muestra la distribución normal de las velocidades en la plataforma del puente Celima Trébol (PN42).

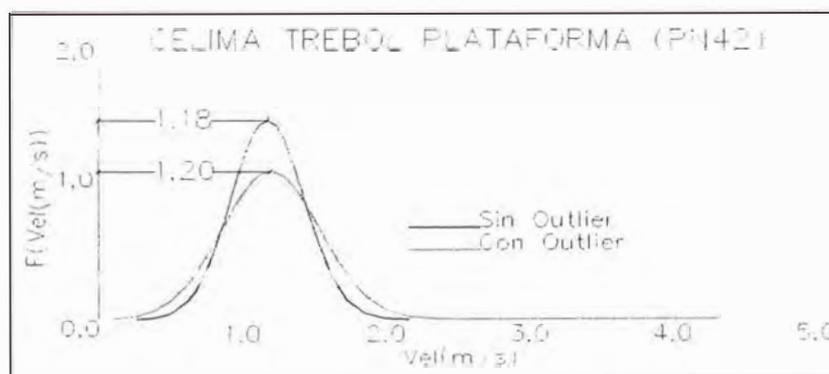


Figura 61 Media de la velocidad del peatón

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura 62 que las velocidades en el puente (PN39) con contrapaso de 22,5 cm, son más bajas que la velocidad en el puente Celima Trébol (PN42) con contrapaso de 18 cm. Las velocidades de bajada en ambos puentes es mayor que la velocidad de subida, y que la velocidad en las plataformas del puentes son mayores que las velocidades de bajada o subida al hacer menos esfuerzo. Se puede notar en la figura 62 en el puente (PN39) y en el puente (PN42) en los tramos de bajada valores de más de 4 m/s, que obviamente son valores atípicos y son valores de personas que están corriendo y estos valores no se van a mantener en tramos muy lejanos al puente.

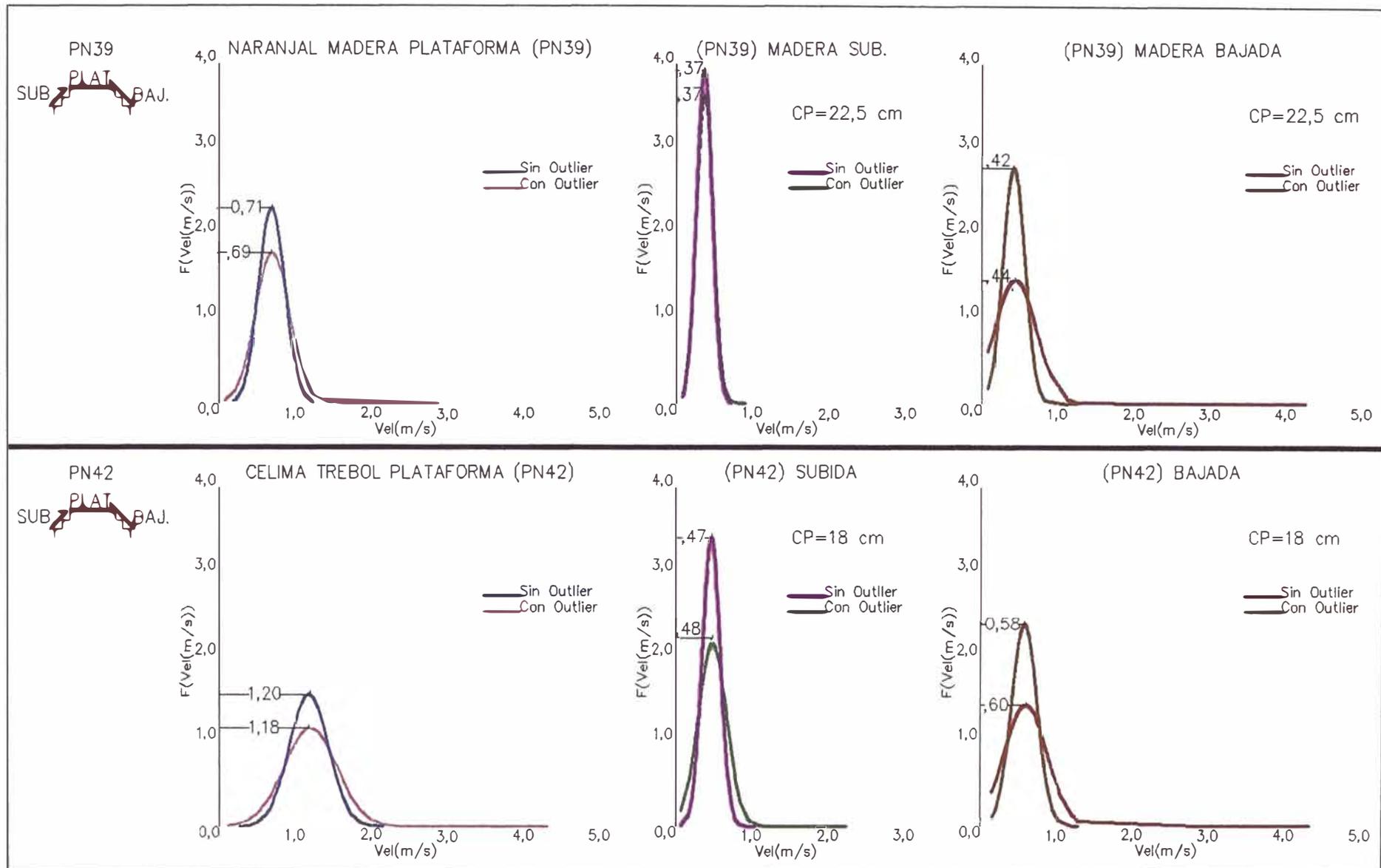


Figura 62 Distribución normal de velocidades con outliers y sin outliers, en puentes contrapaso 22,5 cm y 18 cm

Fuente: Elaboración propia

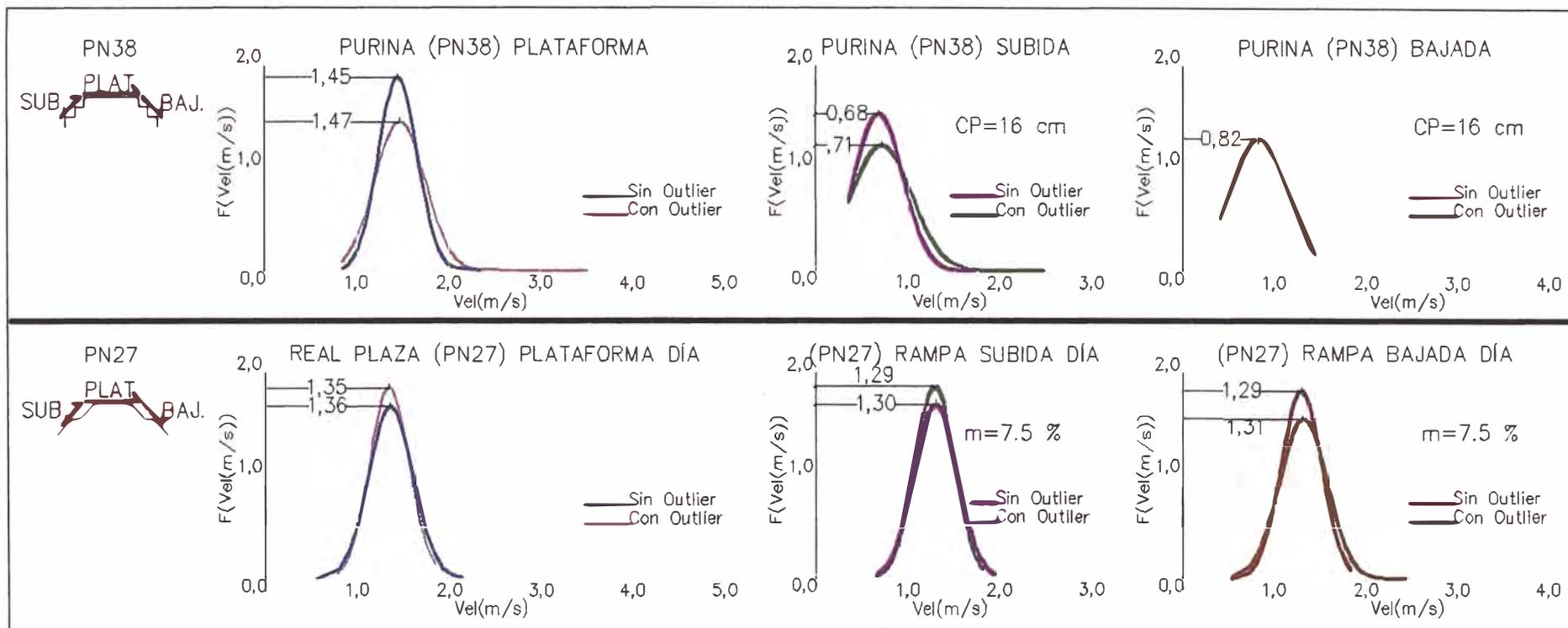


Figura 63 Distribución normal de velocidades con outliers y sin outliers, en puentes contrapaso 16 cm y rampa 7,5%.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura 63, en la plataforma y subida del puente (PN38) Purina valores atípicos de 3,5 y 2,4 aproximadamente que son de valores de personas muy apuradas y se descartan de los valores a considerar.

Se puede observar en la figura 64 que la velocidad en la plataforma del puente Purina (PN38) es mayor que la del puente Real Plaza (PN27) a pesar que las velocidades de subida y bajada son mucho menores al haberse desplazado con gradas en el puente Purina, esto debido a que a pesar que hubo mayor esfuerzo al subir o bajar las gradas, la plataforma del puente de Naranjal es más ancha que la del puente Unicachi y la congestión que genera es menor y es más fácil desplazarse.

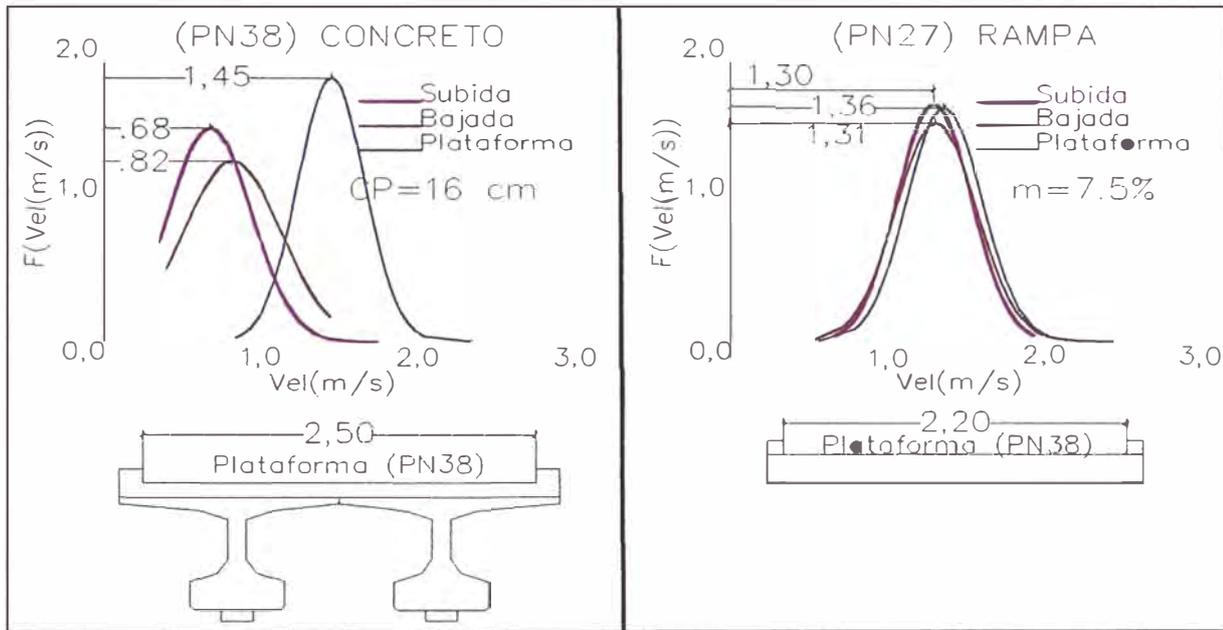


Figura 64 Distribución normal de velocidades en el puente PN38 y PN27, con contrapaso 16 cm y rampa 7,5%.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 65 de abajo podemos apreciar que la velocidad (1,36) en el puente Real Plaza (PN27) es diferente de día (6 a.m. a 10 a.m.) que de tarde (4 p.m. a 6:30 p.m.), esto se debe a que en la mañana la mayoría de personas van a laborar o estudiar y tienen un horario de entrada, las personas que fueron grabadas después en horario de la tarde (4 p.m. a 6 p.m.) venían de trabajar y su velocidad (1,24) es más pausado, además en el horario de la tarde es más factible ver personas como jubilados o madres gestantes desplazándose.

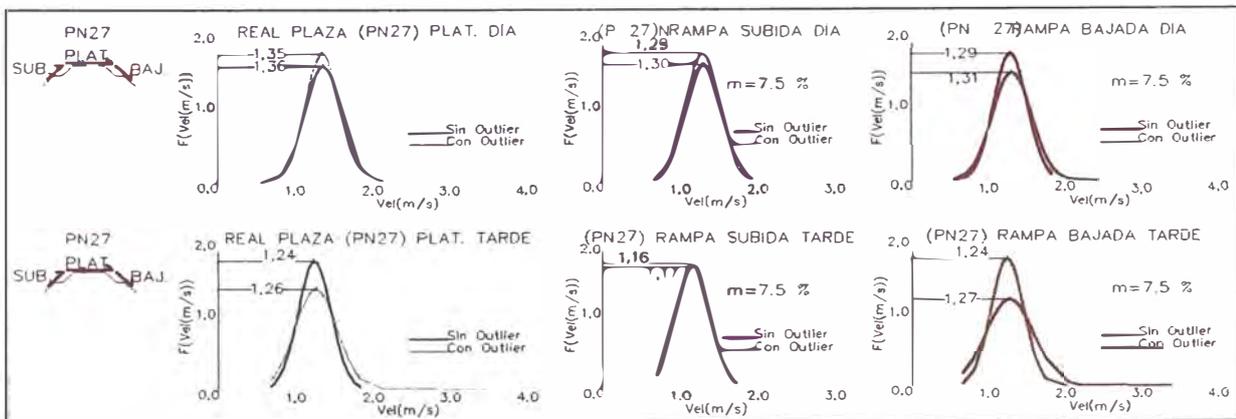


Figura 65 Distribución normal de velocidades en el puente PN27.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 66 vemos la distribución normal de velocidades de subida, bajada y plataforma en los 4 puentes donde se hizo toma de datos en 400 peatones. Hay bastante diferencia de distribución de velocidades entre las distribuciones del puente (PN39) Naranjal madera en la subida o bajada donde las gradas son de 22,5 cm y las distribuciones del puente (PN27) Real Plaza que tiene sus distribuciones de velocidad de subida, bajada y plataforma muy parecidas al estar sus pendientes de subida, bajada y plataforma muy cercanas a superficies horizontales.

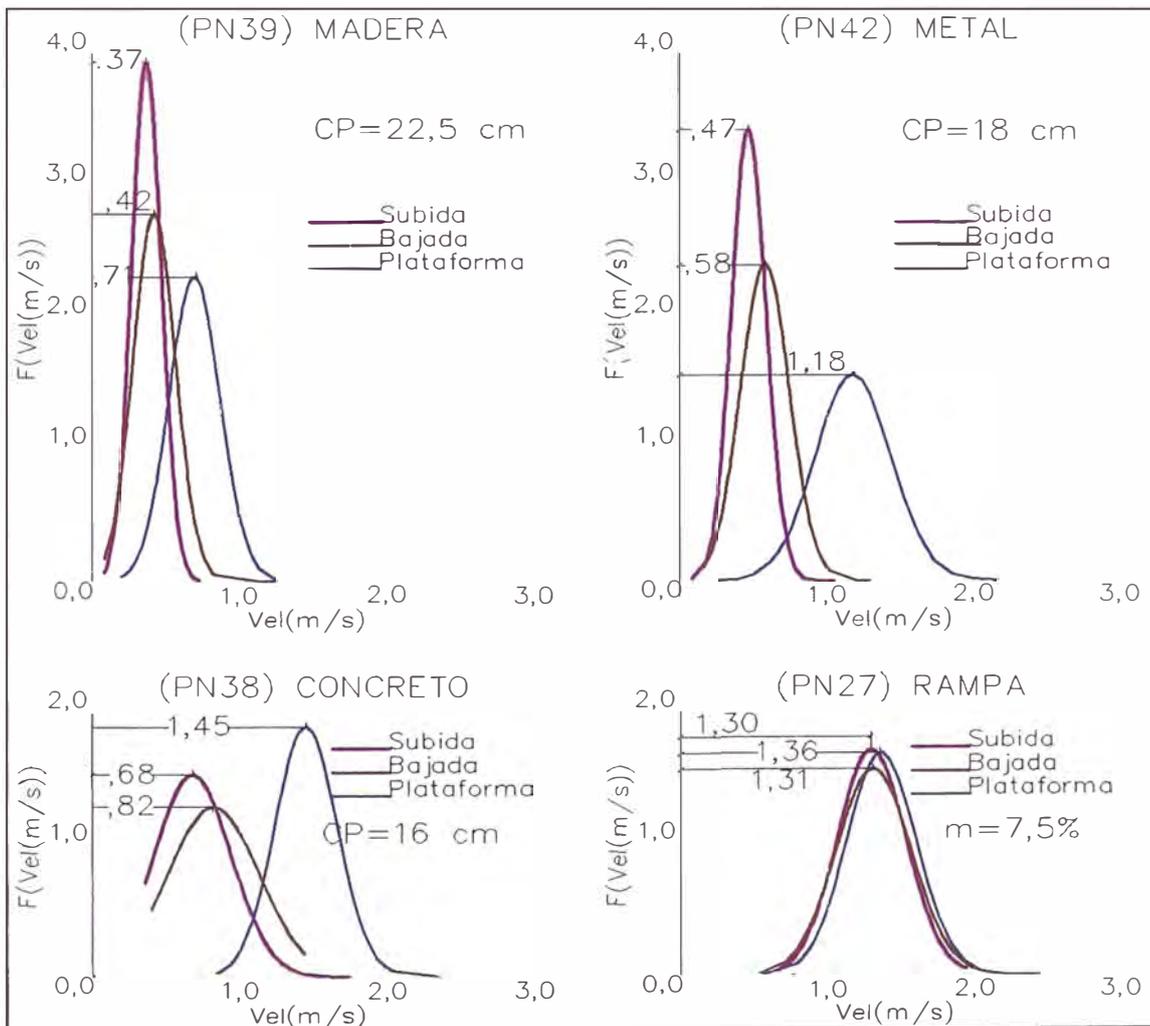


Figura 66 Distribución normal de velocidades sin outliers de puentes peatonales.

Fuente: Elaboración propia

Se Puede observar en la figura 67, la media de las velocidades y las distribuciones normales de la velocidades de subida y bajada de 4 puentes (PN39, PN42, PN38, PN27) con diferentes alturas de grada. Para estimar una mejor altura de grada en puentes peatonales y en general en todo espacio

publico se calcula una curva que involucre las medidas obtenidas e interpole las alturas de grada de otros países, y se vería que las velocidades tendrían valores más parecidos a un desplazamiento normal y no esforzado.

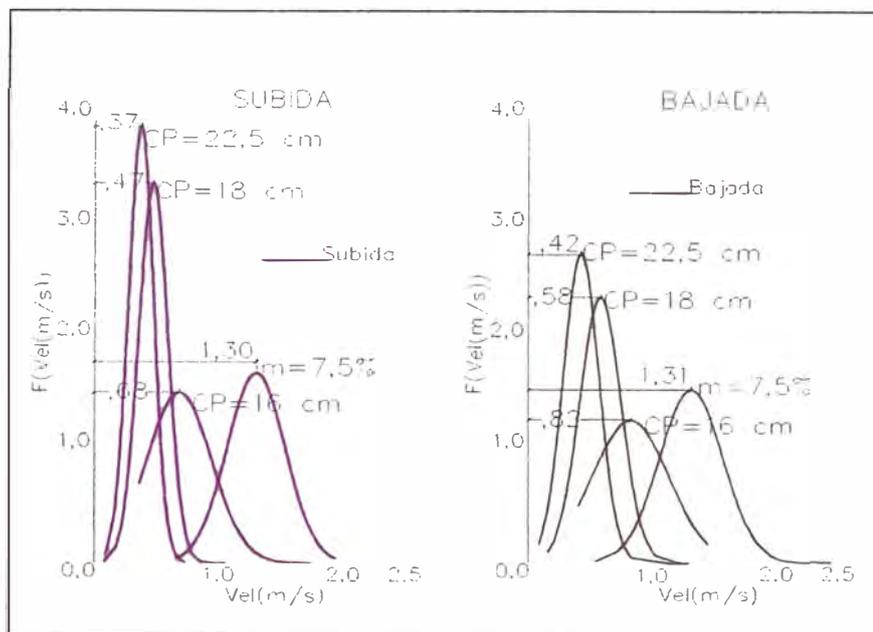


Figura 67 Distribución normal de velocidades sin outliers de puentes peatonales.

Fuente: Elaboración propia

## 4.4. REGRESIÓN

### 4.4.1 Relación entre variables

(Murray Spiegel, 2009) Muy a menudo se encuentra que existen relaciones entre dos o más variables. Por ejemplo, el peso de las personas adultas depende de su estatura. Es de mucha ayuda conectar estas variables mediante ecuaciones.

### 4.4.2 Ajuste de Curvas

Para hallar una ecuación con la que podamos relacionar las variables debemos obtener varios valores  $(X_i, Y_i)$ , al graficar estos valores en un sistema de coordenadas cartesiano se obtiene una gráfica denominada diagrama de dispersión. Al obtener estas gráficas se puede generar diferentes tipos de curva que se adapte a los datos presentes, estas curvas se llaman curvas de aproximación.

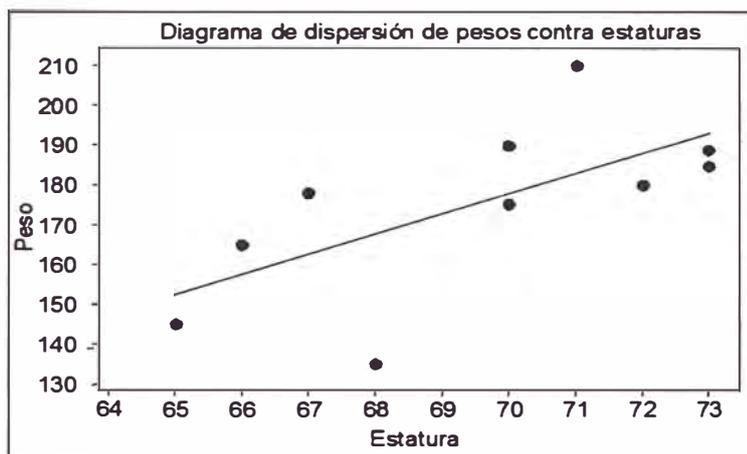


Figura 68 Algunas veces la relación entre dos variables se describe mediante una línea recta.

Fuente: (Murray Spiegel, 2009)

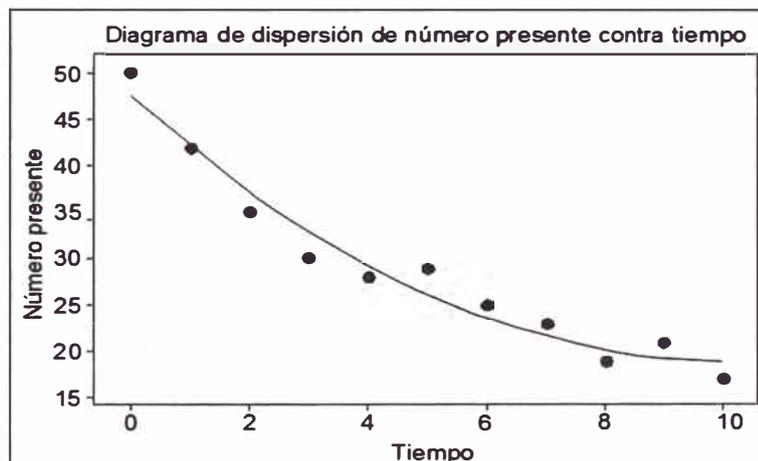


Figura 69 Algunas veces la relación entre dos variables se describe mediante una relación no lineal

Fuente: (Murray Spiegel, 2009)

#### 4.4.3 Ecuaciones de curvas de aproximación

Se tiene diferentes tipos de curvas de aproximación, A las variables X e Y les llamaremos variable independiente y variable dependiente respectivamente.

Línea recta  $Y = a_0 + a_1X$  (1)

Parábola o curva cuadrática  $Y = a_0 + a_1X + a_2X^2$  (2)

Curva cúbica  $Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3$  (3)

Curva exponencial  $Y = ab^X$  o bien  $\log Y = a_0 + a_1X$  (4)

En la tabla 29 vemos los valores de las velocidades sin outliers de los principales puentes de donde se hizo las observaciones de velocidad, separados por grupos etarios y de sexo

Tabla 29 Velocidades en principales puentes (400 datos por puente)

PN39 m=112,5% cp=22,5 cm	PN42 m=63,2% cp=18 cm	PN38 m=53% cp=16 cm	PN27 m=7,5% cp=2 cm
<b>SUBIDA</b>	<b>SUBIDA</b>	<b>SUBIDA</b>	<b>SUBIDA</b>
TODO <b>0,37</b>	TODO <b>0,47</b>	TODO <b>0,68</b>	TODO <b>1,3</b>
H 0,39	H 0,50	H 0,7	H 1,34
M 0,32	M 0,44	M 0,62	M 1,25
N 0,34	N 0,46	N 0,63	N 1,21
J 0,38	J 0,49	J 0,7	J 1,35
A 0,36	A 0,45	A 0,65	A 1,22
V 0,30	V 0,36	V 0,48	V 1,1
<b>BAJADA</b>	<b>BAJADA</b>	<b>BAJADA</b>	<b>BAJADA</b>
TODO <b>0,42</b>	TODO <b>0,58</b>	TODO <b>0,82</b>	TODO <b>1,31</b>
H 0,45	H 0,63	H 0,81	H 1,35
M 0,37	M 0,52	M 0,86	M 1,26
N 0,37	N 0,58	N 0,58	N 1,19
J 0,44	J 0,60	J 0,95	J 1,35
A 0,41	A 0,56	A 0,7	A 1,25
V 0,31	V 0,44	V 0,56	V 1,16

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 70 y 71, tenemos 2 curvas de aproximación de la velocidad media en 4 puentes con datos tomados de 400 personas en cada puente, en dos curvas cuadrático O (O: incluyendo valores outliers) y lineal O, se graficó con todos los valores obtenidos, las curvas, y en las curvas de aproximación cuadrático F (F: solo con valores filtrados, sin outliers) y lineal F, se eliminaron los valores atípicos antes de hacer las curvas de aproximación, como se puede ver en ambas figuras las curvas de aproximación son parecidas, pero si se llega a notar la diferencia. Tenemos dos figuras: la figura 70 es el Contrapaso Vs Velocidad, y la figura 71 es la Pendiente Vs la Velocidad.

En la figura 70 se observa que las velocidades para 10 cm (Norma Mexicana, lugares públicos) y 12 cm (Norma Peruana, Puentes), son 0,97 m/s y 0,86 m/s

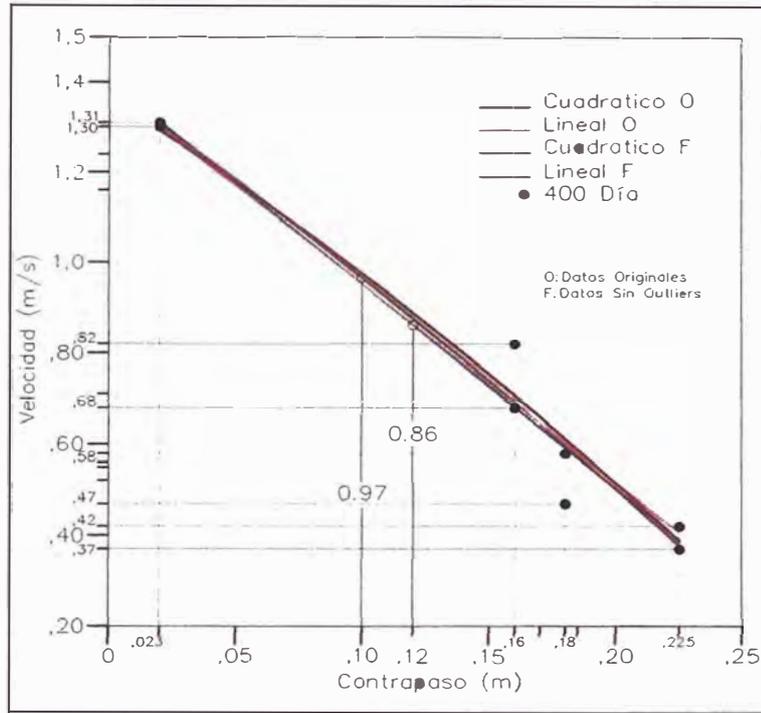


Figura 70 Curvas de aproximación Contrapaso Vs Velocidad.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 71 se observa que las velocidades para 10 cm (Norma Mexicana, lugares públicos) y 12 cm (Norma Peruana, Puentes), son 0,96 m/s y 0,82 m/s

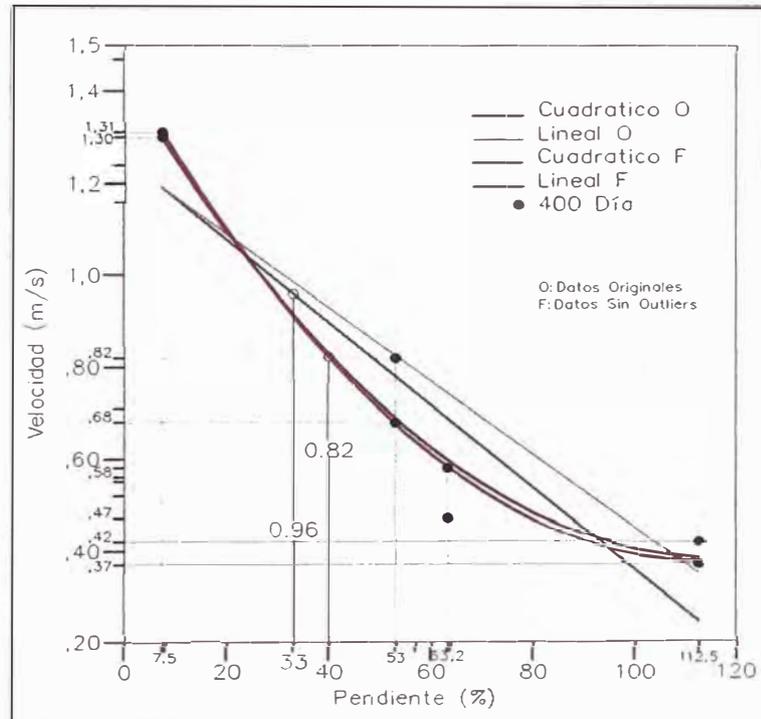


Figura 71 Curvas de aproximación Pendiente Vs Velocidad.

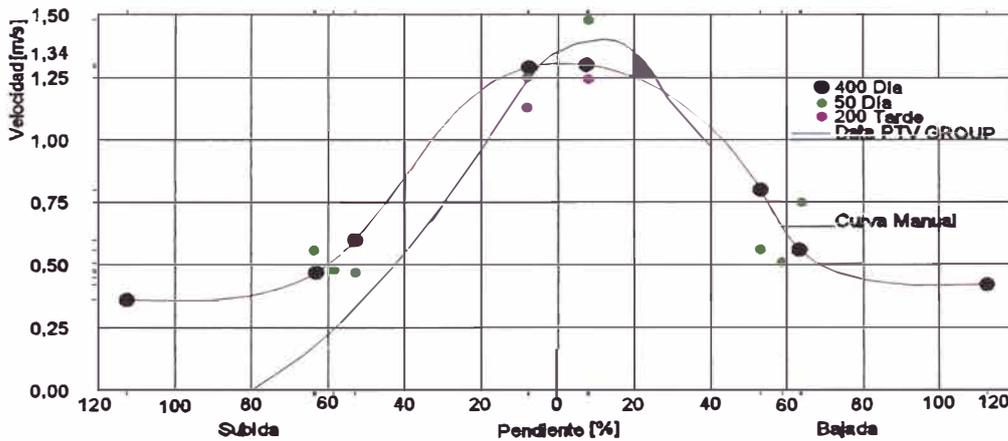
Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Velocidades medias observadas en los puentes en estudio

PUENTES	PN 39	PN 40	PN 42	EV 3	PN 38	PN 29	PN 38	PN 27	PN 27
Pendiente m(%)	112.5	63.8	63.2	58.6	53.0	53.0	8.0	7.5	7.5
Contrapaso cp(cm)	22.5	18.5	18	17	16	16	2.5	2	2
Vel. Sub. (m/s)	0.3	0.58	0.47	0.47	0.68	0.52	1.3	1.3	1.16
Vel. Baj. m/s	0.42	0.71	0.58	0.56	0.82	0.58	1.49	1.31	1.24

Fuente: Elaboración propia

Figura 72 Pendientes Vs. Velocidades observadas en los puentes estudiados



Fuente: Elaboración propia

La figura 72 muestra los datos de la tabla 30 dibujados.

En las figuras 73 y 74, se observa las curvas de aproximación sin valores atípicos para los cuatro puentes donde se hizo una toma de datos de 400 personas, también se muestra los valores de comprobación que se hizo con otros puentes de similares alturas de grada.

Los valores en morado de 1,16 m/s y 1,24 m/s fueron hechos en horario de la tarde en el mismo puente (PN27) que los valores de 1,3 m/s y 1,31 m/s cuando las personas estaban regresando a sus casas y lo hacían en forma más pausada. Los valores de 1,30 m/s y 1,49 m/s (PN38) ocurrieron en una plataforma más ancha y los desplazamientos fueron más rápidos.

Los valores de (PN42) y (EV3) son muy parecidos aunque tengan una altura de grada diferente, esto se debió a que el puente (PN42) tuvo más congestión de peatones resultando en una velocidad más reducida en PN42.

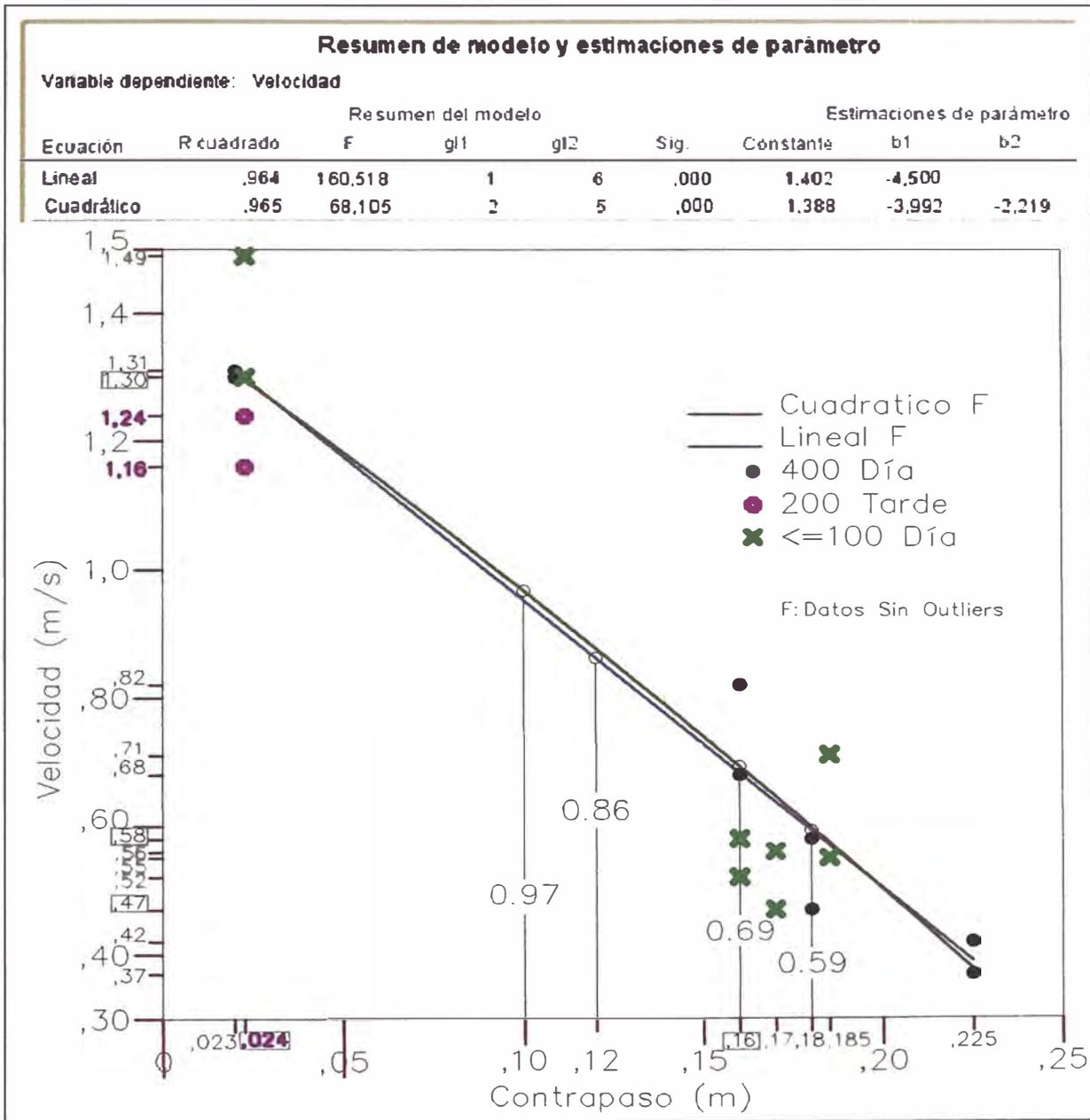


Figura 73 Curvas de aproximación sin outliers de Contrapaso Vs. Velocidad con valores de comprobación de otros puentes similares.

Elaboración propia

$$\text{Lineal } V(Cp) = 1,402 - 4,5Cp$$

$$\text{Cuadrático } V(Cp) = 1,388 - 3,992Cp - 2,219Cp^2$$

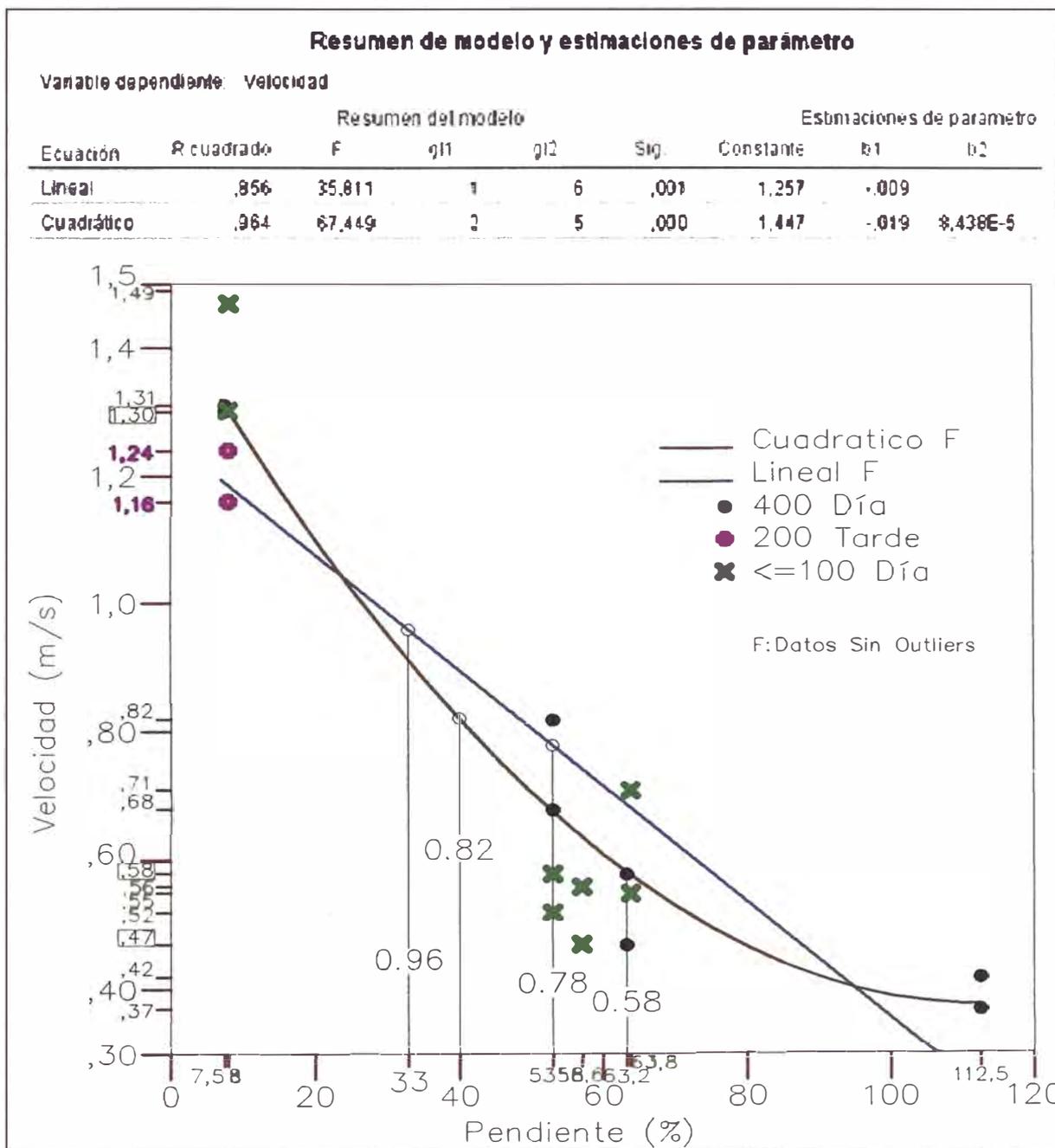


Figura 74 Curvas de aproximación sin outliers de Pendiente Vs. Velocidad con valores de comprobación de otros puentes similares

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Lineal } V(m) = 1,257 - 0,009m(\%)$$

$$\text{Cuadrático } V(m) = 1,447 - 0,019m(\%) + ,00008438m^2(\%)$$

## 4.5. CONTEOS PEATONALES

Los peatones siempre tratarán de usar el camino más corto o cómodo para sus condiciones, esto se pudo notar en tres conteos peatonales que se hizo: el primer conteo peatonal se hizo en el puente (EV9) Ancash ubicado en la Av. Evitamiento y al final de la Av. Los Eucaliptos, el segundo conteo en el puente (PN41) ubicado en Megaplaza y el tercer conteo en los puentes (G7, G8) en el asentamiento humano Kenji Fujimori paradero 8 en la Av. Néstor Gambeta.

### 4.5.1 Puente (EV9) Ancash

En el puente (EV9) Ancash, que tiene dos alternativas para el tránsito (desplazarse por la rampa o por la escalera); de las 1000 personas que transitaron de un lado del puente 986 usaron la escalera (había entre estas personas, personas ancianas, niños con mochilas con ruedas, etc.) y 14 usaron la rampa, de estas 14 personas solo 5 necesitaban la rampa (1 persona en bicicleta, 1 persona en silla de ruedas y su acompañante, 1 persona empujando un carro de compras y su acompañante), las otras 9 personas estaban ya sea hablando por teléfono, leyendo un periódico al caminar, jalando una mochila escolar con ruedas, o desplazándose en grupo por ser más fácil y cómodo hacerlo en la rampa.

Tabla 31 Conteo de desplazamiento de 1000 personas en puente (EV9) Ancash

	<b>Escalera</b>	<b>Rampa</b>
Bajan	574	2
Suben	412	12
Numero de peatones	986	14
Porcentaje de peatones	98,60%	<b>1,40%</b>

Fuente: Elaboración propia

Este conteo se hizo en horario de 7:30 a 8:00 a.m. el día 23/08/2018 en un horario en el cual las personas están mayormente apurados ya que se van a su centro de labores o estudios. Si se hubiera hecho en otro horario donde las personas estaban menos apuradas y en el mismo lugar es probable que más personas hubieran usado la rampa.

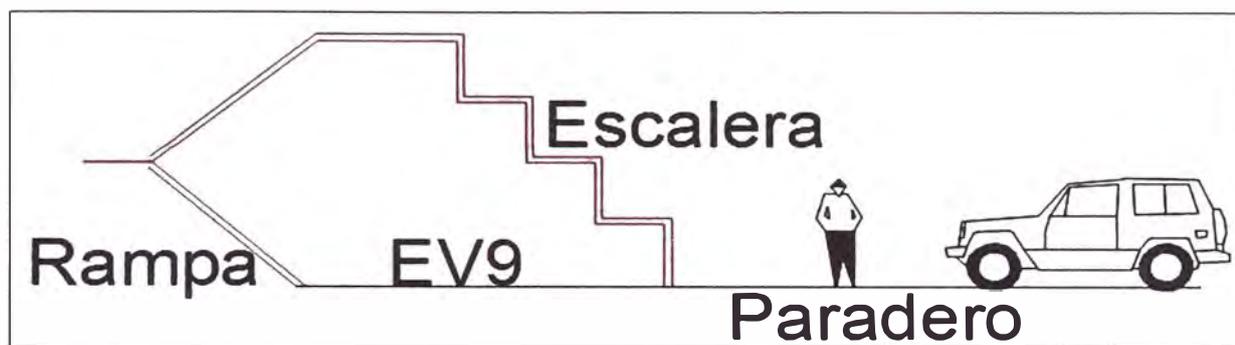


Figura 75 Esquema puente peatonal (EV9) con gradas orientadas al paradero.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.2 Puente (PN41) Megaplaza

En el puente (PN41) Megaplaza, que tiene dos alternativas para el tránsito (desplazarse por la rampa o por la escalera); de las 1000 personas que transitaron de un lado del puente 886 usaron las gradas y 94 usaron la rampa peatonal de estas 94 personas solo 6 necesitaban usar realmente la rampa peatonal (1 mujer con bebe en brazos, 1 persona con mucho sobrepeso, 1 persona con 1 carretilla y 2 personas con baldes con agua), hubo también una persona ciega pero transitando por la escalera. Este conteo se hizo en el horario de 7:30 a 8:00 am el día 30/08/2018, el motivo porque más personas usaron la rampa con respecto al anterior puente, es que la rampa en el puente de Megaplaza estaba orientada al paradero, en el puente de Av. Los eucaliptos con Av. De Evitamiento a pesar de que transitar por las gradas puede ser un poco más cansado, (los peatones usaron la ruta más corta). Se observó que los vendedores ambulantes comenzaron a ubicarse en la rampa peatonal del puente Megaplaza, a medida que pasaba la mañana.

Tabla 32 Conteo de desplazamiento de 1000 personas en puente (PN41) Megaplaza

	<b>Escalera</b>	<b>Rampa</b>
Bajan	485	39
Suben	401	75
Numero de peatones	886	114
Porcentaje de peatones	88,60%	<b>11,40%</b>

Fuente: Elaboración propia

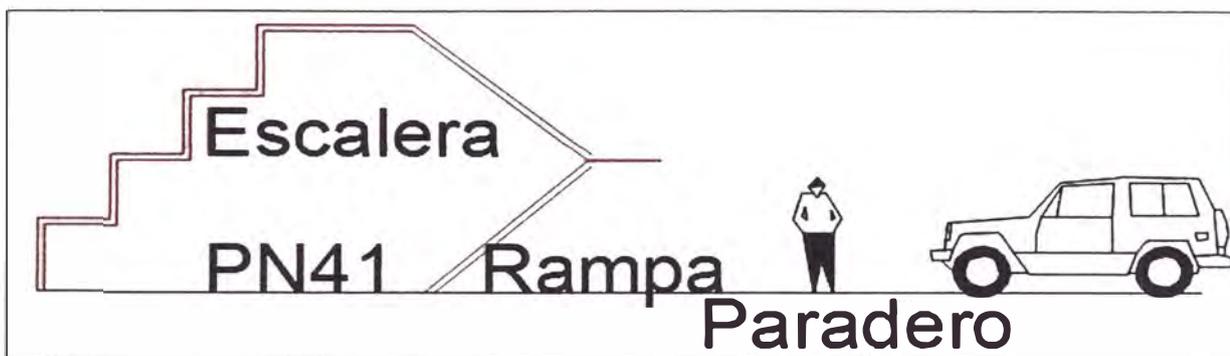


Figura 76 Puente peatonal (PN41) con rampa orientada al paradero.

Fuente: Elaboración propia

Los puentes peatonales que tienen rampas en tramos paralelos y gradas son más adecuados para transitar, que los puentes que tienen un solo tramo de rampa y escalera esto debido a que la persona al llegar al puente pueden escoger si se desplaza con la rampa o la escalera.

Se observó también que el desplazamiento en las gradas que había en el puente de Megaplaza (PN41) era mucho mejor que el desplazamiento que había en las gradas del puente de Evitamiento (EV3), al ser el ancho de la escalera del puente Megaplaza (PN41) mayor (3,7 m), que el puente de Evitamiento (EV9) (1,9 m).

#### 4.5.3 Puentes (G7, G8) paradero 8

En los puentes G7 y G8 solo existía una alternativa de desplazamiento usando el puente y era por las rampas, de 1000 personas que necesitaban cruzar la vía, 853 cruzaron por la vía, 118 usaron el puente G7 y 29 usaron el puente G8 (véase tabla 33). Los dos puentes no contaban con escaleras. Los puentes se encuentran distanciados una longitud de 400 m, su rampa tiene un ancho de 2,5 m y una longitud de 120 m en total. Un peatón al cruzar la calle lo hace en 25 m, si utiliza los puentes (se asume que está en el punto medio de los dos puentes) caminaría 545 m, si existiesen gradas en los puentes el peatón caminaría 455 m aproximadamente (se considera largo escalera =15 m en este caso).

Tabla 33 Conteo de desplazamiento de peatones en Gambeta (G7, G8)

Cruzaron	Peatones	Porcentaje
Por la Vía	853	85,30%
Puente G7	118	11,80%
Puente G8	29	2,90%

Fuente: Elaboración propia



Figura 77 Peatones cruzando la vía en Gambeta

Fuente: Elaboración propia

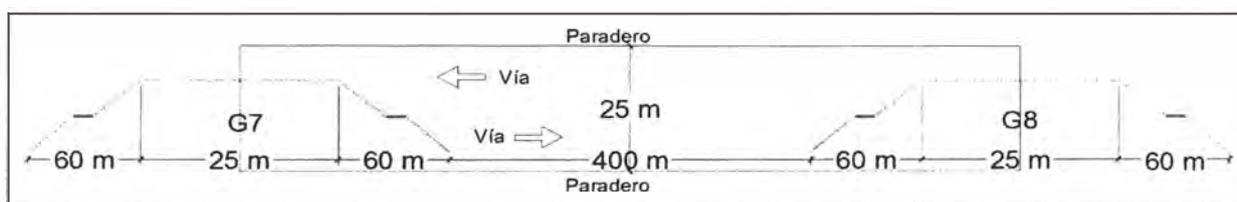


Figura 78 Puentes en Gambeta

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6. INTERFERENCIAS

Los puentes que tienen un solo tramo de rampa al subir al tener superficies muy grandes deben evitar todo tipo de construcción y/o servicios públicos aéreos o subterráneos que estén en su camino. Un puente que tiene su rampa en varios tramos y estos tramos comparten la misma cimentación es más fácil y económico de construir en su cimentación dado que evita muchos cruces de servicios en el subsuelo y es más fácil de desplazarse a otro lugar si la remoción de interferencias aéreas o subterráneas tuvieran un elevado coste y tiempo de

protección o traslado. Hacer un trámite de remoción de interferencias puede demorar entre 2 meses a un año.

Las interferencias ocurren tanto forma longitudinal como en forma transversal. Los puentes de un solo tramo de rampa serían justificables sino hubiera espacio para construir rampas de tramos paralelos.

Las interferencias que podemos encontrar en el subsuelo pueden ser:

- Canales de riego superficiales o enterrados
- Servicios de agua (líneas matrices, secundarias o domiciliarias), tuberías o cámaras de agua.
- Servicios de alcantarillado (líneas matrices, secundarias o domiciliarias), tuberías o cámaras de desagüe.
- Servicios de telefonía (línea local o nacional), tuberías o cámaras de telefonía.
- Servicios de electricidad (Alta, media o baja tensión), cables, subestaciones.
- Servicios de gas natural.

Las interferencias aéreas que podemos encontrar pueden ser:

- Servicios de telefonía (línea local o nacional), postes.
- Servicios de electricidad (Alta, media o baja tensión), cables, postes alumbrado, subestaciones.
- Cámaras de vigilancia.
- Expropiaciones de terreno.

Las distancias a las interferencias aéreas eléctricas se deben regir por el “Código Nacional de Electricidad”, (minem, 2011).

En las figuras 79, 80 y 81 podemos ver algunas de las interferencias encontradas en un puente peatonal ubicado en Panamericana Norte.

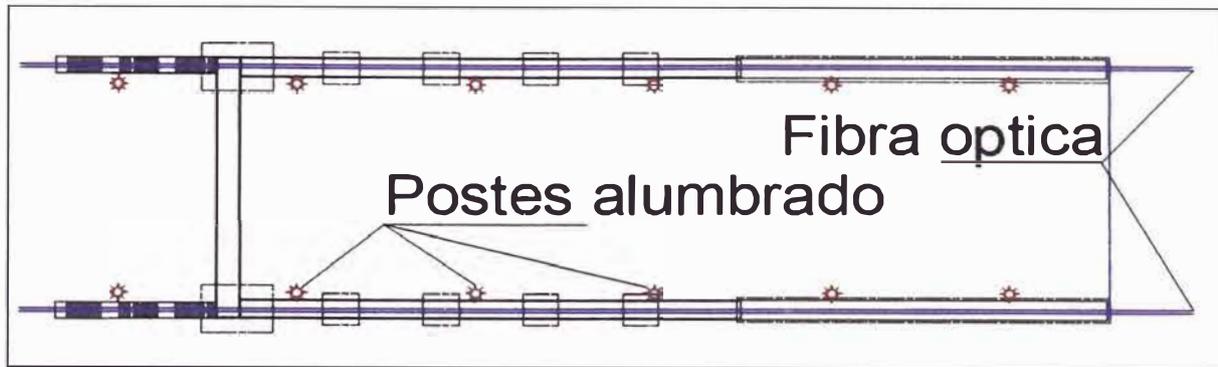


Figura 79 Interferencias removidas o protegidas en puente peatonal

Fuente: Elaboración propia



Figura 80 Interferencia de línea de telefonía en excavación de zapata de puente.

Fuente: Elaboración propia



Figura 81 Interferencia de postes de alumbrado en proyección de zapata de puente

. Fuente: Elaboración propia

Los puentes que tienen un solo tramo de rampa suelen ser más largos en la rampa y por lo tanto más caro al construirlo, suelen tener muchos más tramos donde se cimienta. Los puentes con tramos paralelos de rampa suelen tener una cimentación más pequeña y la rampa más pequeña, ya que la rampa será menos utilizada. Un puente de un solo tramo de rampa sería justificable solo si por razones de espacio, no se podría construir rampas en tramos paralelos.

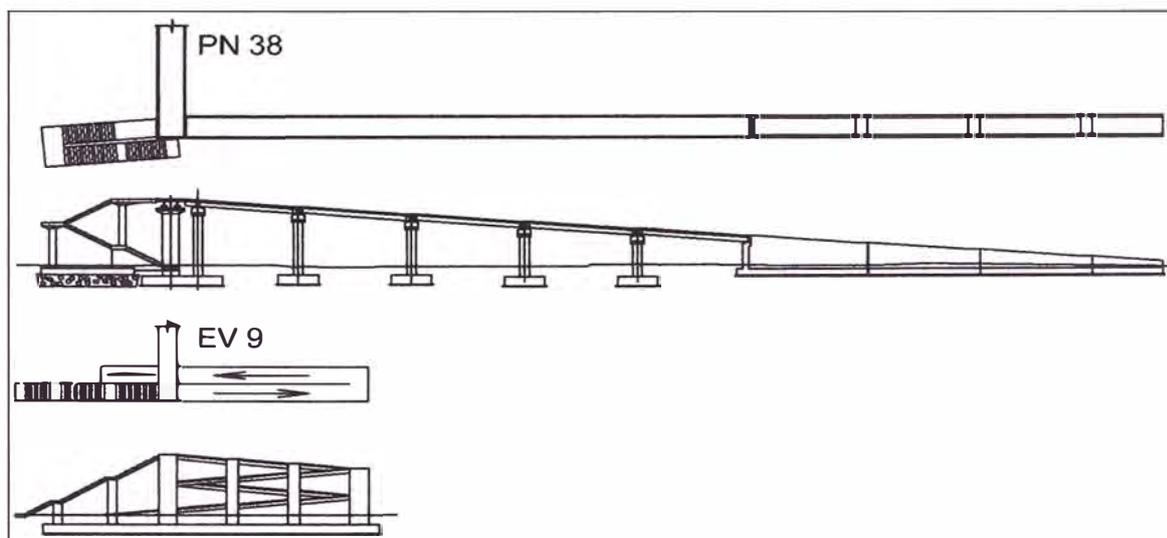


Figura 82 Puentes con rampa de tramos largos y tramos paralelos, con escaleras

Fuente: Elaboración propia

En el primer puente (PN38) el ancho de la rampa es de 2,5 m y en el segundo puente (EV9) El ancho de la rampa es de 1,9 m.

Si los peatones llegaran a un solo punto del puente peatonal y recién en ese punto pudieran escoger si usarán la rampa o escalera la mayoría usara la escalera debido a que ya recorrieron un largo camino para llegar al puente y no querrán subir la rampa, esto ayudaría a que se construyan rampas más angostas debido al menor uso de estas. Las vigas que sostienen estas rampas serán más delgadas y apoyadas en una sola cimentación.

Si en el puente pocas personas circulan por la rampa, el comercio informal que se sitúa generalmente en las rampas se vería desalentado.

## CAPÍTULO V: PROPUESTA

### 5.3 MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA

De 250 puentes observados 42 puentes (17%) necesitan gradas y es necesario construirlas (véase tabla 32); las rampas al originar distancias más largas para el recorrido, originan que las personas traten de evitar el uso de puentes peatonales como se aprecia en la Av. Néstor Gambeta donde la mayoría de peatones hace el cruce a nivel de la vía.

Como se puede ver en la tabla 33 las alturas de grada varían entre 15 cm y 22,5 cm (para un puente temporal), lo ideal sería ir demoliendo las escaleras progresivamente a alturas más amigables con el peatón (10 cm a 12 cm).

Id	Nombre	Longitud	%	Condición
1	Av. Alfonso Ugarte	2	0.8%	P 1
2	Av. Alfredo Benavides (Cercado)	2	0.8%	GR 1
3	Av. Brasil	3	1.2%	G 1
4	Av. Néstor Gambeta	18	7.2%	R 1 G, R 2 G, R 3 G, R 4 G, R 5 G, R 6 G, R 7 G, R 8 G, R 9 G, R 10 G, R 11 G, R 12 G, R 13 G, R 14 G, R 15 G, R 16 G, R 17 G, R 18 G
5	Carretera Central	9	3.6%	G 1, G 2, G 3, R 4 G, R 5 G, R 6 G, R 7 G, R 8 G, G 9
6	Circuito de Playas	12	4.8%	G 1, G 2, GR 3, G 4, GR 5, GR 6, G 7, G 8, G 9, G 10, G 11, G 12
7	Av. Circunvalación - Av. Nicolas A.	4	1.6%	R 1 G, GR 2, GA 3, GA 4
8	Av. Elmer Faucett	7	2.8%	G 1, G 2, G 3, G 4, G 5, G 6, G 7
9	Av. Los Héroes	22	8.8%	G 1, R 2 G, GA 3, G 4, G 5, GA 6, R 7 G, G 8, R 9 G, GA 10, R 11 G, G 12, G 13, GA 14, GR 15, R 16 G, GA 17, R 18 G, R 19 G, G 20, GA 21, G 22
10	Av. Javier Prado	10	4.0%	G 1, G 2, G 3, G 4, G 5, G 6, R 7 G, R 8 G, G 9, G 10
11	Av. La Marina – Guardia Chalaca	3	1.2%	G 1, G 2, R 1 G
12	Av. Lima	1	0.4%	G 1
13	Av. Naranjal	3	1.2%	G 1, G 2, G 3
14	Vía de Evitamiento	15	6.0%	G 1, G 2, G 3, GR 4, GR 5, GRA 6, GR 7, GR 8, GR 9, GR 10, GR 11, G 12, G 13, G 14, R 15 G
15	Panamericana Norte	55	22.0%	G 1, G 2, G 3, G 4, G 5, G 6, G 7, G 8, G 9, G 10, G 11, GR 12, G 13, G 14, G 15, GR 16, G 17, GR 18, G 19, G 20, G 21, G 22, GR 23, GR 24, G 25, G 26, R 27 G, GR 28, GR 29, G 30, G 31, G 32, G 33, G 34, G 35, G 36, GR 37, GR 38, G 39, G 40, GR 41, G 42, G 43, G 44, G 45, G 46, R 47 G, R 48 G, G 49, G 50, GA 51, G 52, G 53, G 54, GR 55
16	Panamericana Sur	43	17.2%	G 1, G 2, G 3, G 4, G 5, G 6, G 7, G 8, G 9, GR 10, G 11, G 12, G 13, G 14, G 15, G 16, G 17, G 18, R 19 G, G 20, G 21, G 22, G 23, G 24, G 25, G 26, G 27, GR 28, G 29, G 30, G 31, G 32, G 33, G 34, G 35, G 36, G 37, G 38, R 39 G, G 40, G 41, G 42, G 43
17	Av. Perú - Av. Morales Duarez	6	2.4%	G 1, G 2, P 1, R 2, R 3, G 4
18	Av. 9 de Octubre – Av. Próceres	3	1.2%	G 1, G 2, G 1
19	Av. Túpac Amaru	7	2.8%	GR 1 G, GR 2, G 3, G 4, G 5, G 6, G 7
20	Av. Universitaria	3	1.2%	GR 1 G, R 2 G, G 3
21	Av. Paseo de la Rep. – Av. Huaylas	16	6.4%	GR 1, G 2, GR 3, G 4, G 5, P 6, GR 7, G 8, GR 9, G 10, GR 11, P 12, P 13, P 14, GR 15, G 1
22	Av. Grau	2	0.8%	P 1, P 2
23	Av. Alfredo Benavides (Surco)	1	0.4%	G 1
24	Av. Pnale - Av. Las Torres	3	1.2%	G 1, R 1 G, R 2 G
<b>250</b>			<b>100.0%</b>	

Condición	Num	%
R : Tiene Rampa	46	18.4%
G : Falta Gradadas	42	16.8%
P : Plano (a nivel)	9	3.6%
G : Tiene Gradadas	150	60.00%
GR : Tiene Grada y Rampa	35	14.0%
GA : Tiene Grada y Ascensor	9	3.60%
GRA : Tiene Grada, rampa y ascensor	1	0.40%

Tabla 34 Condición de los puentes peatonales si tienen rampas, gradadas, ascensores o son a nivel.  
Fuente: Elaboración propia



Tabla 36 Acciones de Peatones en el Puente Peatonal

<b>Peatones</b>	<b>Real Plaza PN 27 Rampa 7,5%</b>	<b>Purina PN 38 Grad.16 cm</b>	<b>Celima - Trébol PN 42 Grada 18 cm</b>	<b>Temp. Naran. PN 39 Grada 22,5 cm</b>
Con bebe en brazos	7	1	8	15
Con coche de bebe	1			
Uso de bicicleta	1			3
Uso de baranda	0	6	104	185
Invidente			2	

Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la tabla 36, en la fila Con bebe en brazos o Uso de bicicleta la mayor cantidad se encuentra en la columna del puente temporal Naranjal a pesar de tener una grada muy alta, esto debido a que estaban obligados a utilizar el puente.

En la fila del Uso de baranda se contabilizó a las personas que usaron la baranda para cruzar el puente, en el puente (PN 27) no hicieron uso de la baranda al subir o bajar las rampas, en el puente (PN 38) solo 6 personas usaron la baranda, en el puente (PN 42) 104 personas usaron la baranda y en el puente (PN 39) 185 personas hicieron uso de la baranda, estos conteos se hicieron sobre muestras de 400 personas y se puede notar la dificultad al subir o bajar las escaleras con el uso de las barandas.

En la fila Invidente solo hay 2 personas del universo de 1600 personas que usaron los 4 puentes y estas 2 personas usaron el puente (PN 42). Al bajar del puente necesitaron de ayuda para poder cruzar la calle que estaba inmediata al puente peatonal. Todos los puentes peatonales necesitan señalización para personas invidentes tanto a nivel del suelo para que se puedan guiar con un bastón, como información en las barandas para que puedan leerlo con sus manos. Las barandas a diferentes alturas también son necesarias para que los peatones de cualquier edad o talla puedan apoyarse en las barandas para desplazarse.

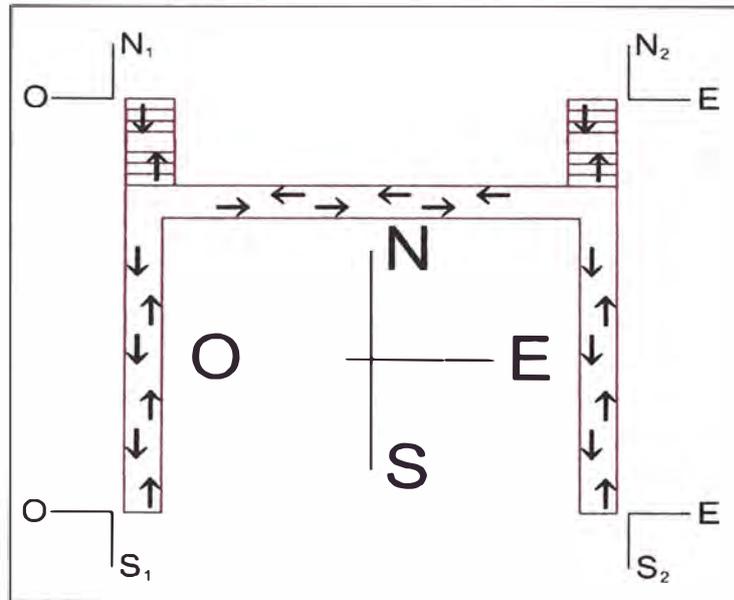


Figura 83 Puente peatonal y su orientación cartesiana.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 Distancia libre sin grada a recorrer en la ruta a puente peatonal (m).

	PN 27	PN 29	PN 38	PN 40	PN 41	PN 42	EV 3	EV 9	G7	G8	Recom. (m)
N	∅	∅	∅	12/∅	∅/300	∅	6/∅	∅	390/40	400/400	100
NE	∅	∅	12	30	600	93	50	∅	∅	∅	100
E	41	30	∅	∅	50	∅	∅	10	0	0	100
SE	∅	∅	100	∅	∅	130	60	200	∅	∅	100
S	∅	80/120	∅/300	∅	210	220/220	∅/6	300/340	400/400	700/140	100
SO	84	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	100	100
O	∅	120	64	∅	40	12	0	0	0	0	100
NO	143	∅	220	0	∅	∅	∅	∅	∅	∅	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 37 se puede ver la distancia máxima que un peatón puede recorrer y encontrar una grada, salvar una grada para los peatones que tienen movilidad muy reducida puede ser un desafío. Por ejemplo: subir o bajar una grada en un puente y hacerlo en forma muy pausada tomando todo el tiempo del mundo es mucho más fácil que bajar la grada que da a una vía ancha por donde transiten vehículos, en este segundo caso NO PODEMOS controlar la velocidad del vehículo. Como podemos observar en el cuadro un peatón con movilidad reducida en los 10 puentes que observamos tienen problemas en llegar al

puente o desplazarse fuera de este una distancia considerable. Por eso es importante considerar una distancia considerable en la ruta peatonal para que un puente sea efectivamente usado por la mayor cantidad posible de usuarios. En los cuadros donde dice 0 de distancia solo existen gradas en la ruta hacia el puente a pesar que algunos puentes tienen rampas, esto sería ilógico ya que ¿Cómo llegaría una persona con silla de ruedas a un puente con rampa? Si en el camino solo existen gradas y no hay forma de llegar al puente con silla de ruedas.

Tabla 38 Iluminación en puentes peatonales (lux)

	PN 27	PN 29	PN 38	PN 40	PN 41	PN 42	EV 3	EV 9	G7	G8	Recom. (lux)
N									10		100
NE	20	200	300	97	70/60	66	30	200/170			100
E	17	140	120	180	40	38	25	90	27	20	100
SE	20	250	350		100	20		120	50/20	15	100
S											100
SO	230	150	54		70			130		17	100
O		120	45	180	40	60	27	95	30	25	100
NO	14	180	170	70	70/35	55	20	190/160	60/25		100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 38 se puede ver la iluminación en lux de 10 puentes (el puente temporal ya había sido desmontado cuando se hizo la medición de iluminación). El puente Real Plaza (PN 27) carecía de postes en la mayor parte de su recorrido para conseguir una adecuada iluminación (se necesita colocar más postes). El puente San Martín contaba con buena iluminación. El puente Purina (PN 38) en casi todo su recorrido estaba bien iluminado en el sector donde la iluminación no era buena, los focos de los postes se habían quemado (un mayor monitoreo en el mantenimiento de postes de alumbrado). El puente Volvo (PN 40) cuenta con buena iluminación pero un poco insuficiente. El puente Megaplaza (PN 41) tiene iluminación insuficiente. El puente Celima-Trébol (PN 42) tenía muy poca iluminación, esto debido a que el poste que estaba más cerca tenía su foco quemado (se necesita colocar más postes y dar un buen mantenimiento al alumbrado). El Puente Primavera (EV 3) tiene muy pocos

postes cerca y poca iluminación. El puente Ancash (EV 9) está bien iluminado en casi todo el recorrido. El puente G7 tiene una deficiente iluminación y el puente G8 no cuenta con iluminación. La iluminación mínima para personas discapacitadas es de 100 lux (Tabla 18) y notamos que no se cumple en los lugares observados.

Tabla 39 Propuesta por cada puente analizado

	Ruta Peatonal (100 m)	Iluminación (100 lux)	Señalización (contrapaso)	Señalización (losetas)	Señalización (letreros)	Señalización (braille)	Gradas (12 - 18 cm)
<b>Real Plaza PN 27</b>	Mejorar	Mejorar	Colocar	Colocar	Mejorar	Colocar	Construir
<b>San Martín PN 29</b>	Mejorar		Colocar	Colocar	Mejorar	Colocar	
<b>Purina PN 38</b>	Mejorar	Mejorar	Colocar	Colocar	Colocar	Colocar	
<b>Volvo PN 40</b>	Mejorar	Mejorar	Colocar	Colocar	Mejorar	Colocar	Reducir
<b>Megaplaza PN 41</b>	Mejorar	Mejorar	Colocar	Colocar	Mejorar	Colocar	
<b>Celima - Trébol PN 42</b>	Mejorar	Mejorar	Colocar	Colocar	Mejorar	Colocar	Reducir
<b>Primavera EV 3</b>	Mejorar	Mejorar	Colocar	Colocar	Mejorar	Colocar	Reducir
<b>Ancash EV 9</b>	Mejorar	Mejorar	Colocar	Colocar	Mejorar	Colocar	
<b>G7</b>	Mejorar	Mejorar	Colocar	Colocar	Mejorar	Colocar	Construir
<b>G8</b>	Mejorar	Mejorar	Colocar	Colocar	Mejorar	Colocar	Construir

Fuente: Elaboración propia

Los puentes PN29, PN 38, PN 41, EV 9 a pesar que tiene gradas mucho más altas que el mínimo permitido, no es necesario variar las alturas de sus gradas ya que estos puentes también contienen rampas. En los puentes PN 27, G7 y G8, es necesario construir las escaleras para mejorar su servicio. Los puentes PN 40, PN 42, EV 3 sus alturas de gradas deberían ser reducidas al mínimo toda vez que no tienen rampas. Como se puede ver en la tabla 39 es necesario mejorar la ruta peatonal en los puentes peatonales para asegurar su uso, la iluminación y señalización son también factores muy importantes para su uso en puentes peatonales.

## CONCLUSIONES

1. Las personas de movilidad reducida hacen gran esfuerzo físico al desplazarse de un lugar a otro. Este esfuerzo se incrementa notablemente cuando tienen que cruzar un puente peatonal.
2. Al observar los peatones que la distancia a recorrer es muy larga tratan de evitar esfuerzos adicionales para pasar esos obstáculos como se puede apreciar en la tabla 31 (de mil personas que se trasladaron en un puente con rampa y escalera y que tenían una ubicación para escoger uno de los dos 986 peatones usaron la escalera y solo 14 la rampa).
3. El comportamiento que se observó de los transeúntes al recorrer un puente peatonal fue un comportamiento normal al no saberse observados.
4. Las normativas de gradas fueron dadas con una talla mayor a la peruana, y existiendo normativas de gradas para discapacitados con alturas entre 10 cm (Norma Mexicana) y 12 cm (Norma Peruana de puentes peatonales), lo lógico sería implementarlas acá.
5. Se necesita desarrollar tablas antropométricas peruanas para el dimensionamiento de mobiliario urbano.
6. La cantidad de adultos mayores va a aumentar en las próximas décadas de 605 millones a 2000 millones en el lapso de 50 años (del 2000 al 2050) y las necesidades de movilidad urbana serán mayores.
7. Al aumentar la edad de las personas su estatura disminuye, cuando son jóvenes tienen cierta altura al tener edad avanzada estas personas tienen talla menor y dificultad para los desplazamientos, necesitan apoyarse en barandas a menor altura (varias alturas de barandas).
8. Las personas siempre trataran de hacer el menor esfuerzo o trataran de usar el menor tiempo al cruzar una vía como se puede notar de las tablas: 31, 32 y 33 (en dos puentes que contaban con rampa y escalera, las escaleras fueron más usadas cuando estas estaban orientadas al

paradero) 986 personas de mil usaron la escalera cuando la escalera estaba orientada al paradero, 886 personas de mil usaron la escalera cuando la rampa estaba orientada al paradero. Y en la Tabla 33 de mil personas 853 personas cruzaron por la vía existiendo dos puentes cerca debido a que el camino más corto y/o cómodo era por la vía.

9. Se pudo observar que la velocidad de subida es menor a la velocidad de bajada (figura 66), en una relación aproximada de 0.8 a 0.9. Esto debido al peso propio de la persona, al subir dificulta el traslado.
10. Se pudo notar que a mayor espacio de desplazamiento se puede tener mayores velocidades (figura 64).
11. Las personas al cruzar un puente con gradas y escaleras prefieren en su mayoría usar el camino más corto.
12. Las velocidades en un mismo puente en horarios diferentes variara de acuerdo a cual sea el destino del transeúnte, si tiene un horario de llegada máximo (horario de trabajo), su velocidad será más apresurada que si llegara a su casa (figura 65).

## RECOMENDACIONES

1. Reducir la altura de grada para reducir el esfuerzo físico al desplazarse por un puente, actualmente las alturas de gradas están entre 16 a 18 cm (con 18 cm las velocidades fluctúan entre 0.59-0.69 m/s), lo ideal sería reducirlo entre 10 a 12 cm (las velocidades fluctuarían entre 0.82 m/s a 0.97 m/s).
2. Cambiar las escaleras en puentes peatonales existentes en escaleras con gradas más pequeñas.
3. Construir escaleras en puentes peatonales donde solo cuenten con rampas, para mejorar el acceso y el recorrido.
4. Poner pasamanos dobles como pasamanos y una inferior, los pasamanos dobles servirían para personas de baja estatura, discapacitados, niños, personas con sobrepeso. El pasamano inferior serviría para guiar a personas ciegas y sillas de ruedas.
5. Realizar mayores estudios para tener tablas ergonómicas peruanas, relacionados al mobiliario urbano.
6. Orientar las gradas y no las rampas hacia el paradero, orientar la rampa al paradero origina que se estacionen ambulantes en la rampa causando que se tengan que hacer rampas anchas y pérdida de tiempo para la mayoría de peatones que usan la rampa.
7. Según las tablas 31 y 32 hacer los anchos de las escaleras más amplios que la rampa peatonal (según norma A120 la rampa puede tener 1,2 m de ancho, pero según norma de puentes la rampa y la escalera deben ser mayor que el ancho de la plataforma, consideraremos 1,9 m de ancho para la rampa); pero como observamos en las tablas 31 y 32, las escaleras serán mucho más usadas que las rampas si consideramos una adecuada orientación, y también evitamos también la congestión de vendedores.

8. Cambiar alturas de grada a alturas de gradas mínimas a todo lugar público.
9. Tratar de hacer que las rampas en los puentes utilicen una sola cimentación, y que las rampas sean paralelas. (figura 82).
10. Solo se justificaría las rampas continuas cuando por razón de espacio no se puedan construir rampas paralelas.
11. Que las plataformas en los puentes dispongan de un adecuado drenaje (figura 52 y 53).
12. La ruta peatonal que está en la vía pública hacia el puente no debe tener rampa o grada debe ser de un solo nivel (figura 50 y 51).
13. La ruta peatonal debe tener un radio de influencia de 100 metros a cada lado del puente esto por la tabla 9 (79,8% vive o trabaja cerca del puente) y por la tabla 6 (6% de la distancia entre dos puentes peatonales es menor a 100 m).
14. La ruta peatonal que sale y entra a la escalera o rampa peatonal, debe tener un camino que pueda ser utilizado por las personas invidentes (figuras 26 y 27).
15. Los contrapasos de las escaleras deben estar pintados o señalizados con colores que hagan contraste con el paso, dado que hay personas que solo pueden ver en escala de grises y si hay poca iluminación es incómodo para ellos su traslado (figura 42).
16. Debería también existir una señalización para personas con nula o baja visión como letreros con letras grandes, texto Braille en los pasamanos.
17. Verificar las vibraciones en los puentes peatonales dada la nueva

normativa de máxima vibración, ya que hay personas que no pueden desplazarse cómodamente con vibraciones.

18. Hacer conteos peatonales antes de hacer un diseño de un puente y estimar tasa de crecimiento en cercanías del puente.
  
19. Según tablas 31 y 32 y con los conteos peatonales se puede diseñar anchos de rampa óptimos para la cantidad de personas que lo usaran.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Anderson Sánchez Jhon**, “Análisis de la Interacción Humano – Estructura en Puentes Peatonales de Santiago de Cali”, ISSN:0012-7353, 1ra Edición, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2013.
- [2] **Arias Gallegos Walter**, “Motivos del Desuso de Puentes Peatonales en Arequipa”, ISSN: 0864-3466, 1ra Edición, Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú, 2012.
- [3] **Asociación Doce**, “Qué es el Daltonismo y la Acromatopsia”, Obtenido de: <https://asociaciondoce.com/2015/11/05/que-es-el-daltonismo-y-la-acromatopsia/>
- [4] **Buenos Días Perú**, “Peligro público: Puente 'Rayito de sol' tiembla con el paso de peatones”, Obtenido de: [https://www.youtube.com/watch?v=NZCNaY\\_Nliq&t=3s](https://www.youtube.com/watch?v=NZCNaY_Nliq&t=3s)
- [5] **Ciencia y Cemento**, “Ley de Blondel”, Obtenido de: <http://wp.cienciaycemento.com/ley-de-blondel-comodidad-en-el-diseno-de-escaleras/>
- [6] **Congreso de la República del Perú**, “Ley N° 29973 Ley General de la Persona con Discapacidad”, Diario El Peruano, Lima, 2012.
- [7] **Consejo de Transporte de Lima y Callao (CTLC)**, “Análisis del Uso de Puentes Peatonales en el Área Metropolitana de Lima y Callao”, Informe 01, MTC, Lima, 2011.
- [8] **Consejo de Transporte de Lima y Callao (CTLC)**, “El Rol De Los Puentes Peatonales En Las Vías Urbanas De Lima y Callao”, MTC, Lima, 2008.

- [9] **Consejo Nacional de Fondo Educativo**, “Discapacidad Visual”, 1ra Edición, Consejo Nacional de Fondo Educativo, México D.F., México, 2010.
- [10] **Consejo Nacional de Integración de la Persona con Discapacidad CONADIS**, “NTE. A. 060.- Adecuación Arquitectónica Para Limitados Físicos”, MIMDES, Lima, 2001.
- [11] **Consejo Nacional de Integración de la Persona con Discapacidad CONADIS**, “NTE. U. 190 Adecuación Urbanística Para Limitados Físicos”, MIMDES, Lima, 2001.
- [12] **Corporación Ciudad Accesible Boudeguer & Squella ARQ**, “Manual de Accesibilidad Universal”, Santiago de Chile, Chile, 2010.
- [13] **Department of Justice**, “2010 ADA Standars for Accesible Design”, USA, 2010.
- [14] **Dextre Quijandria Juan Carlos - Avellaneda Pau**, “Movilidad en Zonas Urbanas”, 1ra Edición, Fondo Editorial PUCP, Perú, 2014.
- [15] **DGCF**, “Manual de Puentes”, Actualización Enero 2016, MTC, Lima, Perú, 2016.
- [16] **García Ramos Cecilia**, “Guía de Atención Educativa Para Estudiantes con Discapacidad Visual”, 1ra Edición, Instituto de Educación de Aguas Calientes, Aguas Calientes, México, s.f.
- [17] **Hernández Sampieri Roberto - Varios**, “Metodología de la Investigación”, 6ta Edición, Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, México D.F., México, 2014.

- [18] **Hidalgo Solórzano Elisa - Varios**, “Motivos de Uso y no Uso de Puentes Peatonales en la Ciudad de México: La Perspectiva de los Peatones”, ISSN: 0036-3634, 1ra Edición, Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, México, 2010.
- [19] **Instituto Nacional de Estadística e Informática**, “Primera encuesta nacional especializada sobre discapacidad”, INEI, Av. General Garzón N° 658, Jesús María, Lima, 2014.
- [20] **Jerez Castillo Sandra Milena – Torres Cely Ligia Pilar**, “Manual de Diseño de Infraestructura Peatonal Urbana”.
- [21] **José Antonio Agudelo Zapata**, “Cómo obtener las frecuencias fundamentales de una estructura con tu Smartphone”, Obtenido de: <http://estructurando.net/2014/06/23/como-obtener-las-frecuencias-fundamentales-de-una-estructura-con-tu-smartphone/>
- [22] **Martínez Bercardino Ciro**, “Estadística y muestreo”, 13ra Edición, Ecoe Ediciones, Bogotá, Colombia, 2012.
- [23] **Martínez de la Peña**, “¿y el Diseño de Señales para Personas con Discapacidad Visual?”, Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco, Xochimilco, México, 2008.
- [24] **Ministerio de Energía y Minas**, “Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011”, obtenido de <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>
- [25] **Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables**, “Guía Grafica de la Norma Técnica A.120”, Consejo Nacional Para la Integración de La Persona Con Discapacidad (CONADIS), Lima, Perú, 2014.
- [26] **Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción**, “Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor Para Calles y Carreteras”, Diario Oficial El Peruano, Miércoles 19 de Julio del 2000, Resolución Ministerial N° 210-2000-MTC/15.02, Lima, Perú

- [27] **Ministerio de Vivienda**, “Código Técnico de la Edificación (CTE) – Partes I y II”, España, Marzo 2006.
- [28] **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento**, “Norma A.120 Accesibilidad Para Personas Con Discapacidad y de Las Personas Adultas Mayores”, Viceministerio de Vivienda y Urbanismo, Lima, Perú, 2013.
- [29] **Minitab**, “ayuda del programa”, Version 18
- [30] **Museum Smithsonian**, “Smithsonian Guidelines for Accesible Exhibition Design”.
- [31] **Nel Quezada Lucio**, “Estadística Con SPSS 24”, Editora Macro EIRL, Setiembre 2017, Lima, Perú.
- [32] **Neufert Ernst**, “Arte de Proyectar en Arquitectura”, 14va Edición, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España, 1995.
- [33] **OMS**, “El Estado Físico: Uso e Interpretación de la Antropometría”, Informe 854, Oficina Publicaciones OMS, Ginebra, Suiza, 1995.
- [34] **OMS**, “Envejecimiento y ciclo de vida”, Obtenido de: <https://www.who.int/ageing/about/facts/es/>
- [35] **OMS-INERSO**, “Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías”, 2da Edición, Ministerio de Asuntos Sociales – Instituto Nacional de Servicios Sociales, Madrid, España, 1994.
- [36] **Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE)**, “Accesibilidad Para Personas con Ceguera y Deficiencia Visual”, ISSN: 84-484-0092-5, 1ra Edición, ONCE, Madrid, España, 2003.

- [37] **PTV GROUP**, “Seminario en línea: Viswalk 7”, Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=0CL-ab7X3Ps>, minuto 13, 2014.
- [38] **Ramirez V Augusto**, “Antropometría del Trabajador Minero de la Altura”, ISSN 1025-5583, 1ra Edición, Anales de la Facultad de Medicina UNMSM, Lima, Perú, 2006.
- [39] **Reglamento Nacional de Edificaciones**, “Reglamento Nacional de Edificaciones”, CAP, Lima, Perú, 2012.
- [40] **Rodríguez Hernández Jorge**, “Medidas de Prevención Primaria Para Controlar Lesiones y Muertes de Peatones y Fomentar la Seguridad Vial”, ISSN:0124-0064, 1ra Edición, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2013.
- [41] **Samira Asgardi – Soumya Raychaudhuri**, “Study of short Peruvians reveals new gene with a major impact on height”, Obtenido de: <https://www.sciencemag.org/news/2018/05/study-short-peruvians-reveals-new-gene-major-impact-height/>
- [42] **Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI)**, “Manual Técnico de Accesibilidad”, 1ra Edición, SEDUVI, México D.F., México, 2012.
- [43] **Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del D.F.**, “Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D.F., México, 2011.
- [44] **Spiegel Murray – Stephens Larry**, “Estadística”, 4da Edición, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, México D.F., México, 2009.
- [45] **The City of Toronto**, “Accessibility Design Guidelines”, City of Toronto, Toronto, Canada 2004.

- [46] **Uchasara Huarachi Marylin** “Predicción de la demanda de transporte público en intersecciones viales mediante redes neuronales”, UNI - FIC, Lima, Perú, 2017.
  
- [47] **V. Zegeer, Charles y Seiderman, Cara.** “Pedestrian Facilities Users Guide”, U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration, University of North Carolina, Carolina del Norte, USA, 2002
  
- [48] **Wikipedia,** “Antropometría”, Obtenido de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Antropometr%C3%ADa>
  
- [49] **Wikipedia,** “Daltonismo”, Obtenido de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Daltonismo>
  
- [50] **Zubcoff Jose Jacobo,** “Kolmogorov-Smirnov”, Obtenido de: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/21298/1/Problema5 del tema T3-4.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/21298/1/Problema5_del_tema_T3-4.pdf)

## ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta Nacional Discapacitados 2013

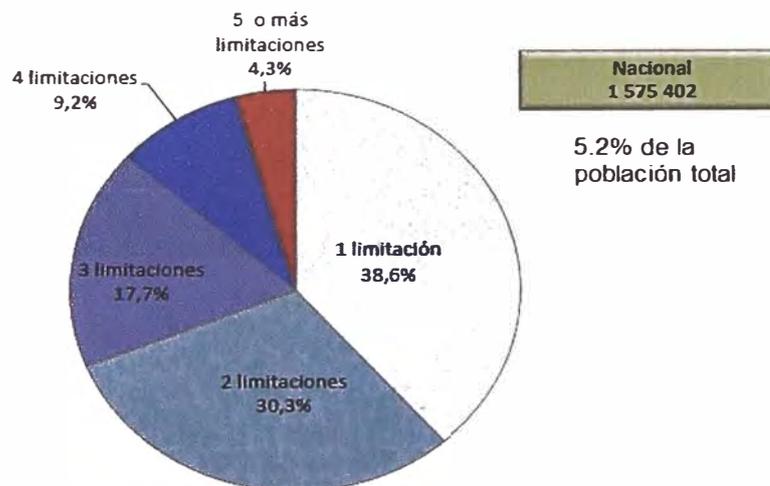
Fuente (INEI, 2013)

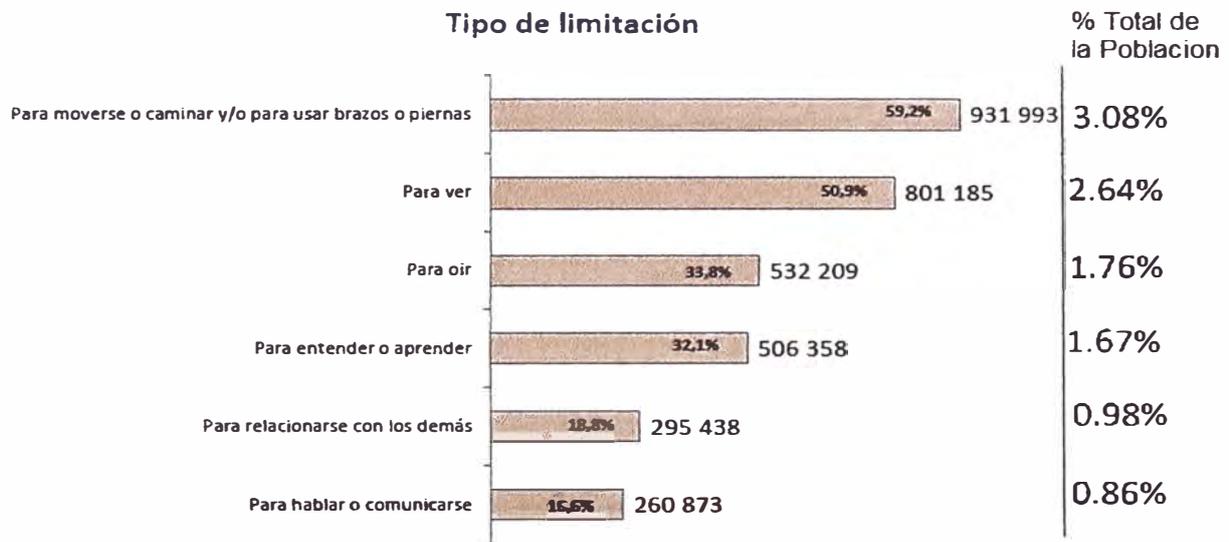
#### Personas con alguna discapacidad



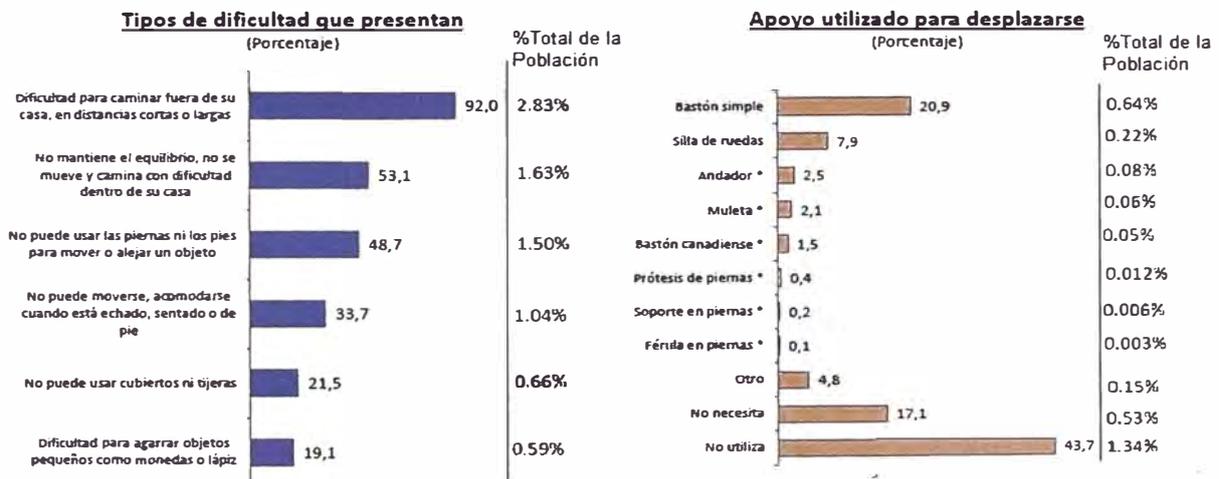
#### LIMITACIONES PERMANENTES DE LAS PERSONAS

#### Personas con discapacidad según número de limitaciones que las afecta



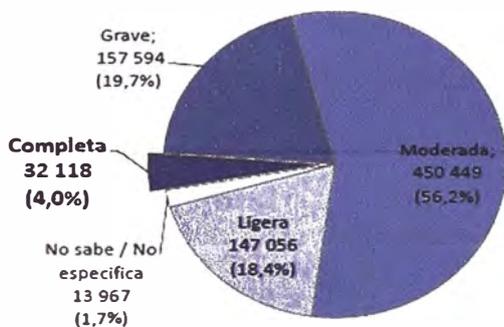


**932 mil personas con limitación en forma permanente para moverse o caminar y/o para usar brazos o piernas**



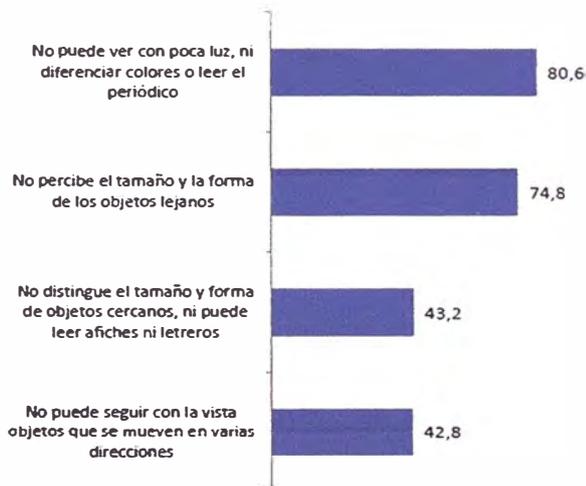


**801 mil personas con limitación de forma permanente para ver, aún usando anteojos**



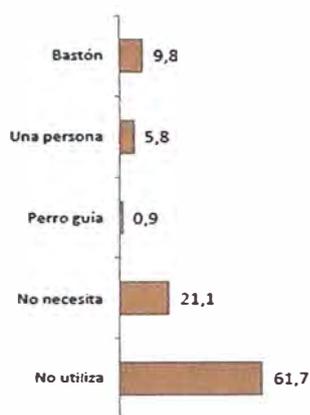
Severidad de la limitación

**Tipos de dificultad que presentan**  
(Porcentaje)



**Personas con limitación de forma permanente para ver, aún usando anteojos**

**Apoyo utilizado para desplazarse**  
(Porcentaje)



**Origen de la limitación**  
(Porcentaje)



## Anexo 2. Braille

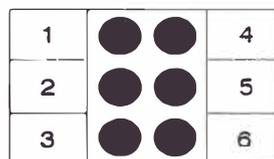
Fuente (Ministerio de Educación Chile, 2007)

Fuente (Consejo Nacional de Fomento, 2010)

Fuente (ONCE, 2007)

El sistema Braille consta de seis puntos en relieve (signo generador) cuya combinación forma todas las letras del alfabeto, los signos matemáticos y notas musicales.

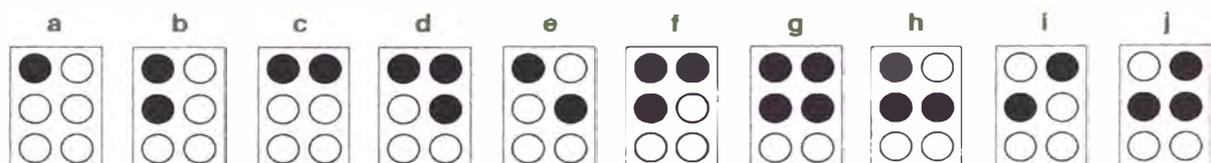
La distribución y tamaño de los puntos se diseñaron y por ello se pueden percibir en el cerebro de forma global.



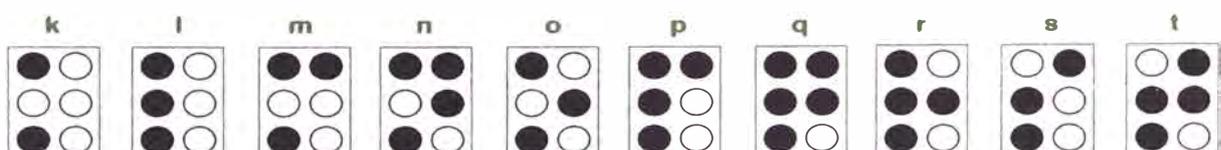
A partir de seis posiciones se pueden lograr 64 combinaciones distintas para las letras o signos. El sistema Braille se diseñó originalmente en series de 10 caracteres cada una, con la combinación de algunos puntos (por ejemplo, la primera serie toma en cuenta los cuatro puntos superiores).

Cada serie retoma la serie anterior y agrega más puntos. A continuación se señalan las tres primeras series en las cuales se encuentra el abecedario en español, y más adelante se agregan las letras y signos no incluidos en las series que se utilizan actualmente en el idioma español

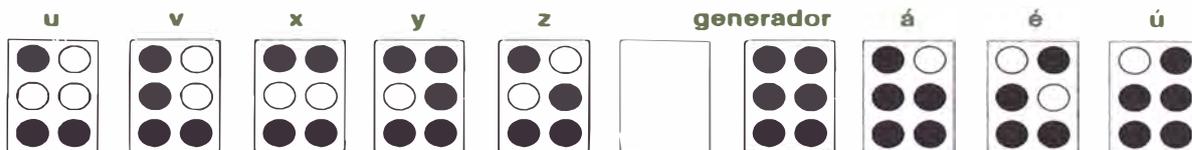
### Primera serie



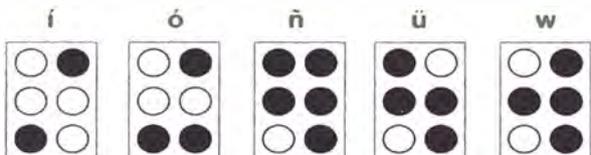
### Segunda serie: Se añade el punto 3



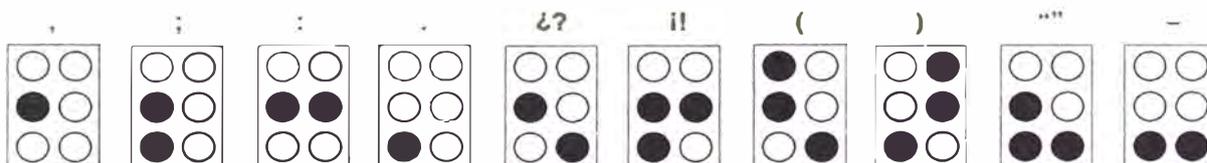
Tercera serie: Se añade a la segunda serie el punto 6



Letras faltantes en las anteriores tres series:



Signos ortográficos



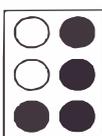
Por lo general, para cada letra o signo se utiliza sólo un cuadratín o cajetín, es decir, un rectángulo vertical que puede albergar los seis puntos.

Prefijos y números

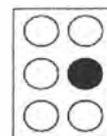
A fin de contar con más símbolos, se crearon los prefijos: signos que modifican al signo que preceden, es decir, mayúscula, minúscula y número.



Signo de mayúscula



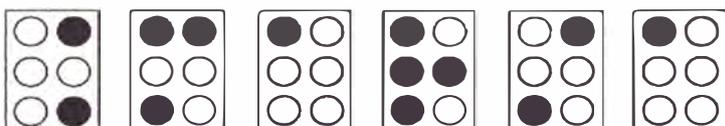
Signo de número



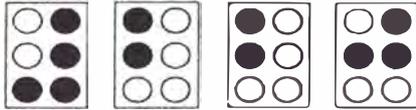
Signo de minúscula

Ejemplo:

**Maria**



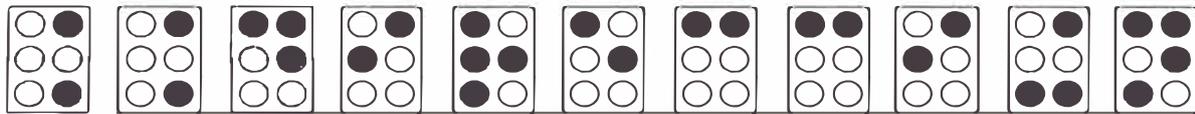
220



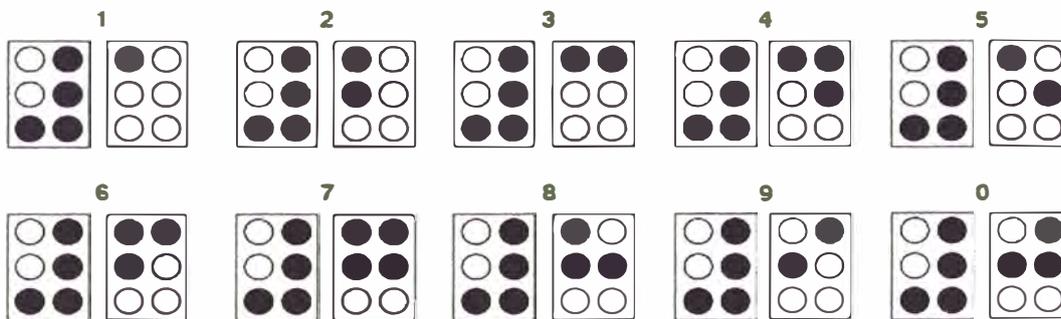
El signo de mayúscula modifica a la letra inmediata posterior. Si se desea colocar toda la palabra en mayúsculas, se tendrá que poner doble signo de mayúscula.

Ejemplo:

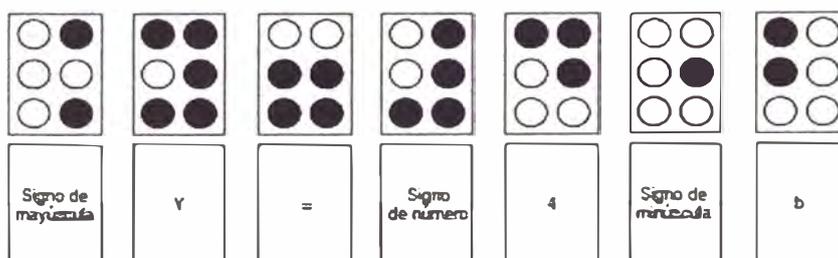
DIRECCIÓN



Los números en sistema Braille corresponden a las 10 primeras letras del alfabeto, pero siempre precedidos por el signo de número.

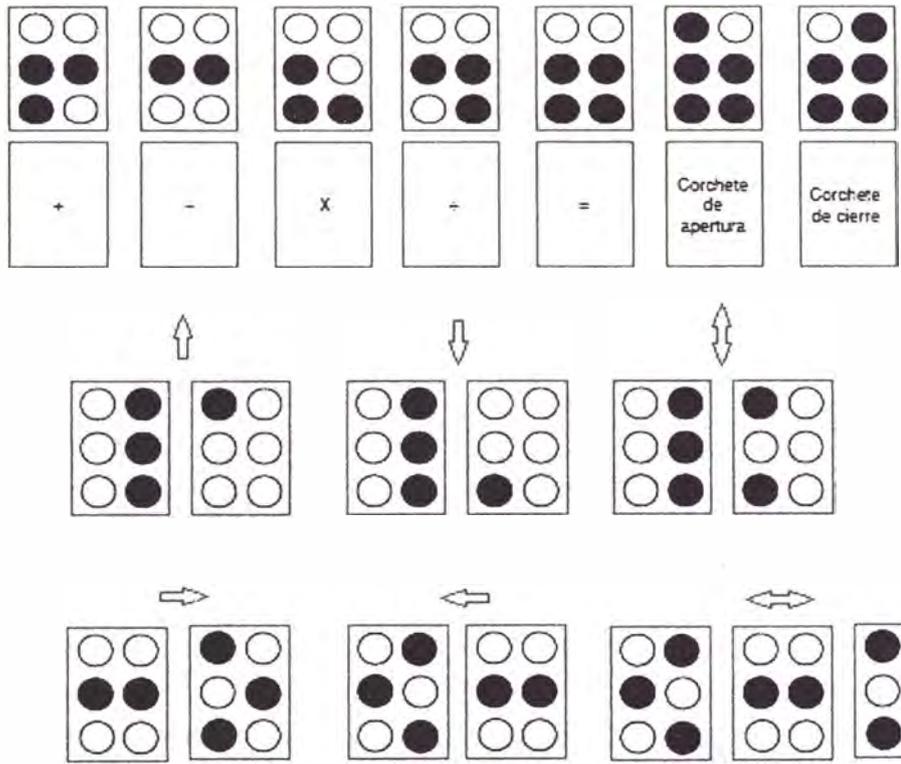


El signo de minúscula se usa sólo en casos de posible confusión, por ejemplo:



De no haber puesto el signo de minúscula se hubiera leído Y=42.

## Signos matemáticos



### Anexo 3

#### Ejemplo Kolmogorov (Zubcoff, 2012)

Las tallas, medida en metros, de nueve peces espada capturados por un pescador fueron: 1,628, 1,352, 1,800, 1,420, 1,594, 2,132, 1,614, 1,924 y 1,692. Comprobar si los datos siguen una distribución Normal.

#### 1.1. Resolución: método K-S

Planteamiento del contraste:

$$\left. \begin{array}{l} H_0 : \text{la variable } X \text{ se ajusta a una normal} \\ H_1 : \text{la } H_0 \text{ no es cierta} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \rightarrow \beta \\ \rightarrow \alpha = 0,05 \end{array}$$

Utilizaremos el método de Kolmogorov-Smirnov para resolver el contraste de bondad de ajuste. Para ello es necesario estimar la media ( $\bar{x}$ ) y desviación típica (s) a partir de los datos de la muestra.

Pasos a seguir para construir la tabla:

- La columna con los valores de  $x_i$  debe estar ordenada de menor a mayor
- La Función de Distribución  $F_i$  se calcula acumulando las equiprobabilidades individuales  $\frac{i}{n}$
- La siguiente columna,  $z_i$  se obtiene tipicando ( $z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$ ) a partir de los valores de  $x_i$
- $\varphi(z_i)$  se busca en la tabla de la normal estándar (z)
- Las últimas dos columnas ( $|F_i - \varphi(z_i)|$  o  $|F_{i-1} - \varphi(z_i)|$ ) son las distancias calculadas entre los valores de probabilidad acumulada y los valores teóricos (o el valor teórico acumulado anterior)

Finalmente, solo tenemos que buscar el máximo en alguna de las últimas dos columnas

#### 1.1 Resolución: método K-S

$$\bar{x} = 1,684$$

$$s = 0,242$$

$X_i$	$F_i$	$Z_i$	$\phi(Z_i)$	$ F_i - \phi(Z_i) $	$ F_{i-1} - \phi(Z_i) $
1,352	0,11	-1,372	0,085	0,026	0,085
1,42	0,22	-1,091	0,138	0,085	0,027
1,594	0,33	-0,372	0,355	0,022	0,133
1,614	0,44	-0,289	0,386	0,058	0,053
1,628	0,56	-0,231	0,409	0,147	0,036
1,692	0,67	0,033	0,513	0,153	0,042
1,8	0,78	0,479	0,684	0,094	0,017
1,924	0,89	0,992	0,839	0,050	0,062
2,132	1,00	1,851	0,968	0,032	0,079

Cuadro 1 Kolmogorov

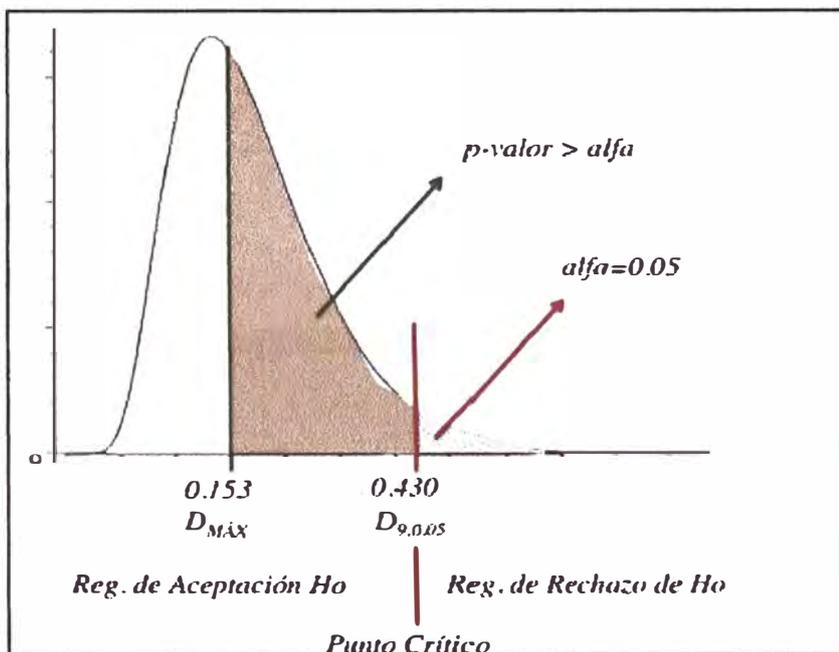


Figura 1 Punto crítico, p-valor y zonas de aceptación y rechazo de H<sub>0</sub>.

Si  $\max(|F_i - \phi(z_i)| \text{ o } |F_{i-1} - \phi(z_i)|) < D_{n,\alpha} \Rightarrow$  No Rechazo H<sub>0</sub> para  $\alpha=0,05$

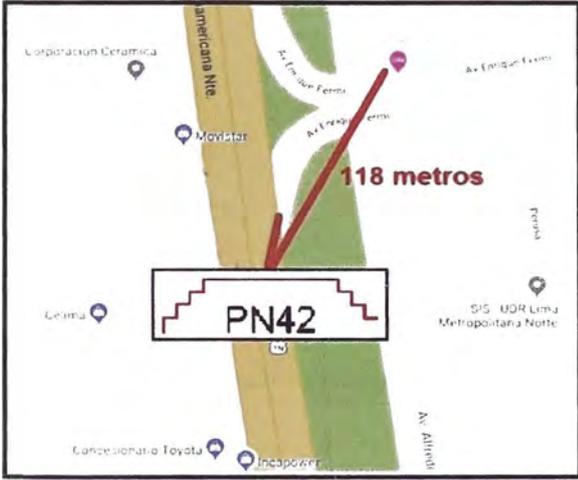
$0,153 < D_{9, 0,05} = 0,430 \Rightarrow$  No Rechazo H<sub>0</sub> para  $\alpha = 0,05$

$p\text{-valor} > \alpha$

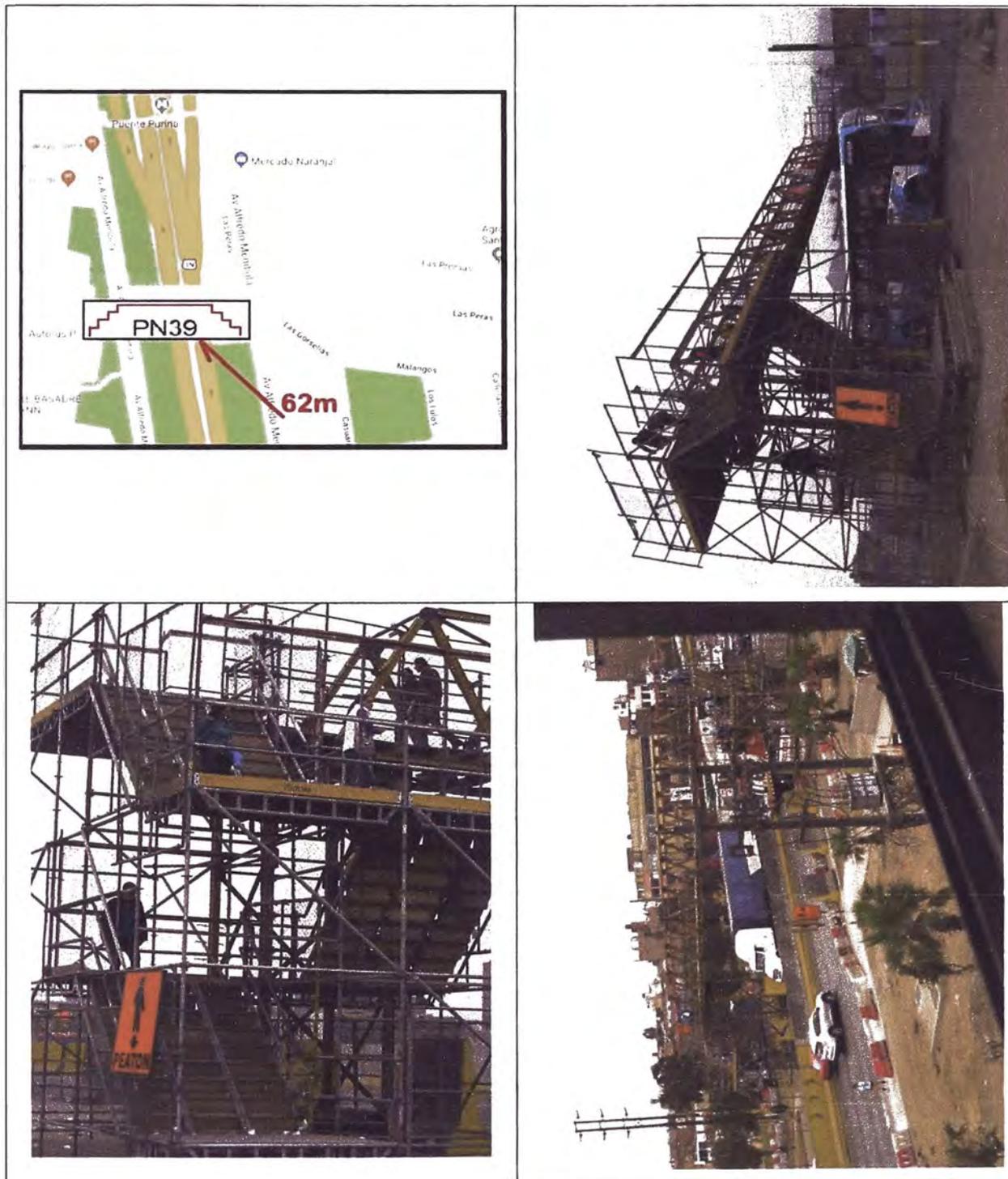
**Por tanto, los datos nos indican que NO debemos rechazar o no hay evidencia estadística suficiente para rechazar H<sub>0</sub>, es decir la variable X se ajusta a una distribución normal.**

## Anexo 4. Fichas Puentes

### Puente Celima – Trébol (PN42)

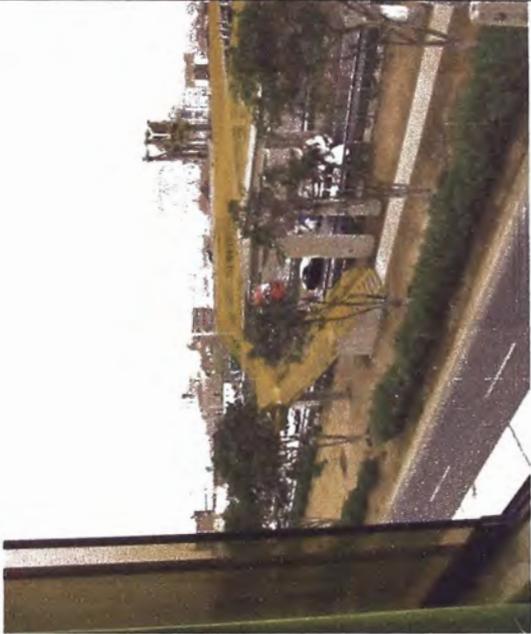
	
	
<p>Fecha y horario de toma de datos: 14/04/2017 entre 2 y 6 de la tarde. Ubicación: Panamericana Norte Km 13+637, entre Av. Fray Bartolomé de las Casas y Av. Enrique Fermi (E 275669,N 8671090). Distancia del punto de observación: 118 m. Tipo de Puente: Metálico. Altura de Grada: 18 cm</p>	

### Puente Temporal Naranjal (PN39)

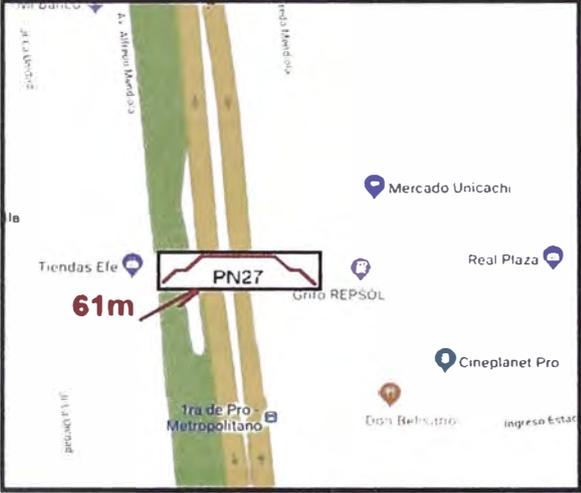
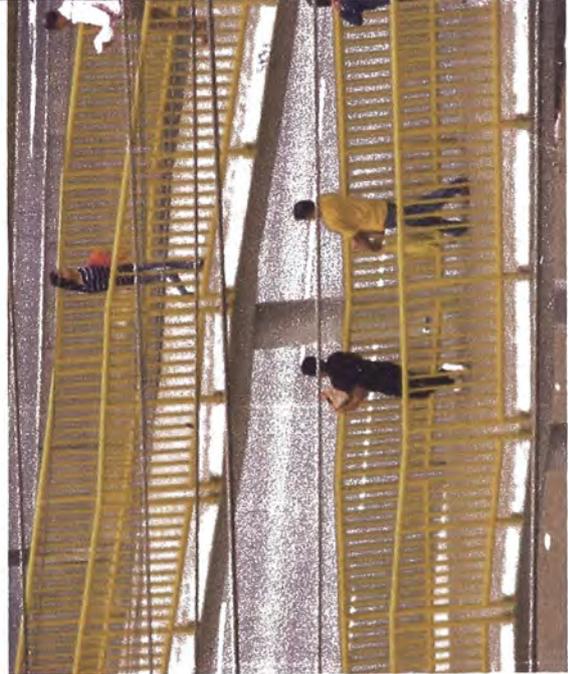


Fecha y horario de toma de datos: 24/11/2015 entre 6 y 10 del mediodía  
Ubicación: Panamericana Norte Km 17+177, entre las calles Las Peras y calle Rubiares (E 275102, N 8674590)  
Distancia del punto de observación: 62 m.  
Tipo de Puente: Metálico y madera.  
Altura de Grada: 22,5 cm

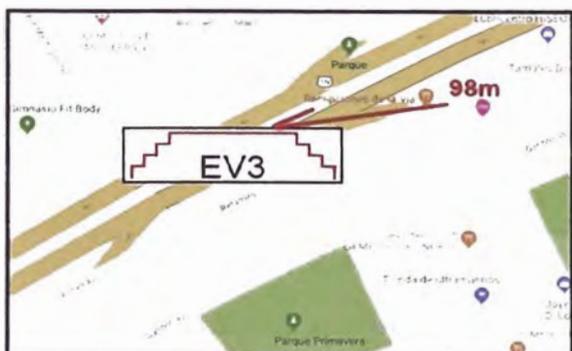
### Puente Concreto Naranjal (PN38)

	
	
<p>Fecha y horario de toma de datos: 07/08/2017 entre 6 y 10 de la mañana Ubicación: Panamericana Norte Km 17+356, entre las calles Las Prensas y la fábrica Purina (E 275076, N 8674772) Distancia del punto de observación: 58 m. Tipo de Puente: Concreto Altura de Grada: 16 cm</p>	

### Puente Real Plaza (PN27)

	
	
<p>Fecha y horario de toma de datos: 12/11/2017 entre 4 y 6:30 de la tarde y 13/11/2017 entre 6 y 10 de la mañana</p> <p>Ubicación: Panamericana Norte Km 21+905, frente Real Plaza (E 275076, N 8674772)</p> <p>Distancia del punto de observación: 61 m.</p> <p>Tipo de Puente: Concreto.</p> <p>Pendiente: 7.5 %</p>	

### Puente Primavera (EV3)



Fecha y horario de toma de datos: 23/06/2016 entre 2 y 4 de la tarde

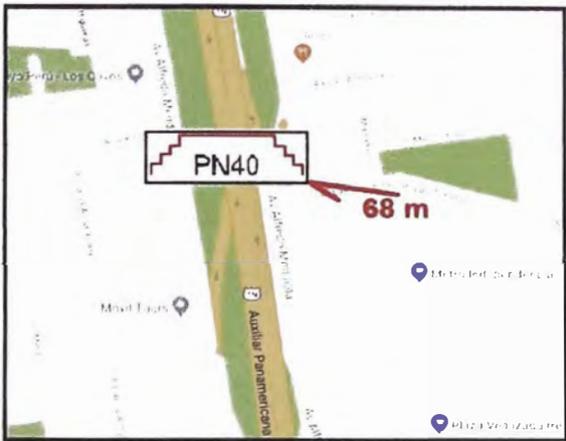
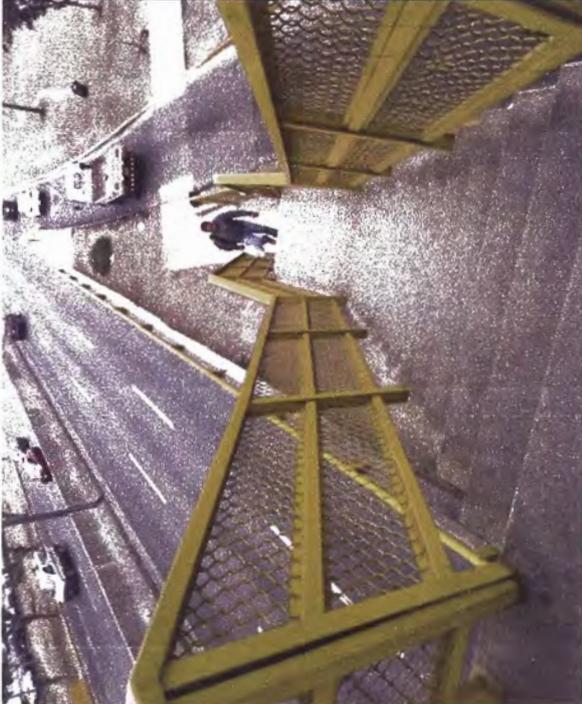
Ubicación: Vía de Evitamiento Km 5+452, Entre Calle los Geranios y Calle Amatistas, cerca de Puente Nuevo (E 281530, N 8669023),

Distancia del punto de observación: 98 m.

Tipo de Puente: Metal.

Altura de Grada: 17 cm

### Puente Volvo (PN 40)

	
	
<p>Fecha y horario de toma de datos: 27/06/2018 entre 6 y 10 de la mañana Ubicación: Panamericana Norte Km 16+617, frente a Distribuidor Volvo entre Av. Las Almendras y Av. Las Acarinas (E 275188, N 8674070) Distancia del punto de observación: 78 m. Tipo de Puente: Concreto. Altura de Grada: 19 cm</p>	

### Puente Concreto Naranjal (PN38)

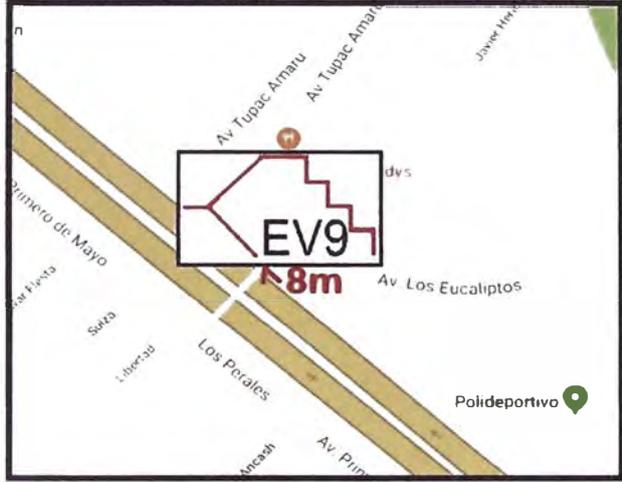
	
	
<p>Fecha y horario de toma de datos: 25/06/2018 entre 6 y 10 de la mañana Ubicación: Panamericana Norte Km 17+356, entre las calles Las Prensas y la fábrica Purina (E 275076, N 8674772) Distancia del punto de observación: 64 m. Tipo de Puente: Concreto. Pendiente: 8%</p>	



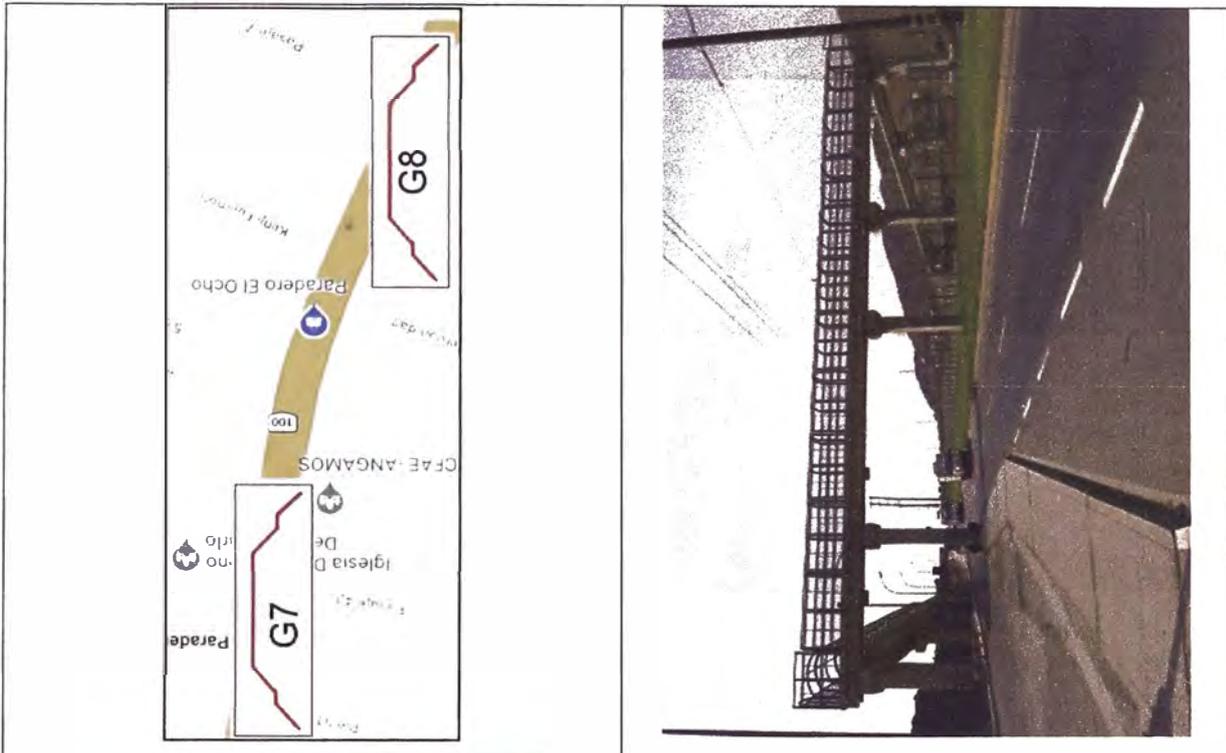
### Puente Megaplaza (PN41)

	
	
<p>Fecha y horario de toma de datos: 30/08/2018 entre 7 y 10 de la mañana Ubicación: Panamericana Norte , Frente a Megaplaza (E 275327 , N 8673217) Distancia del punto de observación: 144 m. Tipo de Puente: Concreto. Altura de Grada: 17cm</p>	

### Puente Ancash (EV9)

	
	
<p>Fecha y horario de toma de datos: 23/08/2018 entre 7 y 10 de la mañana Ubicación: Vía de Evitamiento, entre las Av. Túpac Amaru y Av. Los Eucaliptos. (E 284338, N 8667428) Distancia del punto de observación: 5 m. Tipo de Puente: Concreto. Altura de Grada: 17 cm</p>	

### Puentes Gambeta (G7, G8)



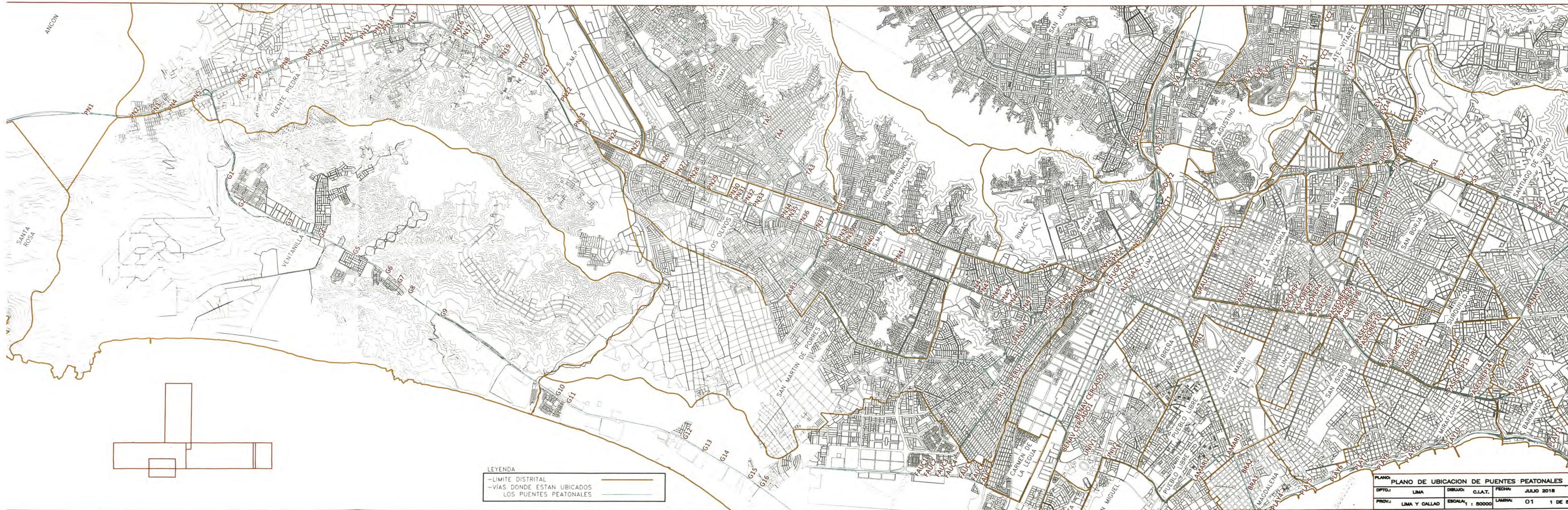
Fecha y horario de toma de datos: 08/10/2018 entre 6 y 10 de la mañana

Ubicación: Gambeta paradero 8

Distancia del punto de observación: 200 m.

Tipo de Puente: Concreto.

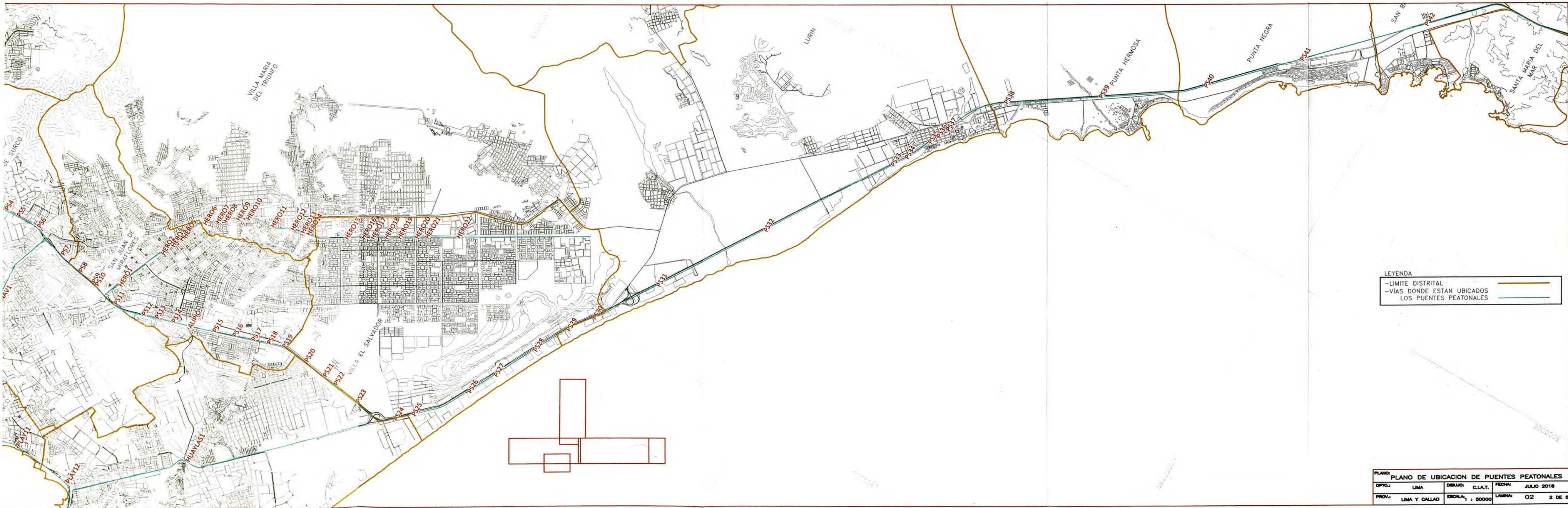
Altura de Grada: 17 cm



LEYENDA

- LIMITE DISTRITAL
- VIAS DONDE ESTAN UBICADOS LOS PUENTES PEATONALES

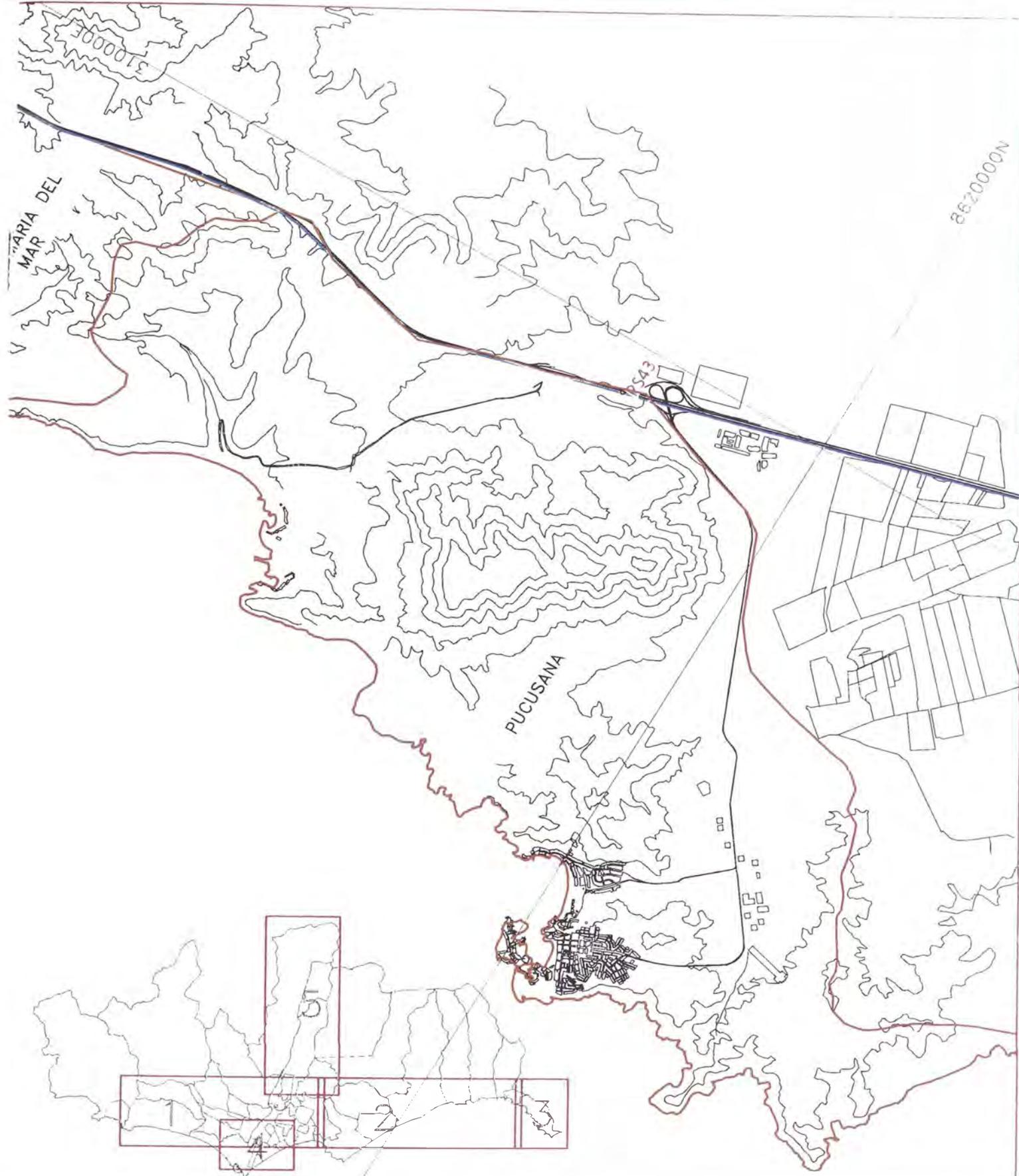
PLANO: PLANO DE UBICACION DE PUENTES PEATONALES  
 DPTO.: LIMA DIBUJO: C.I.A.T. FECHA: JULIO 2018  
 PROV.: LIMA Y CALLAO ESCALA: 1 : 50000 LAMINA: 01 1 DE 5



LEYENDA

- LÍMITE DISTRITAL
- VÍAS DONDE ESTAN UBICADOS LOS PUEBLES PEATONALES

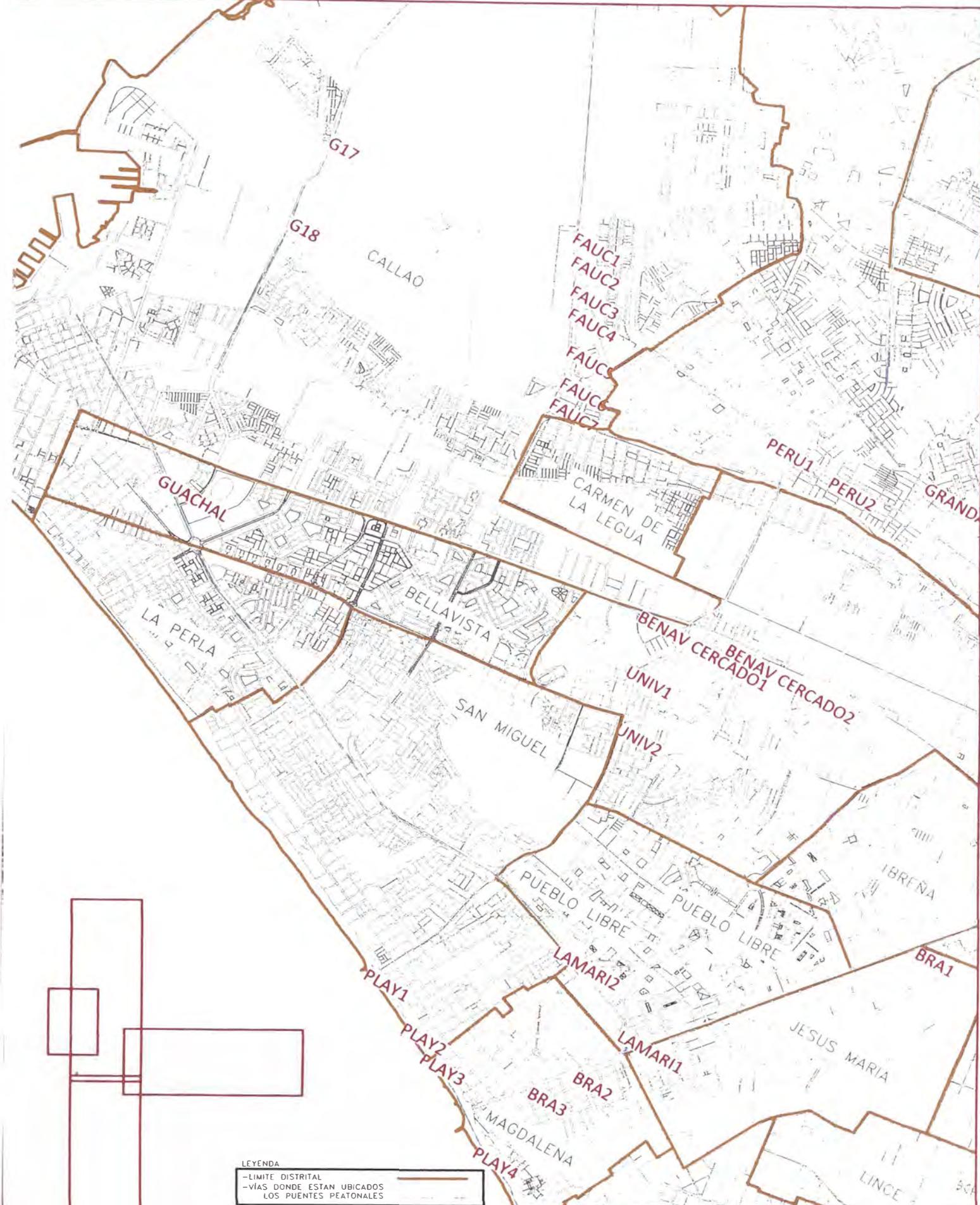
PLANO: PLANO DE UBICACION DE PUEBLES PEATONALES			
DPTO.:	LIMA	DIBUJO:	C.I.A.T.
PROV.:	LIMA Y CALLAO	ESCALA:	1 : 50000
		FECHA:	JULIO 2018
		LAMINA:	02 2 DE 5



LEYENDA

-LIMITE DISTRITAL	
-VÍAS DONDE ESTAN UBICADOS LOS PUENTES PEATONALES	

PLANO:			
PLANO DE UBICACION DE PUENTES PEATONALES			
DPTO.:	LIMA	DIBUJO:	C.I.A.T.
FECHA:	JULIO 2018	ESCALA:	1 : 50000
PROV.:	LIMA Y CALLAO	LAMINA:	03 3 DE 5

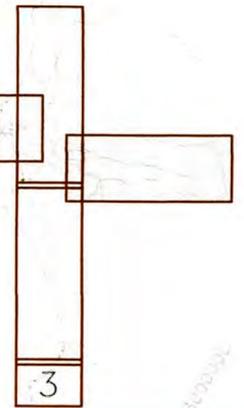


LEYENDA  
 -LIMITE DISTRITAL  
 -VIAS DONDE ESTAN UBICADOS  
 LOS PUENTES PEATONALES

<b>PLANO:</b> PLANO DE UBICACION DE PUENTES PEATONALES			
<b>DPTO.:</b>	LIMA	<b>DIBUJO:</b>	C.I.A.T.
<b>PROV.:</b>	LIMA Y CALLAO	<b>ESCALA:</b>	1 : 50000
		<b>FECHA:</b>	JULIO 2018
		<b>LAMINA:</b>	04 4 DE 5



LEYENDA  
 - LIMITE DISTRITAL  
 - VÍAS DONDE ESTAN UBICADOS LOS PUENTES PEATONALES



PLANO: PLANO DE UBICACION DE PUENTES PEATONALES			
DPTO.: LIMA	DIBUJO: C.I.A.T.	FECHA: JULIO 2018	
PROV.: LIMA Y CALLAO	ESCALA: 1 : 50000	LAMINA: 05	5 DE 5