



#### ANEJO 4: Estudio de velocidades



ÍNDICE

1. OBJETO DE ESTUDIO ..... 3

2. TRABAJO DE CAMPO ..... 3

2.1. FREERIDE DE SANT MATEU .....3

2.1.1. Informe previo a la visita al Freeride de Sant Mateu .....3

2.1.2. Informe posterior a la visita al Freeride de Sant Mateu .....5

2.2. REUNIÓN CON RIDERSFLY .....7

2.3. FREERIDE DE XERT .....7

3. TRATAMIENTO DE DATOS ..... 8

3.1. OBTENCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS CIRCUITOS.....8

3.2. OBTENCIÓN DE LAS VELOCIDADES DE LOS RIDERS .....10

3.2.1. Consideraciones previas .....10

3.2.2. Registro manual .....11

3.2.3. Registro en vídeo .....11

3.2.4. Listado de velocidades tomadas.....12

4. PREPARACIÓN DEL MODELO DE VELOCIDADES ..... 20

4.1. OBTENCIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN .....21

4.2. MODELO DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN.....30

4.2.1. Modelo de velocidades para curvas .....30

4.2.2. Modelo de velocidad máxima para rectas .....35

4.2.3. Tasas de aceleración y deceleración .....39

5. PERFILES DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN ..... 41



## 1. OBJETO DE ESTUDIO

Tal y como se explica en el Anejo 3, para poder adaptar la infraestructura a los usuarios, se ha realizado un modelo de velocidades aproximado. El matiz “aproximado” no es una cuestión baladí, es importante no obviar que la preparación de un modelo de velocidades que forma parte de un trabajo académico de grado universitario va a contar con una incertidumbre muy elevada. Más aún, teniendo en cuenta que se trata de una población de la cual no se tiene datos previos al respecto.

Por esta razón, en el presente trabajo, lo que se pretende es acotar el alcance de este modelo a unos límites que nos permitan reducir la incertidumbre y, de esta forma, que nos sirva para el objetivo que se le ha planteado. En este sentido, este Anejo está estrechamente relacionado con el apartado 4 del Anejo 3, en donde se realiza un primer tanteo del diseño geométrico para conocer cuáles son estos límites a los que amoldarse.

Al final del anejo, se incluyen los perfiles de velocidad de operación de las distintas alineaciones que forman el Longboard Park, así como las consideraciones que se han tenido para realizarlos.

## 2. TRABAJO DE CAMPO

Como ya se explica en Anejo 1, una parte fundamental de este deporte son los freerides. El equipo deportivo Ridersfly organiza diversos eventos que tienen muy buena acogida entre la comunidad longboarder en España e incluso fuera de ella. Durante el proceso de elaboración de este estudio de soluciones, Ridersfly organizó dos eventos. El Freeride de Sant Mateu, que cerraba la temporada en España y el Freeride de Xert, que la abría.

Ambos eventos consistieron en el cierre de un tramo de carretera de montaña poco transitada durante dos días seguidos en horario diurno para que alrededor de un centenar de riders pudiese realizar descensos a lo largo del día.

La labor que se desempeñó en estos eventos fue, por una parte, recoger datos del mundo del longboard para poder elaborar la elección del emplazamiento y otras cuestiones que se recogen en el Anejo 1 y, por otra parte, conseguir un muestreo de velocidades de los riders a lo largo de ambos circuitos para la elaboración del modelo de velocidades y datos que permitan establecer otros criterios de diseño.

### 2.1. Freeride de Sant Mateu

Sant Mateu es una localidad de casi 2000 habitantes que se emplaza en la comarca del Baix Maestrat, al norte de la provincia de Castellón. Es un municipio que ha acogido muy bien en los últimos años la realización de este tipo de eventos.

El circuito elegido para la realización del evento es un tramo de la carretera que une la Ermita de la Mare de Déu dels Àngels con el municipio de 1,2 Km. Se define como un circuito apto para la práctica del downhill y del freeride y se estima una velocidad máxima de 70/80 Km/h.

El evento tuvo lugar el fin de semana del sábado 29 y domingo 30 de octubre de 2016. A pesar de estar tratando desde junio de 2016 diversas cuestiones de la elaboración de este TFG, para esta fecha aún no se contaba con la suficiente información como para realizar un muestreo eficiente de velocidades (a diferencia de como ocurrió en el Freeride de Xert). No obstante, esta visita de campo resultó de gran utilidad para analizar el comportamiento de los riders durante los descensos y para conocer más de cerca a la comunidad longboarder.

A continuación, se adjunta el informe que se preparó previo al evento en el que se marcaban los objetivos para este. Tras esto, se adjunta el informe que se redactó tras el evento y que repasa los objetivos planteados.

#### 2.1.1. Informe previo a la visita al Freeride de Sant Mateu

El objetivo del fin de semana es conseguir la mayor cantidad de información posible para definir unos criterios de diseño de las pistas a diseñar. **Se divide en 3 objetivos:**

1. Obtención de perfil de velocidades.
2. Definir las características de trazado de los circuitos para cada nivel
3. Definir las condiciones de trazado de un circuito para ser de competición

##### 1. OBTENCIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDADES

Este perfil se obtendrá de dos formas.

**La primera** será instalando la aplicación móvil “skitude” (aún en fase de pruebas) a un par de dispositivos móviles para medir el perfil de velocidad de los riders que se ofrezcan como voluntarios. Si la ubicación de los dispositivos funciona, no debería de fallar.

**La segunda** es hablar con los riders que tengan herramientas para analizar estos datos y conseguir su contacto para que puedan cederme esa información.

Tras esto, la **semana siguiente el trabajo será el de procesar los datos**. El formato de la información de la aplicación “skitude” es en *track*.

##### 2. DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS DE TRAZADO DE LOS CIRCUITOS PARA CADA NIVEL

Esta información se obtendrá de dos formas. La primera será a través de dos entrevistas a un miembro de **la Long School** (única escuela consolidada de longboard de España) y al responsable de **Ridersfly**, la entidad organizadora del evento. La **segunda** analizando el comportamiento de los riders según el nivel que dicen tener que se registraría en un formulario.

Con respecto a las entrevistas, el objetivo con el miembro de la Long School es conocer los niveles de dificultad con los que trabajan y cuáles son sus criterios para definir la frontera entre estos. Además, saber si estos están estandarizados de alguna forma. Se sabe que llevan niveles y que, de hecho, los riders de distintos niveles se diferencian por un código de color.

Con el responsable de **Ridersfly** convendría averiguar si para el evento se ha realizado alguna

limitación por niveles y si esta está estandarizada. Conocer las medidas de seguridad empleadas y que puedan aplicarse al longboard park (como pueden ser las balas de paja, neumáticos, señalización vertical o marcas viales).

En ambos casos, el objetivo es intentar conducir la determinación de niveles al tipo de trazado. Probablemente, la delimitación de los niveles la definan en función de la habilidad del rider. No obstante, al igual que ocurre en las estaciones de esquí o en los bike parks, existe una relación entre la habilidad del usuario y la dificultad de la pista/circuito.

### 3. DEFINIR LAS CONDICIONES DE TRAZADO DE UN CIRCUITO PARA SER DE COMPETICIÓN

Uno de los objetivos para el longboard park es conseguir que este cuente con un circuito de competición. Normalmente estos suelen ser de Downhill. La Federación Internacional de Downhill reconoce estos como circuitos internacionales:



Figura 1 - Mapa de los circuitos que forman la Word Cup Tour de 2015-16

Entre ellos está Salzadella. El evento de Salzadella, cuando se ha organizado, ha sido por **Ridersfly**, por lo que la mayor información sobre este tema la puede proporcionar el responsable de esta marca.

Probablemente no exista una homologación concreta y bien definida. Pero es muy posible que se guíen por número de curvas, pendiente de la rasante, radio de las curvas, longitud del tramo, etc. La mayor información posible será bienvenida.

De la misma forma que en el apartado anterior, se ha de intentar relacionar con las características de trazado de la mejor forma posible.

También se ha de preguntar sobre las características que diferencian un circuito ideal de **freeride** y uno ideal de **downhill**. Este es un tema que pertoca a ambos objetivos, pero que no se ha de pasar por alto.

#### TAREAS A REALIZAR PARA LA CONSECUCCIÓN DE ESTOS OBJETIVOS

1. Entrevistas

- 1.1. **Entrevista a Bipo (Long School)**. Concertar hora
- 1.2. **Entrevista a Sergio Sebastia (Ridersfly)**. Al finalizar la jornada del viernes a las 19:00
- 1.3. **Entrevista a los riders que se presten a hacer la prueba para modelizar su perfil de velocidades**. En los descansos para Comida
- 1.4. **Entrevista genérica a riders**. A lo largo de todo el evento
2. **Trabajo de modelización de velocidad**. En el horario de Freeride de la tarde
3. **Fotos y videos de las bajadas de los riders en varios puntos del trazado**. En el horario de freeride de la mañana
4. **Mediciones in situ, si procede, del trazado en los puntos clave**. En el horario de freeride de la mañana

| V FREERIDE SANT MATEU                                         |                                                                                                                      |                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Viernes 28                                                    | Sábado 29                                                                                                            | Domingo 30                                                                               |
| 20:00-21:00h<br>Entrega pulseras<br>en la plaza de Sant Mateu | 8:30h Entrega pulseras<br>en el merendero.<br>9:30h-13:30 Freeride<br>13:30h-15:00h Comida<br>15:00h-19:00h Freeride | 9:00h-13:30h Freeride<br>13:30h-15:00h Comida<br>15:00h Sorteo<br>15:00h-19:00h Freeride |

Figura 2 - Horarios del V Freeride Sant Mateu (2016)

#### MATERIAL DE TRABAJO

Para tarea 1.

**2 tablets con la batería totalmente cargada y cargador**. Con los formularios cargados en estas. Para el modelo de entrevista 3 y 4

**1 libreta de tamaño folio y estuche**. Para entrevista con Bipo y Sergio

**1 grabadora o móvil con grabadora**. Para entrevista con Bipo y Sergio

**Documento impreso con fotos de tramos de carretera para clasificación de dificultad**. Para entrevista de Bipo y Sergio

Para tarea 2.

**2 (o más) dispositivos con la aplicación skitude**

**Libreta para anotar contactos a los que pedir los Tracks o los gpx**

**Batería portátil grande para cargar los dispositivos**

Para tarea 3.

**Cámara de fotos de buena calidad**. Si no, la del móvil.

Para tarea 4.

Cinta métrica

Nivel de alta precisión

## 2.1.2. Informe posterior a la visita al Freeride de Sant Mateu

El fin de semana del 28 al 30 tuvo lugar el evento de freeride que se da anualmente en el municipio de Sant Mateu. El objetivo para este fin de semana era conseguir la mayor cantidad de información posible para comenzar a eliminar la incertidumbre que gira en torno a los criterios de diseño y los criterios para la elección del emplazamiento.



Figura 3 - Cartel del V Freeride Sant Mateu (2016)

Objetivos inicialmente planteados:

4. Obtención de perfil de velocidades.
5. Definir las características de trazado de los circuitos para cada nivel
6. Definir las condiciones de trazado de un circuito para ser de competición

Transcurso del fin de semana

La función del evento consistía en habilitar un tramo de 1,2km de carretera local para que los riders que se habían inscrito (alrededor de 100) pudiesen hacer descensos en condiciones de seguridad. No había competición.

Los horarios del freeride fueron estos:

| Viernes 28                                                    | Sábado 29                                                                                                            | Domingo 30                                                                               |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20:00-21:00h<br>Entrega pulseras<br>en la plaza de Sant Mateu | 8:30h Entrega pulseras<br>en el merendero.<br>9:30h-13:30 Freeride<br>13:30h-15:00h Comida<br>15:00h-19:00h Freeride | 9:00h-13:30h Freeride<br>13:30h-15:00h Comida<br>15:00h Sorteo<br>15:00h-19:00h Freeride |

Figura 4 - Horarios del V Freeride Sant Mateu (2016)

Y el emplazamiento e instalaciones se definen en las dos siguientes imágenes:



Figura 5 – Croquis 1 de servicios del V Freeride Sant Mateu (2016)



Figura 6 - Croquis 1 de servicios del V Freeride Sant Mateu (2016)

Como puede verse, el horario era bastante apretado y dejaba poco margen de tiempo para ciertas tareas que se habían planteado inicialmente.

Las tareas planteadas inicialmente fueron estas:

5. Entrevistas
  - 5.1. **Entrevista a Bipo (Long School).** Concertar hora
  - 5.2. **Entrevista a Sergio Sebastia (Ridersfly).** Al finalizar la jornada del viernes a las 19:00
  - 5.3. **Entrevista a los riders que se presten a hacer la prueba para modelizar su perfil de velocidades.** En los descansos para Comida
  - 5.4. **Entrevista genérica a riders.** A lo largo de todo el evento
6. **Trabajo de modelización de velocidad.** En el horario de Freeride de la tarde
7. **Fotos y videos de las bajadas de los riders en varios puntos del trazado.** En el horario de freeride de la mañana
8. **Mediciones in situ, si procede, del trazado en los puntos clave.** En el horario de freeride de la mañana

La entrevista a Bipo, no se realizó finalmente. Ya que era participante del evento y, además, durante los horarios de freeride este realizaba clases como Long School.

Por otra parte, la cuestión más interesante de la entrevista a Bipo podría haber sido la cuestión de la clasificación por niveles. No obstante, por cuestiones que comento más adelante, durante el transcurso del fin de semana no se creyó tan relevante esta información a priori.

La entrevista a Sergio no se realizó de forma concreta. Era el responsable organizador del evento y tenía trabajo continuamente. No obstante, el sábado se dio lugar una conversación con el de la que saqué varias cuestiones en claro:

1. Vamos a quedar un día con más tranquilidad para abordar varios temas con respecto al proyecto (más adelante se apuntan los objetivos para ello).

2. En España, la incertidumbre con respecto a la rentabilidad económica de un Longboard Park es muy grande ya que, hasta la fecha, este ha sido un deporte que no ha mantenido una estabilidad en cuanto a usuarios.
3. El longboard park sería una buena idea en cuanto a la promoción del deporte y el asentamiento de una escuela de iniciación de este. Esto ayudaría a la estabilidad en cuanto al crecimiento del deporte.
4. Existe una federación (Federación de deportes de Inercia) que se está esforzando por normalizar el deporte ayudando a organizar eventos, seguro federativo, etc. Por lo que, si este trabajo no decae, esto crecerá.
5. Fuera de España, en países como Estados Unidos, Canadá, Brasil, Australia y países europeos, el deporte está más extendido. Por lo que el diseño de trazado de un longboard park, pese a la incertidumbre que existe en España, no deja de ser un buen proyecto de innovación debido a que en otros países ya existen las condiciones idóneas para sacar rentabilidad económica de estos.
6. En cuanto a la idea de poder habilitar un circuito (*spot* en la jerga que se emplea habitualmente) para poder hacer competición y eventos es buena. No obstante, se debería conseguir que este ofrezca algo que los distintos *spots* que se encuentran en España (habitualmente carreteras locales de montaña poco transitadas y con la calzada en relativas buenas condiciones) no tienen. Más adelante se planteará esta cuestión.

Las otras dos modalidades de entrevistas no se realizaron tampoco. En el caso de la 1.3. se explica más adelante por qué. En cuanto a la 1.4. se contaba con poco tiempo de descansos y se estimó que las pocas entrevistas que se pudiesen hacer no iban a resultar una muestra representativa del total.

Sí se realizó un trabajo de modelización de velocidad. Este se realizó de tres maneras:

1. Grabación de vídeo de puntos clave del circuito con una referencia longitudinal de distancia. De esta forma, posteriormente se puede estimar el tiempo en recorrer esta distancia y establecer una velocidad.
2. Toma de datos de velocidad manual. Se establecía una distancia de referencia longitudinal y se cronometraba el tiempo de paso entre un punto y otro.
3. Modelización mediante aplicación de medición con GPS. Se contaba con dos teléfonos móviles en donde se había instalado la aplicación OruxMaps. Una aplicación que permite el uso de mapas offline y graba archivos en track y gpx. No obstante, debido a que ya se contaba con registro de velocidades puntuales y lo que se comenta en el siguiente punto, se registró el track únicamente de tres riders.
4. Resultados de medición de GPS de precisión de un rider. Sólo se pudo contactar con un rider que contase con una herramienta de medición precisa. No obstante, este material va a ser muy útil para ayudar a interpolar el resto de datos.

Como se explica, se realizaron fotos y vídeos. Además, había bastante gente grabando y haciendo



fotos con la que contacté para pedir este material conforme vaya siendo necesario.

Por último, se realizaron mediciones de pendiente longitudinal, de peraltes y ancho de calzada tanto en rectas como en curvas.

## 2.2. Reunión con Ridersfly

Tal y como se comenta en el apartado superior, se decidió aplazar tras el evento de Sant Mateu una reunión con Sergio Sebastià para tratar con mayor profundidad el asunto del Longboard.

Esta reunión tuvo lugar en enero, con los objetivos bastante más claros. A estas fechas, lo que se pretendía era acabar de definir los condicionantes necesarios para la definición del emplazamiento de la infraestructura y para el propio diseño del Longboard Park.

A esta reunión asistieron por parte de Ridersfly Sergio y María, las dos personas que más trabajo dedican en mantener la marca deportiva en marcha y que más conocimientos podían aportar. Además, también asistieron Lydia Navarro (rider de Freeride) y Pablo Fouz (Rider de Butt-board) que aportaron su visión como riders.

La reunión en lo que respecta al emplazamiento tuvo las siguientes conclusiones:

1. Por su parte, los criterios que como técnico se habían tomado (criterio socio-económico, ambiental y de accesibilidad) les parecían bien al no tener conocimientos al respecto.
2. Al margen de toda esa casuística, se destaca que debe de ser un criterio eliminatorio la orientación del emplazamiento. A diferencia de las estaciones de esquí que buscan estar orientadas al norte para reducir al máximo las horas de Sol, en este caso, ocurre al revés. Lo ideal es conseguir la mayor orientación posible hacia el sur. Esto se debe a que, por una cuestión evidente de iluminación, el deporte es mucho más seguro realizarlo con horas diurnas. No obstante, si el *spot* está encarado al norte, disminuyen no sólo las horas de visibilidad, si no el agarre de la calzada debido a heladas y a humedades que se evitarían si contasen con más horas de Sol.

Con respecto a los criterios de diseño de la infraestructura se destaca lo siguiente:

1. No existe el *spot* perfecto. Cada rider, en función del tipo de modalidad que practique y de sus gustos personales, disfruta de forma diferente de las mismas condiciones geométricas. Por lo que el objetivo es conseguir en un mismo emplazamiento, distintas características geométricas que cubran las distintas exigencias posibles. Se puede hacer un estudio exhaustivo de los circuitos en los que se realizan eventos en España y sacar ideas. No obstante, la geometría del emplazamiento va a condicionar mucho esto y es mejor no encajarse en esas cuestiones. Se ha de buscar una alta variedad de longitud de rectas, radios de curvas, pendientes, zonas muy sinuosas y zonas poco sinuosas.
2. Un rider busca en un *spot* algo nuevo. En el momento que conoce el *spot*, pierde interés para este. Por lo que otro objetivo de la infraestructura es conseguir la mayor cantidad

de combinaciones de trazado posibles para que, aun estando en el mismo emplazamiento, cada día sea un *spot* diferente.

3. El Longboard Park ha de funcionar como un centro de aprendizaje y perfeccionamiento. Se han de dar las condiciones idóneas, por lo que debe de contar con una zona claramente definida de iniciación, otra de progresión y otra de perfeccionamiento.
4. La zona de iniciación debe de ser una zona con pendiente y amplia. Un ejemplo ideal sería una pista de unos 150 metros de largo y 20 metros de ancho.
5. La zona de progresión debe ayudar a controlar velocidades mayores y a frenar y girar con condiciones de contorno de la propia carretera.
6. La zona de perfeccionamiento debe permitir, entre otras cosas, la realización de eventos de gran magnitud.

## 2.3. Freeride de Xert



Figura 7 - Cartel del Primer Freeride Xert (2017)

El Freeride de Xert tuvo lugar los días 25 y 26 de marzo de 2017. A estas fechas, el emplazamiento definitivo ya estaba elegido, por lo que, llegados a este punto, la tarea que quedaba para el trabajo era la de definir geométricamente la infraestructura.

Para estas fechas ya se había realizado un tanteo de qué tipo de geometría podría encajar en el emplazamiento elegido y los datos que se pudiesen tomar en Xert podrían venir muy bien para completar los datos extraídos de Sant Mateu.

En esta ocasión se partía con ventaja ya que se tenía más claro que era lo que se buscaba. No obstante, existía un hándicap importante: la falta de tiempo. Por cuestiones logísticas, esta vez sólo se podía asistir al evento el sábado 25. Se contaba con un día menos de evento con respecto a Sant Mateu.



Figura 9 - Horarios del Primer Freeride Xert (2017)



Figura 8 - Croquis de servicios del Primer Freeride Xert (2017)

servían como remonte, tenían la capacidad mucho más limitada, por lo que fue imposible subir con los autobuses hasta la cabecera del circuito y a medida que avanzaba el evento, ir realizando toma de datos (tal y como se hizo en Sant Mateu).

Por tanto, la toma de datos se hizo de abajo a arriba.

Además, el circuito, al ser más largo (Xert 2,5 km – Sant Mateu 1,2) provocaba que la diferencia de tiempo entre cada bajada fuese de media hora (a diferencia de los 20 minutos en Sant Mateu). Sumado a este problema, se dio la fatalidad de un accidente a mitad mañana.

Esto implicó el traslado en ambulancia de un rider al hospital. Hasta que no volviese la ambulancia, el evento no podía reanudarse, por lo que fue más tiempo perdido añadido (el rider resultó finalmente ileso).

En resumen, se realizaron 9 bajadas a lo largo del día frente a las casi 20 bajadas por día que se realizaron en Sant Mateu (40 en todo el fin de semana). O lo que es lo mismo, se contó sólo con un 25% del total de las bajadas en Sant Mateu para poder ser analizadas.

Pese a esto, dado que se tenía claro dónde realizar las tomas de datos, se pudieron aprovechar las 9 bajadas y tomar datos en los puntos seleccionados.

El objetivo para Xert era, única y exclusivamente la toma de datos puntuales de velocidad en distintos puntos del circuito. Por tanto, esta vez, se trazó en Civil 3D la geometría en planta del circuito para saber, en función de los datos tomados en Sant Mateu, cuáles hacían falta y cuáles disponíamos en Xert.

### 3. TRATAMIENTO DE DATOS

Tras la toma de datos que se realizó en Sant Mateu y en Xert, llega el proceso de tratarlos. La limitación de datos para el objetivo que se plantean, implica que no debemos de tratar sólo con números. Quien realiza este tratamiento debe haber estado presente en la toma de estos ya que no sólo se trata de números, se trata de números que representan el comportamiento de una población muy particular de datos.

De no ser así, los resultados que, en ocasiones se arrojan y se alejan mucho de la realidad, no serían detectados.

En el presente apartado se describe cómo se han tomado estos datos, la forma en la que se han procesado y se han analizado.

#### 3.1. Obtención de las características geométricas de los circuitos

Los datos de velocidad de los circuitos de Xert y de Sant Mateu no servirían de nada si nouviésemos en cuenta las condiciones de contorno que los condicionan. El objetivo es el de poder modelizar cómo estas condiciones de contorno influyen en la velocidad de los riders.

Para ello, se ha extraído la geometría en planta tanto del circuito de Sant Mateu como del circuito de Xert. También se ha realizado el perfil longitudinal del circuito de Sant Mateu ya que los datos de pendiente extraídos en campo fueron tomados con un medidor de nivel que posteriormente se comprobó que contaba con un gran error.

Por otra parte, datos como ancho de calzada, sobreanchos, pendientes y peraltes también fueron tomados in situ.

A continuación, se incluyen los croquis pasados a limpio de los datos tomados directamente en campo y el lugar en el que fueron tomados. Parte de estos datos fueron contrastados después mediante AutoCAD Civil 3D. Pese a que el ancho de calzada y el peralte no se usan para modelizar la velocidad de operación, se tomaron ya que conviene conocer en qué tipo de entorno se han tomado los datos:

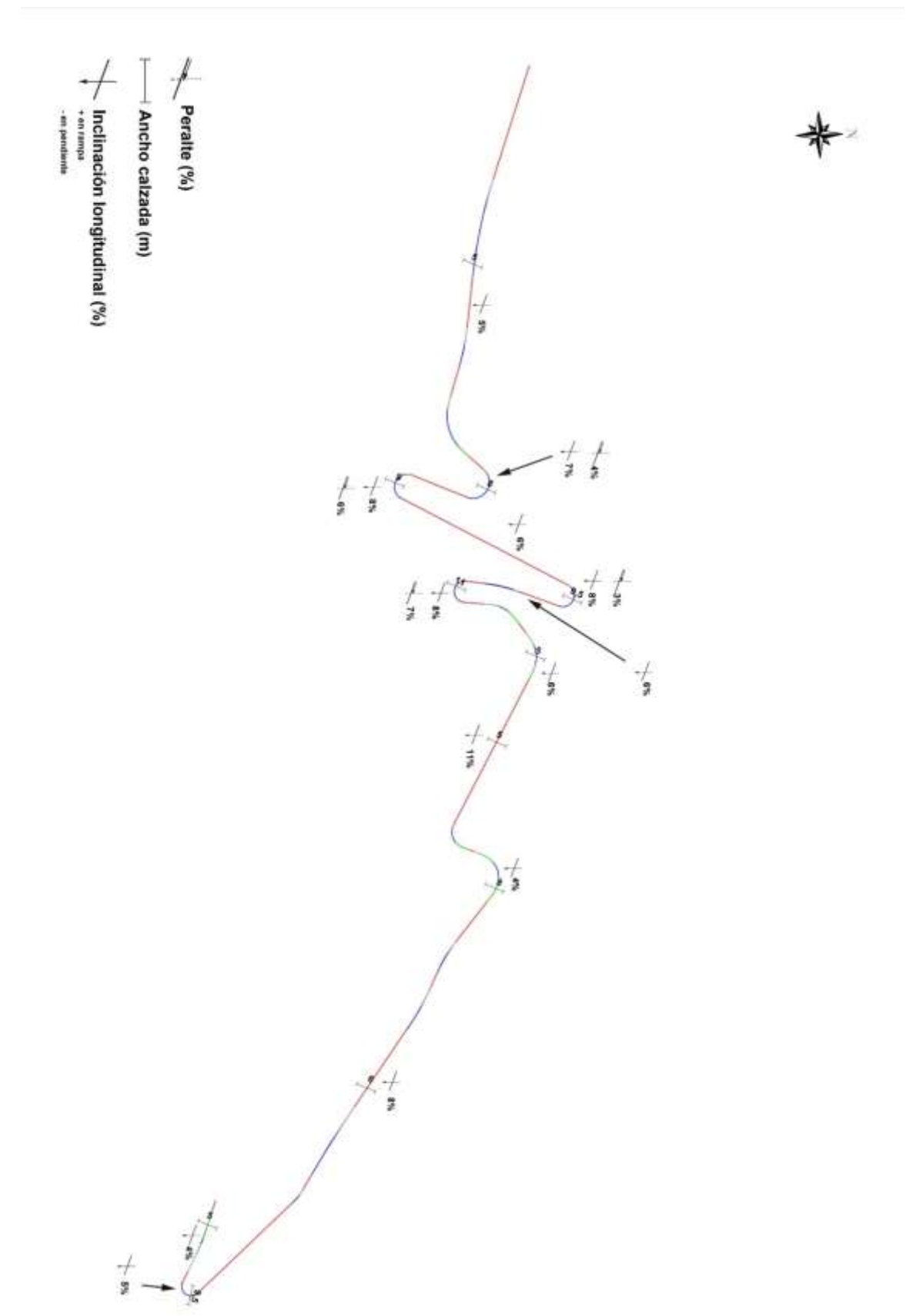


Figura 10 - Croquis de la toma de datos geométricos de Sant Mateu

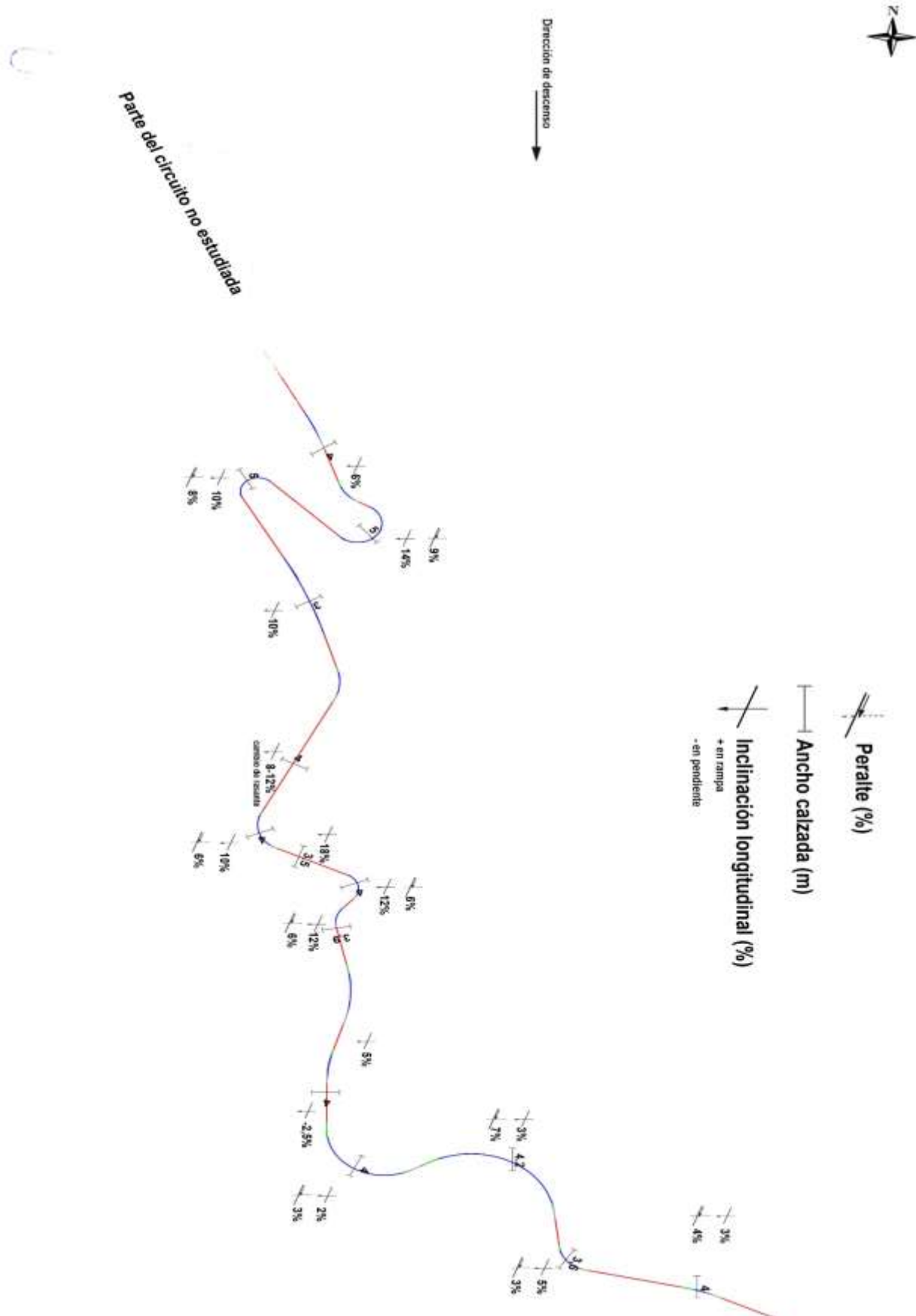


Figura 11 - Croquis toma de datos geométricos de Xert

### 3.2. Obtención de las velocidades de los riders

#### 3.2.1. Consideraciones previas

Paralelamente a la obtención de las características geométricas, se realiza la obtención de las velocidades de los riders.

Tal y como ya se ha apuntado antes los registros tomados de velocidad han sido puntuales. Los perfiles tracks obtenidos en Sant Mateu, como más adelante se indica, se usan para el cálculo de tasas de aceleración.

Cabe destacar ya en este punto, las premisas que se tomaban para tomar ciertos datos de velocidad.

En el caso de las curvas, se asumía una velocidad uniforme a lo largo de toda la curva. No obstante, se observó que en función del rider, el momento de frenado de la curva se realizaba en lugares distintos. Se recuerda en este caso, que la técnica de frenado *drift* (derrape) que se usa en este deporte implica una pérdida de velocidad considerable.



Figura 12 - Fotografía tomada de la cuenta de Instagram de Tanner Morelock, rider de Downhill, en donde se aprecian las marcas de las ruedas por el drift

Esto último llevaba a que, si los datos se tomaban en un punto en donde el drift de unos riders se realiza aguas arriba y el drift de otros, aguas abajo, la dispersión de velocidades traería consigo dos poblaciones condicionadas al punto de toma de datos.

Para ello, y viendo que el punto de toma de datos iba a condicionar mucho los resultados finales, se decidió observar en la calzada las marcas que dejan las ruedas al realizar el *drift* e intentar tomar las velocidades de la curva tras estas marcas.

De la misma forma, para las rectas, al tomar datos de velocidad se buscaba tomarlos en el punto en donde mayor velocidad se iba a producir a priori. Al observar el comportamiento de los riders, se

pudo ver que muchos buscan alcanzar grandes velocidades en las rectas sin importar el radio o visibilidad de la curva posterior y, una vez llegan a la curva, se ajustan a la velocidad de esta derrapando. Otros riders, a medida que se acercan a la curva, buscan una posición menos aerodinámica para perder velocidad y poder realizar el *drift* más cómodamente. Todo depende

del nivel del usuario. Realizar maniobras de giro y de derrape a altas velocidades resulta mucho más complicado y peligroso.

En resumen, se decidió tomar el mismo criterio que en las curvas, pero a la inversa. Procurar tomar los datos de velocidad a una distancia aguas arriba al punto en donde se realizaban las mayores frenadas.



Figura 13 - Fotografías tomada por Carlota Sokolova en el 1st Freeride Xert (2017) en las que se muestra a un rider en posición aerodinámica a la izquierda y en posición relajada a la derecha

Además de esto, se observa que, pese a la presencia de alrededor de 100 riders en cada evento, ninguna toma de velocidad alcanza a 100 riders. Esto se debe a varios factores que es importante mencionar.

En el caso de la toma de datos manuales, el tener que estar pendiente de apuntar datos y de controlar el cronómetro hace que muchos riders pasen de largo sin tomar datos.

En el caso general, tanto para la toma de datos manuales como la grabada en vídeo, se entendía que dos riders que circulan a una distancia muy próxima lo hacen a velocidades muy parecidas y condicionadas entre sí. Por lo que tomar datos de velocidad de cada uno de ellos implica caer en un error. Normalmente estos descensos se hacen por grupos.

En la cabecera del circuito salen por grupos de niveles de aprendizaje parecidos. A lo largo de un circuito de 2,5 km resulta muy improbable que el grupo continúe junto sin condicionarse entre sí las velocidades, tal y como ocurre en un pelotón de ciclistas.

Resulta especialmente importante este hecho en curvas. En el momento en que más de un rider toma una misma curva en el mismo periodo de tiempo, al ser el trazo óptimo por el interior de esta, para evitar el accidente, los riders tienden a llevar la velocidad del de delante. También suelen producirse adelantamientos, pero resulta mucho más sencillo en calzadas más anchas. Para el caso de estudio, donde las calzadas no superaban los 5 metros de ancho, esta era la tónica habitual.

En la Figura 14 puede observarse como un rider, que parece llevar una velocidad superior que la velocidad de los que tiene a su derecha, derrapa al no poder realizar el adelantamiento y pierde el control de la tabla. Al resto de riders esto no les ocurre porque llevan la misma velocidad, condicionada al primero.

Por último, en el caso particular de Xert, la longitud del circuito provocaba que el tiempo de paso entre el primer y último rider fuese de al menos 10 minutos. Por una cuestión logística, se decidió no hacer grabaciones de más de 5 minutos para no agotar la memoria de la cámara.



Figura 14 - Fotografías tomadas por Carlota Sokolova en el 1st Freeride Xert (2017) en las que se muestra como un rider cae el suelo tras intentar adelantar a otro en una curva

### 3.2.2. Registro manual



Por una parte, tenemos los registros manuales, cuya única labor de tratamiento es pasar el registro tomado a Excel y calcular la velocidad en función de la distancia de referencia y el tiempo en recorrerla.

En la Figura 15 se ve un ejemplo de cómo se han realizado estos registros de velocidad manual.

El problema de los registros manuales es que dependen mucho del sujeto que los realiza, a diferencia de la grabación en vídeo. Además, no se pueden revisar datos sobre los que se duda y suelen haber olvidos como no anotar el tipo de rider que marca dicho tiempo.

La precisión de los datos depende, principalmente, de la velocidad de reacción del sujeto que sostiene el cronómetro. Que suele ser de unos 0,15 segundos.

### 3.2.3. Registro en vídeo

Registrar las velocidades en vídeo tiene la ventaja de que dichos datos pueden revisarse y estudiarse con calma. Por lo que la probabilidad de error disminuye notablemente.

El proceso para obtener las velocidades se ha realizado a través del programa **Kinovea**. Este programa es usado para tomar datos de velocidad puntual en carreteras y, en general, se le da mucha utilidad en la práctica de deportes de alta competición para el perfeccionamiento de la técnica.

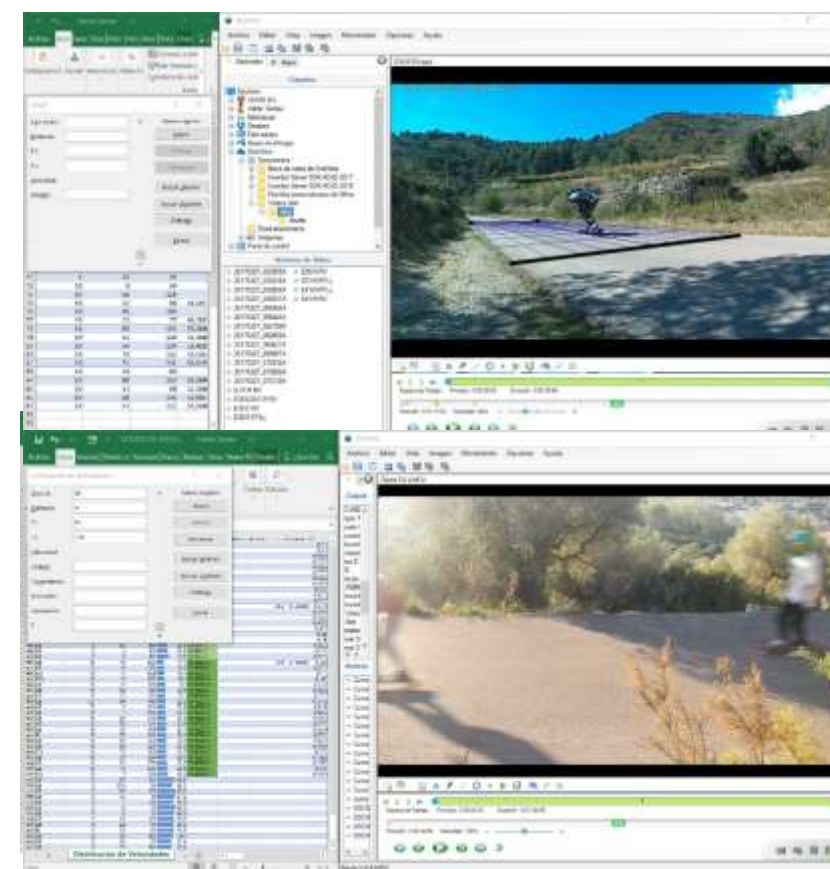


Figura 17 - Capturas de pantalla durante el proceso de toma de velocidades mediante el programa Kinovea

Gracias a este programa se ha podido contabilizar el tiempo que tarda en recorrer cada rider una distancia longitudinal determinada.

En el caso de las grabaciones de Sant Mateu, las tomas fueron realizadas por una cámara que grababa a 30 fotogramas por segundo. Esto implica que se muestra un fotograma cada 0,033 segundos, lo que genera un margen de error que se puede asumir.

En el caso de las grabaciones de Xert, las tomas fueron realizadas por una cámara que grababa a 60 fotogramas por segundo. Esto implica que muestra un fotograma cada 0,016 segundos. Un margen de error mucho más que asumible.

Se ha de tener en cuenta a la hora de registrar las velocidades el hecho de que cuanto menor es la

distancia de referencia, mejor representa la velocidad puntual, pero cuenta con un mayor error debido a la resolución de las cámaras. Por otra parte, una distancia mayor implica asumir una velocidad uniforme en ese tramo, pero un error menor debido a la resolución de la cámara.

A lo largo del proceso de grabación, se toman diferentes distancias como referencia. Se asume que lo ideal es entre 5 y 10 metros, pero no siempre es posible estar en ese rango.

Figura 15 - Ejemplo de registro manual de velocidades



### 3.2.4. Listado de velocidades tomadas

En el presente apartado se muestra una lista de todas las velocidades tomadas tanto en Sant Mateu como en Xert. Para cada toma de velocidades, se ha determinado un código de referencia de estación. Este código está compuesto por tres elementos separados por guiones.

El primer elemento hace referencia al evento en donde fue realizado.

X: Xert

SM: Sant Mateu

El segundo elemento hace referencia al número de elemento de la geometría en planta dibujada en el Civil 3D sobre el que se asienta la estación temporal.

El tercer elemento hace referencia a si se trata de una curva o a una recta.

C: curva

R: recta

Para este caso, se entiende que ciertos elementos dibujados en Autocad Civil 3D que se interpretan como curvas de baja deflexión, se asumen parte de una recta. No se debe olvidar el hecho de que ambas son tramos de vías poco transitadas y cuyo trazado escapa de las normas actuales. Probablemente sean antiguos caminos de tierra que en su momento fueron asfaltados.

Por último, destacar que, en el registro realizado de velocidades, también se ha anotado el tipo de rider que efectúa la acción con la siguiente nomenclatura:

LB: Longboard

RLL: Roller

BB: Buttboard

SL: Street-luge

Cabe mencionar que, dado que no se cuenta con muestras demasiado grandes como para determinar a ciencia cierta poblaciones distintas en función del tipo de rider, la población objeto de estudio es la del conjunto de todos los riders. Independientemente del tipo que sean.

Tabla 1 - Listado de registro de velocidades para cada estación

| Tipo LB | Distancia | T1 | T2  | Velocidad | Código  |
|---------|-----------|----|-----|-----------|---------|
| LB      | 2         | 8  | 37  | 24,8      | X-E40-C |
| LB      | 2         | 63 | 88  | 28,8      | X-E41-C |
| BB      | 2         | 82 | 106 | 30,0      | X-E41-C |
| LB      | 2         | 68 | 92  | 30,0      | X-E41-C |
| LB      | 2         | 24 | 47  | 31,3      | X-E41-C |
| LB      | 2         | 41 | 64  | 31,3      | X-E41-C |
| LB      | 2         | 1  | 24  | 31,3      | X-E41-C |

|     |    |    |     |      |         |
|-----|----|----|-----|------|---------|
| LB  | 2  | 74 | 96  | 32,7 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 53 | 74  | 34,3 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 22 | 42  | 36,0 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 21 | 41  | 36,0 | X-E41-C |
| BB  | 2  | 55 | 75  | 36,0 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 60 | 80  | 36,0 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 50 | 70  | 36,0 | X-E41-C |
| RLL | 2  | 21 | 40  | 37,9 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 55 | 74  | 37,9 | X-E41-C |
| RLL | 10 | 57 | 142 | 42,4 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 88 | 105 | 42,4 | X-E41-C |
| RLL | 2  | 69 | 86  | 42,4 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 4  | 21  | 42,4 | X-E41-C |
| RLL | 2  | 23 | 40  | 42,4 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 26 | 43  | 42,4 | X-E41-C |
| RLL | 2  | 21 | 37  | 45,0 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 38 | 54  | 45,0 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 98 | 114 | 45,0 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 58 | 74  | 45,0 | X-E41-C |
| LB  | 2  | 9  | 31  | 32,7 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 65 | 85  | 36,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 62 | 82  | 36,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 23 | 43  | 36,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 54 | 73  | 37,9 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 76 | 95  | 37,9 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 92 | 110 | 40,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 84 | 102 | 40,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 11 | 29  | 40,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 74 | 92  | 40,0 | X-E37-R |
| RLL | 2  | 68 | 85  | 42,4 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 20 | 37  | 42,4 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 41 | 58  | 42,4 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 23 | 40  | 42,4 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 81 | 98  | 42,4 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 24 | 41  | 42,4 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 1  | 17  | 45,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 24 | 40  | 45,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 25 | 41  | 45,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 78 | 94  | 45,0 | X-E37-R |
| LB  | 2  | 89 | 105 | 45,0 | X-E37-R |
| BB  | 2  | 28 | 43  | 48,0 | X-E37-R |



|      |    |    |     |      |         |
|------|----|----|-----|------|---------|
| RLL  | 2  | 1  | 16  | 48,0 | X-E37-R |
| RLL  | 2  | 74 | 89  | 48,0 | X-E37-R |
| LB   | 2  | 20 | 35  | 48,0 | X-E37-R |
| LB   | 2  | 36 | 51  | 48,0 | X-E37-R |
| LB   | 2  | 26 | 41  | 48,0 | X-E37-R |
| BB   | 2  | 78 | 91  | 55,4 | X-E37-R |
| BB   | 2  | 21 | 34  | 55,4 | X-E37-R |
| BB   | 2  | 97 | 110 | 55,4 | X-E37-R |
| LB   | 10 | 0  | 79  | 45,6 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 97 | 175 | 46,2 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 42 | 119 | 46,8 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 63 | 137 | 48,6 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 7  | 78  | 50,7 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 54 | 124 | 51,4 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 37 | 106 | 52,2 | X-E35-R |
| RLL  | 10 | 68 | 136 | 52,9 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 75 | 143 | 52,9 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 76 | 142 | 54,5 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 38 | 104 | 54,5 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 68 | 133 | 55,4 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 55 | 120 | 55,4 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 88 | 153 | 55,4 | X-E35-R |
| RLLL | 10 | 33 | 98  | 55,4 | X-E35-R |
| RLL  | 10 | 57 | 122 | 55,4 | X-E35-R |
| BB   | 10 | 9  | 69  | 60,0 | X-E35-R |
| BB   | 10 | 69 | 129 | 60,0 | X-E35-R |
| SL   | 10 | 40 | 100 | 60,0 | X-E35-R |
| LB   | 10 | 20 | 80  | 60,0 | X-E35-R |
| RLL  | 10 | 72 | 131 | 61,0 | X-E35-R |
| BB   | 10 | 32 | 88  | 64,3 | X-E35-R |
| BB   | 10 | 21 | 77  | 64,3 | X-E35-R |
| LB   | 5  | 84 | 133 | 36,7 | X-E32-C |
| LB   | 5  | 89 | 138 | 36,7 | X-E32-C |
| LB   | 5  | 55 | 104 | 36,7 | X-E32-C |
| LB   | 5  | 64 | 110 | 39,1 | X-E32-C |
| LB   | 5  | 86 | 131 | 40,0 | X-E32-C |
| LB   | 5  | 96 | 139 | 41,9 | X-E32-C |
| LB   | 5  | 74 | 117 | 41,9 | X-E32-C |
| LB   | 5  | 86 | 129 | 41,9 | X-E32-C |
| LB   | 5  | 11 | 53  | 42,9 | X-E32-C |
| LB   | 5  | 57 | 99  | 42,9 | X-E32-C |

|     |   |    |     |      |         |
|-----|---|----|-----|------|---------|
| LB  | 5 | 98 | 139 | 43,9 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 29 | 69  | 45,0 | X-E32-C |
| SL  | 5 | 70 | 109 | 46,2 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 80 | 119 | 46,2 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 96 | 135 | 46,2 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 33 | 72  | 46,2 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 1  | 40  | 46,2 | X-E32-C |
| BB  | 5 | 59 | 97  | 47,4 | X-E32-C |
| BB  | 5 | 34 | 72  | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 20 | 58  | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 96 | 134 | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 92 | 130 | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 24 | 62  | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 97 | 135 | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 94 | 132 | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 37 | 75  | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 69 | 107 | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 48 | 86  | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 59 | 97  | 47,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 8  | 45  | 48,6 | X-E32-C |
| SL  | 5 | 32 | 68  | 50,0 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 14 | 50  | 50,0 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 95 | 131 | 50,0 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 95 | 131 | 50,0 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 21 | 57  | 50,0 | X-E32-C |
| SL  | 5 | 37 | 72  | 51,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 9  | 44  | 51,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 62 | 97  | 51,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 74 | 109 | 51,4 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 95 | 129 | 52,9 | X-E32-C |
| RLL | 5 | 97 | 131 | 52,9 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 72 | 106 | 52,9 | X-E32-C |
| BB  | 5 | 89 | 122 | 54,5 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 89 | 122 | 54,5 | X-E32-C |
| BB  | 5 | 0  | 33  | 54,5 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 95 | 128 | 54,5 | X-E32-C |
| BB  | 5 | 99 | 131 | 56,3 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 76 | 107 | 58,1 | X-E32-C |
| LB  | 5 | 6  | 37  | 58,1 | X-E32-C |
| LB  | 9 | 72 | 200 | 30,4 | X-E30-C |
| LB  | 9 | 41 | 160 | 32,7 | X-E30-C |



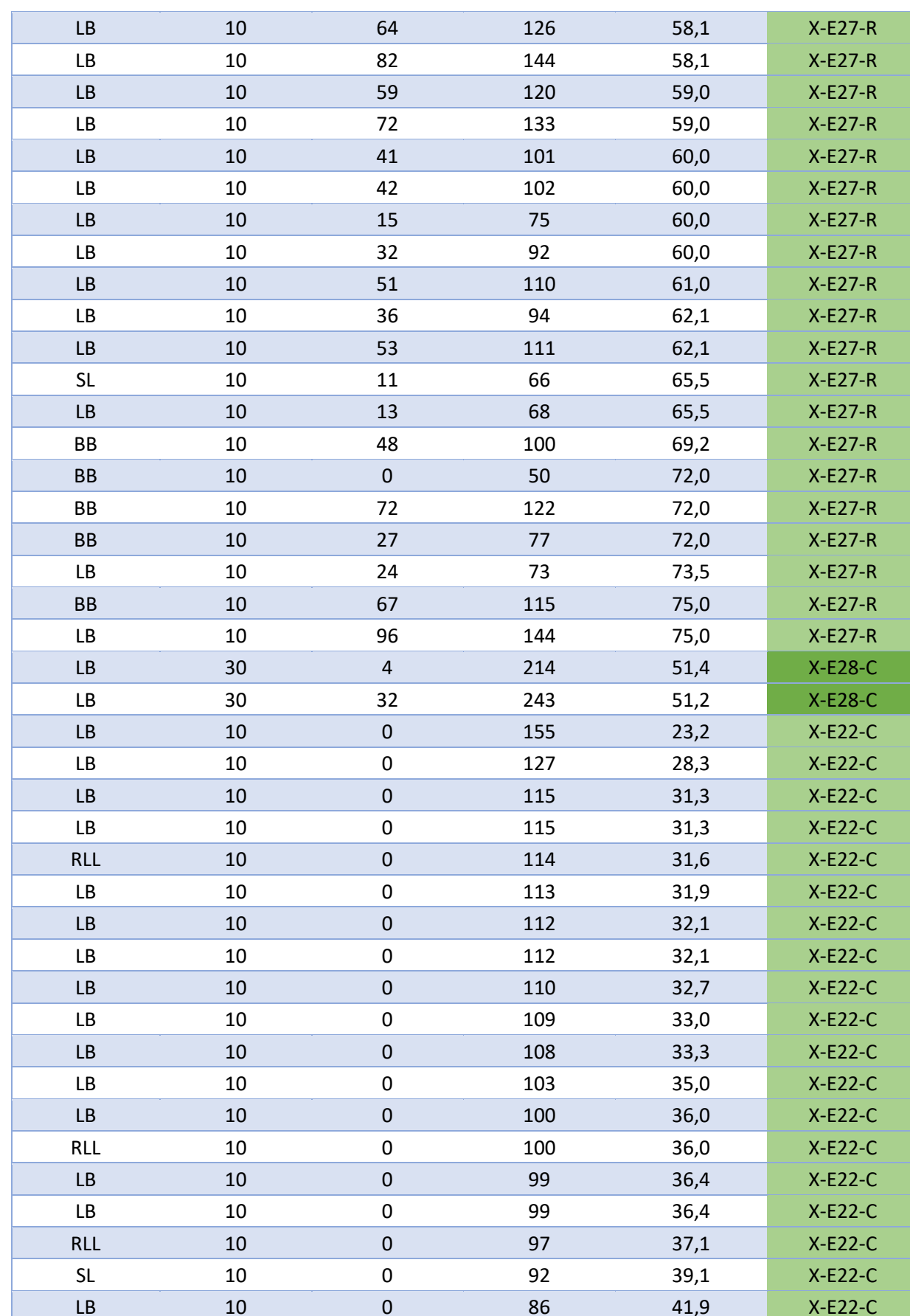
|     |    |    |     |      |         |
|-----|----|----|-----|------|---------|
| LB  | 9  | 82 | 196 | 34,1 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 52 | 160 | 36,0 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 31 | 134 | 37,7 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 79 | 182 | 37,7 | X-E30-C |
| BB  | 9  | 58 | 159 | 38,5 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 81 | 181 | 38,9 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 45 | 143 | 39,7 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 34 | 130 | 40,5 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 94 | 189 | 40,9 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 46 | 137 | 42,7 | X-E30-C |
| BB  | 9  | 62 | 152 | 43,2 | X-E30-C |
| BB  | 9  | 78 | 168 | 43,2 | X-E30-C |
| BB  | 9  | 38 | 126 | 44,2 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 89 | 177 | 44,2 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 78 | 164 | 45,2 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 89 | 175 | 45,2 | X-E30-C |
| BB  | 9  | 29 | 114 | 45,7 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 4  | 89  | 45,7 | X-E30-C |
| BB  | 9  | 43 | 127 | 46,3 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 97 | 181 | 46,3 | X-E30-C |
| RLL | 9  | 5  | 89  | 46,3 | X-E30-C |
| LB  | 9  | 17 | 100 | 46,8 | X-E30-C |
| RLL | 9  | 60 | 140 | 48,6 | X-E30-C |
| BB  | 9  | 72 | 151 | 49,2 | X-E30-C |
| RLL | 9  | 78 | 157 | 49,2 | X-E30-C |
| RLL | 9  | 29 | 108 | 49,2 | X-E30-C |
| LB  | 10 | 53 | 164 | 32,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 85 | 196 | 32,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 3  | 109 | 34,0 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 38 | 142 | 34,6 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 15 | 115 | 36,0 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 48 | 148 | 36,0 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 88 | 186 | 36,7 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 30 | 127 | 37,1 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 38 | 133 | 37,9 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 15 | 109 | 38,3 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 60 | 148 | 40,9 | X-E20-C |
| SL  | 10 | 25 | 112 | 41,4 | X-E20-C |
| SL  | 10 | 3  | 90  | 41,4 | X-E20-C |
| RLL | 10 | 22 | 109 | 41,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 69 | 156 | 41,4 | X-E20-C |

|     |    |    |     |      |         |
|-----|----|----|-----|------|---------|
| BB  | 10 | 40 | 126 | 41,9 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 39 | 125 | 41,9 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 46 | 131 | 42,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 1  | 86  | 42,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 4  | 89  | 42,4 | X-E20-C |
| BB  | 10 | 7  | 92  | 42,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 33 | 118 | 42,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 32 | 117 | 42,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 63 | 146 | 43,4 | X-E20-C |
| SL  | 10 | 57 | 139 | 43,9 | X-E20-C |
| BB  | 10 | 27 | 109 | 43,9 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 72 | 153 | 44,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 23 | 104 | 44,4 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 61 | 141 | 45,0 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 47 | 126 | 45,6 | X-E20-C |
| RLL | 10 | 9  | 86  | 46,8 | X-E20-C |
| BB  | 10 | 54 | 129 | 48,0 | X-E20-C |
| BB  | 10 | 29 | 102 | 49,3 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 1  | 74  | 49,3 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 17 | 89  | 50,0 | X-E20-C |
| RLL | 10 | 14 | 86  | 50,0 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 14 | 83  | 52,2 | X-E20-C |
| RLL | 10 | 68 | 130 | 58,1 | X-E20-C |
| LB  | 10 | 78 | 160 | 43,9 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 0  | 79  | 45,6 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 55 | 133 | 46,2 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 53 | 129 | 47,4 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 44 | 119 | 48,0 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 69 | 144 | 48,0 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 26 | 100 | 48,6 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 65 | 135 | 51,4 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 74 | 143 | 52,2 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 5  | 74  | 52,2 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 89 | 157 | 52,9 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 63 | 131 | 52,9 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 88 | 154 | 54,5 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 82 | 148 | 54,5 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 33 | 99  | 54,5 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 1  | 67  | 54,5 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 77 | 143 | 54,5 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 76 | 141 | 55,4 | X-E17-R |



|     |    |    |     |      |         |
|-----|----|----|-----|------|---------|
| LB  | 10 | 54 | 119 | 55,4 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 76 | 141 | 55,4 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 52 | 117 | 55,4 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 18 | 82  | 56,3 | X-E17-R |
| RLL | 10 | 15 | 78  | 57,1 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 32 | 95  | 57,1 | X-E17-R |
| BB  | 10 | 12 | 75  | 57,1 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 72 | 135 | 57,1 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 12 | 75  | 57,1 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 49 | 111 | 58,1 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 6  | 68  | 58,1 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 8  | 69  | 59,0 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 60 | 121 | 59,0 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 45 | 105 | 60,0 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 48 | 108 | 60,0 | X-E17-R |
| BB  | 7  | 0  | 41  | 61,5 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 3  | 61  | 62,1 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 98 | 156 | 62,1 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 25 | 78  | 67,9 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 97 | 147 | 72,0 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 0  | 50  | 72,0 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 7  | 55  | 75,0 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 0  | 47  | 76,6 | X-E17-R |
| LB  | 10 | 14 | 97  | 43,4 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 90 | 170 | 45,0 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 72 | 151 | 45,6 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 63 | 142 | 45,6 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 37 | 114 | 46,8 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 64 | 141 | 46,8 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 40 | 116 | 47,4 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 32 | 104 | 50,0 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 77 | 149 | 50,0 | X-E25-R |
| BB  | 10 | 23 | 94  | 50,7 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 53 | 124 | 50,7 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 85 | 155 | 51,4 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 91 | 161 | 51,4 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 38 | 106 | 52,9 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 43 | 111 | 52,9 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 61 | 129 | 52,9 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 48 | 115 | 53,7 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 83 | 150 | 53,7 | X-E25-R |

|     |    |    |     |      |         |
|-----|----|----|-----|------|---------|
| LB  | 10 | 56 | 123 | 53,7 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 60 | 127 | 53,7 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 77 | 143 | 54,5 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 44 | 109 | 55,4 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 52 | 117 | 55,4 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 25 | 90  | 55,4 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 11 | 76  | 55,4 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 5  | 70  | 55,4 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 43 | 107 | 56,3 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 64 | 128 | 56,3 | X-E25-R |
| RLL | 10 | 55 | 118 | 57,1 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 22 | 85  | 57,1 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 78 | 141 | 57,1 | X-E25-R |
| SL  | 10 | 94 | 156 | 58,1 | X-E25-R |
| RLL | 10 | 50 | 112 | 58,1 | X-E25-R |
| LB  | 10 | 60 | 121 | 59,0 | X-E25-R |
| BB  | 10 | 9  | 69  | 60,0 | X-E25-R |
| BB  | 10 | 32 | 92  | 60,0 | X-E25-R |
| RLL | 10 | 96 | 156 | 60,0 | X-E25-R |
| RLL | 10 | 27 | 83  | 64,3 | X-E25-R |
| BB  | 10 | 61 | 114 | 67,9 | X-E25-R |
| RLL | 10 | 13 | 96  | 43,4 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 73 | 143 | 51,4 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 89 | 159 | 51,4 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 25 | 94  | 52,2 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 7  | 76  | 52,2 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 51 | 119 | 52,9 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 31 | 98  | 53,7 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 36 | 102 | 54,5 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 29 | 94  | 55,4 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 72 | 137 | 55,4 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 13 | 78  | 55,4 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 91 | 156 | 55,4 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 22 | 86  | 56,3 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 81 | 145 | 56,3 | X-E27-R |
| RLL | 10 | 6  | 69  | 57,1 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 19 | 82  | 57,1 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 62 | 125 | 57,1 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 40 | 103 | 57,1 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 30 | 92  | 58,1 | X-E27-R |
| LB  | 10 | 95 | 157 | 58,1 | X-E27-R |



|     |    |   |      |      |         |
|-----|----|---|------|------|---------|
| LB  | 10 | 0 | 83   | 43,4 | X-E22-C |
| LB  | 8  |   | 0,8  | 36,0 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,77 | 37,4 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,77 | 37,4 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,74 | 38,9 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,72 | 40,0 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,72 | 40,0 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,71 | 40,6 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,7  | 41,1 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,68 | 42,4 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,67 | 43,0 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,67 | 43,0 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,66 | 43,6 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,65 | 44,3 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,64 | 45,0 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,64 | 45,0 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,59 | 48,8 | SM-E9-R |
| RLL | 8  |   | 0,58 | 49,7 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,58 | 49,7 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,58 | 49,7 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,58 | 49,7 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,58 | 49,7 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,58 | 49,7 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,58 | 49,7 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,57 | 50,5 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,57 | 50,5 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,57 | 50,5 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,57 | 50,5 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,57 | 50,5 | SM-E9-R |
| BB  | 8  |   | 0,56 | 51,4 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,56 | 51,4 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,56 | 51,4 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,56 | 51,4 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,55 | 52,4 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,54 | 53,3 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,54 | 53,3 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,54 | 53,3 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,54 | 53,3 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,53 | 54,3 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,53 | 54,3 | SM-E9-R |
| LB  | 8  |   | 0,53 | 54,3 | SM-E9-R |



|     |   |      |      |          |
|-----|---|------|------|----------|
| LB  | 8 | 0,53 | 54,3 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,53 | 54,3 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,52 | 55,4 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,52 | 55,4 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,52 | 55,4 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,52 | 55,4 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,52 | 55,4 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,52 | 55,4 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,52 | 55,4 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,52 | 55,4 | SM-E9-R  |
| BB  | 8 | 0,51 | 56,5 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,51 | 56,5 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,51 | 56,5 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,51 | 56,5 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E9-R  |
| BB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,48 | 60,0 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,48 | 60,0 | SM-E9-R  |
| LB  | 8 | 0,47 | 61,3 | SM-E9-R  |
| RLL | 8 | 0,43 | 67,0 | SM-E9-R  |
| BB  | 8 | 0,4  | 72,0 | SM-E9-R  |
| BB  | 8 | 0,4  | 72,0 | SM-E9-R  |
| BB  | 8 | 0,39 | 73,8 | SM-E9-R  |
| BB  | 8 | 0,38 | 75,8 | SM-E9-R  |
| BB  | 8 | 0,9  | 32,0 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,83 | 34,7 | SM-E14-C |
| BB  | 8 | 0,73 | 39,5 | SM-E14-C |
| BB  | 8 | 0,73 | 39,5 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,67 | 43,0 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,64 | 45,0 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,63 | 45,7 | SM-E14-C |
| RLL | 8 | 0,6  | 48,0 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,6  | 48,0 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,6  | 48,0 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,58 | 49,7 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,57 | 50,5 | SM-E14-C |

|     |   |      |      |          |
|-----|---|------|------|----------|
| RLL | 8 | 0,56 | 51,4 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,56 | 51,4 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,56 | 51,4 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,56 | 51,4 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,56 | 51,4 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,54 | 53,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,54 | 53,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,54 | 53,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,53 | 54,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,53 | 54,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,53 | 54,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,52 | 55,4 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,51 | 56,5 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,5  | 57,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,48 | 60,0 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,48 | 60,0 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,47 | 61,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,47 | 61,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,47 | 61,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,47 | 61,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,47 | 61,3 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,46 | 62,6 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,44 | 65,5 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,44 | 65,5 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,44 | 65,5 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,43 | 67,0 | SM-E14-C |
| LB  | 8 | 0,8  | 36,0 | SM-E25-R |
| LB  | 8 | 0,74 | 38,9 | SM-E25-R |
| BB  | 8 | 0,73 | 39,5 | SM-E25-R |
| LB  | 8 | 0,7  | 41,1 | SM-E25-R |
| LB  | 8 | 0,7  | 41,1 | SM-E25-R |



|         |   |      |      |          |          |
|---------|---|------|------|----------|----------|
| LB      | 8 | 0,7  | 41,1 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,7  | 41,1 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,67 | 43,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,67 | 43,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,67 | 43,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,67 | 43,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,67 | 43,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,66 | 43,6 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,64 | 45,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,64 | 45,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,64 | 45,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,63 | 45,7 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,61 | 47,2 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,6  | 48,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,6  | 48,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,6  | 48,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,6  | 48,0 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,59 | 48,8 | SM-E25-R |          |
| LB      | 8 | 0,56 | 51,4 | SM-E25-R |          |
| No data | 5 | 0,62 | 29,0 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,6  | 30,0 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,55 | 32,7 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,54 | 33,3 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,52 | 34,6 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,52 | 34,6 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,45 | 40,0 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,45 | 40,0 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,43 | 41,9 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,41 | 43,9 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,4  | 45,0 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,4  | 45,0 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,39 | 46,2 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,38 | 47,4 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,38 | 47,4 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,36 | 50,0 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,36 | 50,0 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,31 | 58,1 | SM-E19-R |          |
| No data | 5 | 0,31 | 58,1 | SM-E19-R |          |
| LB      | 7 | 32   | 119  | 29,0     | SM-E18-C |
| BB      | 7 | 19   | 99   | 31,5     | SM-E18-C |
| LB      | 7 | 45   | 119  | 34,1     | SM-E18-C |
| LB      | 7 | 62   | 129  | 37,6     | SM-E18-C |

|     |   |    |     |      |          |
|-----|---|----|-----|------|----------|
| LB  | 7 | 32 | 95  | 40,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 88 | 150 | 40,6 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 38 | 98  | 42,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 6  | 62  | 45,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 2  | 58  | 45,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 24 | 78  | 46,7 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 5  | 58  | 47,5 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 22 | 75  | 47,5 | SM-E18-C |
| SL  | 7 | 92 | 143 | 49,4 | SM-E18-C |
| RLL | 7 | 24 | 74  | 50,4 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 61 | 111 | 50,4 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 38 | 88  | 50,4 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 5  | 55  | 50,4 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 28 | 78  | 50,4 | SM-E18-C |
| BB  | 7 | 35 | 84  | 51,4 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 97 | 145 | 52,5 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 81 | 128 | 53,6 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 53 | 98  | 56,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 70 | 114 | 57,3 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 52 | 96  | 57,3 | SM-E18-C |
| SL  | 8 | 56 | 106 | 57,6 | SM-E18-C |
| BB  | 7 | 75 | 117 | 60,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 30 | 72  | 60,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 77 | 118 | 61,5 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 16 | 57  | 61,5 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 22 | 62  | 63,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 54 | 94  | 63,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 58 | 98  | 63,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 11 | 51  | 63,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 39 | 79  | 63,0 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 60 | 100 | 63,0 | SM-E18-C |
| BB  | 7 | 44 | 83  | 64,6 | SM-E18-C |
| RLL | 8 | 9  | 53  | 65,5 | SM-E18-C |
| LB  | 7 | 27 | 64  | 68,1 | SM-E18-C |
| LB  | 8 | 98 | 235 | 21,0 | SM-E4-C  |
| BB  | 8 | 94 | 230 | 21,2 | SM-E4-C  |
| LB  | 8 | 11 | 141 | 22,2 | SM-E4-C  |
| LB  | 8 | 28 | 148 | 24,0 | SM-E4-C  |
| LB  | 8 | 66 | 182 | 24,8 | SM-E4-C  |
| RLL | 8 | 44 | 154 | 26,2 | SM-E4-C  |
| RLL | 8 | 24 | 134 | 26,2 | SM-E4-C  |



|     |    |      |     |      |          |
|-----|----|------|-----|------|----------|
| LB  | 8  | 59   | 166 | 26,9 | SM-E4-C  |
| LB  | 8  | 2    | 102 | 28,8 | SM-E4-C  |
| LB  | 8  | 9    | 102 | 31,0 | SM-E4-C  |
| LB  | 16 | 75   | 400 | 17,7 | SM-E22-C |
| LB  | 19 | 18   | 379 | 18,9 | SM-E22-C |
| BB  | 19 | 77   | 424 | 19,7 | SM-E22-C |
| BB  | 19 | 17   | 357 | 20,1 | SM-E22-C |
| LB  | 18 | 21   | 328 | 21,1 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 54   | 318 | 21,8 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 32   | 293 | 22,1 | SM-E22-C |
| LB  | 20 | 94   | 418 | 22,2 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 6    | 263 | 22,4 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 1    | 255 | 22,7 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 25   | 272 | 23,3 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 69   | 313 | 23,6 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 61   | 304 | 23,7 | SM-E22-C |
| RLL | 18 | 57   | 324 | 24,3 | SM-E22-C |
| LB  | 18 | 55   | 322 | 24,3 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 86   | 323 | 24,3 | SM-E22-C |
| BB  | 19 | 73   | 350 | 24,7 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 51   | 284 | 24,7 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 63   | 279 | 26,7 | SM-E22-C |
| LB  | 16 | 79   | 293 | 26,9 | SM-E22-C |
| BB  | 18 | 7    | 228 | 29,3 | SM-E22-C |
| LB  | 8  | 23   | 111 | 32,7 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 20   | 97  | 37,4 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 73   | 150 | 37,4 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 62   | 138 | 37,9 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 52   | 126 | 38,9 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 87   | 161 | 38,9 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 81   | 154 | 39,5 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 21,5 | 93  | 40,3 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 35   | 105 | 41,1 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 1    | 68  | 43,0 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 44   | 111 | 43,0 | SM-E27-R |
| lb  | 8  | 52   | 118 | 43,6 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 6    | 70  | 45,0 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 63   | 127 | 45,0 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 58   | 120 | 46,5 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 30   | 91  | 47,2 | SM-E27-R |
| LB  | 8  | 12   | 72  | 48,0 | SM-E27-R |

|    |   |    |     |      |          |
|----|---|----|-----|------|----------|
| LB | 8 | 88 | 147 | 48,8 | SM-E27-R |
|----|---|----|-----|------|----------|



Por último, se deja un croquis en el que se ubican las distintas estaciones temporales de toma de velocidad:

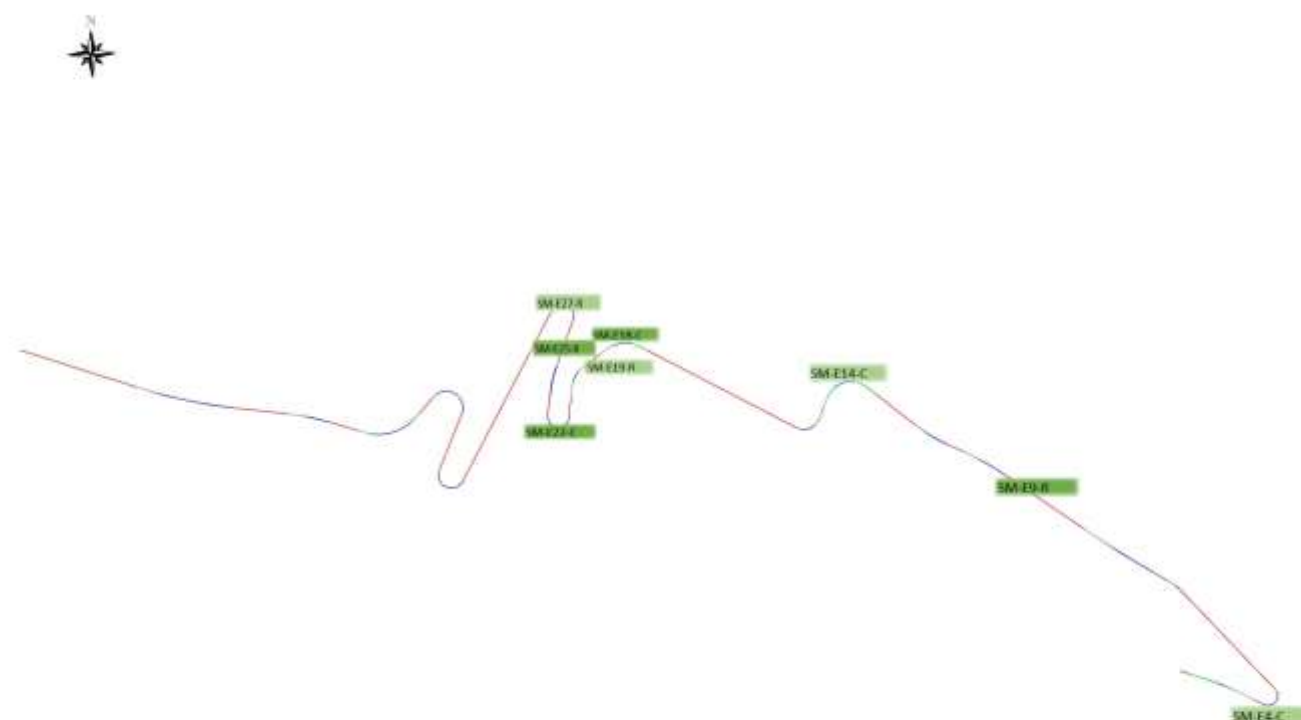


Figura 18 - Croquis de la ubicación de las distintas estaciones a lo largo del circuito de Sant Mateu

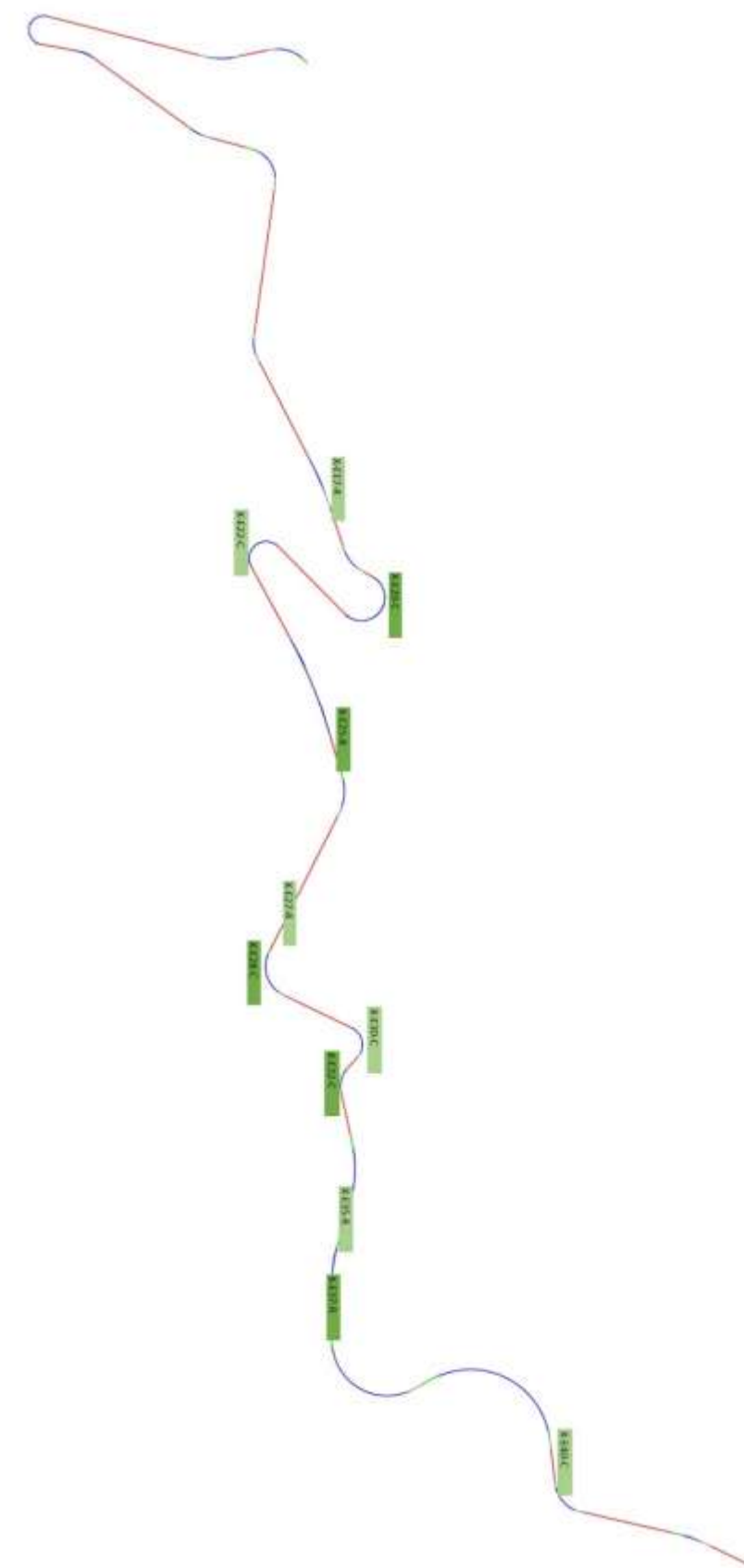


Figura 19 - Croquis de la unicación de las distintas estaciones a lo largo del circuito de Xert



#### 4.1. Obtención de velocidades de operación

De la misma forma que ocurre en los modelos de velocidad de operación de carretera, esta representa al percentil 85 de la distribución de velocidades que mejor representa a esa población. Para este caso y para caer sobre seguro, se ha decidido asumir este mismo percentil como velocidad de operación.

Se podría haber asumido el valor promedio al contar con pocos datos y tener una baja dispersión. No obstante, se cree conveniente el valor 85 debido a que se entiende como una buena solución de compromiso y poder diseñar los circuitos de forma que los riders que puedan alcanzar mayores velocidades, lo hagan en condiciones de seguridad.

En vista de esto, la primera duda que salta es conocer qué función de distribución se aproxima mejor a nuestra población. No obstante, se vuelve otra vez a la cuestión de la falta de datos. Cada estación cuenta con muestreo muy limitado, por lo que asumir funciones que escapen de lo habitual, puede resultar caer en un error. Por otra parte, por una cuestión de alcance, sólo podemos limitarnos a hacer un tanteo de las posibles funciones que mejor pueden ajustarse.

Se decide probar, en primer lugar, con la distribución normal. La más común cuando se trata de variables continuas como la velocidad. Se observa que, pese a que parece que, en algunas estaciones, no se ajusta muy bien, puede ser una buena solución. Por lo que se decide asumir dicha distribución.

Tabla 2 - Listado del promedio y la desviación típica para la distribución normal de velocidades de cada estación, incluyendo el valor de la distribución acumulada para cada registro

| Código  | Comentarios | Promedio | Desviación  | F           |
|---------|-------------|----------|-------------|-------------|
| X-E40-C |             | 37,1     | 5,901337658 | 0,01882288  |
| X-E41-C |             |          |             | 0,079928428 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,114641199 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,114641199 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,163251097 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,163251097 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,163251097 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,229630402 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,317043664 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,426422054 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,426422054 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,426422054 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,426422054 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,426422054 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,426422054 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,553922654 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,553922654 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,813544759 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,813544759 |
| X-E41-C |             |          |             | 0,813544759 |

|         |                  |             |
|---------|------------------|-------------|
| X-E41-C |                  | 0,813544759 |
| X-E41-C |                  | 0,813544759 |
| X-E41-C |                  | 0,813544759 |
| X-E41-C |                  | 0,909810202 |
| X-E41-C |                  | 0,909810202 |
| X-E41-C |                  | 0,909810202 |
| X-E41-C |                  | 0,909810202 |
| X-E37-R | 43,7 5,754314944 | 0,028726403 |
| X-E37-R |                  | 0,091576929 |
| X-E37-R |                  | 0,091576929 |
| X-E37-R |                  | 0,091576929 |
| X-E37-R |                  | 0,15821177  |
| X-E37-R |                  | 0,15821177  |
| X-E37-R |                  | 0,262395931 |
| X-E37-R |                  | 0,262395931 |
| X-E37-R |                  | 0,262395931 |
| X-E37-R |                  | 0,262395931 |
| X-E37-R |                  | 0,410182324 |
| X-E37-R |                  | 0,410182324 |
| X-E37-R |                  | 0,410182324 |
| X-E37-R |                  | 0,410182324 |
| X-E37-R |                  | 0,410182324 |
| X-E37-R |                  | 0,592094779 |
| X-E37-R |                  | 0,592094779 |
| X-E37-R |                  | 0,592094779 |
| X-E37-R |                  | 0,592094779 |
| X-E37-R |                  | 0,592094779 |
| X-E37-R |                  | 0,774660871 |
| X-E37-R |                  | 0,774660871 |
| X-E37-R |                  | 0,774660871 |
| X-E37-R |                  | 0,774660871 |
| X-E37-R |                  | 0,774660871 |
| X-E37-R |                  | 0,979205157 |
| X-E37-R |                  | 0,979205157 |
| X-E37-R |                  | 0,979205157 |
| X-E35-R | 54,9 5,363280035 | 0,04080365  |
| X-E35-R |                  | 0,051286613 |
| X-E35-R |                  | 0,064161979 |
| X-E35-R |                  | 0,121536334 |



|         |                  |             |
|---------|------------------|-------------|
| X-E35-R |                  | 0,216498794 |
| X-E35-R |                  | 0,258164042 |
| X-E35-R |                  | 0,305010074 |
| X-E35-R |                  | 0,356814701 |
| X-E35-R |                  | 0,356814701 |
| X-E35-R |                  | 0,472947141 |
| X-E35-R |                  | 0,472947141 |
| X-E35-R |                  | 0,535300333 |
| X-E35-R |                  | 0,535300333 |
| X-E35-R |                  | 0,535300333 |
| X-E35-R |                  | 0,535300333 |
| X-E35-R |                  | 0,535300333 |
| X-E35-R |                  | 0,828728651 |
| X-E35-R |                  | 0,828728651 |
| X-E35-R |                  | 0,828728651 |
| X-E35-R |                  | 0,828728651 |
| X-E35-R |                  | 0,872599719 |
| X-E35-R |                  | 0,959788568 |
| X-E35-R |                  | 0,959788568 |
| X-E32-C | 47,8 5,239762061 | 0,017306887 |
| X-E32-C |                  | 0,017306887 |
| X-E32-C |                  | 0,017306887 |
| X-E32-C |                  | 0,048898909 |
| X-E32-C |                  | 0,068155548 |
| X-E32-C |                  | 0,128270843 |
| X-E32-C |                  | 0,128270843 |
| X-E32-C |                  | 0,128270843 |
| X-E32-C |                  | 0,172485525 |
| X-E32-C |                  | 0,172485525 |
| X-E32-C |                  | 0,228167403 |
| X-E32-C |                  | 0,296176989 |
| X-E32-C |                  | 0,37629796  |
| X-E32-C |                  | 0,37629796  |
| X-E32-C |                  | 0,37629796  |
| X-E32-C |                  | 0,37629796  |
| X-E32-C |                  | 0,37629796  |
| X-E32-C |                  | 0,466759326 |
| X-E32-C |                  | 0,466759326 |
| X-E32-C |                  | 0,466759326 |
| X-E32-C |                  | 0,466759326 |
| X-E32-C |                  | 0,466759326 |

|         |                     |             |
|---------|---------------------|-------------|
| X-E32-C |                     | 0,466759326 |
| X-E32-C |                     | 0,466759326 |
| X-E32-C |                     | 0,466759326 |
| X-E32-C |                     | 0,466759326 |
| X-E32-C |                     | 0,466759326 |
| X-E32-C |                     | 0,466759326 |
| X-E32-C |                     | 0,466759326 |
| X-E32-C |                     | 0,563918124 |
| X-E32-C |                     | 0,662323916 |
| X-E32-C |                     | 0,662323916 |
| X-E32-C |                     | 0,662323916 |
| X-E32-C |                     | 0,662323916 |
| X-E32-C |                     | 0,662323916 |
| X-E32-C |                     | 0,755359981 |
| X-E32-C |                     | 0,755359981 |
| X-E32-C |                     | 0,755359981 |
| X-E32-C |                     | 0,755359981 |
| X-E32-C |                     | 0,83648966  |
| X-E32-C |                     | 0,83648966  |
| X-E32-C |                     | 0,83648966  |
| X-E32-C |                     | 0,900831928 |
| X-E32-C |                     | 0,900831928 |
| X-E32-C |                     | 0,900831928 |
| X-E32-C |                     | 0,900831928 |
| X-E32-C |                     | 0,900831928 |
| X-E32-C |                     | 0,94647725  |
| X-E32-C |                     | 0,974879921 |
| X-E32-C |                     | 0,974879921 |
| X-E30-C | 42,4 5,17024089     | 0,009784688 |
| X-E30-C |                     | 0,029367069 |
| X-E30-C |                     | 0,053370499 |
| X-E30-C |                     | 0,10628193  |
| X-E30-C | En bandera amarilla | 0,181796404 |
| X-E30-C |                     | 0,181796404 |
| X-E30-C |                     | 0,22244332  |
| X-E30-C |                     | 0,245250434 |
| X-E30-C |                     | 0,29596412  |
| X-E30-C |                     | 0,353391252 |
| X-E30-C |                     | 0,384483991 |
| X-E30-C |                     | 0,521619981 |
| X-E30-C |                     | 0,558054542 |
| X-E30-C |                     | 0,558054542 |



|         |                     |             |
|---------|---------------------|-------------|
| X-E30-C |                     | 0,631540646 |
| X-E30-C |                     | 0,631540646 |
| X-E30-C | En bandera amarilla | 0,70355992  |
| X-E30-C |                     | 0,70355992  |
| X-E30-C |                     | 0,738113156 |
| X-E30-C |                     | 0,738113156 |
| X-E30-C |                     | 0,771217005 |
| X-E30-C |                     | 0,771217005 |
| X-E30-C |                     | 0,771217005 |
| X-E30-C |                     | 0,802537594 |
| X-E30-C | SALIDA DE PISTA     | 0,883070589 |
| X-E30-C |                     | 0,904811398 |
| X-E30-C |                     | 0,904811398 |
| X-E30-C |                     | 0,904811398 |
| X-E20-C | 42,5 5,573511598    | 0,035801457 |
| X-E20-C |                     | 0,035801457 |
| X-E20-C |                     | 0,063361605 |
| X-E20-C |                     | 0,079274404 |
| X-E20-C |                     | 0,122710925 |
| X-E20-C |                     | 0,122710925 |
| X-E20-C |                     | 0,151570163 |
| X-E20-C |                     | 0,168081429 |
| X-E20-C |                     | 0,205655881 |
| X-E20-C |                     | 0,226851223 |
| X-E20-C |                     | 0,389450427 |
| X-E20-C |                     | 0,422154465 |
| X-E20-C |                     | 0,422154465 |
| X-E20-C |                     | 0,422154465 |
| X-E20-C |                     | 0,422154465 |
| X-E20-C |                     | 0,456182465 |
| X-E20-C |                     | 0,456182465 |
| X-E20-C |                     | 0,491345251 |
| X-E20-C |                     | 0,491345251 |
| X-E20-C |                     | 0,491345251 |
| X-E20-C |                     | 0,491345251 |
| X-E20-C |                     | 0,491345251 |
| X-E20-C |                     | 0,564115441 |
| X-E20-C |                     | 0,601146237 |
| X-E20-C |                     | 0,601146237 |
| X-E20-C |                     | 0,63816634  |

|         |                 |             |
|---------|-----------------|-------------|
| X-E20-C |                 | 0,63816634  |
| X-E20-C |                 | 0,674811895 |
| X-E20-C |                 | 0,710703451 |
| X-E20-C |                 | 0,778699168 |
| X-E20-C |                 | 0,839279232 |
| X-E20-C |                 | 0,890173179 |
| X-E20-C |                 | 0,890173179 |
| X-E20-C |                 | 0,911546544 |
| X-E20-C |                 | 0,911546544 |
| X-E20-C |                 | 0,959104176 |
| X-E20-C |                 | 0,997423229 |
| X-E17-R | 56,8 7,53585132 | 0,043490488 |
| X-E17-R |                 | 0,068071451 |
| X-E17-R |                 | 0,078859739 |
| X-E17-R |                 | 0,105355946 |
| X-E17-R |                 | 0,12144364  |
| X-E17-R |                 | 0,12144364  |
| X-E17-R |                 | 0,139687285 |
| X-E17-R |                 | 0,23797474  |
| X-E17-R |                 | 0,269632017 |
| X-E17-R |                 | 0,269632017 |
| X-E17-R |                 | 0,304286594 |
| X-E17-R |                 | 0,304286594 |
| X-E17-R |                 | 0,382384154 |
| X-E17-R |                 | 0,382384154 |
| X-E17-R |                 | 0,382384154 |
| X-E17-R |                 | 0,382384154 |
| X-E17-R |                 | 0,425489564 |
| X-E17-R |                 | 0,425489564 |
| X-E17-R |                 | 0,425489564 |
| X-E17-R |                 | 0,425489564 |
| X-E17-R |                 | 0,470889691 |
| X-E17-R |                 | 0,518124754 |
| X-E17-R |                 | 0,518124754 |
| X-E17-R |                 | 0,518124754 |
| X-E17-R |                 | 0,518124754 |
| X-E17-R |                 | 0,518124754 |
| X-E17-R |                 | 0,566610372 |
| X-E17-R |                 | 0,566610372 |
| X-E17-R |                 | 0,615645528 |



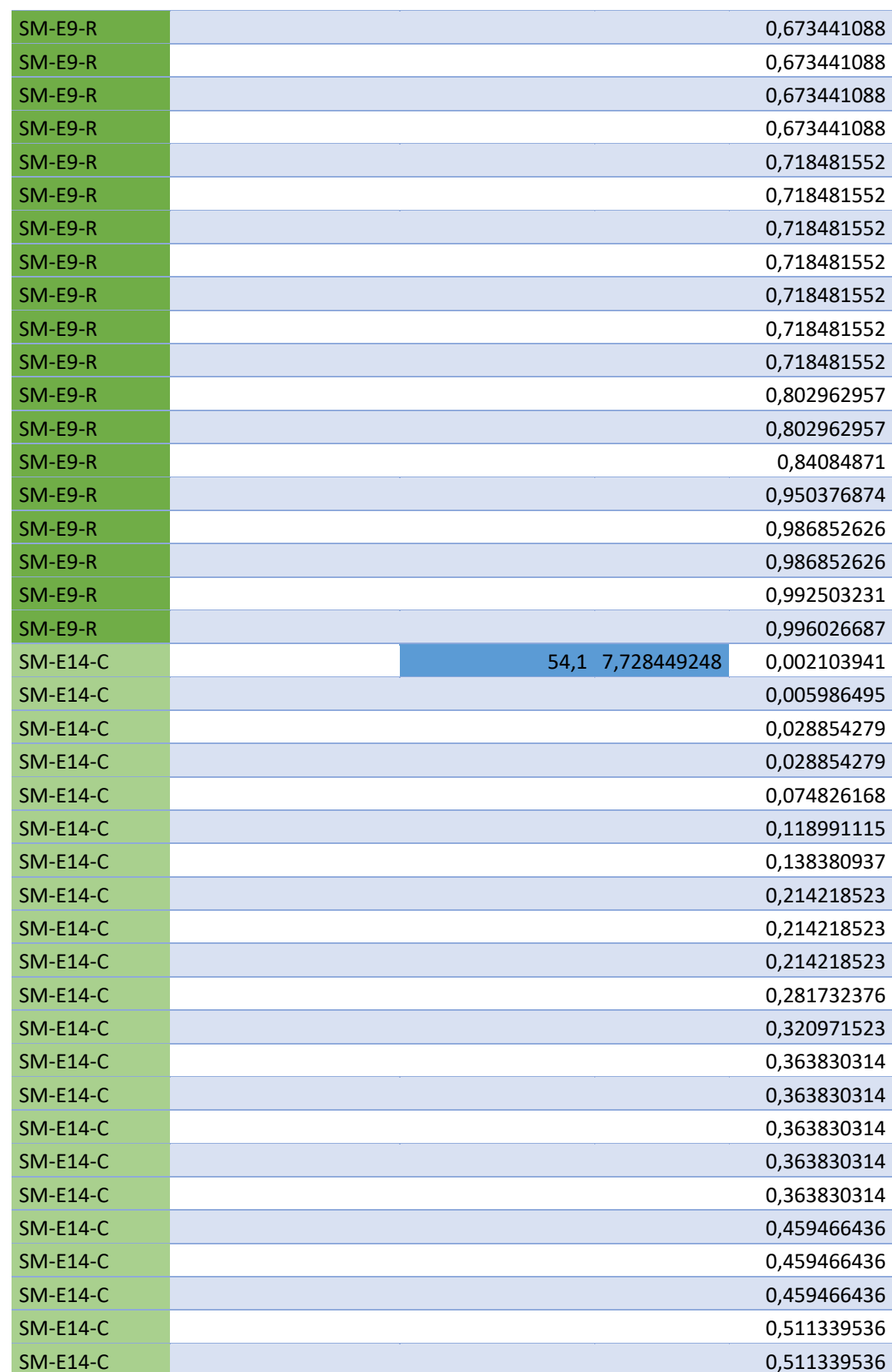
|         |                  |             |
|---------|------------------|-------------|
| X-E17-R |                  | 0,615645528 |
| X-E17-R |                  | 0,664431364 |
| X-E17-R |                  | 0,664431364 |
| X-E17-R |                  | 0,731969797 |
| X-E17-R |                  | 0,757766903 |
| X-E17-R |                  | 0,757766903 |
| X-E17-R |                  | 0,930050163 |
| X-E17-R |                  | 0,97815098  |
| X-E17-R |                  | 0,97815098  |
| X-E17-R |                  | 0,992133968 |
| X-E17-R |                  | 0,995690737 |
| X-E25-R | 53,9 5,307906131 | 0,023929999 |
| X-E25-R |                  | 0,047244554 |
| X-E25-R |                  | 0,058807498 |
| X-E25-R |                  | 0,058807498 |
| X-E25-R |                  | 0,089819065 |
| X-E25-R |                  | 0,089819065 |
| X-E25-R |                  | 0,110104544 |
| X-E25-R |                  | 0,232637769 |
| X-E25-R |                  | 0,232637769 |
| X-E25-R |                  | 0,275082539 |
| X-E25-R |                  | 0,275082539 |
| X-E25-R |                  | 0,322382344 |
| X-E25-R |                  | 0,322382344 |
| X-E25-R |                  | 0,430117433 |
| X-E25-R |                  | 0,430117433 |
| X-E25-R |                  | 0,430117433 |
| X-E25-R |                  | 0,489146445 |
| X-E25-R |                  | 0,489146445 |
| X-E25-R |                  | 0,489146445 |
| X-E25-R |                  | 0,489146445 |
| X-E25-R |                  | 0,550200497 |
| X-E25-R |                  | 0,611896084 |
| X-E25-R |                  | 0,611896084 |
| X-E25-R |                  | 0,611896084 |
| X-E25-R |                  | 0,611896084 |
| X-E25-R |                  | 0,672671209 |
| X-E25-R |                  | 0,672671209 |
| X-E25-R |                  | 0,730892307 |
| X-E25-R |                  | 0,730892307 |

|         |                  |             |
|---------|------------------|-------------|
| X-E25-R |                  | 0,730892307 |
| X-E25-R |                  | 0,784988651 |
| X-E25-R |                  | 0,784988651 |
| X-E25-R |                  | 0,833598844 |
| X-E25-R |                  | 0,875707786 |
| X-E25-R |                  | 0,875707786 |
| X-E25-R |                  | 0,875707786 |
| X-E25-R |                  | 0,975073049 |
| X-E25-R |                  | 0,995936667 |
| X-E27-R | 59,7 7,237028789 | 0,01187913  |
| X-E27-R |                  | 0,125488498 |
| X-E27-R |                  | 0,125488498 |
| X-E27-R |                  | 0,148013894 |
| X-E27-R |                  | 0,148013894 |
| X-E27-R |                  | 0,173872957 |
| X-E27-R |                  | 0,203329729 |
| X-E27-R |                  | 0,23659632  |
| X-E27-R |                  | 0,273806666 |
| X-E27-R |                  | 0,273806666 |
| X-E27-R |                  | 0,273806666 |
| X-E27-R |                  | 0,273806666 |
| X-E27-R |                  | 0,31498716  |
| X-E27-R |                  | 0,31498716  |
| X-E27-R |                  | 0,360025904 |
| X-E27-R |                  | 0,360025904 |
| X-E27-R |                  | 0,360025904 |
| X-E27-R |                  | 0,360025904 |
| X-E27-R |                  | 0,408643291 |
| X-E27-R |                  | 0,408643291 |
| X-E27-R |                  | 0,408643291 |
| X-E27-R |                  | 0,408643291 |
| X-E27-R |                  | 0,460367635 |
| X-E27-R |                  | 0,460367635 |
| X-E27-R |                  | 0,514520468 |
| X-E27-R |                  | 0,514520468 |
| X-E27-R |                  | 0,514520468 |
| X-E27-R |                  | 0,514520468 |
| X-E27-R |                  | 0,57021663  |
| X-E27-R |                  | 0,626384063 |
| X-E27-R |                  | 0,626384063 |
| X-E27-R |                  | 0,785266781 |



|         |                        |                  |             |
|---------|------------------------|------------------|-------------|
| X-E27-R |                        |                  | 0,785266781 |
| X-E27-R |                        |                  | 0,90522256  |
| X-E27-R |                        |                  | 0,954919068 |
| X-E27-R |                        |                  | 0,954919068 |
| X-E27-R |                        |                  | 0,954919068 |
| X-E27-R |                        |                  | 0,971124412 |
| X-E27-R |                        |                  | 0,98253113  |
| X-E27-R |                        |                  | 0,98253113  |
| X-E28-C | Cálculo muy aproximado | 51,3 0,172348301 | 0,41989424  |
| X-E28-C | Cálculo muy aproximado |                  | 0,239750061 |
| X-E22-C |                        | 34,1 4,521566227 | 0,008050769 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,101312036 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,267649629 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,267649629 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,288010589 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,309453506 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,331966197 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,331966197 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,380091813 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,405616519 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,432032506 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,574038704 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,662232685 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,662232685 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,691105692 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,691105692 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,746912964 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,866693959 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,956797879 |
| X-E22-C |                        |                  | 0,979783759 |
| SM-E9-R |                        | 52,5 8,76182015  | 0,029586579 |
| SM-E9-R |                        |                  | 0,042099637 |
| SM-E9-R |                        |                  | 0,042099637 |
| SM-E9-R |                        |                  | 0,060120372 |
| SM-E9-R |                        |                  | 0,076304213 |
| SM-E9-R |                        |                  | 0,076304213 |
| SM-E9-R |                        |                  | 0,085957084 |
| SM-E9-R |                        |                  | 0,096810353 |
| SM-E9-R |                        |                  | 0,122651518 |

|         |  |             |
|---------|--|-------------|
| SM-E9-R |  | 0,137925455 |
| SM-E9-R |  | 0,137925455 |
| SM-E9-R |  | 0,154968392 |
| SM-E9-R |  | 0,173933431 |
| SM-E9-R |  | 0,19497149  |
| SM-E9-R |  | 0,19497149  |
| SM-E9-R |  | 0,335610304 |
| SM-E9-R |  | 0,371297518 |
| SM-E9-R |  | 0,371297518 |
| SM-E9-R |  | 0,371297518 |
| SM-E9-R |  | 0,371297518 |
| SM-E9-R |  | 0,371297518 |
| SM-E9-R |  | 0,409436844 |
| SM-E9-R |  | 0,409436844 |
| SM-E9-R |  | 0,409436844 |
| SM-E9-R |  | 0,409436844 |
| SM-E9-R |  | 0,409436844 |
| SM-E9-R |  | 0,409436844 |
| SM-E9-R |  | 0,449858823 |
| SM-E9-R |  | 0,449858823 |
| SM-E9-R |  | 0,449858823 |
| SM-E9-R |  | 0,449858823 |
| SM-E9-R |  | 0,492301833 |
| SM-E9-R |  | 0,536402832 |
| SM-E9-R |  | 0,536402832 |
| SM-E9-R |  | 0,536402832 |
| SM-E9-R |  | 0,536402832 |
| SM-E9-R |  | 0,581692307 |
| SM-E9-R |  | 0,581692307 |
| SM-E9-R |  | 0,581692307 |
| SM-E9-R |  | 0,581692307 |
| SM-E9-R |  | 0,581692307 |
| SM-E9-R |  | 0,627595382 |
| SM-E9-R |  | 0,627595382 |
| SM-E9-R |  | 0,627595382 |
| SM-E9-R |  | 0,627595382 |
| SM-E9-R |  | 0,627595382 |
| SM-E9-R |  | 0,627595382 |
| SM-E9-R |  | 0,627595382 |
| SM-E9-R |  | 0,627595382 |



|          |      |             |
|----------|------|-------------|
| SM-E14-C |      | 0,511339536 |
| SM-E14-C |      | 0,564993352 |
| SM-E14-C |      | 0,619496188 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,673751051 |
| SM-E14-C |      | 0,776622407 |
| SM-E14-C |      | 0,776622407 |
| SM-E14-C |      | 0,822781452 |
| SM-E14-C |      | 0,822781452 |
| SM-E14-C |      | 0,822781452 |
| SM-E14-C |      | 0,822781452 |
| SM-E14-C |      | 0,863980759 |
| SM-E14-C |      | 0,928758997 |
| SM-E14-C |      | 0,928758997 |
| SM-E14-C |      | 0,928758997 |
| SM-E14-C |      | 0,951900911 |
| SM-E25-R | 43,4 | 5,345627645 |
| SM-E25-R |      | 0,082385256 |
| SM-E25-R |      | 0,19956777  |
| SM-E25-R |      | 0,228609769 |
| SM-E25-R |      | 0,334639869 |
| SM-E25-R |      | 0,334639869 |
| SM-E25-R |      | 0,334639869 |
| SM-E25-R |      | 0,334639869 |
| SM-E25-R |      | 0,467118448 |
| SM-E25-R |      | 0,467118448 |
| SM-E25-R |      | 0,467118448 |
| SM-E25-R |      | 0,467118448 |
| SM-E25-R |      | 0,515682554 |
| SM-E25-R |      | 0,615779308 |
| SM-E25-R |      | 0,615779308 |
| SM-E25-R |      | 0,615779308 |



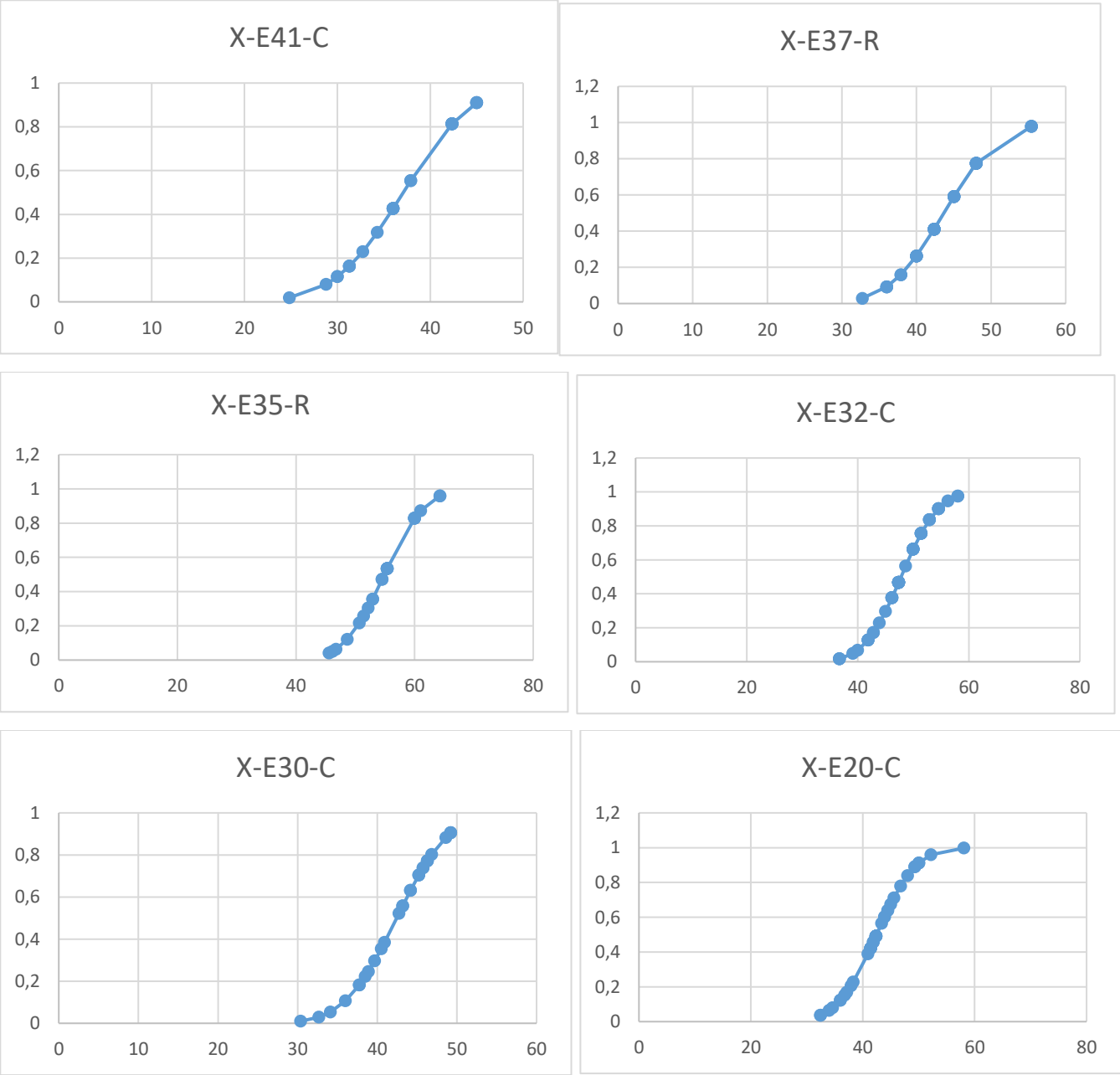
|          |                  |             |
|----------|------------------|-------------|
| SM-E25-R |                  | 0,665687106 |
| SM-E25-R |                  | 0,760657422 |
| SM-E25-R |                  | 0,803896153 |
| SM-E25-R |                  | 0,803896153 |
| SM-E25-R |                  | 0,803896153 |
| SM-E25-R |                  | 0,803896153 |
| SM-E25-R |                  | 0,843227663 |
| SM-E25-R |                  | 0,932803268 |
| SM-E19-R | 42,5 8,584961051 | 0,058633829 |
| SM-E19-R |                  | 0,073025753 |
| SM-E19-R |                  | 0,127990756 |
| SM-E19-R |                  | 0,143359969 |
| SM-E19-R |                  | 0,179831376 |
| SM-E19-R |                  | 0,179831376 |
| SM-E19-R |                  | 0,386369891 |
| SM-E19-R |                  | 0,386369891 |
| SM-E19-R |                  | 0,471268768 |
| SM-E19-R |                  | 0,565832548 |
| SM-E19-R |                  | 0,615476166 |
| SM-E19-R |                  | 0,615476166 |
| SM-E19-R |                  | 0,665683178 |
| SM-E19-R |                  | 0,71549192  |
| SM-E19-R |                  | 0,71549192  |
| SM-E19-R |                  | 0,809494399 |
| SM-E19-R |                  | 0,809494399 |
| SM-E19-R |                  | 0,965269674 |
| SM-E19-R |                  | 0,965269674 |
| SM-E18-C | 52,4 10,09411597 | 0,010019225 |
| SM-E18-C |                  | 0,019014502 |
| SM-E18-C |                  | 0,034264082 |
| SM-E18-C |                  | 0,070910071 |
| SM-E18-C |                  | 0,108887297 |
| SM-E18-C |                  | 0,121291956 |
| SM-E18-C |                  | 0,150490487 |
| SM-E18-C |                  | 0,230521901 |
| SM-E18-C |                  | 0,230521901 |
| SM-E18-C |                  | 0,283655406 |
| SM-E18-C |                  | 0,313913676 |
| SM-E18-C |                  | 0,313913676 |
| SM-E18-C |                  | 0,382063345 |
| SM-E18-C |                  | 0,41989424  |

|          |                  |             |
|----------|------------------|-------------|
| SM-E18-C |                  | 0,41989424  |
| SM-E18-C |                  | 0,41989424  |
| SM-E18-C |                  | 0,41989424  |
| SM-E18-C |                  | 0,41989424  |
| SM-E18-C |                  | 0,460066603 |
| SM-E18-C |                  | 0,502344948 |
| SM-E18-C |                  | 0,546387144 |
| SM-E18-C |                  | 0,637811305 |
| SM-E18-C |                  | 0,683924201 |
| SM-E18-C |                  | 0,683924201 |
| SM-E18-C |                  | 0,695367459 |
| SM-E18-C |                  | 0,773036758 |
| SM-E18-C |                  | 0,773036758 |
| SM-E18-C |                  | 0,81430215  |
| SM-E18-C |                  | 0,81430215  |
| SM-E18-C |                  | 0,852239776 |
| SM-E18-C |                  | 0,852239776 |
| SM-E18-C |                  | 0,852239776 |
| SM-E18-C |                  | 0,852239776 |
| SM-E18-C |                  | 0,852239776 |
| SM-E18-C |                  | 0,852239776 |
| SM-E18-C |                  | 0,886114428 |
| SM-E18-C |                  | 0,901345079 |
| SM-E18-C |                  | 0,939685157 |
| SM-E4-C  | 25,2 5,449422088 | 0,220391295 |
| SM-E4-C  |                  | 0,228889992 |
| SM-E4-C  |                  | 0,286665218 |
| SM-E4-C  |                  | 0,411233289 |
| SM-E4-C  |                  | 0,471099273 |
| SM-E4-C  |                  | 0,569853981 |
| SM-E4-C  |                  | 0,569853981 |
| SM-E4-C  |                  | 0,621988841 |
| SM-E4-C  |                  | 0,744233877 |
| SM-E4-C  |                  | 0,854115008 |
| SM-E22-C | 23,1 2,744293054 | 0,02555273  |
| SM-E22-C |                  | 0,066230138 |
| SM-E22-C |                  | 0,110115973 |
| SM-E22-C |                  | 0,140510271 |
| SM-E22-C |                  | 0,236582931 |
| SM-E22-C |                  | 0,323344262 |
| SM-E22-C |                  | 0,356815602 |



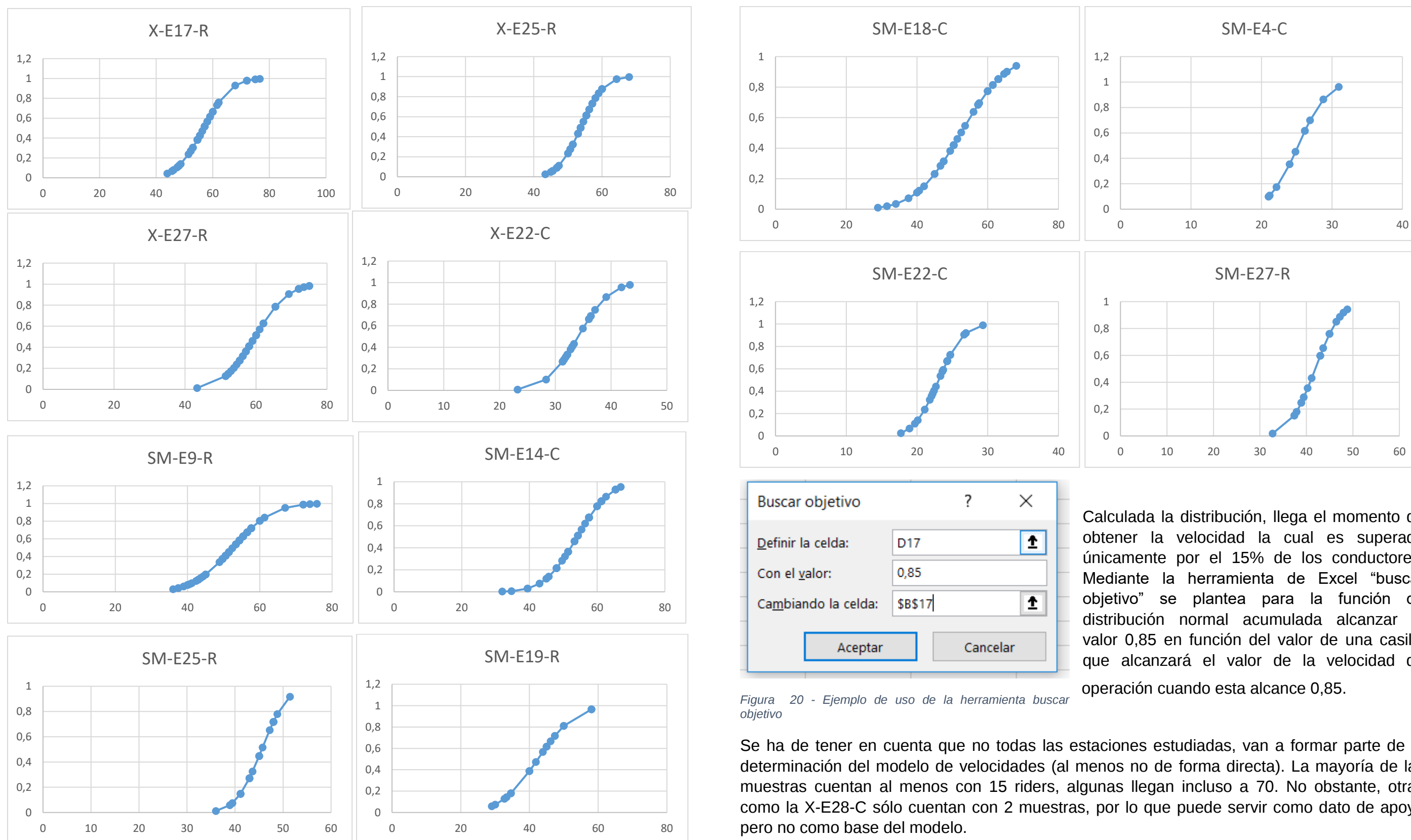
Conjunto de gráficos 1 – Funciones de distribución acumulada de velocidades para cada estación

|          |                  |             |
|----------|------------------|-------------|
| SM-E22-C |                  | 0,377847835 |
| SM-E22-C |                  | 0,404459831 |
| SM-E22-C |                  | 0,442213259 |
| SM-E22-C |                  | 0,535389505 |
| SM-E22-C |                  | 0,576639313 |
| SM-E22-C |                  | 0,590450036 |
| SM-E22-C |                  | 0,668194877 |
| SM-E22-C |                  | 0,668194877 |
| SM-E22-C |                  | 0,672696935 |
| SM-E22-C |                  | 0,722151973 |
| SM-E22-C |                  | 0,725549894 |
| SM-E22-C |                  | 0,904628533 |
| SM-E22-C |                  | 0,919123316 |
| SM-E22-C |                  | 0,988568047 |
| SM-E27-R | 41,9 4,380050935 | 0,018107018 |
| SM-E27-R |                  | 0,152186046 |
| SM-E27-R |                  | 0,152186046 |
| SM-E27-R |                  | 0,180163168 |
| SM-E27-R |                  | 0,247962755 |
| SM-E27-R |                  | 0,247962755 |
| SM-E27-R |                  | 0,288014143 |
| SM-E27-R |                  | 0,355604445 |
| SM-E27-R |                  | 0,431258084 |
| SM-E27-R |                  | 0,597708643 |
| SM-E27-R |                  | 0,597708643 |
| SM-E27-R |                  | 0,65398991  |
| SM-E27-R |                  | 0,760354668 |
| SM-E27-R |                  | 0,760354668 |
| SM-E27-R |                  | 0,850564729 |
| SM-E27-R |                  | 0,887380668 |
| SM-E27-R |                  | 0,918094421 |
| SM-E27-R |                  | 0,942729763 |



Conjunto de gráficos 1 - Funcion de distribución acumulada de velocidades para cada estación

Conjunto de gráficos 2 - Funcion de distribución acumulada de velocidades para cada estación





positiva y además se contaban con pocos datos de este tipo, suponía añadir una variable extra que con los datos que se manejan, no se soportaría.

No obstante, se muestra igualmente la velocidad de operación de todas:

Tabla 3 - Listado de velocidades de operación estimada para cada registro de velocidades

| Código  | Vo    |
|---------|-------|
| X-E40-C | 43,21 |
| X-E37-R | 49,62 |
| X-E35-R | 61,00 |
| X-E32-C | 53,24 |
| X-E30-C | 47,81 |
| X-E20-C | 48,26 |
| X-E17-R | 64,62 |
| X-E25-R | 59,38 |
| X-E27-R | 67,25 |
| X-E28-C | 51,49 |
| X-E22-C | 38,80 |
| SM-E9-R | 61,62 |

|          |       |
|----------|-------|
| SM-E14-C | 62,15 |
| SM-E25-R | 48,97 |
| SM-E19-R | 58,86 |
| SM-E18-C | 62,91 |
| SM-E4-C  | 30,87 |
| SM-E22-C | 26,00 |
| SM-E27-R | 46,43 |

4.2. Modelo de velocidad de operación

Habiendo obtenido las velocidades de operación para cada elemento estudiado, se procede a la obtención del modelo de velocidades.

Para ello, se separa, por una parte, un modelo de velocidades para curvas y, por otra parte, un modelo de velocidades para rectas.

4.2.1. Modelo de velocidades para curvas

Tal y como suele ocurrir en los modelos de velocidad de operación para tráfico rodado en carretera, el factor que mayor condiciona la velocidad en una curva es el radio. Otros factores, como el ángulo de deflexión, la visibilidad, el sobre ancho, el estado de la calzada o el peralte son cuestiones que, o bien dependen directa o indirectamente del radio o afectan de forma dispar a los riders.

Por otra parte, al tratarse de un deporte de inercia, a priori, no se debe de pasar por alto a quien genera la velocidad: la gravedad. Y en este caso, lo que produce que la gravedad actúe más o menos es el ángulo de inclinación longitudinal de la calzada. Si la calzada se encuentra en rampa, la aceleración dependerá de la inclinación de esta y de la fuerza de la gravedad y jugará en contra el rozamiento rueda-calzada.

En los gráficos 1 y 2 se muestra gráficamente la correlación de la velocidad con el radio y la pendiente respectivamente. En donde la velocidad es la línea naranja y el radio y la pendiente las azules.

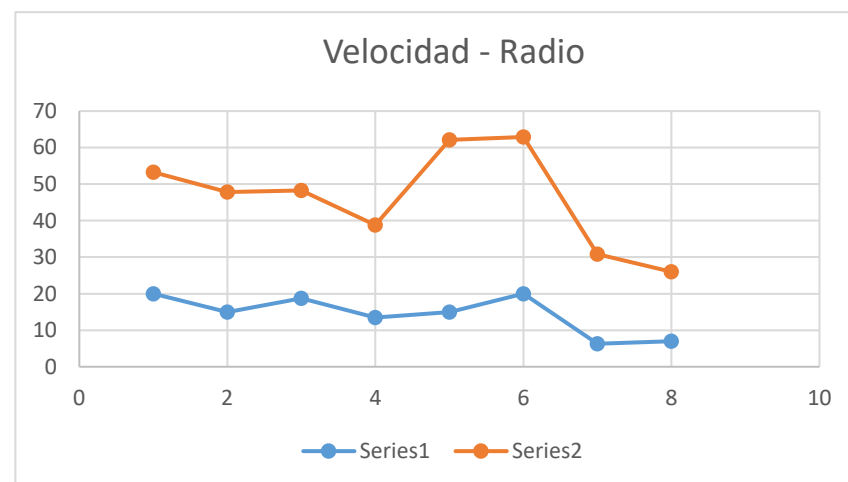


Gráfico 1 - Correlación gráfica entre las velocidades en curva y el radio de estas

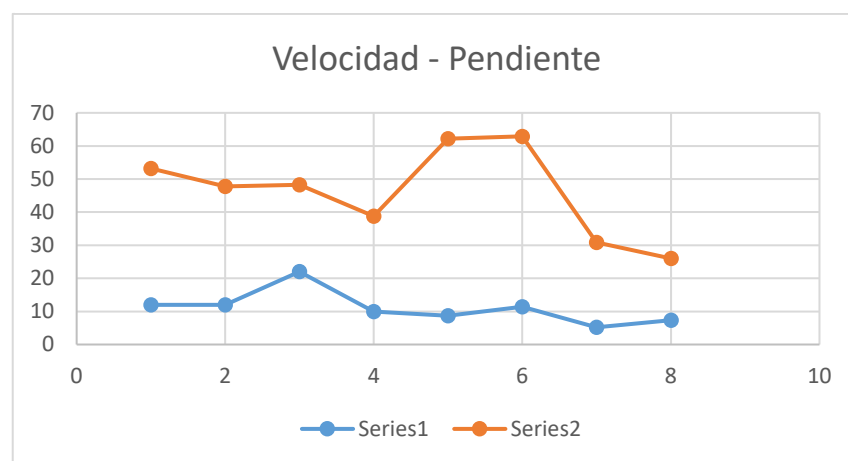


Gráfico 2 - Correlación gráfica entre las velocidades en curva y la pendiente en estas

Resulta evidente que estos dos factores, pueden jugar un gran papel a la hora de modelizar la velocidad. Primero conviene descartar en base a premisas razonables otros factores.

En algunos modelos de velocidad, el CCR juega un factor fundamental a la hora de estimar la velocidad. Para poder contar con ello, deberíamos contar con

datos de varios spots entre los cuales difiera notablemente el valor del CCR. No es el caso. Por otra parte, también se podría tener en cuenta, de forma más local, la geometría previa a la curva: longitud de recta anterior y posterior o radio de curva anterior y posterior.

No obstante, de lo observado se desprende un dato muy interesante. De forma independiente a la velocidad con

la que se entra a una curva, los riders tienden a buscar la velocidad óptima de la curva para

evitar la salida de pista y disminuir los riesgos de accidente. Se trata de un deporte de riesgo, por lo que suelen buscarse situaciones límite. Es decir, la reducción de la velocidad en curva se hace en base a un criterio de seguridad y no de comodidad.

Como ejemplo práctico, en la estación X-E30-C se toman los datos de velocidad de una curva de 15 metros de radio. Se trata de una curva que comienza en una recta con una pendiente pronunciada y que parte de otra curva en la que la velocidad se estima de unos 50 km/h. En las primeras bajadas, en las que los riders no conocen el circuito, suelen tomar estas curvas con precaución. Una vez cogen confianza, tienden más a buscar el límite. En el caso de este registro, hubo varias salidas de pista hasta que, una de ellas sufrió un accidente y el rider tuvo que ser trasladado al hospital. De hecho, en el registro de velocidad, se decide aumentar la

velocidad de forma manual en un 20% para compensar la reducción que genera pasar la curva en bandera amarilla y que esta curva pueda tenerse en cuenta en el modelo.

Es, a partir de este momento, cuando los riders, a pesar de venir de un tramo muy rápido, comienzan a reducir de una manera más notoria la velocidad a la entrada de esta curva, pero sin reducir, en la mayoría de los casos, la velocidad en elementos anteriores.

En el caso de buscar la comodidad del viaje, como ocurre en carretera, los riders habrían comenzado a reducir la velocidad al acercarse a esta curva, para evitar la frenada brusca que se ha de realizar para trazarla sin problemas. Pero, como ya se ha dicho, como norma general, no se busca la comodidad.



Figura 21 Imagen del momento en el que dos riders chocan durante la toma de datos X-E30-C

Por lo tanto, es lógico pensar que la velocidad en curva dependerá de características de la propia curva y no externos a esta.

Concluyendo, de esta forma, que las variables que se consideran más idóneas para modelizar la velocidad en curva serán el valor del radio y el de la pendiente.

A continuación, se muestran los datos de las curvas de las cuales tenemos datos de velocidad observados:

Tabla 4 - Listado de estaciones en curvas de los que se tienen datos de velocidad observada

| Código   | Radio(m) | Pendiente(%) | V anterior(km/h) | Distancia Vant(m) | V curva(km/h) | Vant-Vcur(km/h) |
|----------|----------|--------------|------------------|-------------------|---------------|-----------------|
| X-E32-C  | 20       | 12           | 47,81            | 10                | 53,24         | -5,43           |
| X-E30-C  | 15       | 12           | 51,49            | 60                | 47,81         | 3,68            |
| X-E20-C  | 18,7     | 22           | 59,38            | No data           | 48,26         | 11,12           |
| X-E22-C  | 13,5     | 10           | 48,26            | 76                | 38,80         | 9,46            |
| SM-E14-C | 15       | 8,7          | 61,62            | 110               | 62,15         | -0,54           |
| SM-E18-C | 20       | 11,4         | 62,15            | 163               | 62,91         | -0,75           |
| SM-E4-C  | 6,3      | 5,2          | 0,00             | 58                | 30,87         | -30,87          |
| SM-E22-C | 7        | 7,3          | 62,91            | 49                | 26,00         | 36,91           |



En la tabla se muestra el valor del radio, de la pendiente, la velocidad en la curva o estación próxima anterior, la distancia hasta este punto anterior, la velocidad en curva y la diferencia de velocidad entre la anterior y la de la curva.

Como puede observarse en el último dato de la tabla, esta diferencia de velocidad no guarda correlación alguna con la velocidad, el radio o la pendiente, dejando claro lo comentado más arriba: el comportamiento en curva se puede asumir independiente de los elementos anteriores.

Visto esto de forma más clara, el siguiente paso es aislar las variables que se van a considerar para el modelo de velocidades para ver de qué manera afectan a la velocidad.

En el caso del radio se observa lo siguiente:

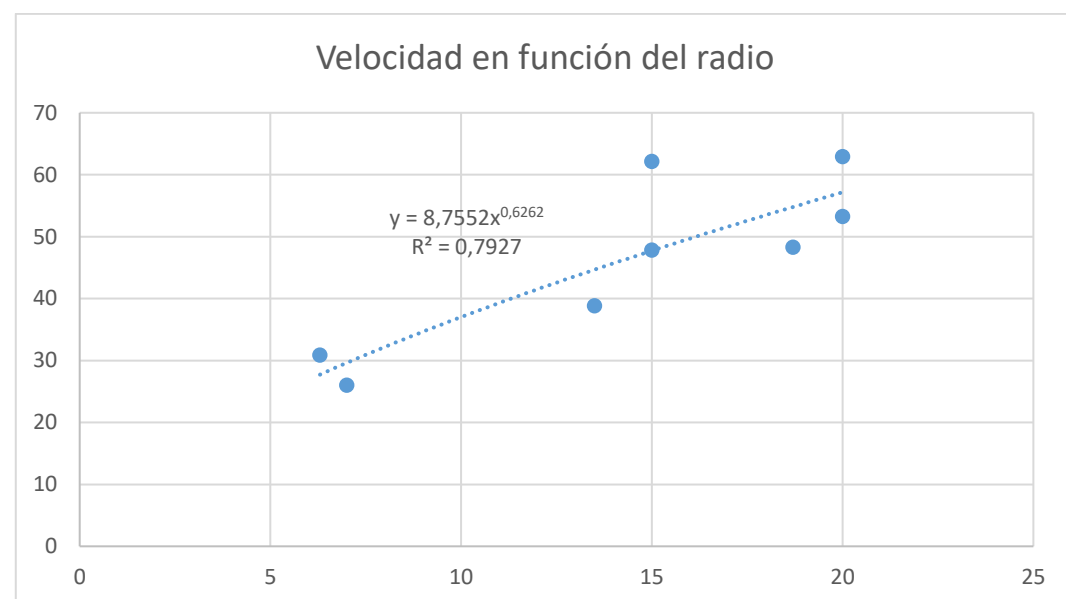


Gráfico 3 - Nube de puntos y función de regresión de los valores de la velocidad en función del radio

El  $R^2$  es muy próximo a 80, por lo que se puede entender que la función potencial que Excel proporciona como línea de tendencia es bastante buena. Además, esta función cumple algo que, aunque no se ha observado, no se puede pasar por alto. A medida que el radio tiende a 0 metros, la velocidad tenderá a 0 km/h.

En el caso de la pendiente, se observa esto:

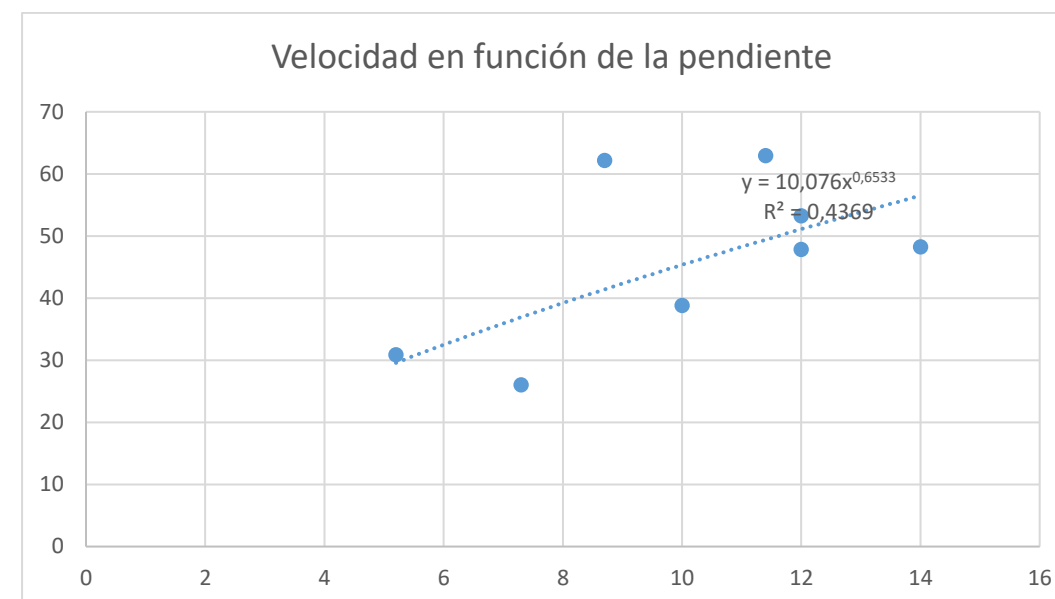


Gráfico 4 - Nube de puntos y función de regresión de los valores de la velocidad en función de la pendiente

El  $R^2$  es de 0.4369, un valor bastante bajo. De las posibles líneas de tendencia que muestra Excel, esta es la que, sin generar funciones demasiado extrañas (como una polinómica de grado 5), devuelve un menor  $R^2$ . Con los datos que se cuentan, no ha lugar para encontrar una función que consiga una mayor aproximación.

Una vez se tienen estos datos, se entiende que el siguiente paso es combinar las funciones de cada variable independiente en una misma expresión. La forma más simple e inmediata de hacer esto con los datos que contamos es la de multiplicar cada expresión por un valor porcentual.

Es decir, se ha de cumplir lo siguiente:

$$F_R \times a + F_G \times b = F_{R+G}$$
$$a + b = 1$$

En donde:

$F_R$  es la función que modeliza la velocidad en función del radio

$F_G$  es la función que modeliza la velocidad en función de la pendiente

$a$  es el factor porcentual para  $F_R$

$b$  es el factor porcentual para  $F_G$

$F_{R+G}$  es la función que modeliza la velocidad en función del radio y la pendiente

La cuestión ahora es determinar  $a$  y  $b$ . Para ello, se procede por aproximación de mínimos cuadrados.

Mediante la herramienta Solve, se busca que el sumatorio del cuadrado de la diferencia de la velocidad estimada con respecto a la velocidad observada para cada estación sea el valor



mínimo haciendo variar los valores de a y b. Con esto, Excel devuelve el valor más óptimo para la función.

Tabla 5 - Tabla para el cálculo de la velocidad estimada en función del radio y la pendiente

|          |          |              |                  |                   |               |                 |          | a                        | b      |
|----------|----------|--------------|------------------|-------------------|---------------|-----------------|----------|--------------------------|--------|
|          |          |              |                  |                   |               |                 |          | 1,740                    | -0,740 |
| Código   | Radio(m) | Pendiente(%) | V anterior(km/h) | Distancia Vant(m) | V curva(km/h) | Vant-Vcur(km/h) | Vest R+G | (Vcur-Vest) <sup>2</sup> | Vest-R |
| X-E32-C  | 20,000   | 12,000       | 47,809           | 10,000            | 53,239        | -5,430          | 61,626   | 70,332                   | 57,987 |
| X-E30-C  | 15,000   | 12,000       | 51,485           | 60,000            | 47,809        | 3,676           | 45,234   | 6,629                    | 48,427 |
| X-E20-C  | 18,700   | 14,000       | 59,380           | No data           | 48,256        | 11,123          | 53,522   | 27,730                   | 55,597 |
| X-E22-C  | 13,500   | 10,000       | 48,256           | 76,000            | 38,799        | 9,458           | 44,178   | 28,935                   | 45,335 |
| SM-E14-C | 15,000   | 8,700        | 61,617           | 110,00            | 62,154        | -0,537          | 52,398   | 95,187                   | 48,427 |
| SM-E18-C | 20,000   | 11,400       | 62,154           | 163,00            | 62,905        | -0,751          | 62,872   | 0,001                    | 57,987 |
| SM-E4-C  | 6,300    | 5,200        | 0,000            | 58,000            | 30,869        | -30,869         | 26,343   | 20,489                   | 28,130 |
| SM-E22-C | 7,000    | 7,300        | 62,905           | 49,000            | 26,000        | 36,905          | 24,202   | 3,234                    | 30,049 |
|          |          |              |                  |                   |               |                 |          | <b>252,537</b>           |        |

Tabla 6 - Parte de la tabla anterior que completa la información

| c                          | d      |                            |
|----------------------------|--------|----------------------------|
|                            | 1,005  | 1,047                      |
| (vur-vest) <sup>2</sup> -2 | Vest-G | (vur-vest) <sup>2</sup> -3 |
| 17,368                     | 53,498 | 0,067                      |
| 0,018                      | 53,498 | 32,362                     |
| 46,028                     | 59,166 | 119,020                    |
| 37,009                     | 47,491 | 75,551                     |
| 201,960                    | 43,361 | 353,206                    |
| 30,233                     | 51,735 | 124,776                    |
| 9,125                      | 30,979 | 0,012                      |
| 14,048                     | 38,665 | 160,397                    |
| <b>355,789</b>             |        | <b>865,392</b>             |

En las tablas 5 y 6 queda reflejado lo que se explica más arriba. La columna "Vest R+G" muestra la velocidad estimada en función del radio y la pendiente, la columna "(Vcur-Vest)<sup>2</sup>" muestra los elementos del sumatorio y, el número en negrita al final de esta (**252.537**), muestra su resultado tras aplicar Buscar Objetivo.

Para comprobar si la combinación de ambas variables se aproxima mejor a la realidad que la modelización realizada por cada variable por separado, se ha realizado el mismo proceso para cada variable.

En el caso del radio, incluyendo un factor multiplicador c de valor 1,0147, el resultado del sumatorio resulta ser superior (**355.789**). En el caso de la pendiente, incluyendo un factor multiplicador d de valor 0,9434, el resultado del sumatorio es incluso mayor (**856.392**).

De lo observado se desprende, pues, que la combinación de ambas variables se ajusta más a la realidad de las velocidades observadas y, además, es el valor del radio el que influye de una manera notablemente superior sobre el comportamiento de los riders.

Por otra parte, se observa que el valor de b, que multiplica a la función que modeliza la velocidad en función de la pendiente, es negativo. Es decir, a igualdad de radio, cuanto mayor es la pendiente, menor será la velocidad.

Es, en este punto, cuando conviene plantearse la idoneidad del modelo. Bien es cierto que, de lo observado en campo, parece que, ante una inclinación longitudinal excesiva de la calzada, los riders pueden tender a disminuir la velocidad. No obstante, no se cuentan con datos para demostrar esto.

Lo que sí que resulta poco creíble es el hecho de que a medida que aumenta la pendiente, la velocidad se reduzca. Además, el valor de R<sup>2</sup> de la recta de regresión obtenida de la nube de puntos de la velocidad en función del radio, al ser muy bajo, deja pocas garantías.

Llegados a este punto, conviene realizar un análisis básico de correlación. Mediante la herramienta de Análisis de Datos que ofrece Excel, se estudia el nivel de correlación entre las velocidades observadas, los radios y las inclinaciones de calzada de las curvas estudiadas.

Tabla 7 - Coeficiente de correlación entre la velocidad en curva, el radio y la pendiente para los elementos observados

| Correlación | Valor |
|-------------|-------|
| Vc - R      | 0,85  |
| Vc - G      | 0,57  |
| R - G       | 0,88  |

En vista de estos datos, en donde el coeficiente de correlación entre el radio y la pendiente es notablemente alto, y ante la falta de datos, resulta una hipótesis razonable pensar que el nivel de correlación entre la velocidad y la pendiente sea debido a la correlación que se da entre la pendiente y el radio.

Esta hipótesis se refuerza ante el hecho de que, de la experiencia se desprende que una correlación tan alta entre el radio y la pendiente es un hecho casual. De hecho, aplicando un poco de lógica, sería más razonable pensar que este coeficiente fuese negativo ya que la presencia de valores altos de pendiente y valores reducidos de radio implica la presencia de una orografía en la que es difícil encajar un trazado.

De esta forma, eliminando la influencia de la pendiente, quedaría algo así:



Tabla 8 - Velocidades estimadas en función del radio y el resultado de la aproximación por mínimos cuadrados

| Vest R  | (Vcur-Vest) <sup>2</sup> |
|---------|--------------------------|
| 57,478  | 17,968                   |
| 48,186  | 0,142                    |
| 55,158  | 47,638                   |
| 45,173  | 40,629                   |
| 48,186  | 195,111                  |
| 57,478  | 29,452                   |
| 28,314  | 6,533                    |
| 30,202  | 17,660                   |
| 355,133 |                          |

En donde a y b serían coeficientes para ajusta la recta de regresión que calcula Excel.

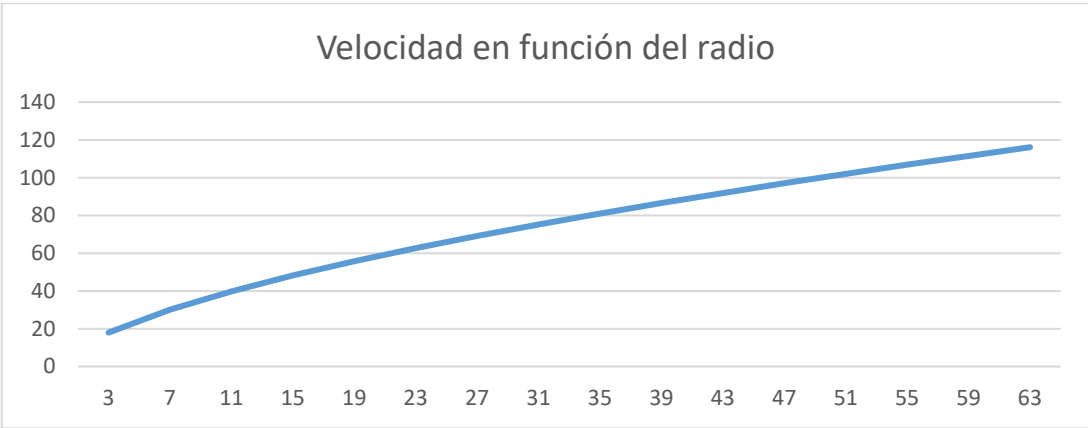


Gráfico 5 - Velocidad en función del radio mediante la función exponencial

Tomando esto como modelo, el gráfico 5 mostraría la variación de velocidad en función del radio. Sin embargo, no se puede olvidar el hecho de que el rango de radios observados va desde los 6,3 metros a los 20 metros. En este sentido, es de esperar que a medida que nos alejemos del rango, la modelización cuente con una mayor incertidumbre.

Para ello, y en vista de que el radio va a ser la única variable a tener en cuenta, se decide partir de la base de otros modelos existentes para el cálculo de velocidades de operación en carretera.

En este sentido, se observa que la mayoría de modelos tienen una forma tal que así:

$$V_{85} = a - \frac{b}{R}$$

En donde a y b son constantes que dependen del tipo de modelo y R es el valor del radio.

La forma de esta expresión se justifica en base a que representa un aumento de la velocidad que tiende a un valor asintótico a.

|         | a                        | b        | c                       | d         | e                       | f       |
|---------|--------------------------|----------|-------------------------|-----------|-------------------------|---------|
|         | 1,047                    | 0,979    | 68,168                  | 264,634   | 92,972                  | 166,596 |
| Vest R  | (Vcur-Vest) <sup>2</sup> | Vest-b/R | (vur-vest) <sup>2</sup> | Vest-b/√R | (vur-vest) <sup>2</sup> |         |
| 57,478  | 17,968                   | 54,936   | 2,880                   | 55,720    | 6,152                   |         |
| 48,186  | 0,142                    | 50,526   | 7,381                   | 49,957    | 4,613                   |         |
| 55,158  | 47,638                   | 54,017   | 33,179                  | 54,447    | 38,318                  |         |
| 45,173  | 40,629                   | 48,566   | 95,395                  | 47,630    | 77,995                  |         |
| 48,186  | 195,111                  | 50,526   | 135,223                 | 49,957    | 148,780                 |         |
| 57,478  | 29,452                   | 54,936   | 63,501                  | 55,720    | 51,631                  |         |
| 28,314  | 6,533                    | 26,163   | 22,154                  | 26,598    | 18,243                  |         |
| 30,202  | 17,660                   | 30,363   | 19,037                  | 30,004    | 16,035                  |         |
| 355,133 |                          |          | 378,751                 |           | 361,768                 |         |

En esta tabla se muestran los resultados de la modelización mediante la función exponencial, la modelización con la forma funcional habitual en carretera y a la misma expresión, pero sustituyendo la variable del radio por la de la raíz cuadrada del radio.

Pese a que se alejan un poco más de los valores observados, cuentan con la garantía de ser el tipo de función que mejor funciona en los modelos de velocidad de operación en carretera.

Sin embargo, este tipo de modelo cuenta con un problema, a medida que el valor del radio tiende a 0, el valor de la velocidad, tiende a menos infinito, por lo que, ante valores muy pequeños de radio, el valor de la velocidad resulta negativo.

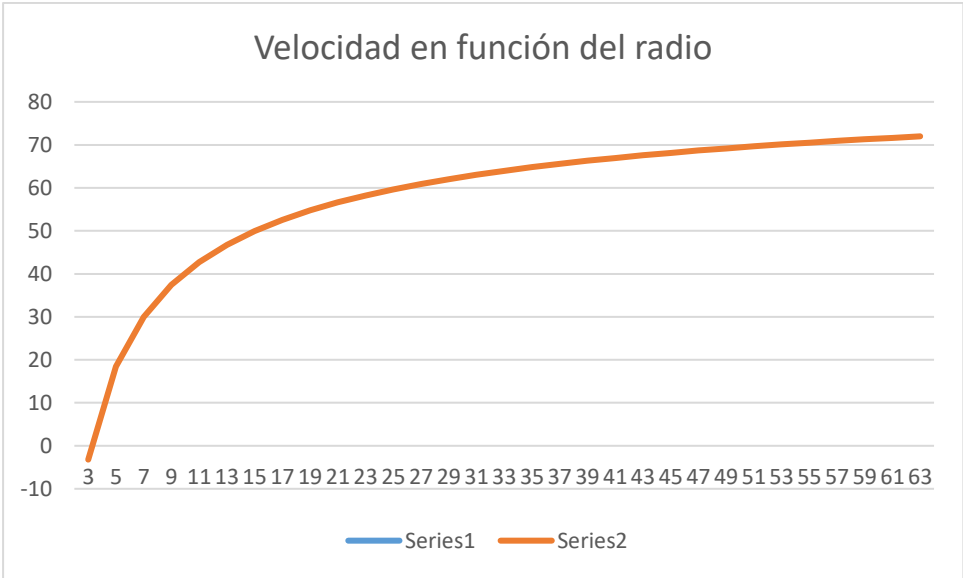


Gráfico 6 - Velocidad en función del radio mediante la forma funcional habitual para tráfico rodado

Este hecho, ante modelos de velocidad para vehículos motorizados, no supone un problema ya que no se plantean (ni se permiten) trazados con radios tan reducidos. Sin embargo, en el caso de la presente infraestructura, se dan casos de curvas en horquilla con 7 metros de radio.

Por esta razón, y dado que el primer modelo planteado, modeliza algo mejor las velocidades en el rango de radios observado, surge la idea de plantear un modelo compuesto.



Este estaría formado, primero, por el modelo exponencial y, segundo, por el modelo que se ha decidido llamar radical (debido a que la variable del radio se presenta en forma de raíz cuadrada). Se elige el modelo radical y no el otro, primero, porque en el rango de radios observado se ajusta algo mejor y, segundo, porque tiende a una velocidad mayor que el primero y se ajusta mejor a la realidad ante radios de valor reducido. Esto último reflejaría el hecho de que los riders no condicionan su velocidad a un criterio de comodidad, si no de seguridad, por lo que tienden a trazar la curva a una mayor velocidad.

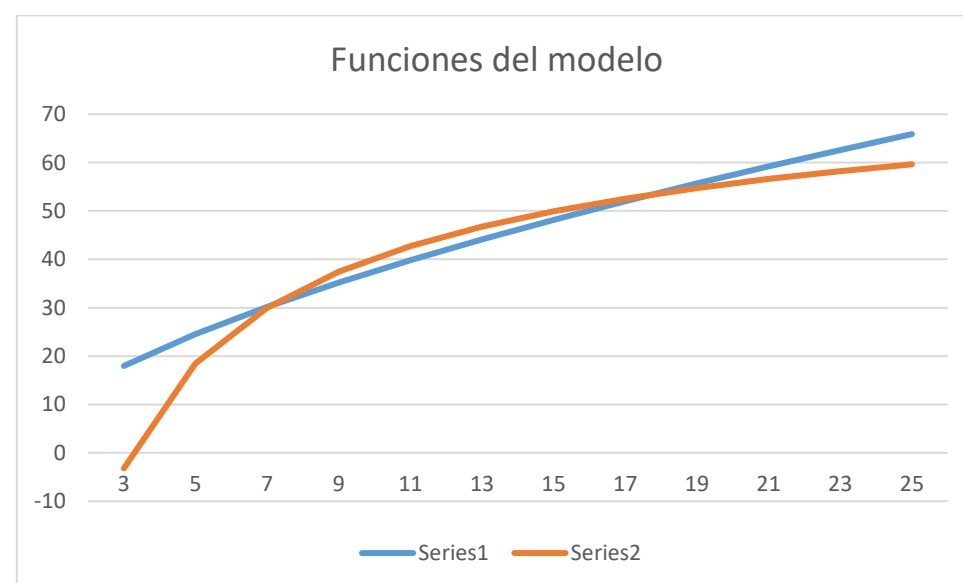


Gráfico 7 - Representación gráfica de la función exponencial y la radical

En este sentido, las dos funciones que se quiere que formen parte del modelo, cortarían en dos puntos correspondientes a los valores de 7,1 m y 17,8 m de radio. Entre estos dos valores se encuentra, prácticamente el rango de radios observado. A partir de aquí, las funciones divergen.

Como se observa en el apartado 4.3.2., tras el primer tanteo geométrico, el radio mínimo es de 6,7m. Esto implica que, pese a que lo ideal sería combinar ambos modelos, tomar uno, no supondría ningún cambio drástico ya que se entiende que, a partir de los 7 metros de radio, el modelo radical se ajusta bastante bien.

En este sentido pues, se decide finalmente tomar el modelo radical como definitivo.

Por último, una observación que merece ser mencionada. Destaca en particular el caso de la estación **SM-E14-C**. Esta curva se encuentra al final de una recta (sin contar las curvas de baja deflexión) de 325 metros, uno de los dos tramos del circuito de Sant Mateu más rápido, en donde los riders de Street-luge alcanzan los 80km/h. La toma de datos se realiza a la entrada de la curva. Pese a que se procura tomar los datos tras las marcas que deja el *drift*, no siempre es posible. En este caso, se toman algunas velocidades antes de realizar dicha frenada por lo que la velocidad observada resulta ser muy alta para una curva de 15 metros de radio (62.15 km/h), un dato anómalo del que se conoce su origen.

La velocidad estimada en los tres modelos ronda los 50 km/h. Pese a alejarse mucho de la observada, este es un dato mucho más razonable para una curva de estas características. Por tanto, se entiende que, a pesar de ser la principal razón que genera un valor tan grande del sumatorio, es un valor realista.

Concluyendo. El modelo de velocidades de operación para curvas quedaría de la siguiente forma:

$$V_{85} = 92,97 - \frac{166,60}{\sqrt{R}}$$

Introduciendo el valor del radio en metros y devolviendo el valor de la velocidad en kilómetros por hora.

#### 4.2.2. Modelo de velocidad máxima para rectas

De la misma forma que ocurre en los modelos de velocidad para tráfico rodado, en este caso, la velocidad en una recta está expuesta a una gran variabilidad. Al no existir una restricción física relevante como lo es el radio en el caso de las curvas, ganan peso el resto de factores, geométricos y no geométricos, que condicionan la velocidad.

En lo que respecta a este estudio, interesa conocer qué variables geométricas condicionarán la velocidad en recta. No se estima necesario cuantificar la forma en la que variables del entorno intervienen ya que tampoco se cuenta con datos como para determinar cuáles serían y de qué forma lo harían.

En cuanto a la geometría, siguiendo la línea que se ha llevado en la modelización de la velocidad en curva, no se debe pasar por alto la inclinación de la rasante ya que, como ya se ha explicado, es quien genera el movimiento del rider. Además, es importante conocer el tiempo que esta aceleración actúa sobre el rider, el tiempo que desciende sobre una superficie inclinada. Cuanto mayor sea este, mayor será la velocidad. La forma de conocer esto es la longitud de la recta.

A priori, parece que estas dos variables, deben de contar con un peso importante en la modelización.

No obstante, es lógico asumir que la velocidad en una recta de inclinación G y de longitud L no será la misma si se parte de curvas trazadas con diferente velocidad. Es decir, la velocidad de partida coge un peso importante. Ahora bien, la cuestión radica en cómo tener en cuenta esta velocidad de partida.

Una posibilidad sería a través del valor del radio de la curva anterior, que es el factor determinante a la hora de definir la velocidad en curva.

En el siguiente gráfico se muestran las velocidades observadas en recta en función del radio de la curvatura anterior:

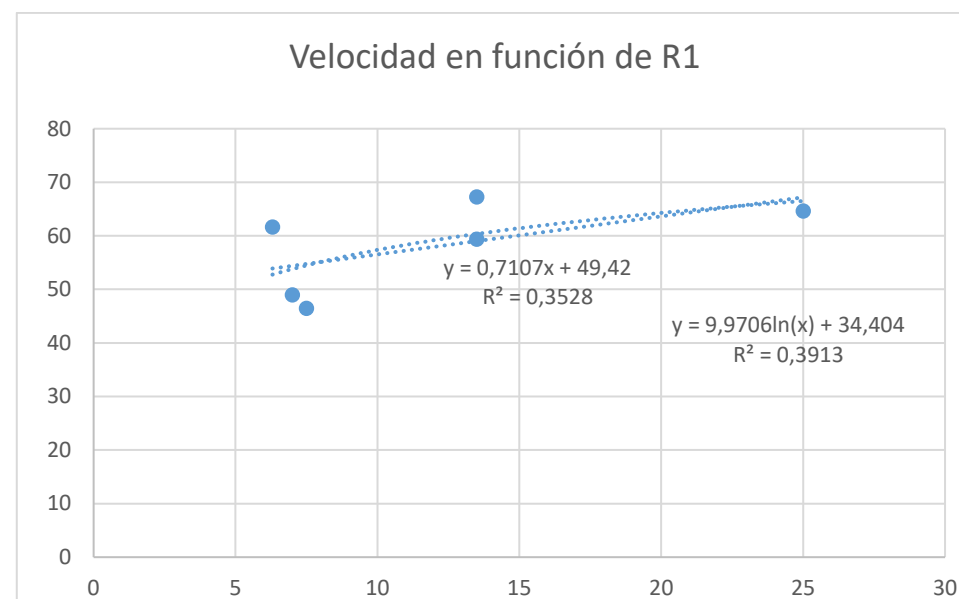


Gráfico 8 - Nube de puntos y funciones de regresión para la velocidad en recta en función del radio de la curva de entrada

Pese a que parecen marcarse dos líneas de tendencia muy próximas, el  $R^2$  de estas deja indicar que la nube de puntos dibujada se encuentra muy dispersa.

Tampoco se cuenta con datos suficientes como para determinar si esta dispersión es debida a la falta de datos o a que realmente no existe tal correlación.

No obstante, en la mayoría de estaciones se cuenta con la velocidad de operación observada en la curva anterior (a excepción de X-E17-R y SM-E27-R). Estos son datos conocidos y reales. Además, dado que ya se conoce el modelo de velocidad en curva, se pueden modelizar las velocidades para las curvas anteriores a las estaciones de las cuales no se tienen datos. No obstante, y para no aumentar el error, se elige la solución de compromiso de modelizar sólo una.

En este caso, se elige modelizar la velocidad en curva de SM-E26-R ya que se trata de una curva tipo horquilla que, de las estudiadas, es el tipo que mejor se ajusta al modelo al resultar evidente la influencia del radio sobre la velocidad.

De esta forma, tal y como ocurre con el modelo de velocidad de operación para rectas en carretera de Pérez et al. (2010), para modelizar esta se parte de la velocidad en curva al inicio de la recta y se modeliza, ya no la velocidad, si no la variación de esta en función de la pendiente y de la longitud.

$$V_{85} = V_c + \Delta V$$

En donde  $V_{85}$  es la velocidad de operación,  $V_c$  es la velocidad en la curva anterior y  $\Delta V$  es la variación de velocidad experimentada, lo que se busca modelizar.

Visto esto, se pasa a observar cómo cada variable influye por separado en la variación de velocidad en recta.

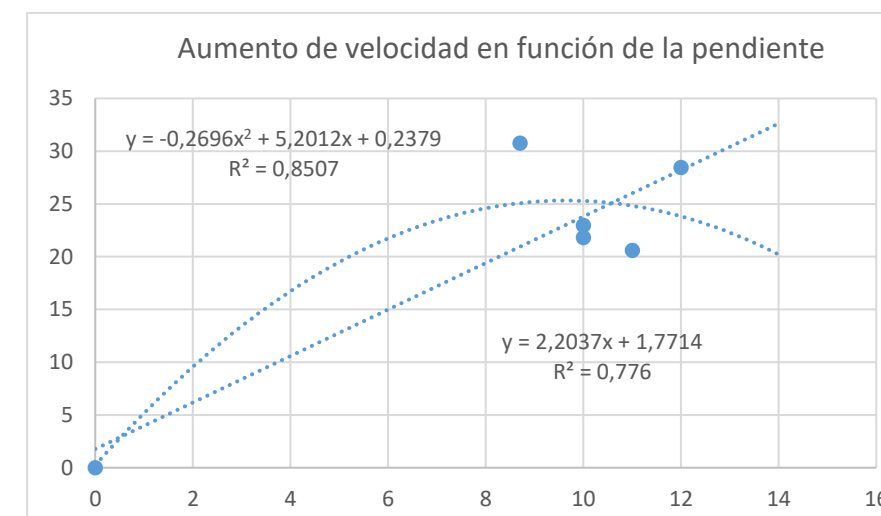


Gráfico 9 - Nube de puntos y funciones de regresión para la velocidad en recta en función de la pendiente

Al visualizar el aumento de la velocidad en función de la pendiente, contando únicamente con 5 datos, se genera una nube de puntos muy poco esclarecedora con un rango de pendientes muy reducido. No obstante, en este caso, se cuenta con un valor lógico impuesto. Ante la falta de pendiente (despreciando el rozamiento y la resistencia del aire), el aumento de velocidad es nulo (si se tiene en cuenta el rozamiento y la resistencia del aire, sería negativo, pero no existen datos para cuantificar este valor).

Con esto, se dan dos posibles funciones para modelizar dicho comportamiento, una lineal y una polinómica de segundo orden.

En el caso de la función lineal, representa una tendencia muy lógica. A medida que aumenta la pendiente, mayor es el aumento de velocidad. No obstante, de la misma forma que ocurre en las curvas, ante una pendiente muy pronunciada, el rider procurará controlar este aumento de velocidad, por lo que una función lineal no es la mejor forma de representar este comportamiento.

Por otra parte, la función polinómica de segundo orden, refleja ese control del aumento de la velocidad por parte del rider a medida que aumenta la pendiente. No obstante, la tendencia de esta función es la de disminuir una vez alcanzado cierto umbral.

De la experiencia se desprende que la función de regresión ideal sería aquella que tendiese asintóticamente a un valor umbral de la velocidad. No obstante, no se cuentan con datos suficientes para conocer con certeza este dato.

Además, se ha de recordar la premisa de que la pretensión de este modelo es el de representar aproximadamente el comportamiento en el Longboard Park objeto de diseño. Dado que, como ya se ha visto en el primer tanteo, las pendientes difícilmente van a superar el 15% en rampa, se acepta la función polinómica de segundo grado como función de regresión.

Por último, en lo que respecta a la inclinación de la rasante, conviene decir que, de no resultar tremendamente lógico que la pendiente condiciona de forma notoria a la velocidad, se eliminaría como variable de la misma forma que se ha hecho para el modelo en curva. La



diferencia con respecto al modelo en curva es que en este existe una restricción geométrica clara, el radio.

Seguidamente, se estudia el aumento de la velocidad en función de la longitud de la recta.

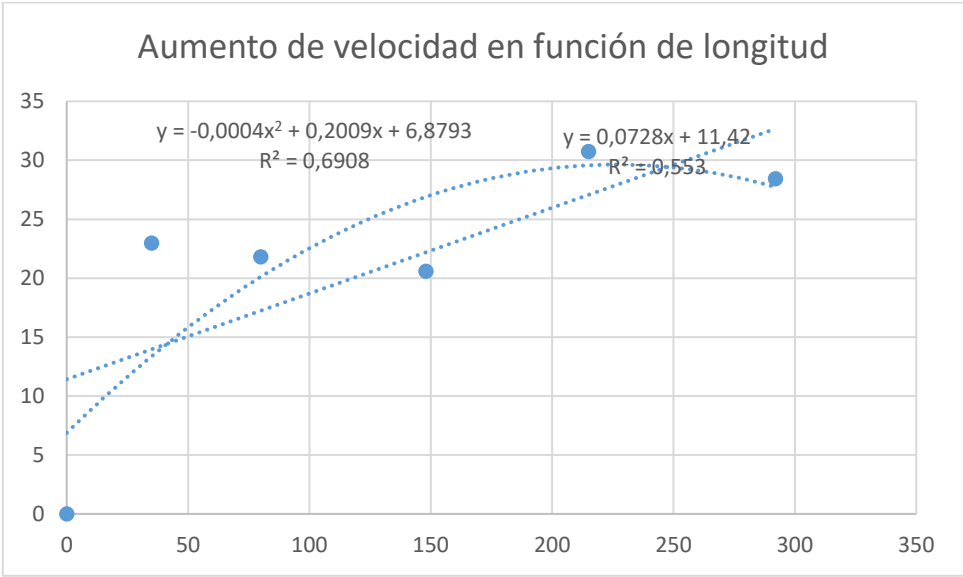


Gráfico 10 - Nube de puntos y funciones de regresión para la velocidad en recta en función de la longitud de la recta

Siguiendo las mismas premisas planteadas para el modelo de comportamiento basado en la pendiente, se llega a la conclusión de que la función de regresión polinómica de segundo grado resulta aceptable para modelizar el aumento de velocidad en función de la longitud de la recta.

Procediendo de la misma manera que se ha hecho para el modelo de velocidad de operación en curva, se extrae lo siguiente:

Tabla 9 - Cálculo de la velocidad estimada en recta en función de la longitud y la pendiente y ajuste por mínimos cuadrados

|             |        |       |         |       |       |          | a        | b                |
|-------------|--------|-------|---------|-------|-------|----------|----------|------------------|
|             |        |       |         |       |       |          | 0,680    | 0,320            |
| Código      | L_Cant | G     | Vant    | R2    | Vob   | Vob-Vant | Vest L+G | (Vest-Vobs)² (2) |
| X-E37-R     |        |       |         |       |       |          |          |                  |
| X-E35-R     |        |       |         |       |       |          |          |                  |
| X-E17-R     | 275,00 | 14,00 | No data | 30,00 | 64,62 |          |          |                  |
| X-E25-R     | 148,00 | 11,00 | 38,80   | 25,00 | 59,38 | 20,58    | 64,59    | 27,19            |
| X-E27-R     | 292,00 | 12,00 | 38,80   | 25,00 | 67,25 | 28,45    | 65,06    | 4,78             |
| SM-E9-R     | 215,00 | 8,70  | 30,87   | 15,00 | 61,62 | 30,75    | 58,03    | 12,87            |
| SM-E25-R    | 35,00  | 10,00 | 26,00   | 7,50  | 48,97 | 22,97    | 47,50    | 2,17             |
| SM-E27-R    | 80,00  | 10,00 | 24,62   | 8,40  | 46,43 | 21,81    | 48,34    | 3,64             |
| COND LÓGIC. | 0,00   | 0,00  | 0,00    |       | 0,00  | 0,00     | 2,36     | 5,58             |
| Total       |        |       |         |       |       |          |          | 56,23            |

Con respecto al modelo de velocidades de operación en curva, parece que las velocidades estimadas se ajustan mejor a las observadas. No obstante, hasta este punto sólo se ha tenido aquello que condiciona al rider antes de alcanzar dicha velocidad en recta para la longitud recorrida. Quizás es conveniente estudiar cómo la geometría posterior a la recta afecta a la velocidad de esta.

Es asumible pensar que, como ocurre en el tráfico rodado, la geometría posterior a la recta influirá, de alguna manera, en el trazado de la recta.

Se ha establecido una premisa en el apartado anterior que podría eliminar esta cuestión. Para este estudio se asume de lo observado que, como norma general, el comportamiento en curva no depende de los elementos externos a esta. De la misma forma, se podría asumir que puede ocurrir a la inversa, que las condiciones geométricas externas a la recta, no deben afectar a esta.

No obstante, para seguir un proceso científico, se busca verificar dicha hipótesis.

En el siguiente gráfico se muestran las velocidades observadas en recta en función del radio de la curvatura posterior:

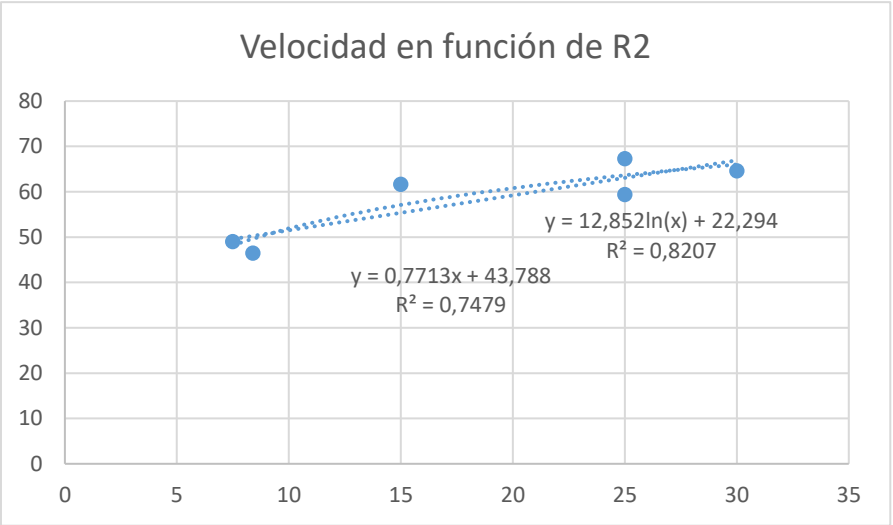


Gráfico 11 - Nube de puntos y funciones de regresión para la velocidad en recta en función de la longitud de la recta

En este caso,  $R^2$  sí parece tener un valor relativamente alto. La pregunta que toca hacerse entonces es si esto es debido a que existe una correlación real entre el radio de la curva posterior y la velocidad en recta.

La mayoría de datos de velocidad en recta que se han tomado ha sido buscando los puntos en los que, a priori, se

entendía que se iba alcanzar una mayor velocidad. De lo observado, se desprende el

hecho de que este punto suele ubicarse más próximo a la curva posterior que a la anterior. Esto quiere decir que en el momento que se alcanza la velocidad máxima en recta, el rider tiene presente la forma en la que debe trazar la siguiente curva.

Pese a que se ha asumido en el apartado anterior que la velocidad máxima con la que se traza una curva es independiente a la velocidad con la que se entra a esta, esto no implica que la velocidad de trazada de la curva no pueda afectar a la velocidad máxima en la recta. O lo que es lo mismo, el comportamiento en la curva es el factor limitante y el comportamiento en recta el factor limitado.

En este sentido, es posible que deba incluirse en el modelo.



No obstante, en este caso, se debería modelizar en base a la velocidad y no en base al aumento de velocidad. Por lo que el modelo final debería de tener la siguiente forma:

$$V_{85} = V_1 \times c + V_2 \times d$$

En donde  $V_{85}$  sería la velocidad de operación estimada,  $V_1$  la velocidad de operación estimada en función de la longitud y la pendiente y  $V_2$  la velocidad estimada en función del radio de la curva posterior; c y d los pesos que se les atribuye a cada modelización.

Sin embargo, antes de entrar en detalle con esto, conviene revisar la correlación. En este sentido, se observa que existe una correlación entre la longitud de la recta anterior a la estación y el radio de la curva posterior, concretamente, el coeficiente de correlación es de 0,82.

Si se observa el coeficiente de correlación entre la longitud de recta anterior y la velocidad en curva, de 0,95, es probable que la correlación dada entre el radio posterior a la curva, de 0,86, sea debido a los dos anteriores.

Tabla 10 - Coeficientes de correlación entre la Longitud anterior a la toma de velocidades, el radio de la curva de salida y la velocidad observada

| Correlación         | Valor |
|---------------------|-------|
| Lant-R <sub>2</sub> | 0,82  |
| Lant-V              | 0,95  |
| R <sub>2</sub> - V  | 0,86  |

Sin embargo, a diferencia de la correlación entre las velocidades observadas y la pendiente en curva (de 0,57), la correlación en el caso del radio de la curva posterior es notoriamente superior.

Por esta razón, es razonable la hipótesis de que sí influye directamente en la velocidad.

Tabla 11 - Cálculo de las velocidades estimadas en función de la longitud, la pendiente y el radio de la curva posterior

| Código      | L_Cant | G   | Vant    | R2  | Vob    | a      | b      | c      | d      | Vest<br>L+G+R2 | Vest<br>L+G+R3 |
|-------------|--------|-----|---------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|----------------|
|             |        |     |         |     |        | 0,680  | 0,321  | 0,999  | 0,000  |                |                |
| X-E37-R     |        |     |         |     |        |        |        |        |        |                |                |
| X-E35-R     |        |     |         |     |        |        |        |        |        |                |                |
| X-E17-R     | 275    | 14  | No data | 30  | 64,616 |        |        |        |        |                |                |
| X-E25-R     | 148    | 11  | 38,799  | 25  | 59,380 | 20,581 | 64,606 | 27,312 | 64,572 | 26,955         |                |
| X-E27-R     | 292    | 12  | 38,799  | 25  | 67,246 | 28,447 | 65,077 | 4,704  | 65,043 | 4,855          |                |
| SM-E9-R     | 215    | 8,7 | 30,869  | 15  | 61,617 | 30,748 | 58,046 | 12,756 | 58,015 | 12,977         |                |
| SM-E25-R    | 35     | 10  | 26,000  | 7,5 | 48,970 | 22,970 | 47,490 | 2,189  | 47,465 | 2,264          |                |
| SM-E27-R    | 80     | 10  | 24,620  | 8,4 | 46,435 | 21,815 | 48,347 | 3,656  | 48,321 | 3,559          |                |
| COND LÓGIC. | 0      | 0   | 0       |     | 0      | 0      | 2,369  | 5,611  |        |                |                |
| Total       |        |     |         |     |        |        |        | 56,228 |        | 50,610         |                |

Visto esto, se procede de la misma forma por mínimos cuadrados y se observan los resultados de la tabla 11.

Calculando mediante la función Solve de Excel, parece ser que no sería necesario modelizar en base al radio de la curva posterior. No obstante, este ajuste por mínimos cuadrados, lo hace dentro del rango observado. Sin embargo, no hay forma de demostrar científicamente qué ocurre fuera de este rango.

En este sentido, se concluye que, pese a que parece razonable que el radio de la curva posterior influya de alguna forma en la velocidad, para el presente trabajo, no se ha encontrado la manera de justificarlo ni de tomar una hipótesis altamente sustentable.

Por tanto, se decide no incluir en el modelo como variable el radio de la curva posterior. De esta forma, además, se evita depender hasta de 4 variables en un modelo que parte de una cantidad muy reducida de datos.

Por otra parte, estas faltas de certidumbre en torno a estas cuestiones serán compensadas mediante las tasas de aceleración que serán las que determinen si se alcanza el umbral de velocidad estimado en este modelo.

Dando el siguiente resultado:

$$V_{85} = (V_{c1} + (-0.2696G^2 + 5.2012G + 0.2379)0.680 + (-0.0004L^2 + 0.2009L + 6.8793)0.321)$$
$$V_{85} = V_{c1} - 0,1833G^2 - 0.00013L^2 + 3,5368G + 0.0645L + 2,37$$

Introduciendo el valor de la longitud en metros, el valor de la pendiente en valor porcentual (y positivo ya que todos los circuitos a modelizar son en rampa, luego no es necesario el criterio convencional de signos) y devuelve el valor de la velocidad de operación en kilómetros por hora.

#### 4.2.3. Tasas de aceleración y deceleración

La modelización de tasas de aceleración es una de las cuestiones más complejas a la hora de modelizar el comportamiento de un usuario en la vía.

Definir la velocidad en curva y la velocidad máxima en una recta, a pesar de que requiere un proceso laborioso, ofrece mayores garantías al saber que dependen en un alto porcentaje de la geometría. En particular, la velocidad en curva, en donde existe un condicionante geométrico claro.

En el caso de las tasas de aceleración, el problema es aún mayor ya que esto no está asegurado. Depende de múltiples factores y se necesita realizar un muestreo muy amplio para contar con algo de garantías.

En líneas generales, la mejor opción para modelizar bien tasas de aceleración es la de conseguir perfiles de velocidad reales, a través de tecnología GPS ya que te permite registrar la velocidad a lo largo de todo el trazado.

Para el presente trabajo, dados los problemas de recursos que ya se han comentado, la obtención de este muestreo no ha resultado nada fácil.

En Sant Mateu, como ya se explica, se registraron varios *tracks*. Algunos resultaron desechados de inmediato al observarse errores debido a la poca precisión de los aparatos GPS.

De entre los que parecían que se habían ajustado bien, uno en particular, resulta ser de un registro de velocidades que se ajusta muy bien a las velocidades de operación puntuales calculadas en distintos puntos del circuito. Por lo que se podría decir que se trata del perfil representativo del percentil 85.

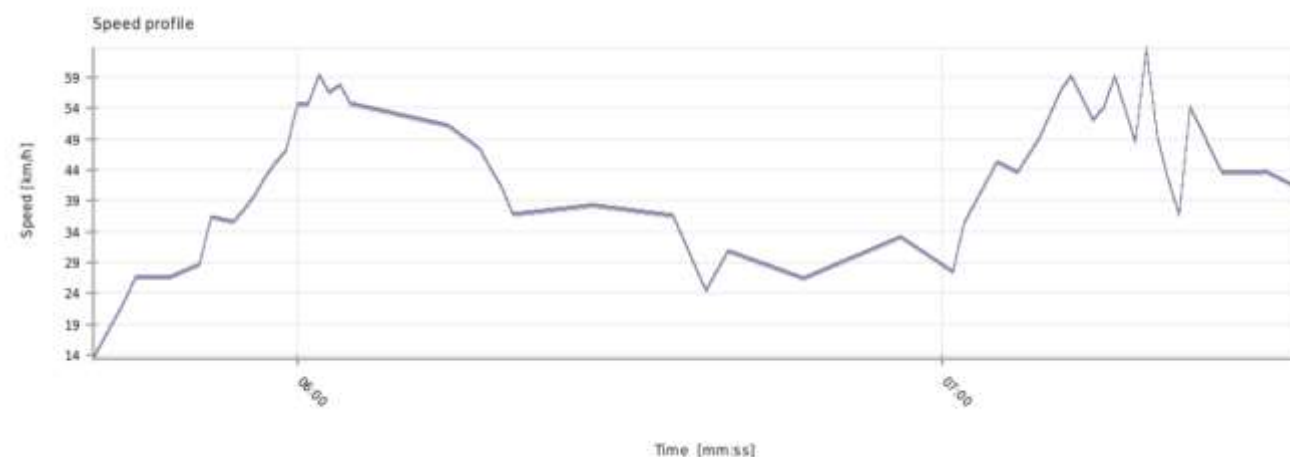


Gráfico 12 - Velocidad en función del tiempo para el perfil de velocidades del percentil 85. Gráfico realizado mediante la aplicación Utrack.

Al estudiar dicho perfil, se cae en la cuenta de algo muy importante. La mayoría de tasas de aceleración parece que se mueven en un rango muy parecido, las marcadas en el gráfico 14,

están todas entorno a los 0,75 y 0,9 m/s<sup>2</sup>. Sin embargo, en cuanto observamos las deceleraciones, la realidad es bien distinta.

Esto es debido a que el mayor condicionante a la hora de acelerar es la fuerza de la gravedad. Salvando las distancias, es como si ante el tráfico rodado, el motor de todos los vehículos tuviese la misma potencia. Probablemente, el factor diferenciador sea la aerodinámica, ya que, como se muestra en los registros, los Buttboard y los Street-luge (tumbados) alcanzan mayores velocidades en recta.

Se podría modelizar una tasa de aceleración en función de la inclinación de la rasante. Pero no se cuenta con muestreos suficientes para ello. Por tanto, la mejor solución es aportar un valor único.

Por otra parte, en lo que respecta a las deceleraciones, los condicionantes de esta son múltiples. La aerodinámica, la técnica de frenado, condicionantes geométricos (estrechamiento de carril, curva de radio muy reducido, curva sin peraltar, etc) y condicionantes del entorno (todo aquello que aumenta el riesgo percibido). Como se muestra en el gráfico 14 no se observa un patrón claro.

Ante esto, lo que se ha decidido es lo siguiente:

Para las aceleraciones, se toma una tasa de aceleración de **a=0,85 m/s<sup>2</sup>**. Se encuentra dentro del rango de tasas observado y, además, es el valor que Lamm et al. (fecha desconocida) otorga a las tasas de aceleración para tráfico rodado, por lo que puede contar con cierto rigor.

Para las deceleraciones, se designa también el valor de **d=0.85m/s<sup>2</sup>**. De la forma que se hace también en el mismo modelo que plantea Lamm. Sin embargo, aquí se hará una salvedad importante.

Como se muestra en los perfiles de velocidad de operación, en donde aparecen las deceleraciones se produce una divergencia. Esta divergencia se representa para mostrar el posible rango de deceleraciones que puede darse. Esto viene a razón de un hecho observado muy importante.

La mayoría de riders, como ya se ha explicado, busca la velocidad máxima, por lo que apura la frenada mediante la técnica de *sliding*. A efectos prácticos, esta tasa puede resultar muy elevada. Esto puede representarse mediante una línea vertical para que, ante el desconocimiento del valor de dicha tasa, represente una frenada brusca (como límite máximo).

Sin embargo, otros riders (como los de Buttboard, Street-Luge y en algunas ocasiones, de Downhill) no realizan este tipo de frenadas al entrar a una curva. Cierto es que las trazan más rápido (aunque en este trabajo no se haya dividido en dos poblaciones por falta de datos), pero a efectos de tasas de deceleración, esta es notablemente menor que la de un rider de Freeride.

En este sentido, en los gráficos de perfiles de velocidad, el área comprendida entre la línea roja (deceleraciones) y la azul (perfil de velocidades con deceleraciones bruscas) será la que comprenda los distintos rangos de tasas de aceleración.

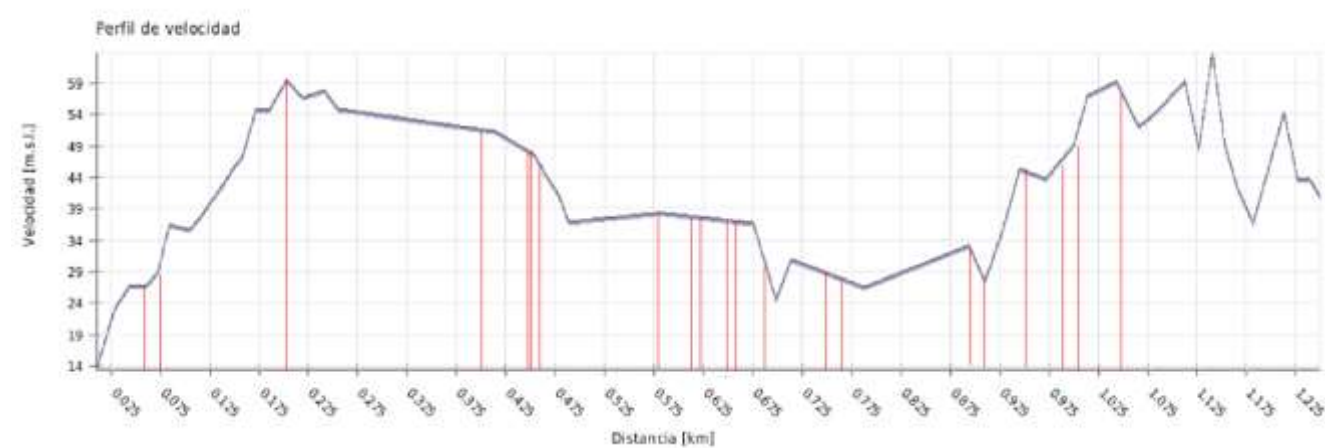


Gráfico 13 -Gráfico de velocidades en función de la distancia combinado con marcas verticales que definen el inicio y final de una recta o una curva. Gráfico realizado mediante la aplicación Utrack.

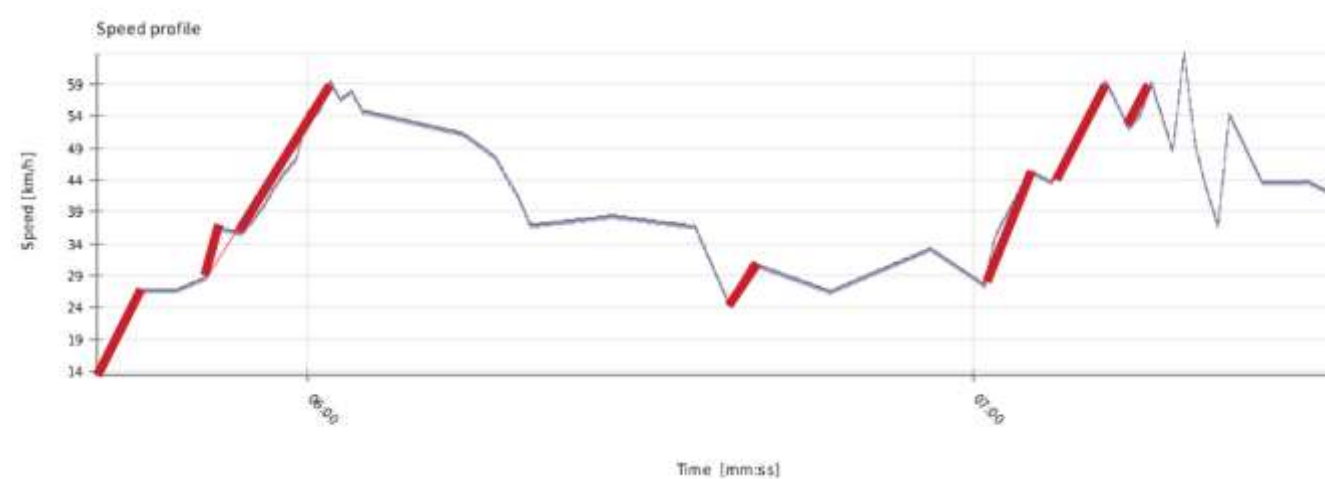


Gráfico 14 - Velocidad en función del tiempo combinado con líneas que marcan los tramos de aceleración empleados para estimar la tasa. Gráfico realizado mediante la aplicación Utrack.



5. **PERFILES DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN**

Como ya se viene anunciando en el presente anejo y en el 3, se presentan a continuación los distintos perfiles de velocidad de operación obtenidos a través de los modelos de velocidad máxima para recta, velocidad para curva y tasas de aceleración.

Se realizó un primer tanteo de estos perfiles en mitad del proceso de diseño geométrico para, como se explica, ajustar la geometría a los objetivos.

Ya se explica en el Anejo 3 que cada circuito busca un objetivo. En líneas generales, los circuitos concretos de Freeride, deben provocar frenadas bruscas para trazar las curvas. Esto se consigue mediante curvas de horquilla o radios muy reducidos. O lo que es lo mismo, generando una geometría inconsistente. En el caso de los circuitos que se enfocan tanto al Downhill como al Freeride (el Circuito Principal, la Variante Principal y su conexión intermedia) deben de buscar una combinación de ambos estilos por tramos.

Además, es importante que las velocidades máximas en los niveles de progresión (Nivel Medio de Freeride y Nivel Medio de Downhill) se muevan en un rango más reducido que el de las velocidades máximas para los circuitos de perfeccionamiento (Variante de Freeride, Variante y Circuito Principal y su conexión intermedia).

En este tanteo, en el que no se incluyeron las tasas, se observó que se cumplían los objetivos. Tras esto, los cambios en los factores geométricos que afectan a la velocidad han sido mínimos, por lo que se muestran los resultados finales directamente.

La pista de iniciación carece de análisis de velocidad ya que lo que se busca aquí es dotar un espacio en donde perfeccionar la técnica sin alcanzar grandes velocidades.

Por último, con la geometría ya finalizada, conviene establecer las condiciones de contorno que afectan a la velocidad de operación. Es decir, la velocidad inicial y final.

Los circuitos que no parten de otro, tienen por velocidad inicial 0, mientras que parten del circuito principal, tienen como condicionante la velocidad calculada en el circuito principal para el P.K. de entronque. Esto es debido a que lo que se pretende con estos entronques es dar versatilidad al *spot*, que no exista un único itinerario posible. Al hacer esto, se le da continuidad a la velocidad de operación y no provoca saltos discrecionales. Permitiendo así que se pueda estudiar, en términos de velocidad, como un único circuito cada recorrido desde la cabecera del Circuito Principal (o la de la Variante de Freeride) hasta el pie de la infraestructura, independientemente del trazado que se tome.

Pese a que puede resultar obvio, se destaca el hecho de que sólo se calcula el perfil en sentido creciente de los P.K.s, ya que sólo nos interesa el descenso al ser un deporte de inercia.

Tabla 12 - Condiciones de contorno en la velocidad de cada circuito

| Condiciones de contorno para los perfiles de velocidad |                                                                    |                                                     |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Circuito                                               | Velocidad inicial                                                  | Velocidad final                                     |
| Circuito principal                                     | 0                                                                  | 0                                                   |
| Variante Principal                                     | V85 del Circuito Principal en el entronque con este                | V85 del Circuito Principal en el entronque con este |
| Variante Freeride                                      | 0                                                                  | V85 del Circuito Principal en el entronque con este |
| Conexión Variante-Circuito                             | V85 de la Variante Principal en el P.K. de la divergencia con este | V85 del Circuito Principal en el entronque con este |
| Nivel Medio Downhill                                   | 0                                                                  | V85 del Circuito Principal en el entronque con este |
| Nivel Medio Freeride                                   | 0                                                                  | V85 del Circuito Principal en el entronque con este |

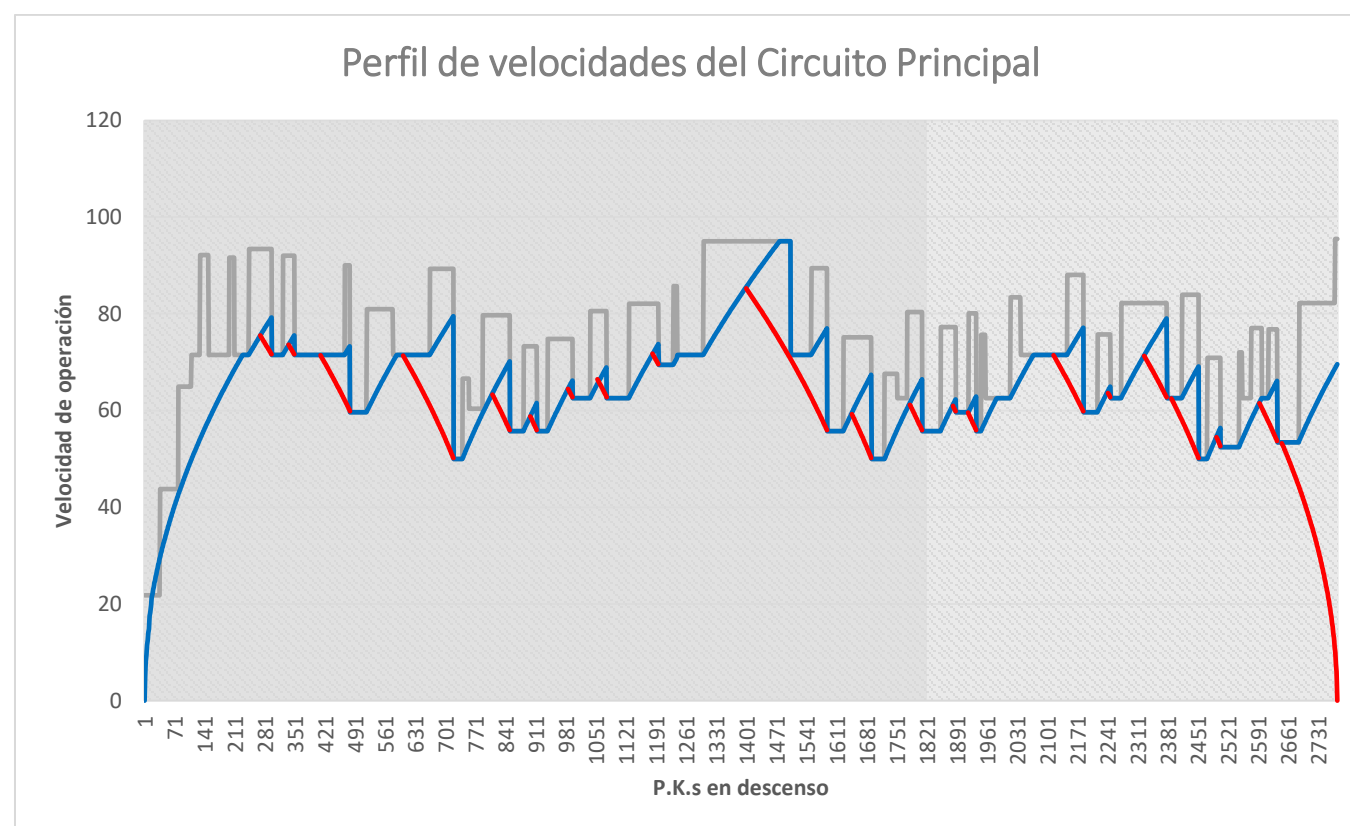


Gráfico 15 - Perfil de velocidades de operación para el circuito Principal

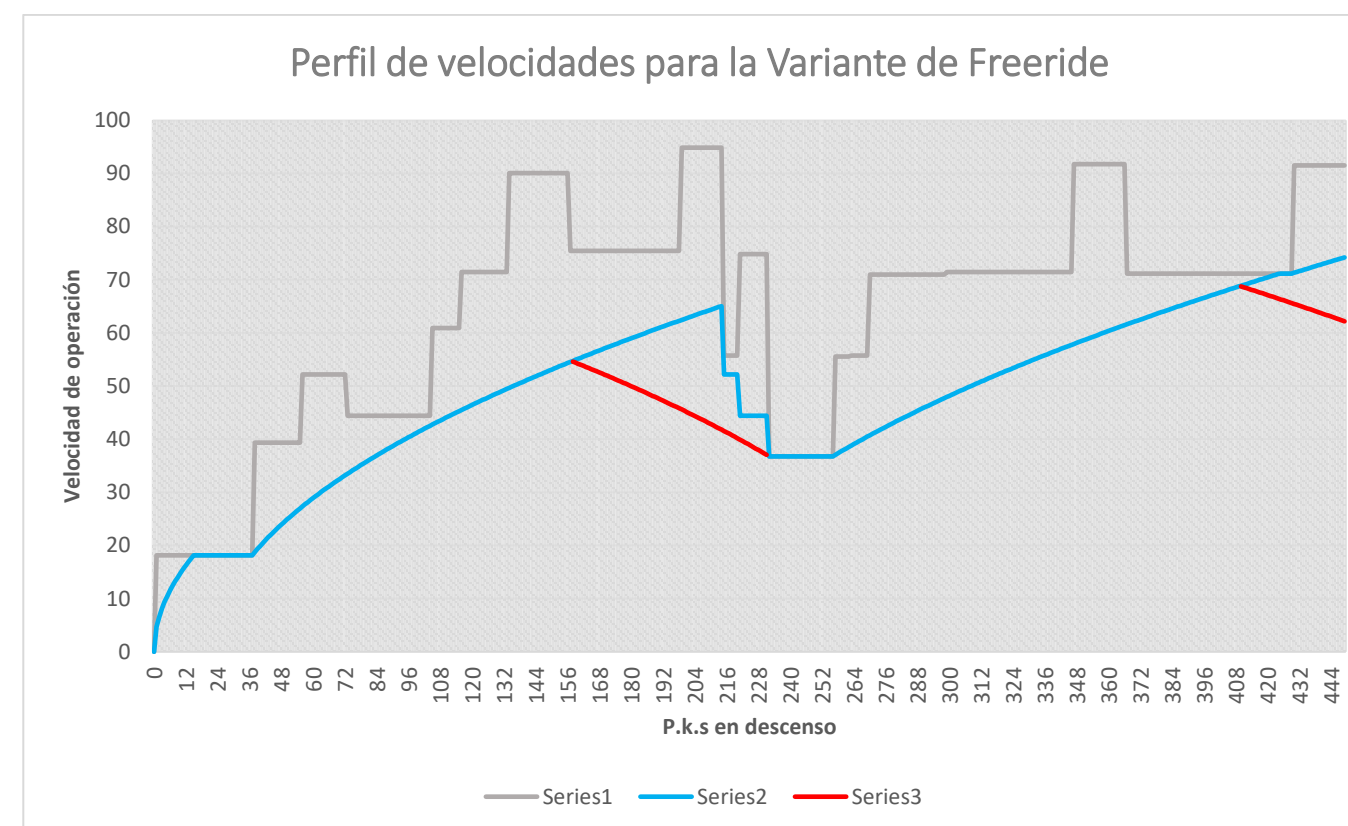


Gráfico 17 - Perfil de velocidades de operación para la Variante de Freeride

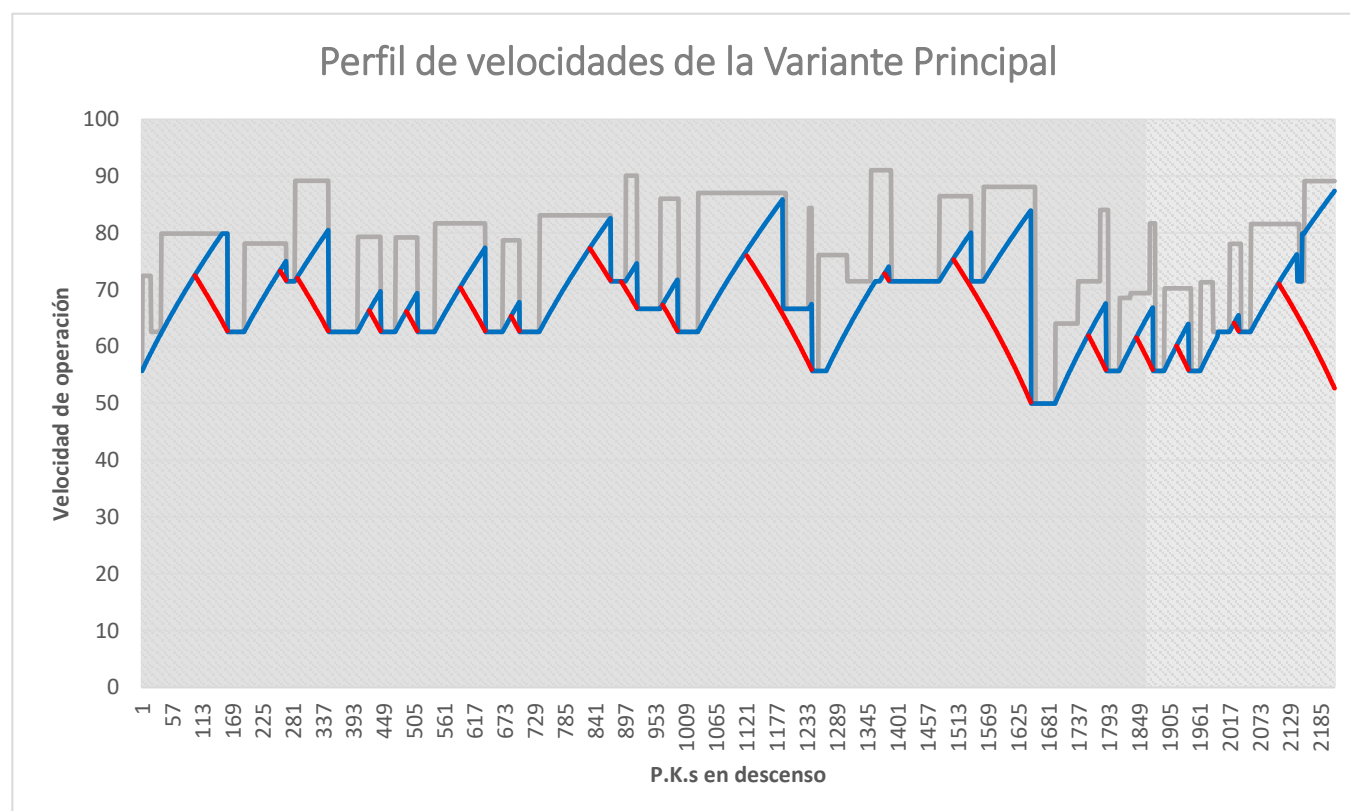


Gráfico 16 - Perfil de velocidades de operación para la Variante Principal

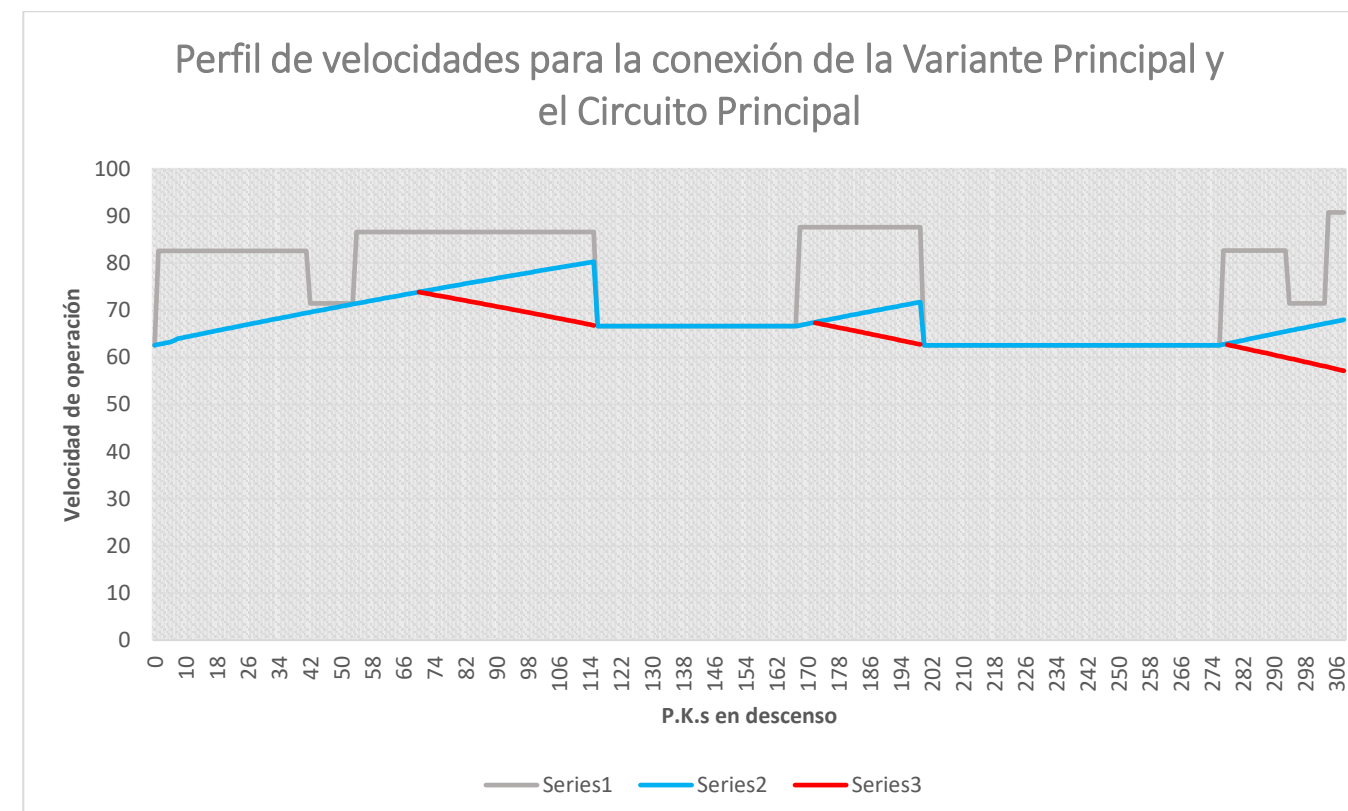


Gráfico 18 - Perfil de velocidades de operación para conexión de la Variante Principal y el Circuito Principal

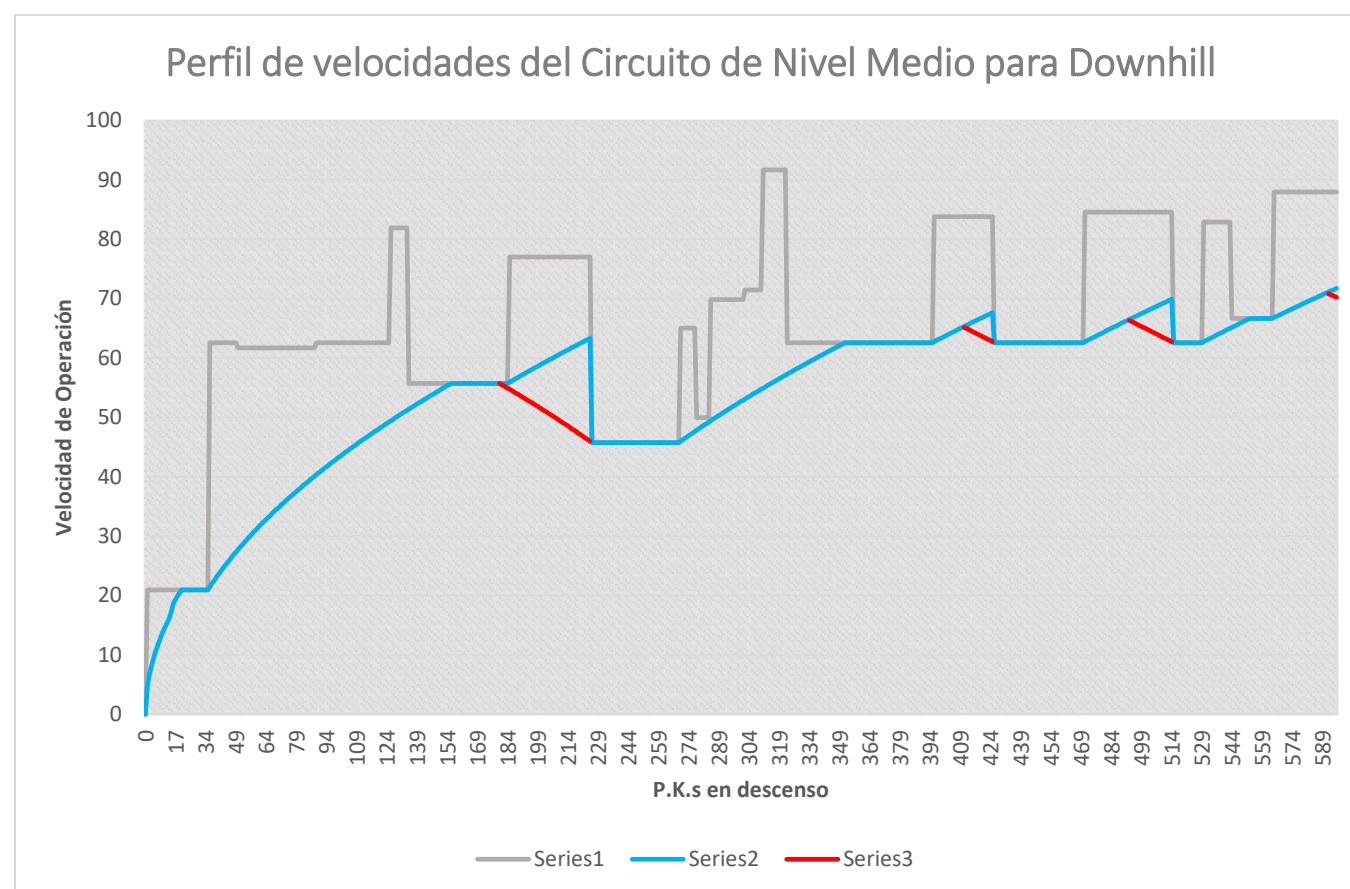


Gráfico 19 - Perfil de velocidades de operación para el circuito de Nivel Medio de Downhill

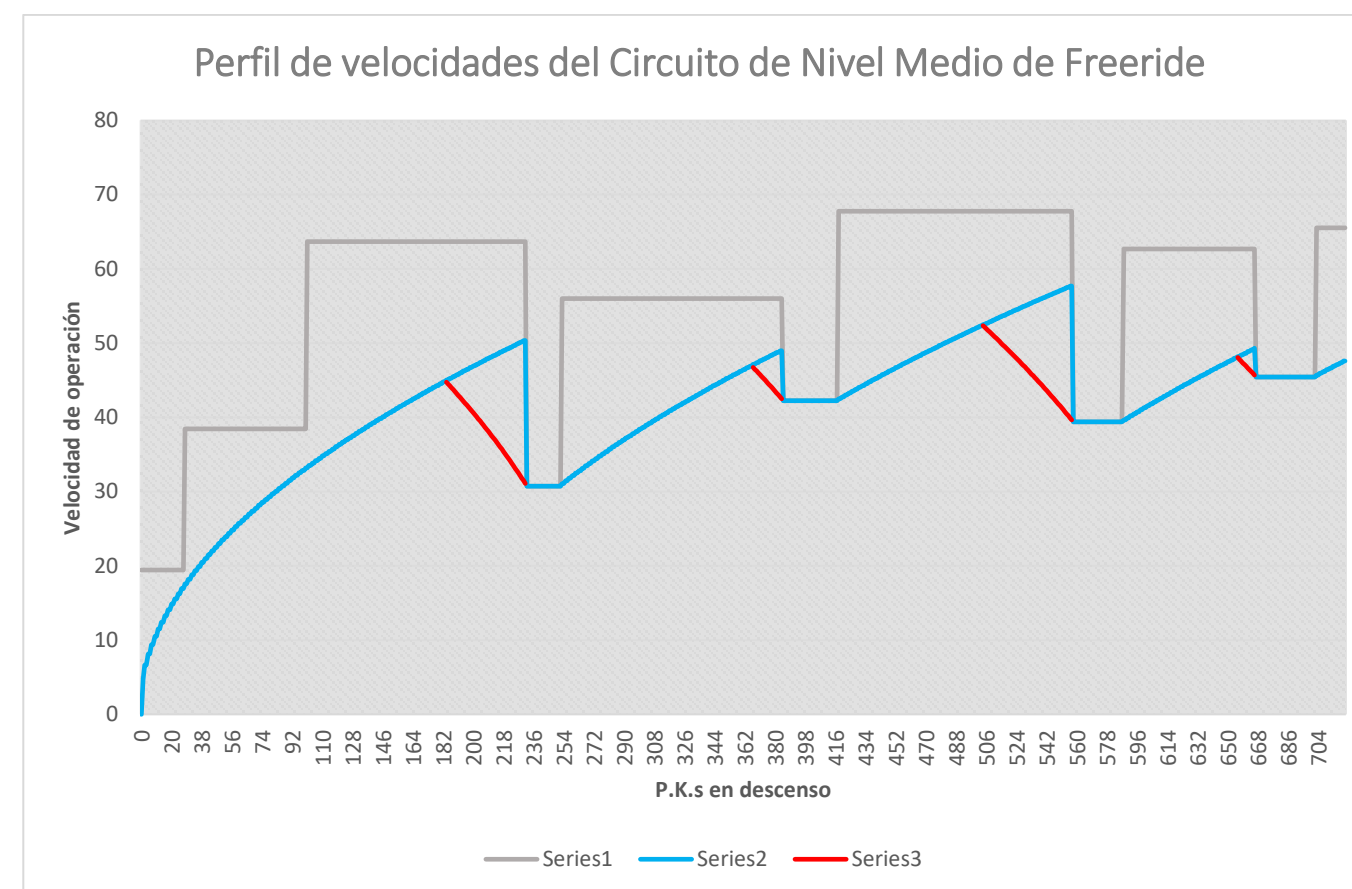


Gráfico 20 - Perfil de velocidades de operación para el circuito de Nivel Medio de Freeride