

ANEJO N° 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

ÍNDICE

1. OBJETO Y ALCANCE	1
2. DESCRIPCION DEL SISTEMA	2
3. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRACCION ELÉCTRICA.....	4
APÉNDICE 1: ESTUDIO DE POTENCIA PRELIMINAR.....	7
APÉNDICE 2: PLANOS UBICACIÓN SUBESTACIONES.....	38

1. OBJETO Y ALCANCE

El presente Anejo tiene por objeto definir los sistemas propios de la electrificación ferroviaria y los sistemas e instalaciones eléctricas del nuevo Tranvía de Barakaldo.

2. DESCRIPCION DEL SISTEMA

Se propone para el suministro eléctrico del nuevo tranvía de Barakaldo una red de distribución en Media Tensión (30 kV), que transcurrirá anexa a la plataforma tranviaria a lo largo del trazado, acordándose la tipología de la misma en la fase de “Dialogo Competitivo” con los licitadores.

Las subestaciones del conjunto de la línea suministrarán energía al sistema de catenaria, que será de tipo tranviario, con compensación mecánica, y formada por un único hilo de contacto, sin sustentador, con un feeder de acompañamiento tendido por la plataforma a través de una canalización a tal fin.

La denominada red de tracción (subestaciones de tracción + catenaria) suministrará la energía necesaria para los vehículos, y en los niveles de tensión apropiados. El retorno de corriente a las subestaciones será por los carriles.

Tras un estudio preliminar de potencias considerando trazado, material móvil propuesto, frecuencias de explotación, etc, se consigue determinar la potencia a instalar, el número de subestaciones necesarias y la acometida eléctrica de la compañía suministradora. Para la alternativa de trazado estudiada, se determina que es necesario disponer de dos subestaciones de tracción, compuestas por dos grupos de transformación – rectificación cada una. Todo ello queda reflejado, en el “Estudio de Potencia” que se adjunta como apéndice al final de este anejo.

Dichas Subestaciones dispondrán de acometida en Media Tensión redundada, garantizando en todo momento la potencia necesaria, así como unas caídas de tensión y tensiones de carril aceptables.

En cuanto a la ubicación de las mismas se proponen zonas aledañas a las SSEE de Ansio y Urbinaga propiedad de Metro Bilbao respectivamente. Las principales razones por las que UTE plantea esta solución son:

- La cercanía a las subestaciones de tracción propiedad de Metro Bilbao, lo que permitiría, en caso de ser oportuno, una posición adecuada para aprovechar las acometidas eléctricas de dichas subestaciones (o incluso compartir instalaciones).
- La cercanía a los centros de reparto de la compañía eléctrica (Iberdrola)
- La proximidad al trazado
- La gran cantidad de espacio físico libre que disponen estas zonas para poder incluir de una forma cómoda ambas subestaciones

- Puesto que la alternativa de trazado planteada, es un recorrido en anillo, las subestaciones se proponen equidistantes en la línea, para que las caídas de tensión sean equilibradas

El suministro a las paradas y otras instalaciones electromecánicas se realizará por medio de centros de transformación conectados a la red de distribución interna a 600 V.

Tipología de la subestación de tracción

La subestación de tracción está compuesta por:

- Celdas de acometida (entrada y salida) del anillo de 30 kV
- 2 Grupos Transformador – rectificador
- Celdas de salida de feeder y espacio de reserva
- Transformador para servicios auxiliares de la subestación, alimentación a paradas y bloques técnicos
- Servicios auxiliares de la subestación (alumbrado, tomas de corriente, ventilación, protección y extinción de incendios, protección anti-intrusión, etc.)
- Red de puesta a tierra

3. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRACCION ELÉCTRICA

Tipología de la catenaria a instalar

Dado que las velocidades de explotación y los requerimientos de corriente son relativamente bajos para un tranvía, se hace preciso el diseño de un sistema tipo catenaria de hilo único con feeder de acompañamiento con una sección transversal relativamente pequeña. Gracias a las excelentes características de interacción con el pantógrafo, se dan las condiciones ideales para un tráfico urbano eficiente con altas frecuencias y velocidades de explotación. En el diseño de catenaria se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

Adaptación al trazado urbano

Trazados complejos, como por ejemplo cruces en el interior de las ciudades, se realizan mediante el tipo de catenaria tranviaria, que se diseña consiguiendo alta calidad de marcha en toda la línea. La catenaria se suspende de estructuras funiculares en las curvas (atirantado flotante) o en puntos de sujeción individuales.

Bajo coste durante su vida útil

Se intentará minimizar los puntos de soporte, disminuyendo la cantidad de postes y cimentaciones necesarias. El bajo desgaste en el hilo de contacto beneficia unos ciclos más largos de mantenimiento.

Nuevas tecnologías y materiales

Se propone el uso de materiales sintéticos tipo parafil para las suspensiones, los atirantados flotantes y los transversales, que junto a la ménsula de acero galvanizado con aislador de resina de pie de ménsula se consigue una solución doblemente aislante.

En definitiva, para el presente Estudio, se propone instalar una línea de contacto de tipo trolley, es decir, sin cable sustentador y con un único hilo de contacto con el fin de minimizar el impacto visual.

El hilo de contacto será de Cobre electrolítico 150 mm² de sección y estará compensado mecánicamente mediante resortes ubicados en el interior de determinados postes.

El sistema de catenaria a implantar será con un único hilo de contacto, de las siguientes características:

- Tensión nominal: 750 Vcc.
- Catenaria: Doblemente aislada.

- Nivel de aislamiento: 1.500 Vcc
- Temperaturas:
 - Mínima: -5,5 °C
 - Máxima: 38,5 °C.
- - Velocidad del viento: 33 m/s (Conforme al RAT).

La tipología del poste seleccionada será similar a la indicada en el Proyecto Constructivo del Tranvía Leioa-Universidad.

Los equipos de regulación mecánica, mediante resortes, quedarán alojados en el interior de los postes. El hilo de contacto se montará sobre ménsulas aislantes, tirantes aislantes tipo parafil y conjuntos de suspensión tipo “Delta”.

La sección del hilo tranviario estará reforzada con un feeder de acompañamiento para cada vía, formado por dos cables de 240 mm² de aluminio aislado, tendido por la plataforma.

Si bien es cierto que en este anejo se proponen unas soluciones determinadas, será el proyecto del Tranvía de Leioa-Universidad el que marcará las directrices a seguir en el resto de los tramos.

Conexión de las subestaciones de tracción al hilo tranviario

Desde la subestación y a través de feeders de alimentación y seccionadores se alimentarán las diferentes líneas tranviarias. La subestación dispondrá de dos salidas, una para cada sentido (ascendente o descendente) de p.k. La separación entre líneas de contacto se realizará a través de aisladores de sección.

El feeder de refuerzo será del tipo aislado y enterrado por canalización realizada para este fin. La conexión entre feeder e hilo tranviario se realizará a intervalos regulares de 200 - 300m.

Los hilos de contacto tranviarios de las dos vías se encontrarán conectados en paralelo. Las conexiones se realizarán cada 200 - 300m coincidiendo con las conexiones feeder - hilo tranviario y en extremos de sectores o paquetes eléctricos

Para la conducción de las corrientes de retorno se emplearán los propios carriles de vía. Los cables de retorno que llegan a la subestación provenientes de los carriles se realizarán por medio de cables aislados.

Se instalarán conexiones eléctricas entre los carriles conductores de dicha corriente.

APÉNDICE 1: ESTUDIO DE POTENCIA PRELIMINAR

ÍNDICE

APÉNDICE 1: ESTUDIO DE POTENCIA PRELIMINAR

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. DATOS DE ENTRADA	9
3. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL MÓVIL	10
4. SIMULACIÓN DEL RECORRIDO.....	11
4.1. CONDICIONES DE SIMULACION.....	11
4.2. CONDICIONES DE DISEÑO	11
4.3. ESCENARIOS SIMULADOS	13
5. CONCLUSIONES	36

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este estudio es examinar, desde el punto de vista de las necesidades energéticas, los consumos globales del sistema tranviario de Barakaldo.

Mediante un estudio básico del sistema de alimentación, se determinarán las características eléctricas de la línea para obtener los valores de explotación que permitan asegurar el correcto funcionamiento del material móvil.

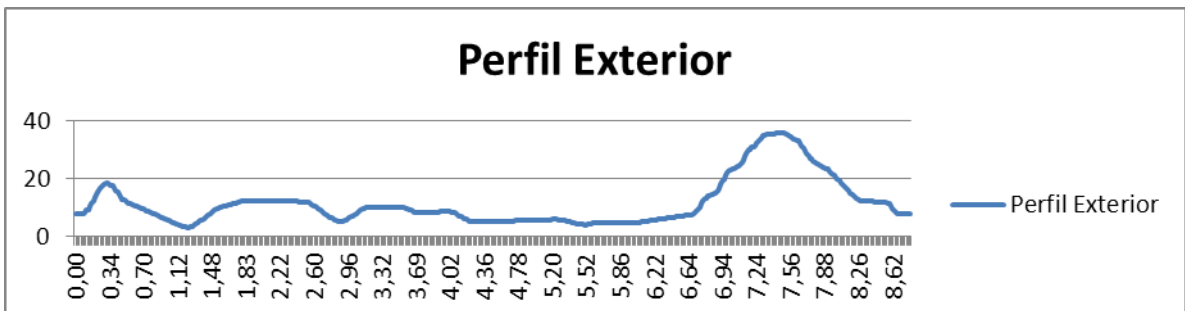
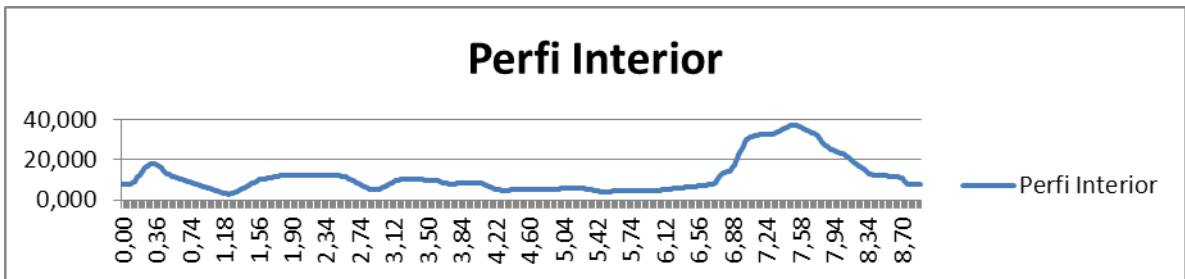
El objetivo es poder dimensionar el número mínimo de subestaciones necesarias para el correcto funcionamiento de todo el sistema en modo de operación normal

Para la realización de dicho estudio se plantea una solución de material móvil, basada en un material móvil genérico de tipo tranviario, y como recorrido el trayecto planteado en el presente Estudio Informativo.

2. DATOS DE ENTRADA

Los cálculos se realizan para una frecuencia establecida de 5 minutos.

La siguiente imagen muestra el recorrido a estudio. Posteriormente se muestran los perfiles de alturas del ramal interior y exterior.



3. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL MÓVIL

Resistencia al avance	$RE=2.65+V^2 / 1650$ RE = resistencia específica [daN/Tm] V = velocidad [km/h]
Resistencia total al avance	$RT = (RE +r +400 / (R-20))*Pr$ RT = resistencia total al avance [daN] RE = resistencia específica [daN/Tm] r = rampa real [mm/m] R = radio de curvatura [m] Pr = Peso del Tren [Tm]
Composición de los trenes	C1-S1-R-S2-C2
Peso	6 p/ m ²
Velocidad máxima	50 km/h en circulación por zona urbana 20 km/h en zonas peatonales
Aceleración máxima	1.3 m/sg ²
Deceleración máxima	1.3 m/sg ²
Área frontal	N.A.
Coefficiente Aerodinámico	N.A
Nº de ejes	6 ejes con ruedas independientes
Tracción y consumos	
Tensión nominal	750 V
Intensidad nominal	Ver potencia nominal
Intensidad de servicios auxiliares	40 kW
Tipo de motor	Motor asíncrono cerrado y hermético con rotor cortocircuitado de devanado en jaula de ardilla.
Frenado	
Rendimiento de la regeneración (si procede)	Se ha estudiado sin regeneración

4. SIMULACIÓN DEL RECORRIDO

4.1. CONDICIONES DE SIMULACION

Las simulaciones se realizan en condiciones ALL OUT, es decir, se considera una conducción en la que siempre se aplican las prestaciones máximas tanto en tracción como en frenado. Por tanto, cuando el tren acelera lo hace siempre con aceleración máxima y cuando frena también lo hace con la deceleración máxima.

Este modo de conducción es el más exigente para los equipos, tanto en requerimientos solicitados al equipo (corrientes, calentamientos...) como por consumos.

4.2. CONDICIONES DE DISEÑO

Los condicionantes para el estudio de potencia vienen impuestos por la normativa aplicable a las instalaciones. En resumen, la normativa aplicable a las instalaciones indica:

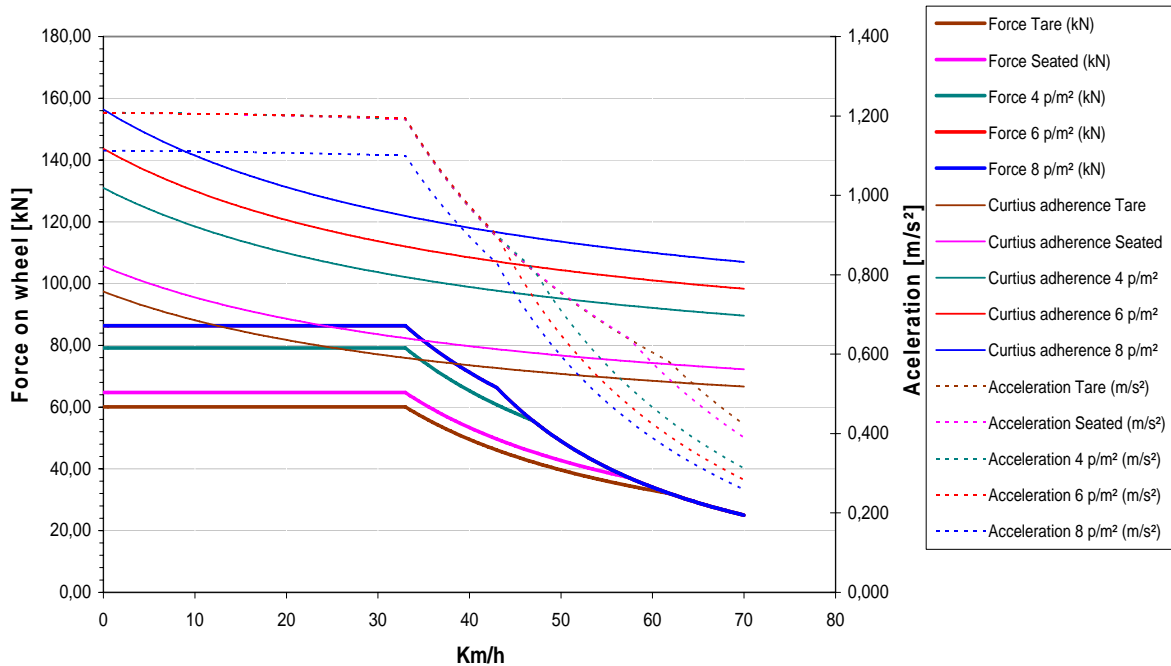
- La norma UNE EN 50163 de mayo de 2005 relativa a Tensiones de Alimentación de las Redes de Tracción indica, para una tensión de 750 V en corriente continua, una tensión mínima permanente no inferior a 500 V.
- La norma UNE EN 60146-1-1 indica que los grupos de las subestaciones de tracción pesada (clase VI) deberán ser capaces de soportar la carga nominal continuamente, 1,5 veces la carga nominal durante 2 h y 3 veces la carga nominal durante 1 min.
- Para dimensionar la potencia de los grupos rectificadores en base a esta norma se da la potencia eficaz en períodos de 15 min, de forma que la potencia nominal de los grupos sea siempre superior a la eficaz en 15 min.
- La recomendación UIC 798 indica que la capacidad de carga nominal de un cable debe ser siempre superior a la intensidad eficaz entre 30 s y 20 min, recomendando 10 min.
- Por ello se incluye la intensidad máxima eficaz en períodos de 10 min por feeder, la cual debe ser siempre inferior a la intensidad máxima admisible.

Las simulaciones se han basado en los siguientes supuestos:

- Velocidad máxima. 50 km/h
- Índice de masas rotativas: 8,5% del peso en tara
- Tensión de catenaria: 750Vdc
- Tiempo en paradas: 20 seg
- Eficiencia de la reductora: 97%
- Relación de reducción: 5.44:1

- Condiciones de carga en simulaciones: carga máxima 8p/m2.
- Receptividad de la catenaria: 20%.
- Límite de Jerk: 0.8m/s3
- Esfuerzo tractor aplicado y resistencia al avance:

Traction Performance Urbos 3:



- Esfuerzo tractor de 0 a 35 Km/h (8p/m2): 86.35KN
- Esfuerzo tractor de 35km/h a 50km/h (8p/m2):

$$F = 86.35kN \cdot \frac{35km/h}{v(km/h)}$$
- Esfuerzo tractor de 0 a 35 Km/h (4p/m2): 79.15KN
- Esfuerzo tractor de 35km/h a 50km/h (4p/m2):

$$F = 79.15kN \cdot \frac{35km/h}{v(km/h)}$$
- Aceleración media de 0 a 35km/h (8p/m2): 1.10 m/s2
- Aceleración media de 0 a 50Km/h (8p/m2): 0.67m/s2
- Deceleración media de 50 a 0 km/h (8p/m2): 1.11 m/s2
- Aceleración media de 0 a 35km/h (4p/m2): 1.20 m/s2
- Aceleración media de 0 a 50Km/h (4p/m2): 0.77 m/s2
- Deceleración media de 50 a 0 km/h (4p/m2): 1.20 m/s2

Escenarios Simulados

Para la realización de los cálculos a estudios se han tenido en cuenta los siguientes escenarios o hipótesis de cálculo, variando en función de la velocidad comercial de operación y el consumo en kWh por kilómetro y unidad

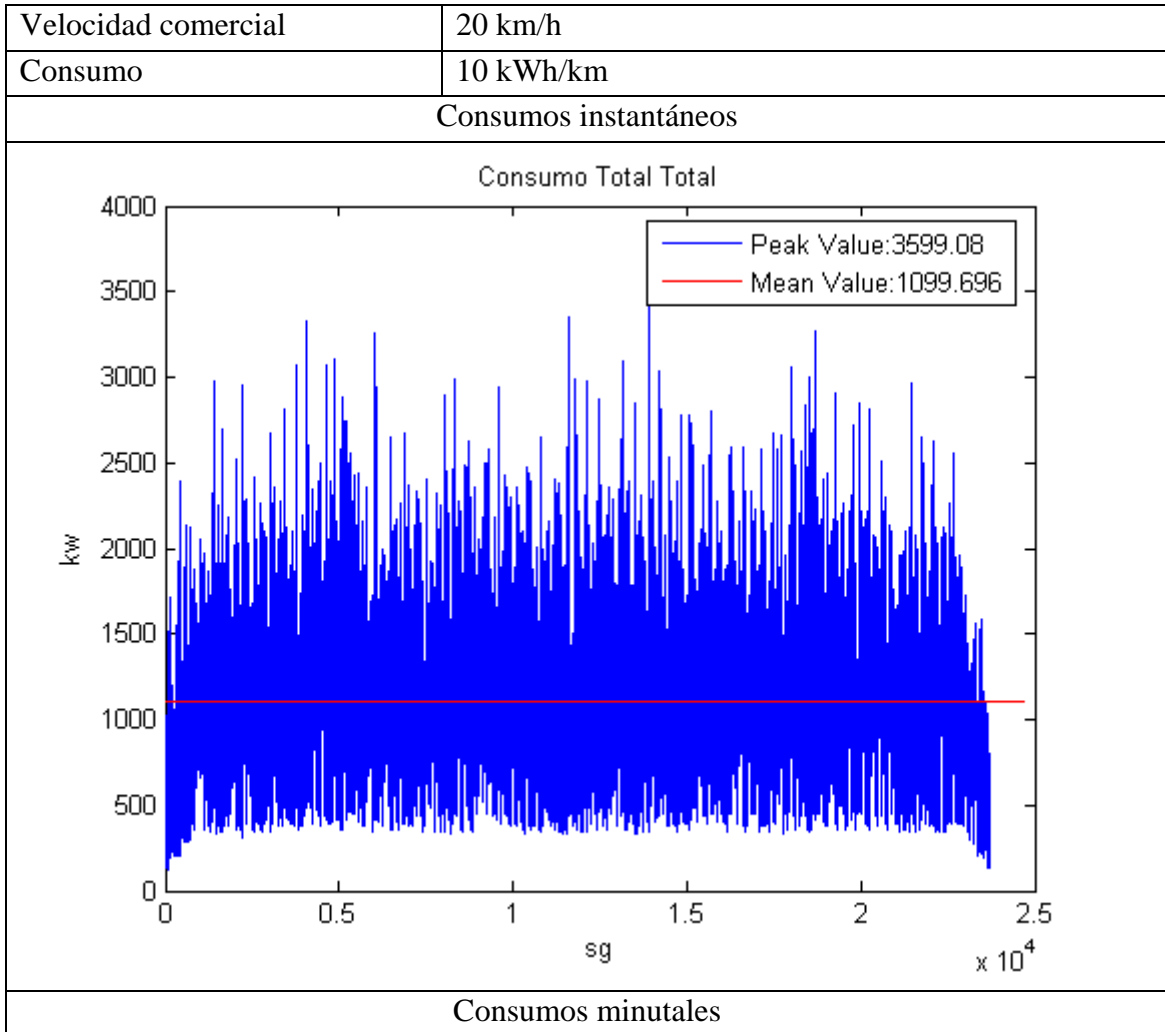
Velocidades Comerciales a estudio:

- 20 km/h
- 22 km/h
- 24 km/h

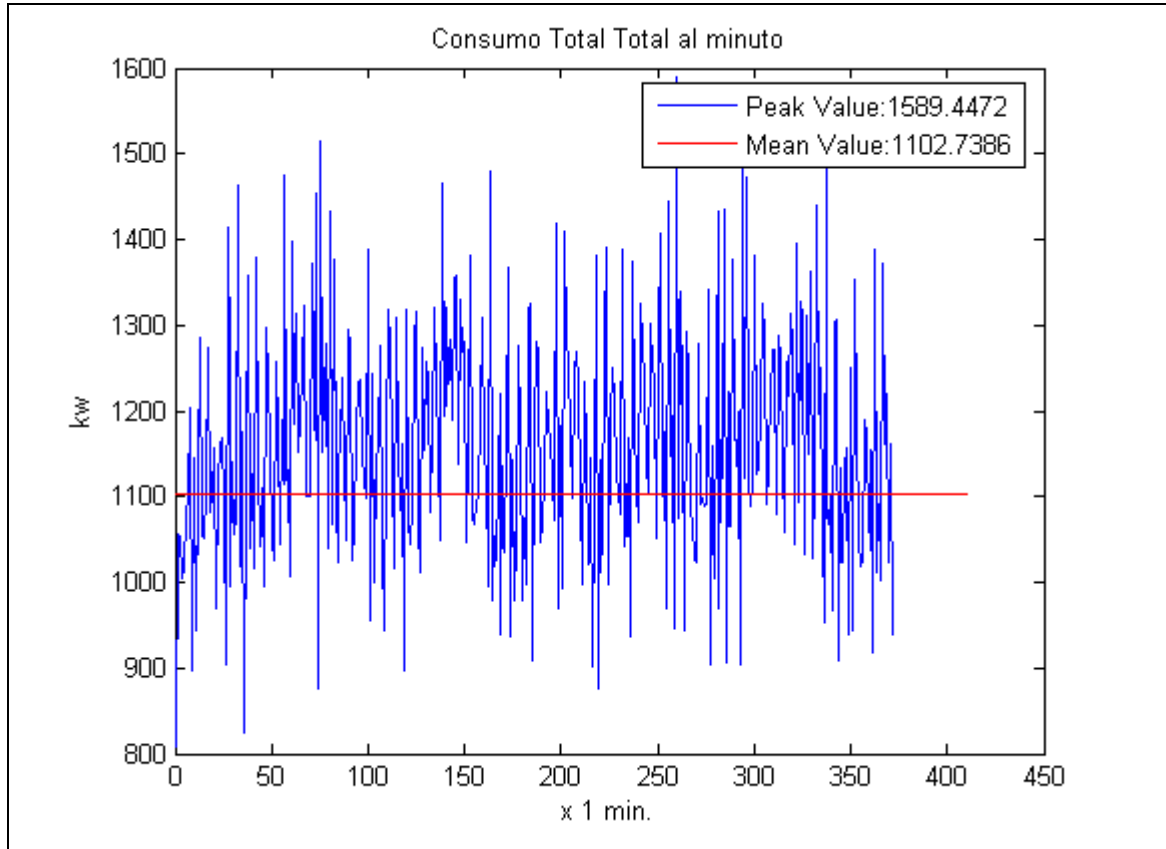
Consumos

- 10 kWh/km
- 11.5 kWh/km
- 13 kWh/km

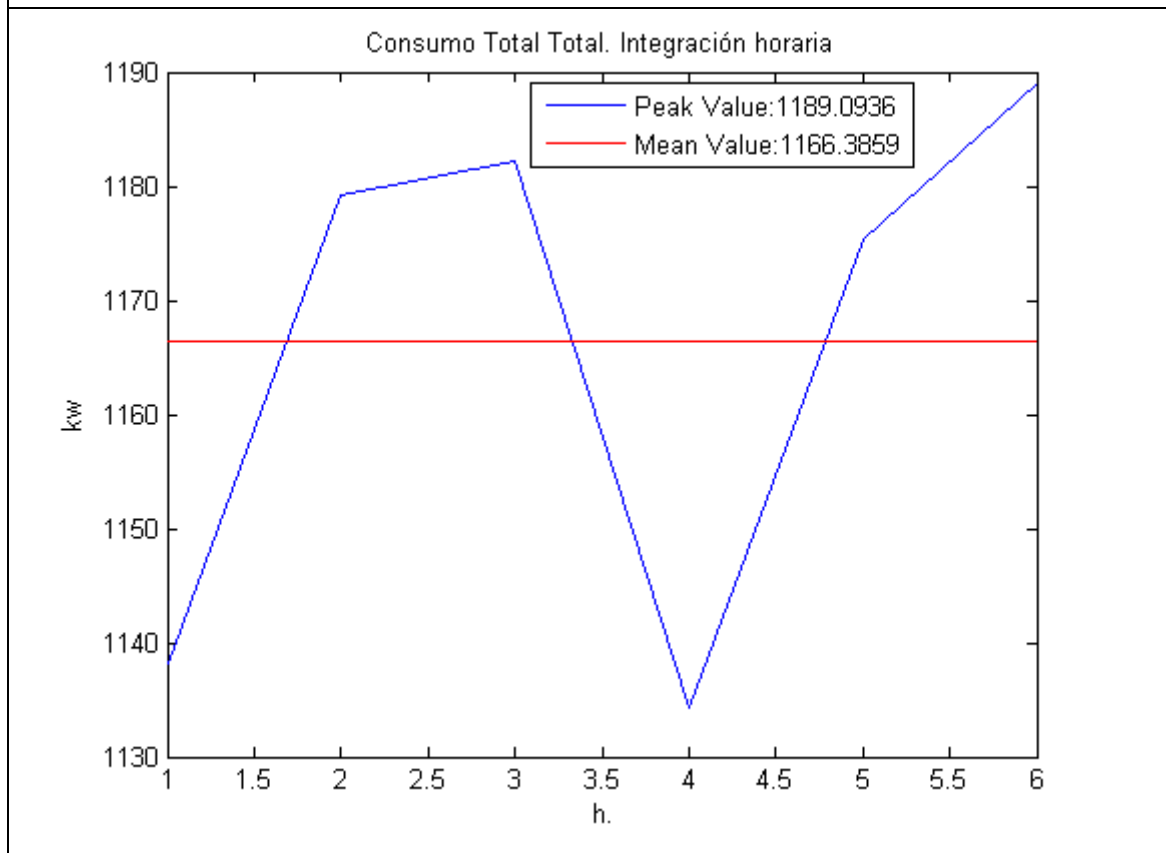
A continuación se muestran los valores instantáneos y las medias minutales de dichos consumos, a lo largo de un día de recorrido



ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES



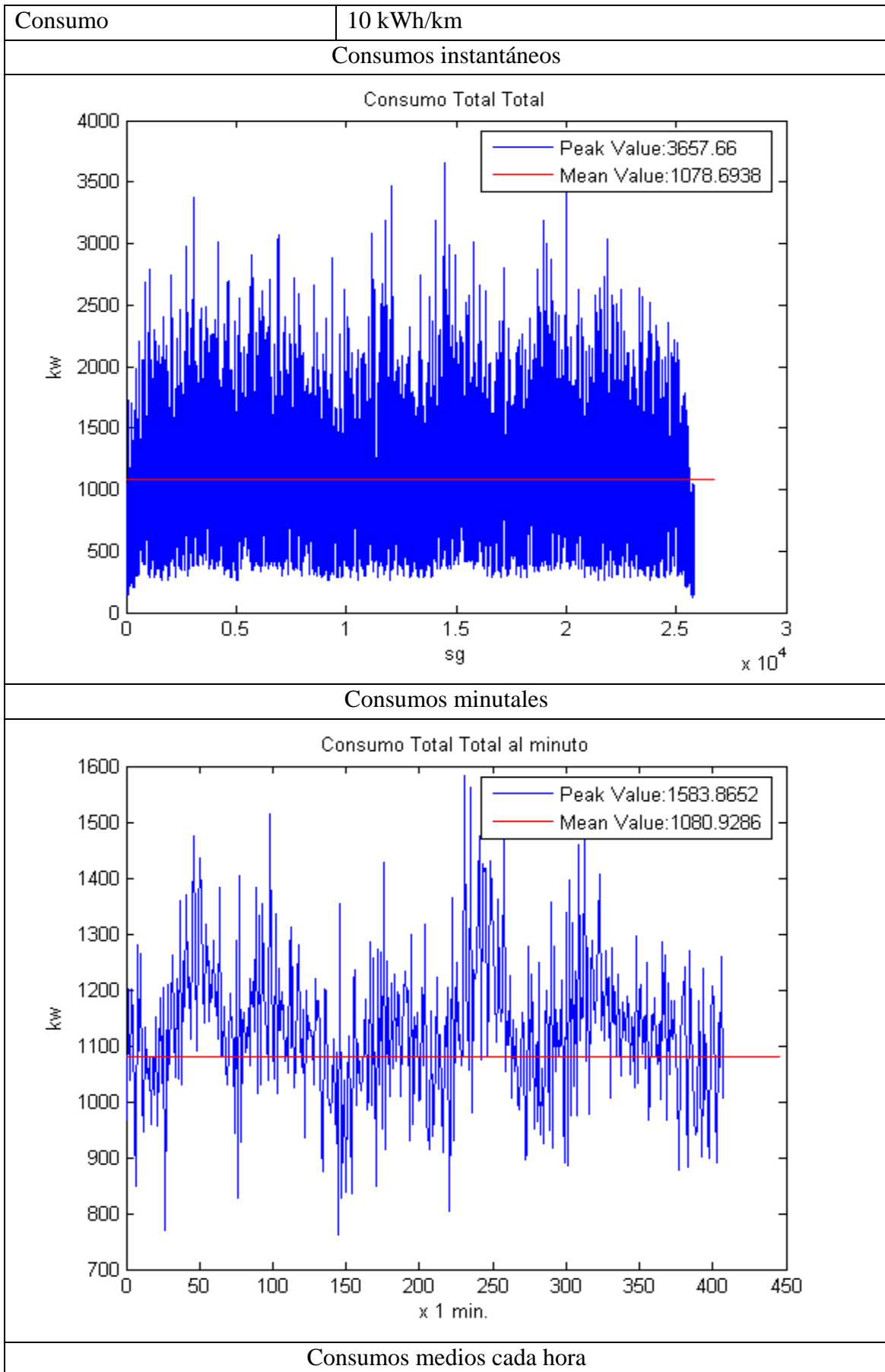
Consumos medios cada hora



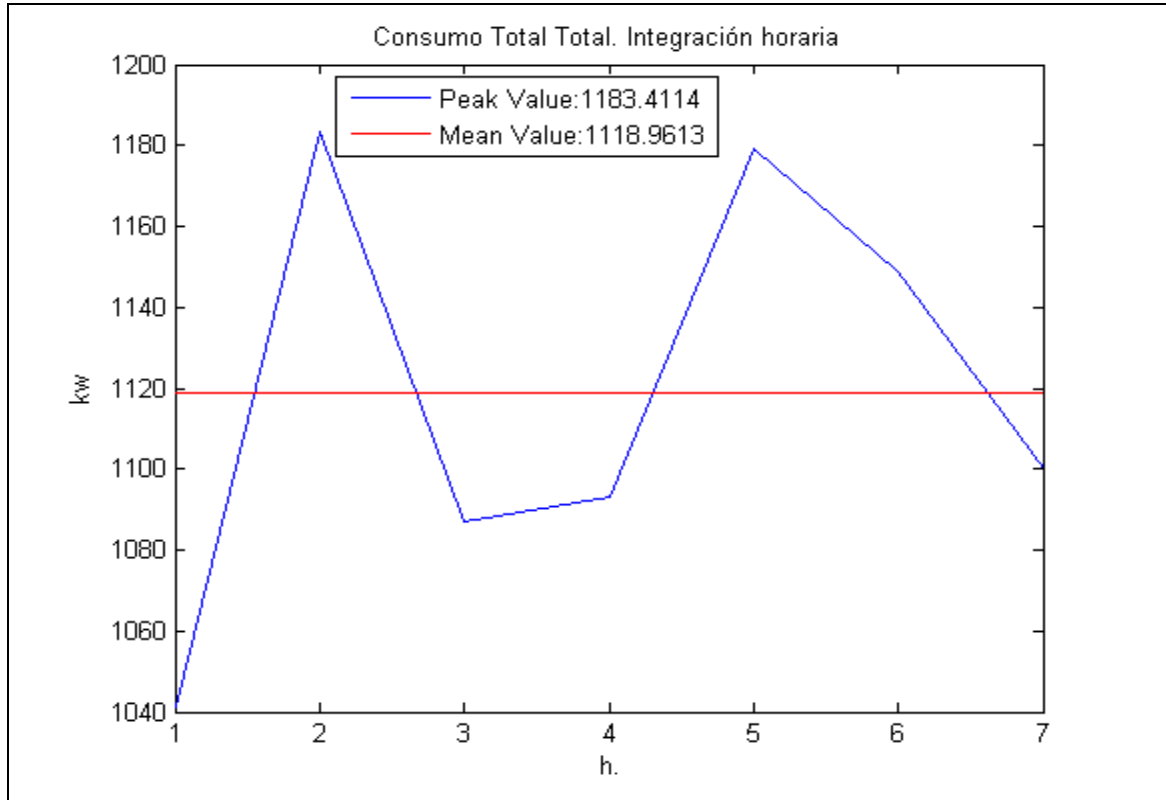
Velocidad comercial

22 km/h

ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

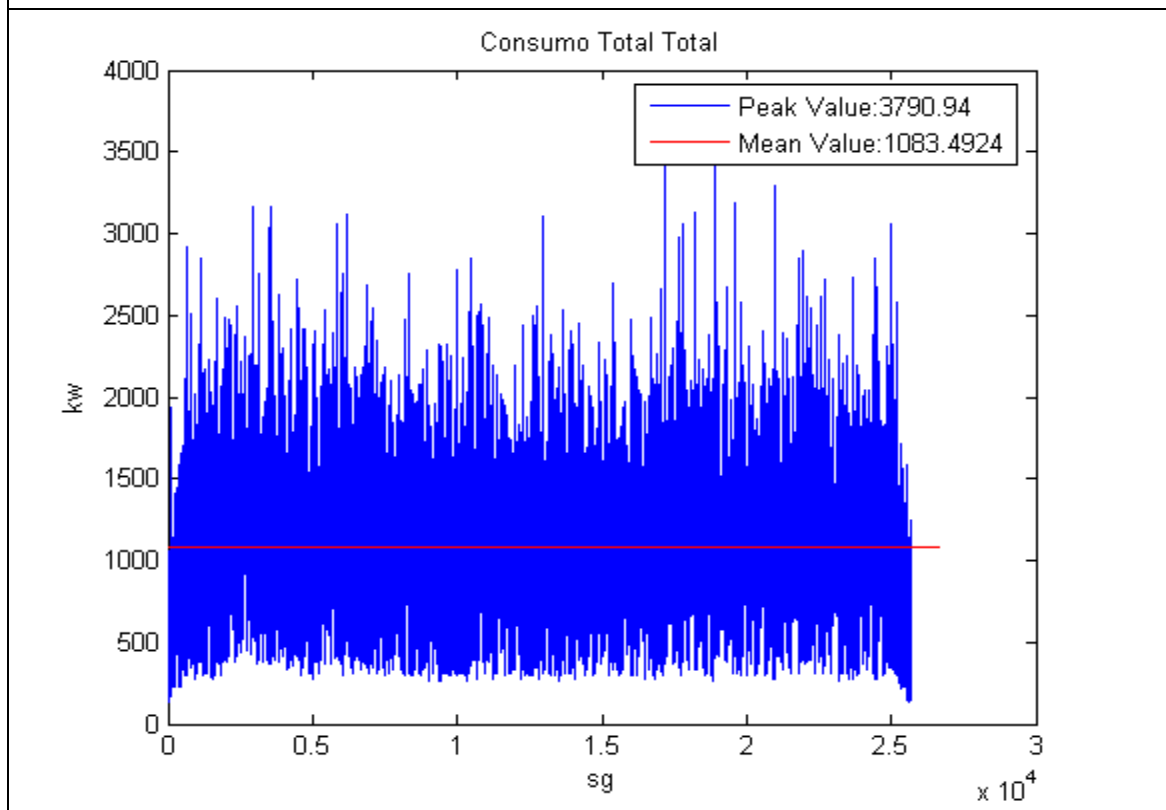


ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES



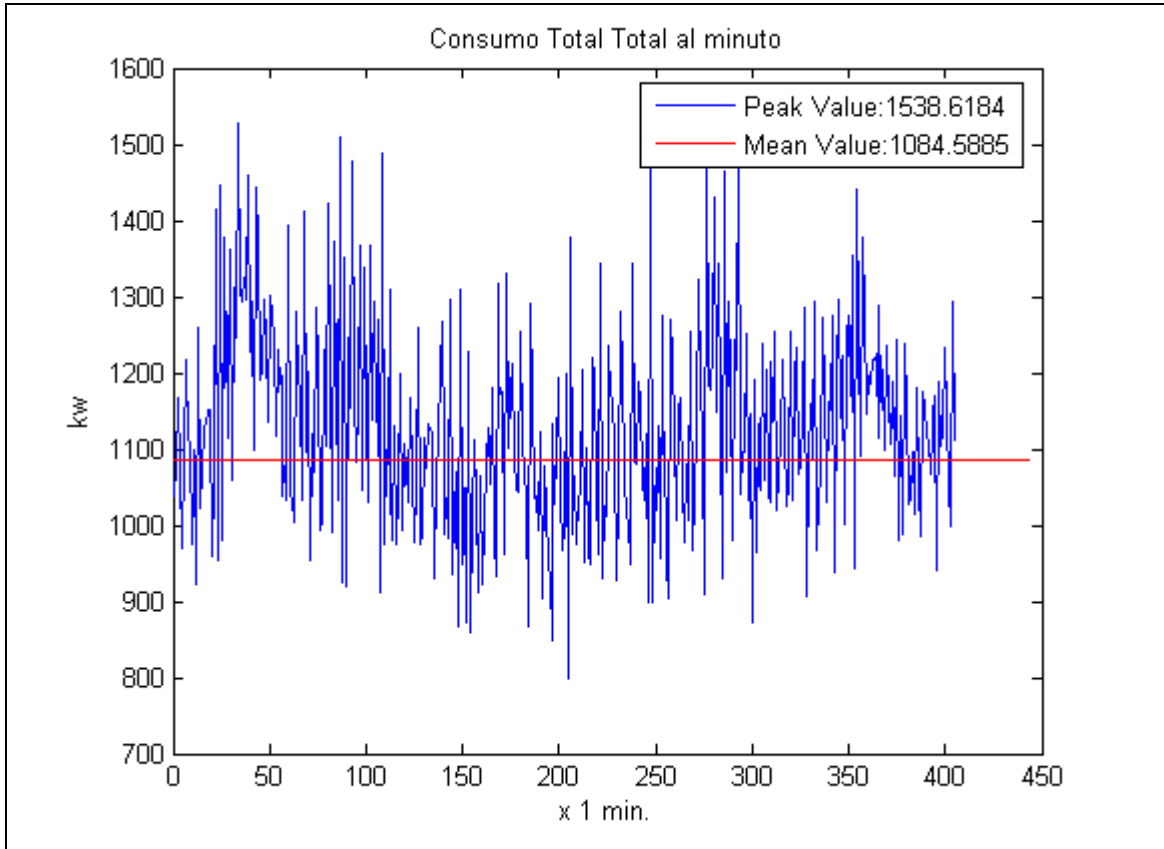
Velocidad comercial	24 km/h
Consumo	10 kWh/km

Consumos instantáneos

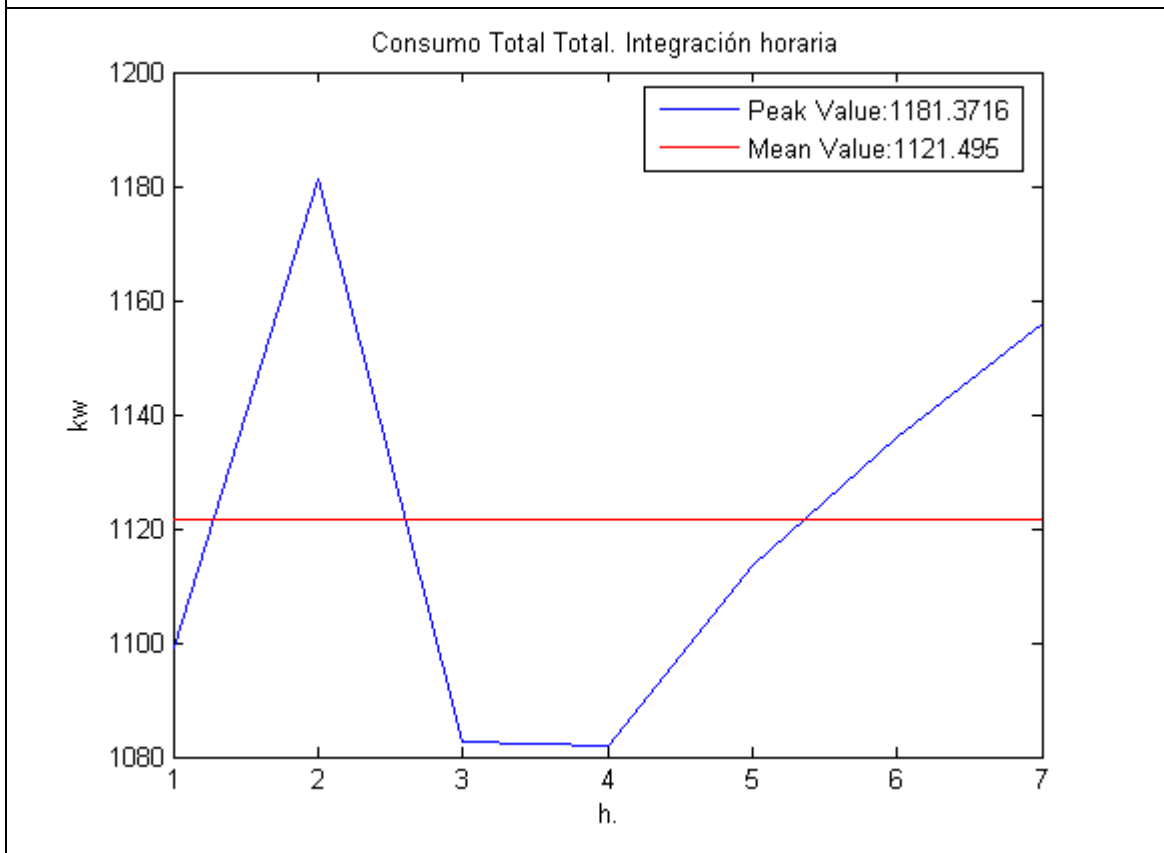


Consumos minutales

ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES



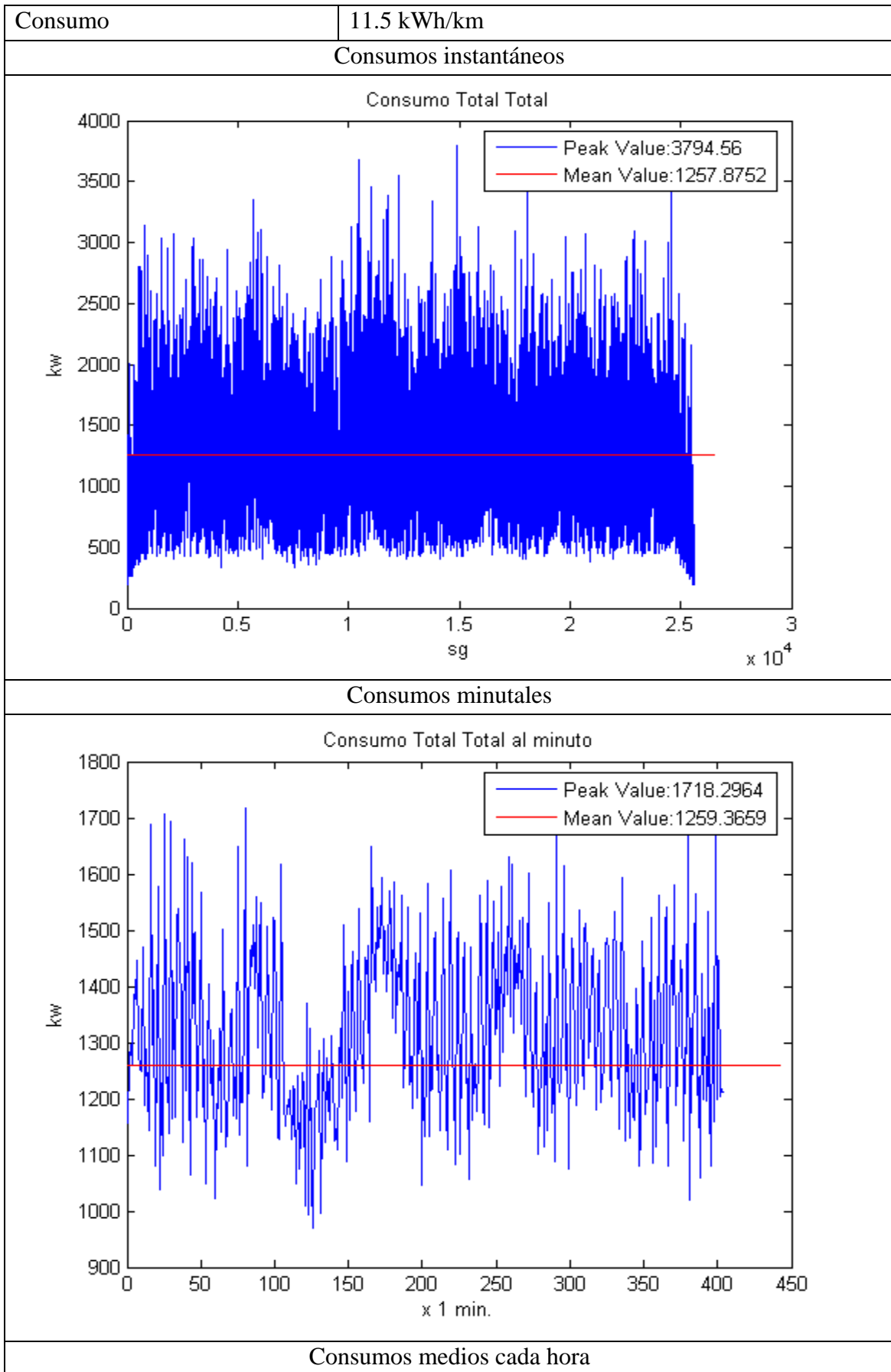
Consumos medios cada hora



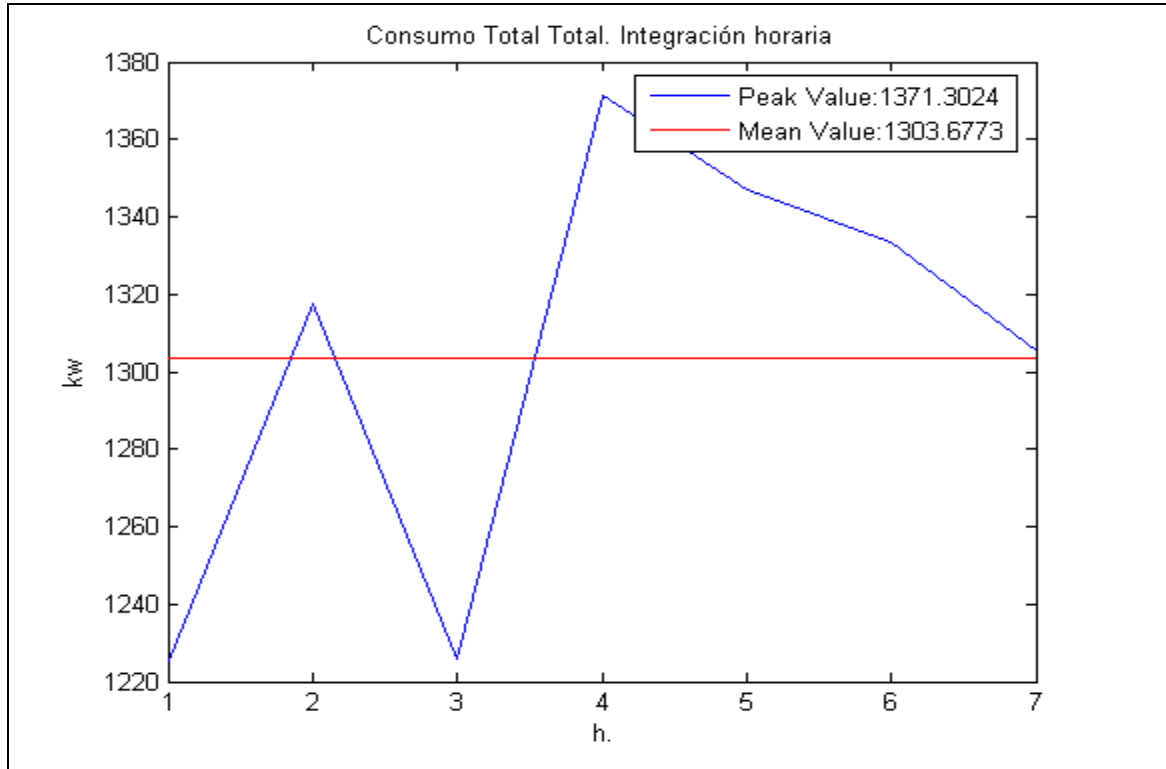
Velocidad comercial

20 km/h

ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES



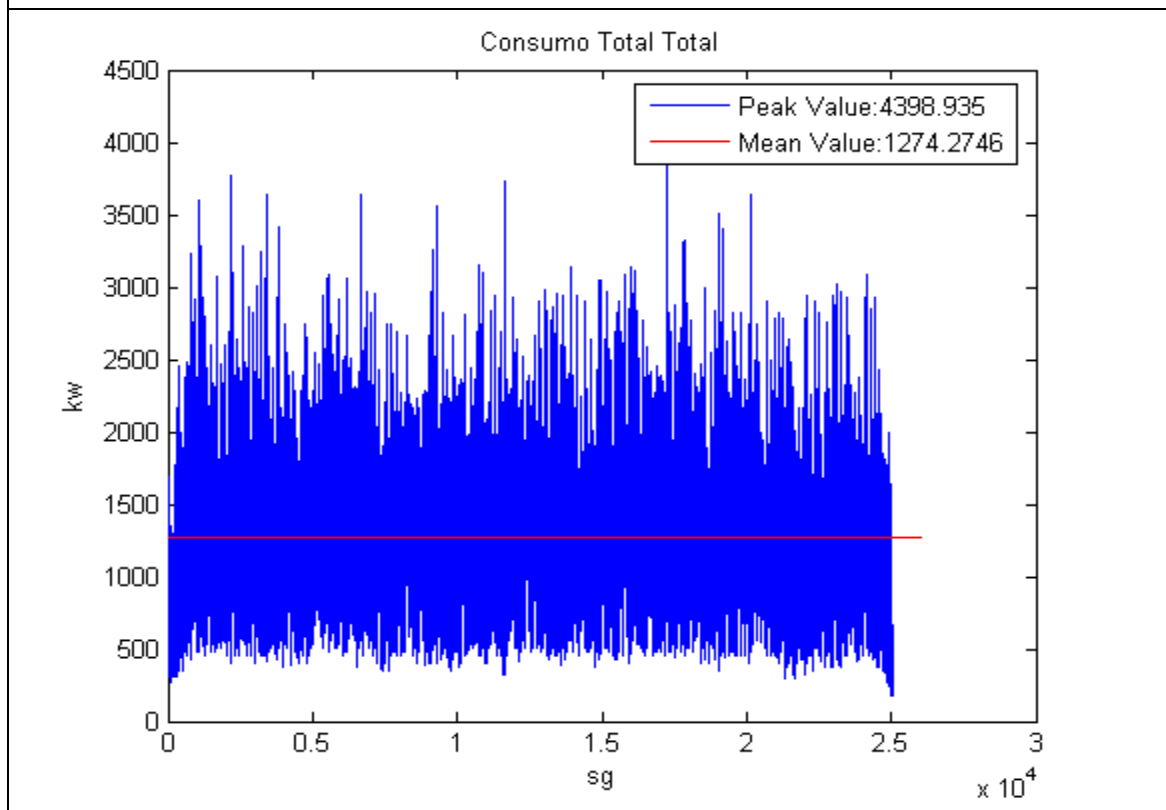
ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES



Velocidad comercial	22 km/h
---------------------	---------

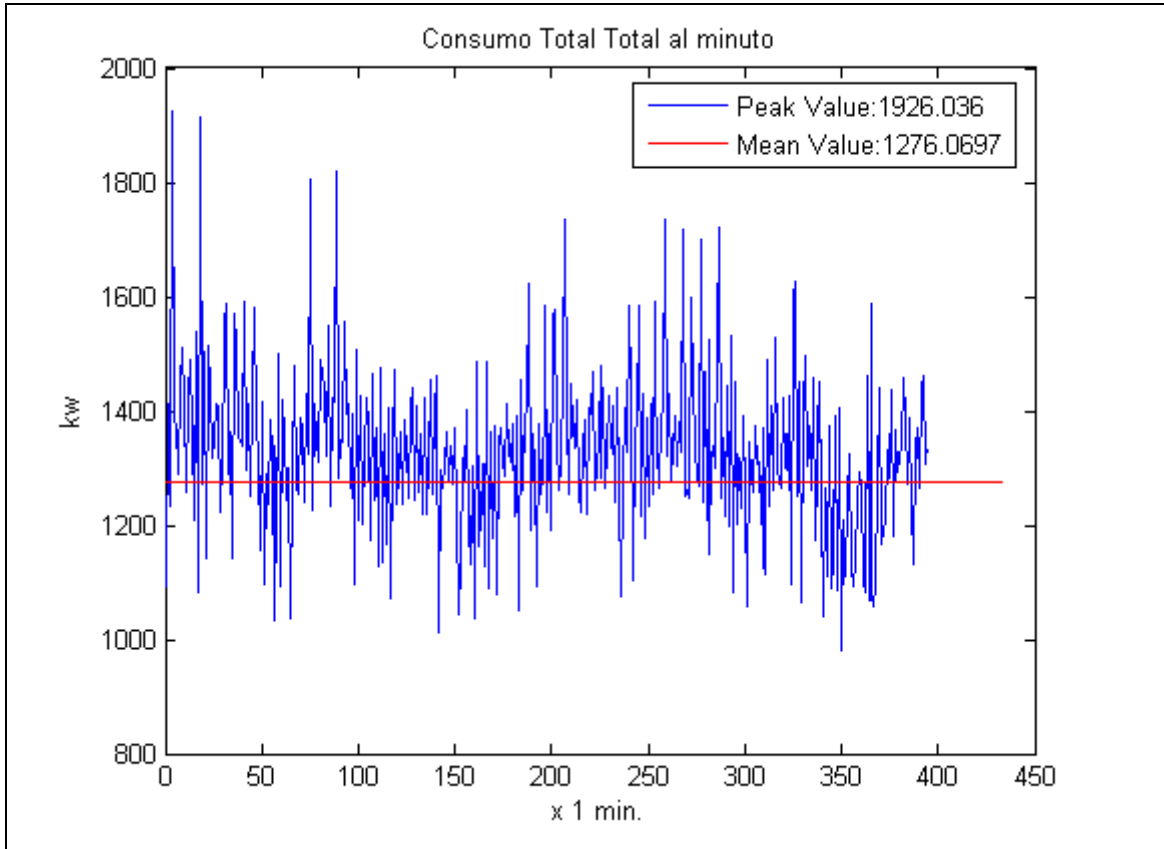
Consumo	11.5 kWh/km
---------	-------------

Consumos instantáneos

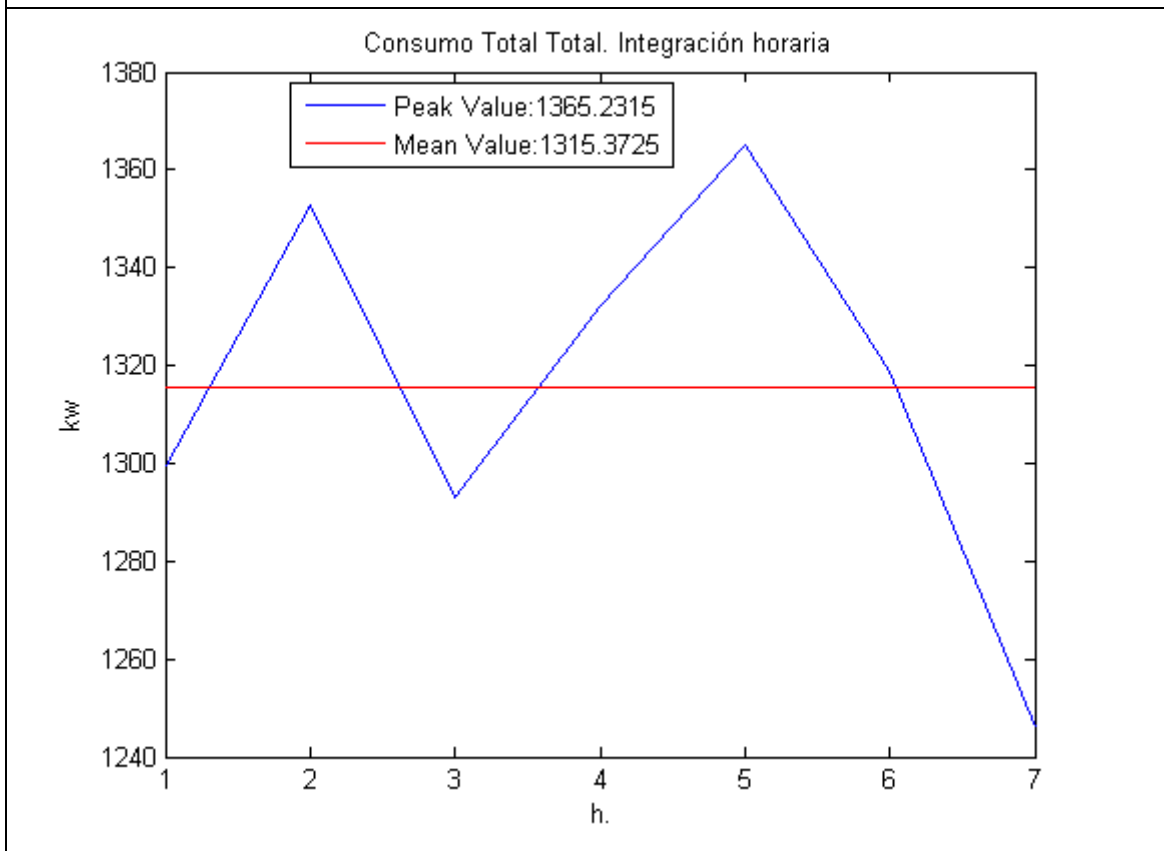


Consumos minutales

ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES



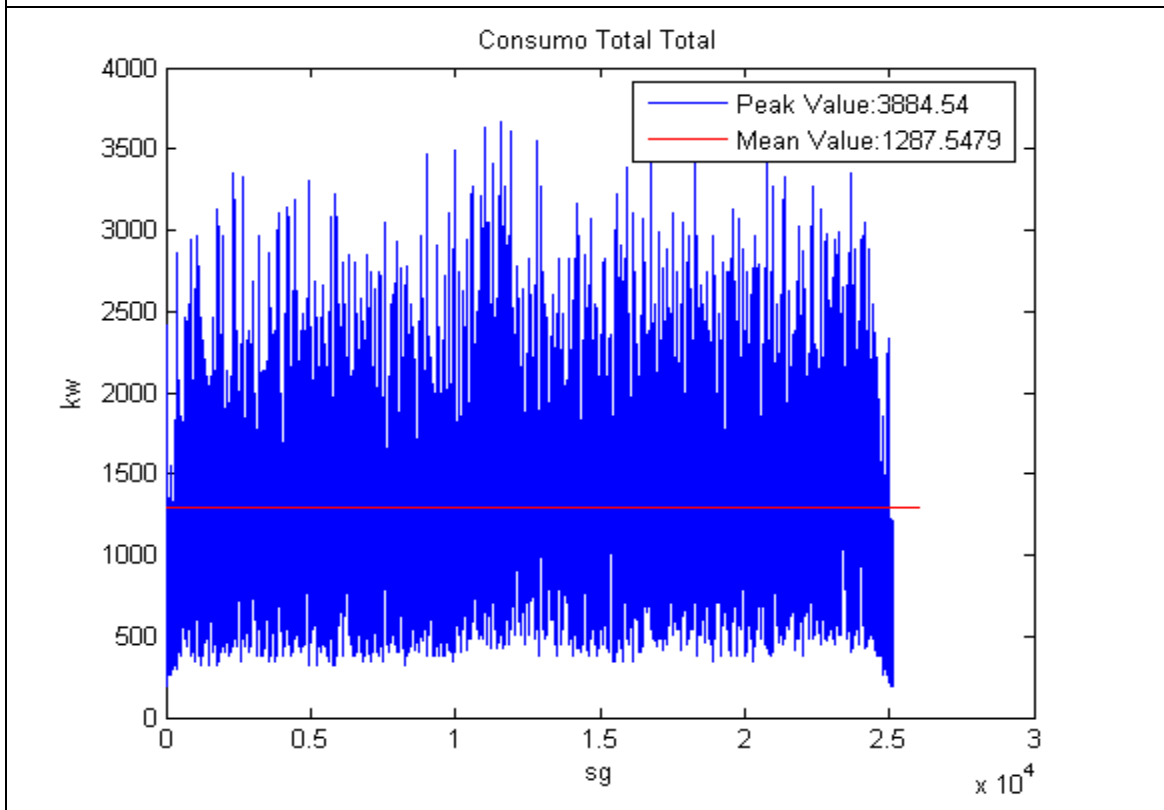
Consumos medios cada hora



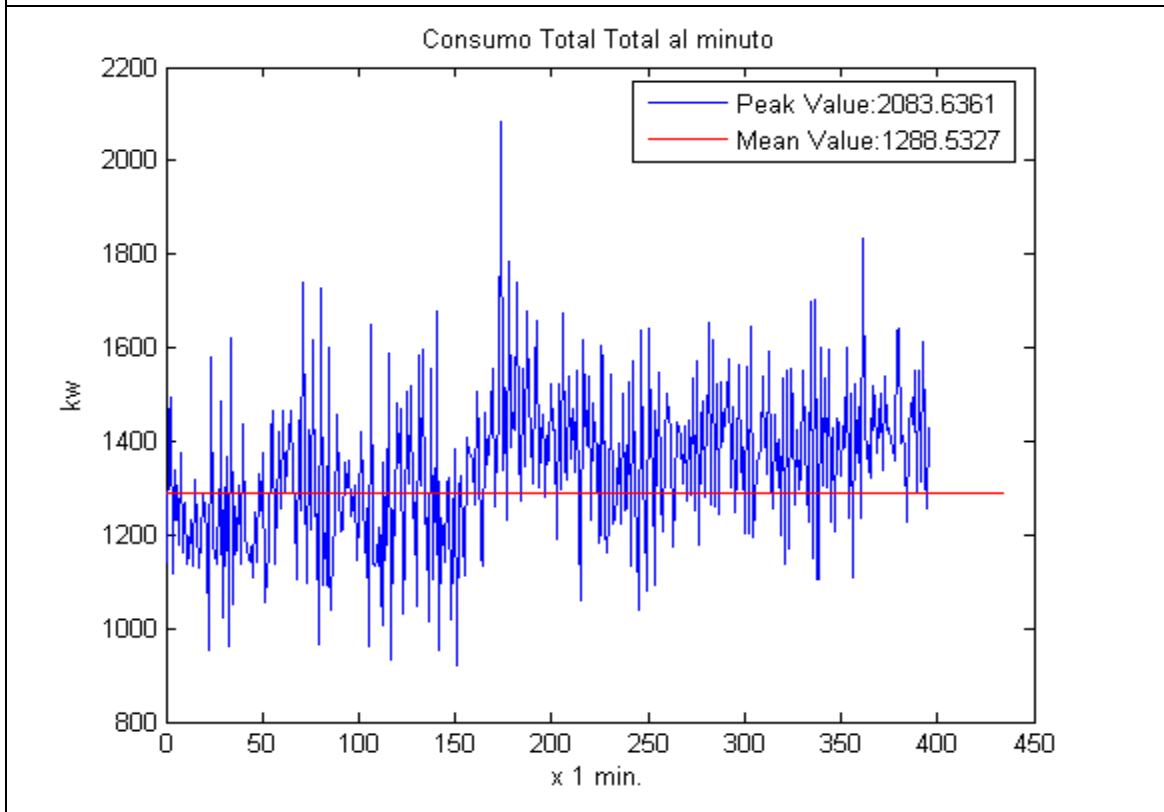
ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

Velocidad comercial	24 km/h
Consumo	11.5 kWh/km

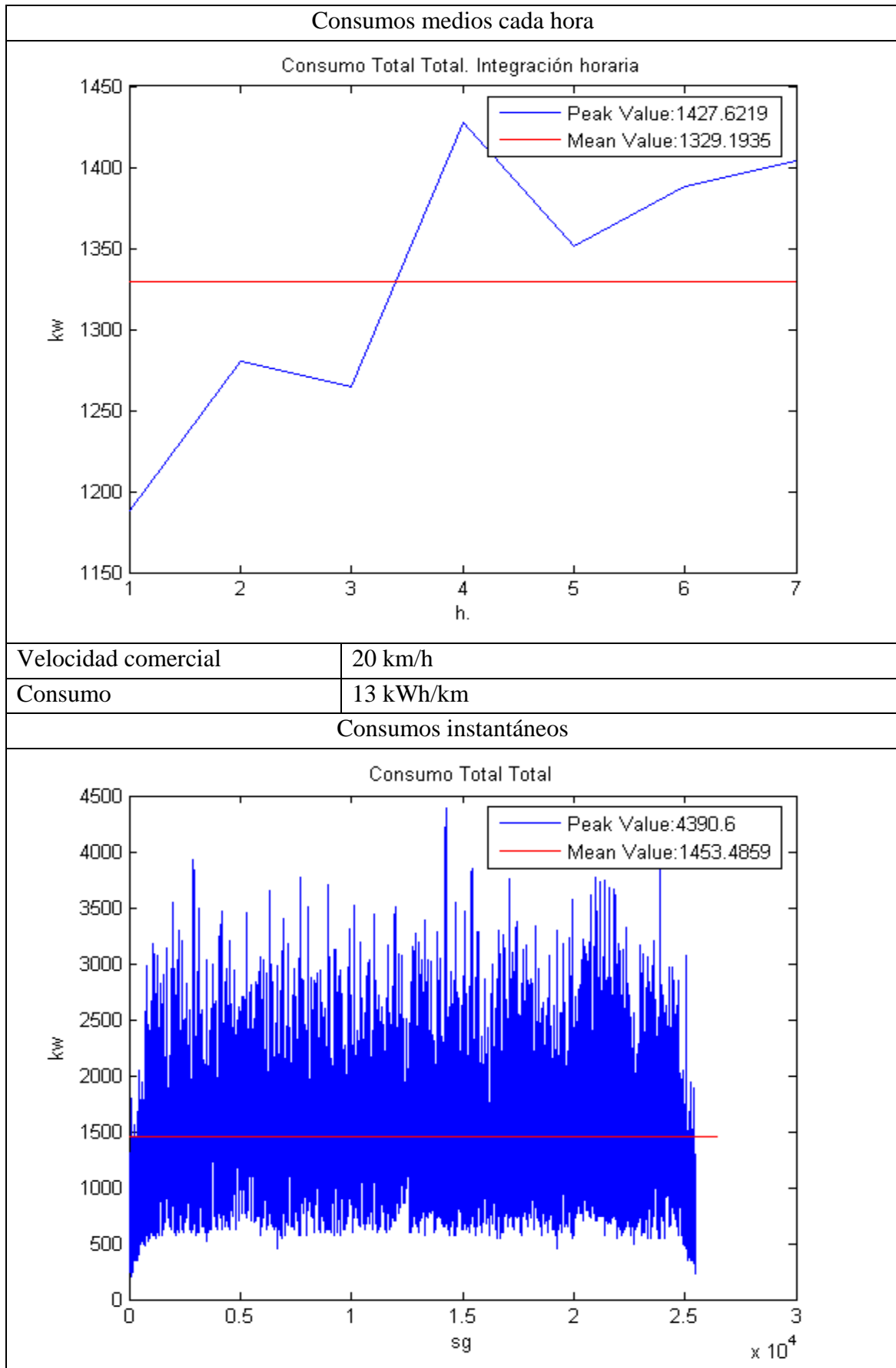
Consumos instantáneos

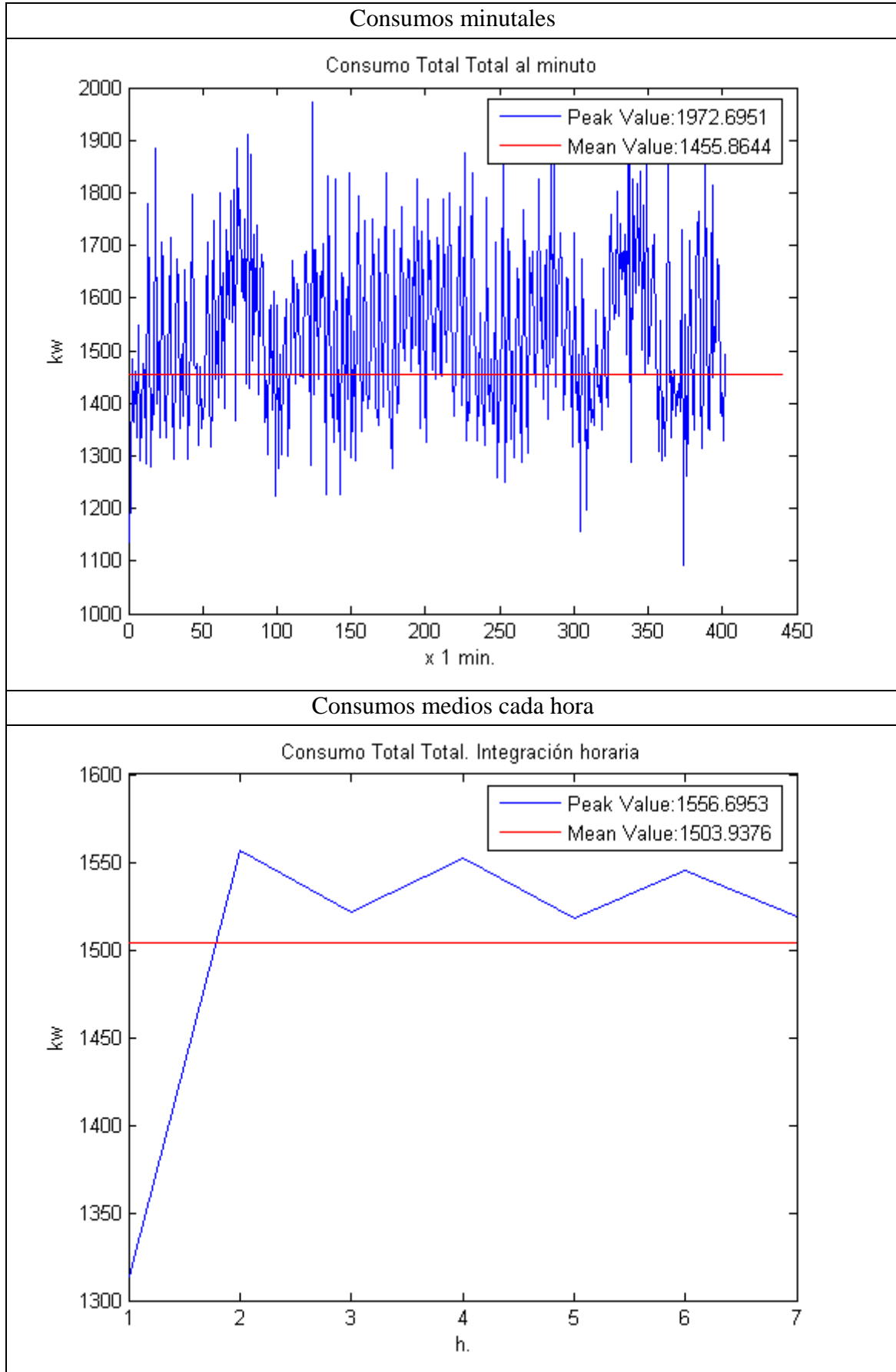


Consumos minutales



ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

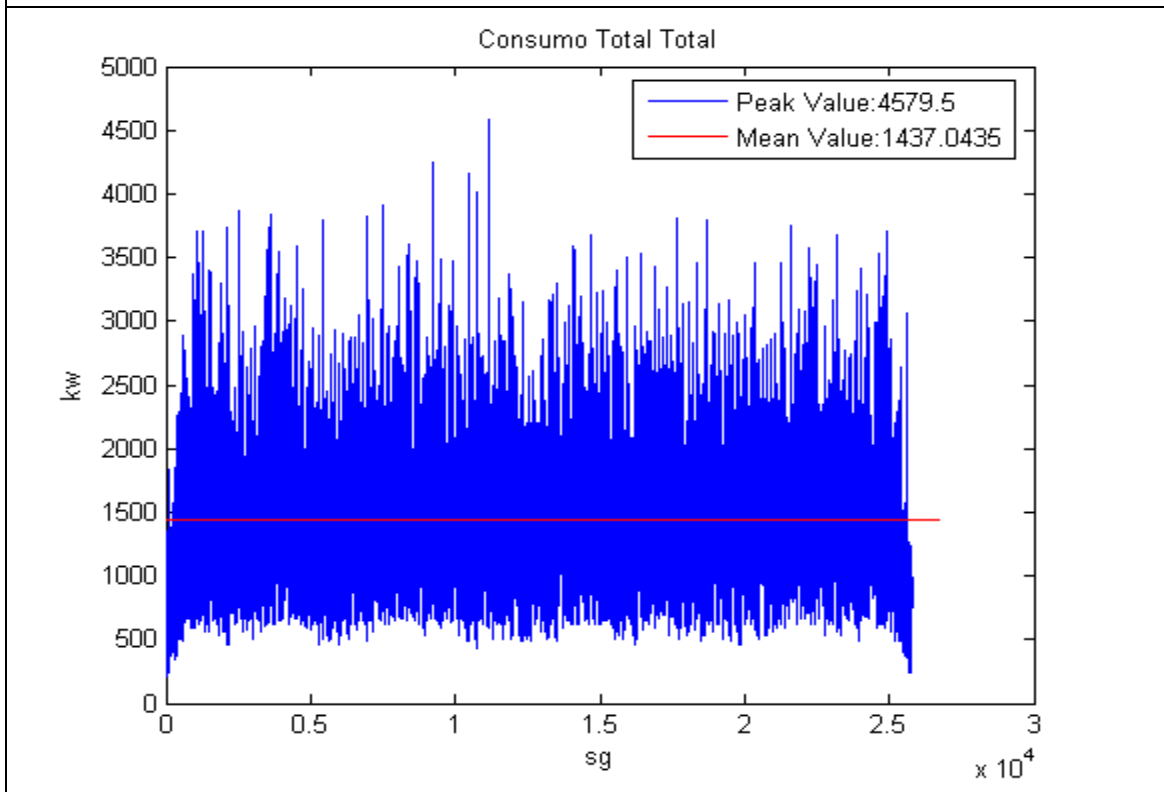




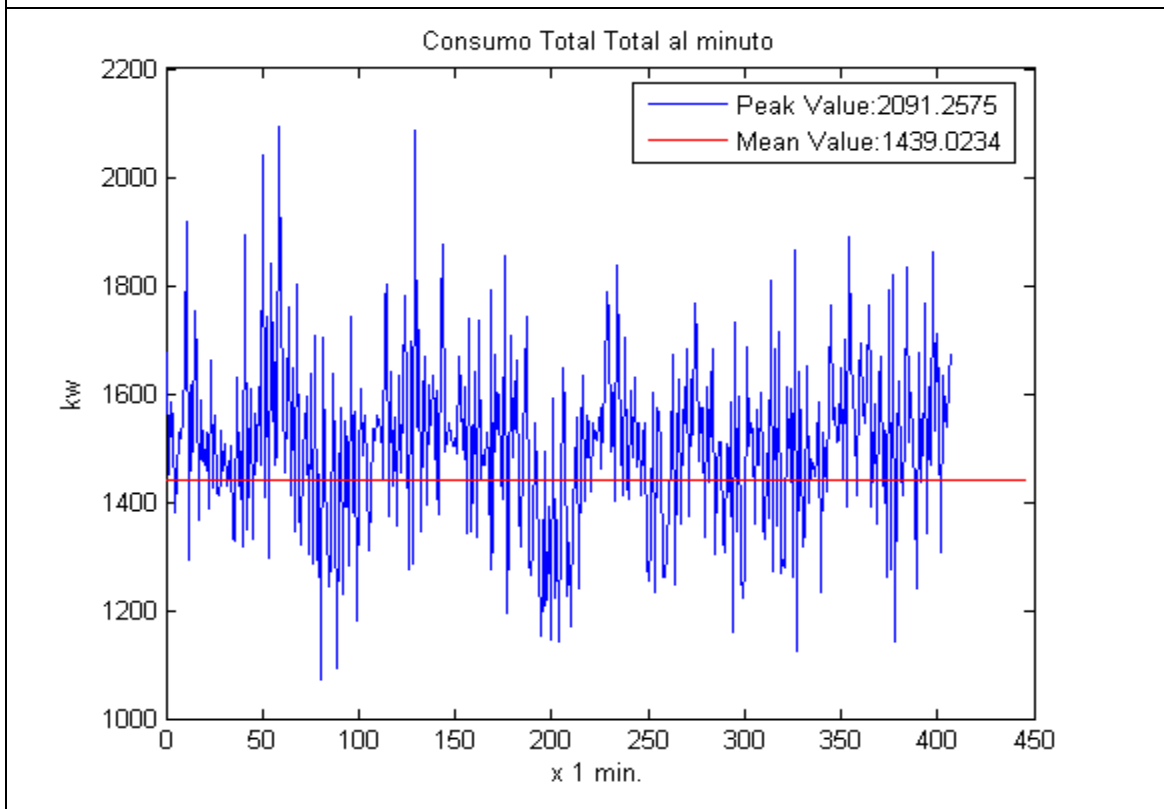
ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

Velocidad comercial	22 km/h
Consumo	13 kWh/km

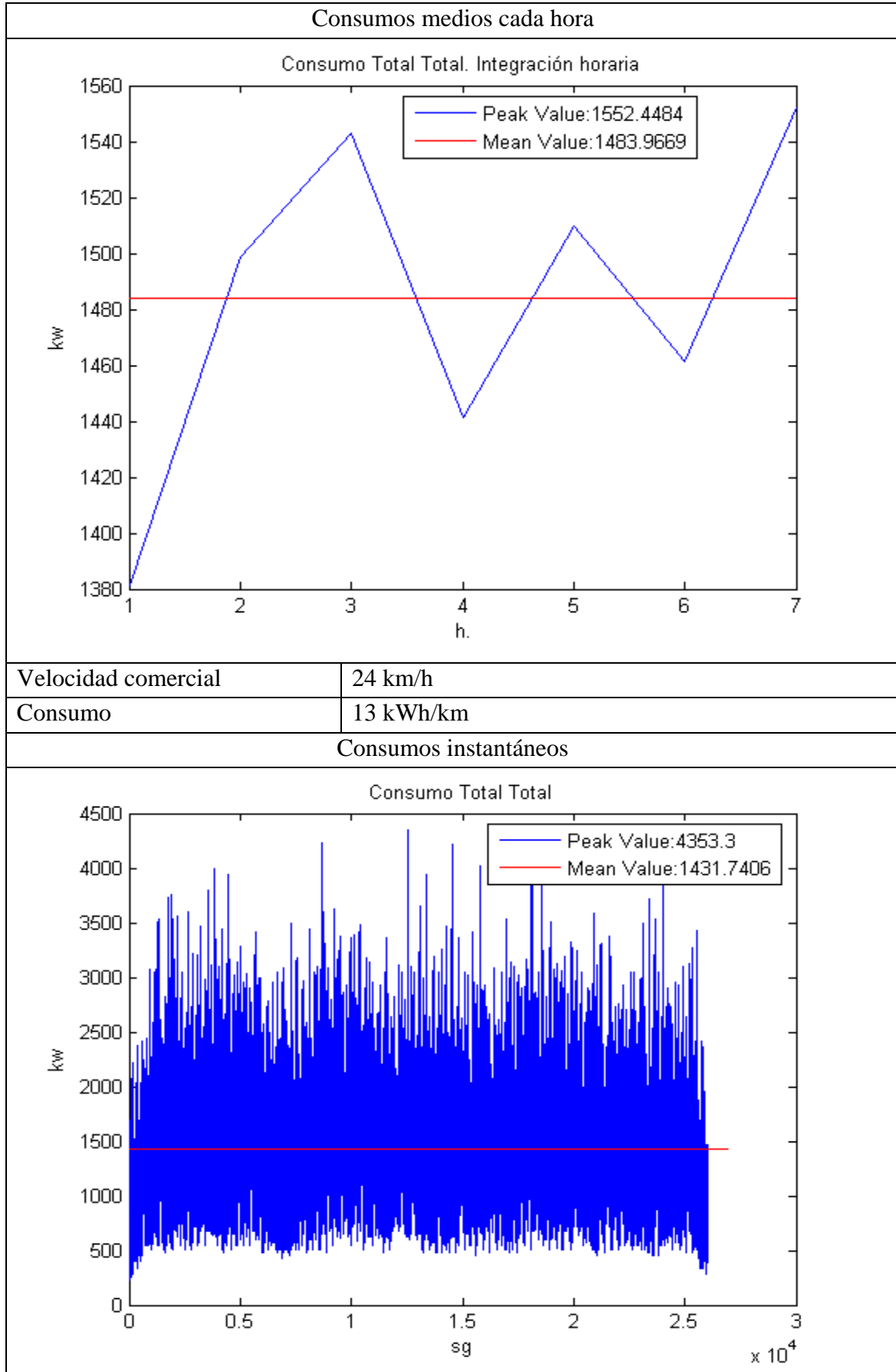
Consumos instantáneos



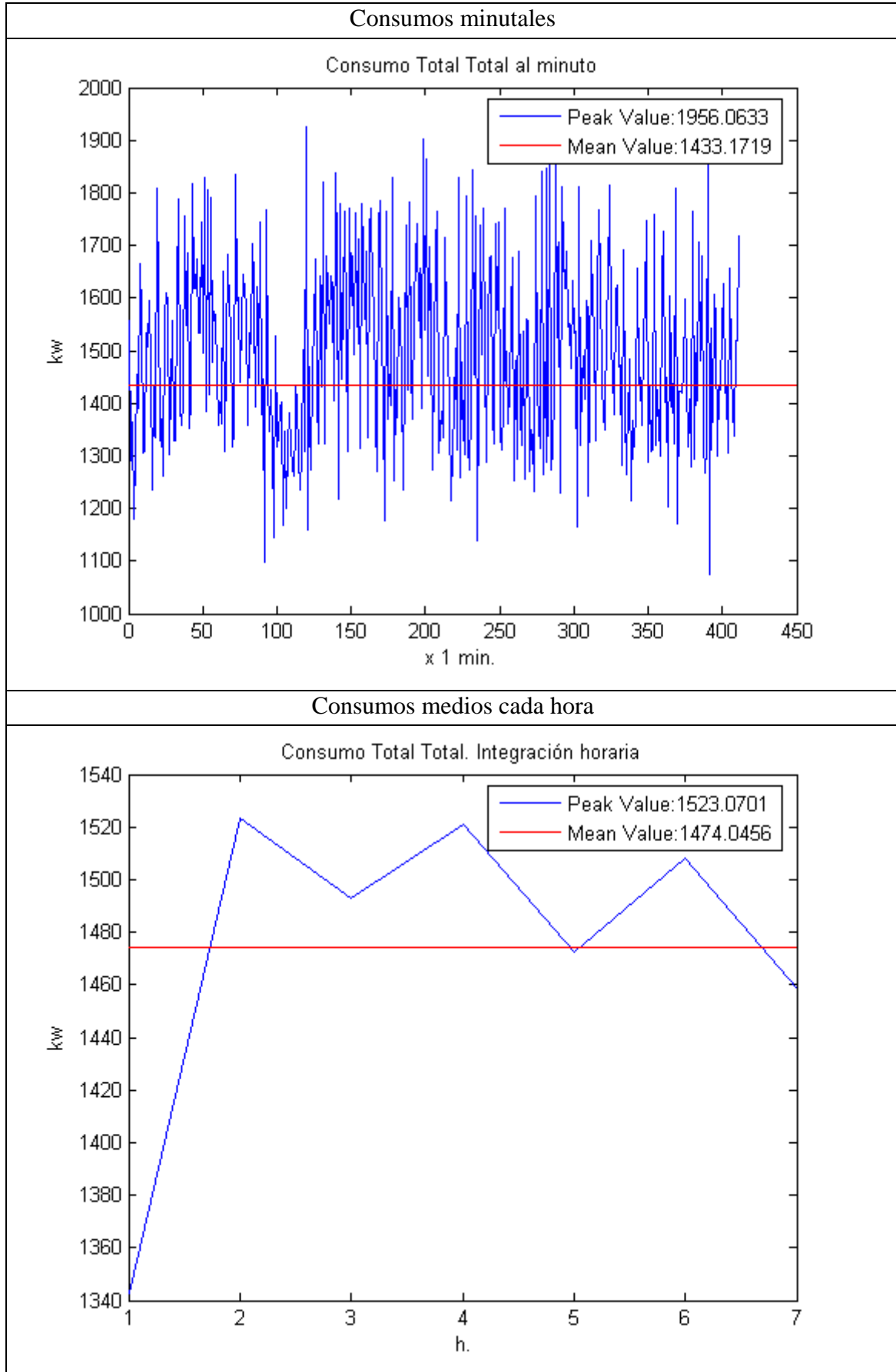
Consumos minutales



ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

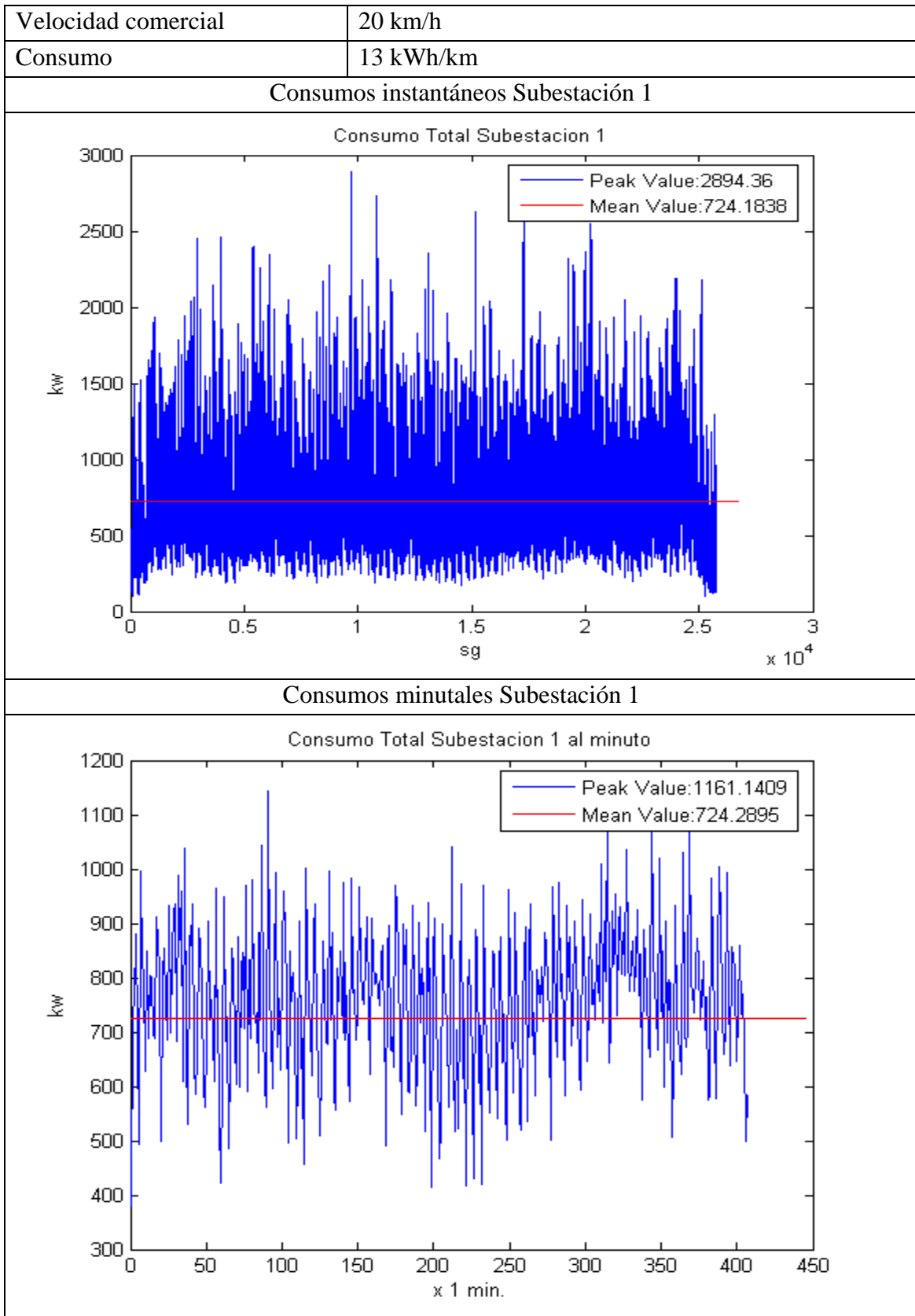


ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES



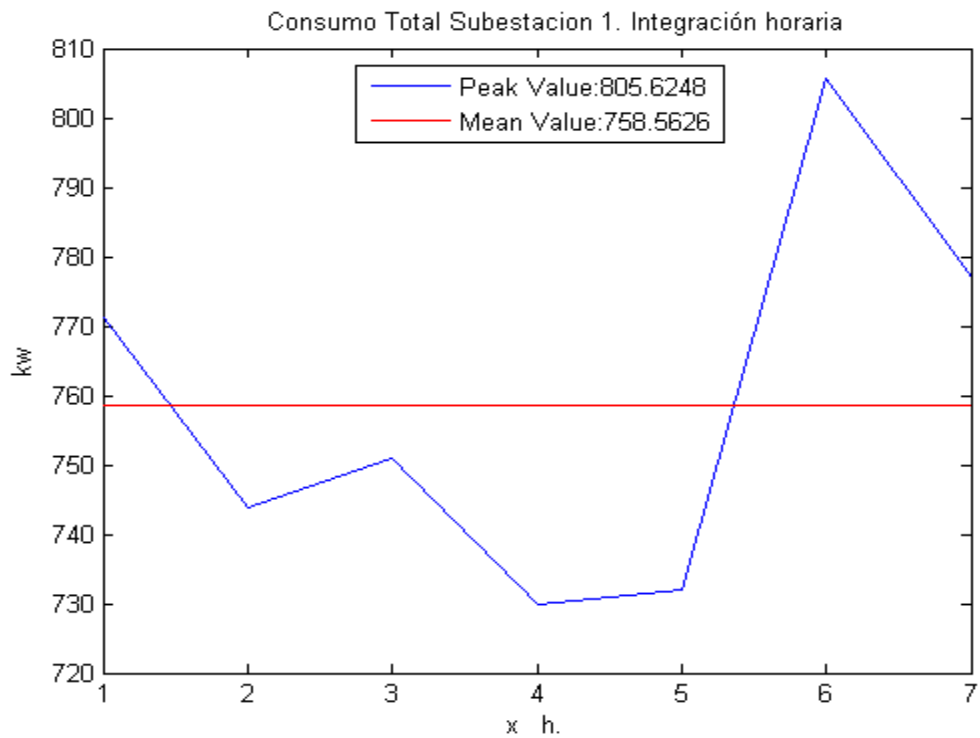
ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

A continuación se muestran los escenarios más desfavorables desglosados por cada uno de las dos subestaciones a instalar.



ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

Consumos medios cada hora Subestación 1



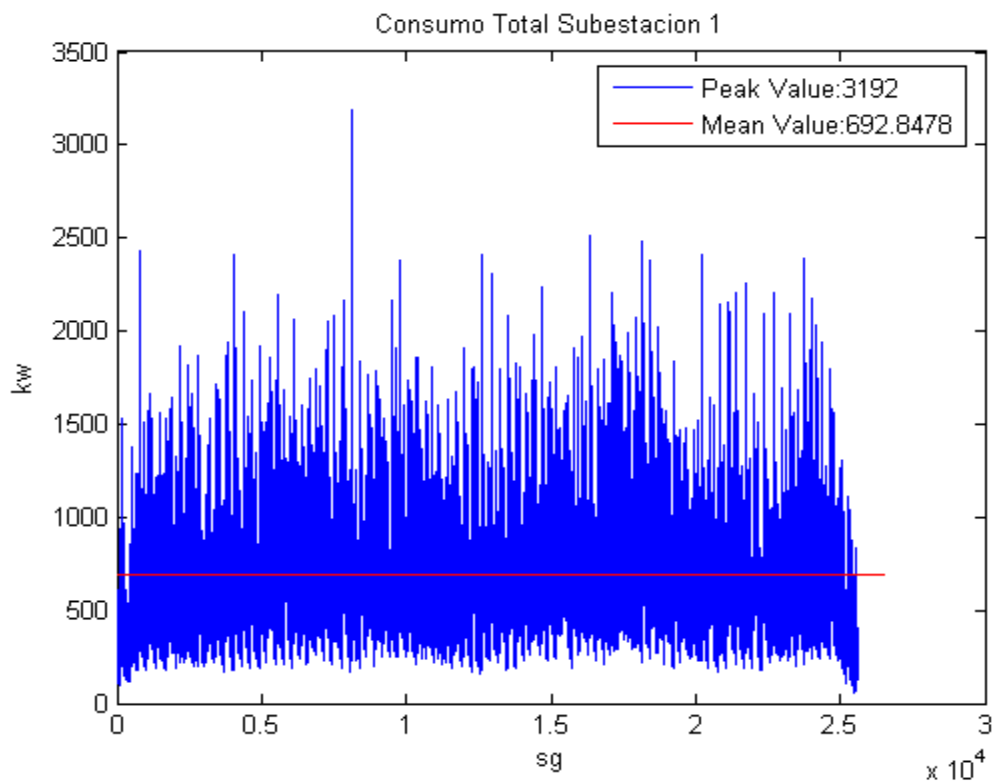
Velocidad comercial

22 km/h

Consumo

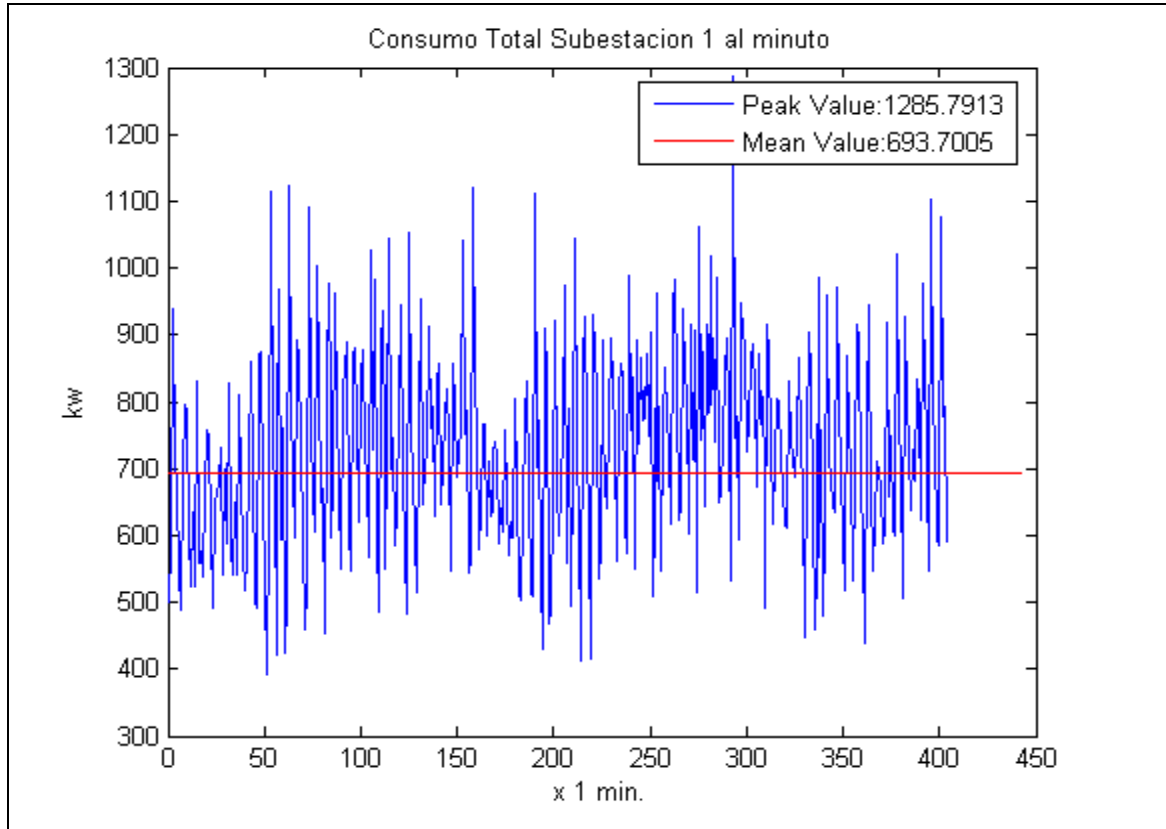
13 kWh/km

Consumos instantáneos Subestación 1

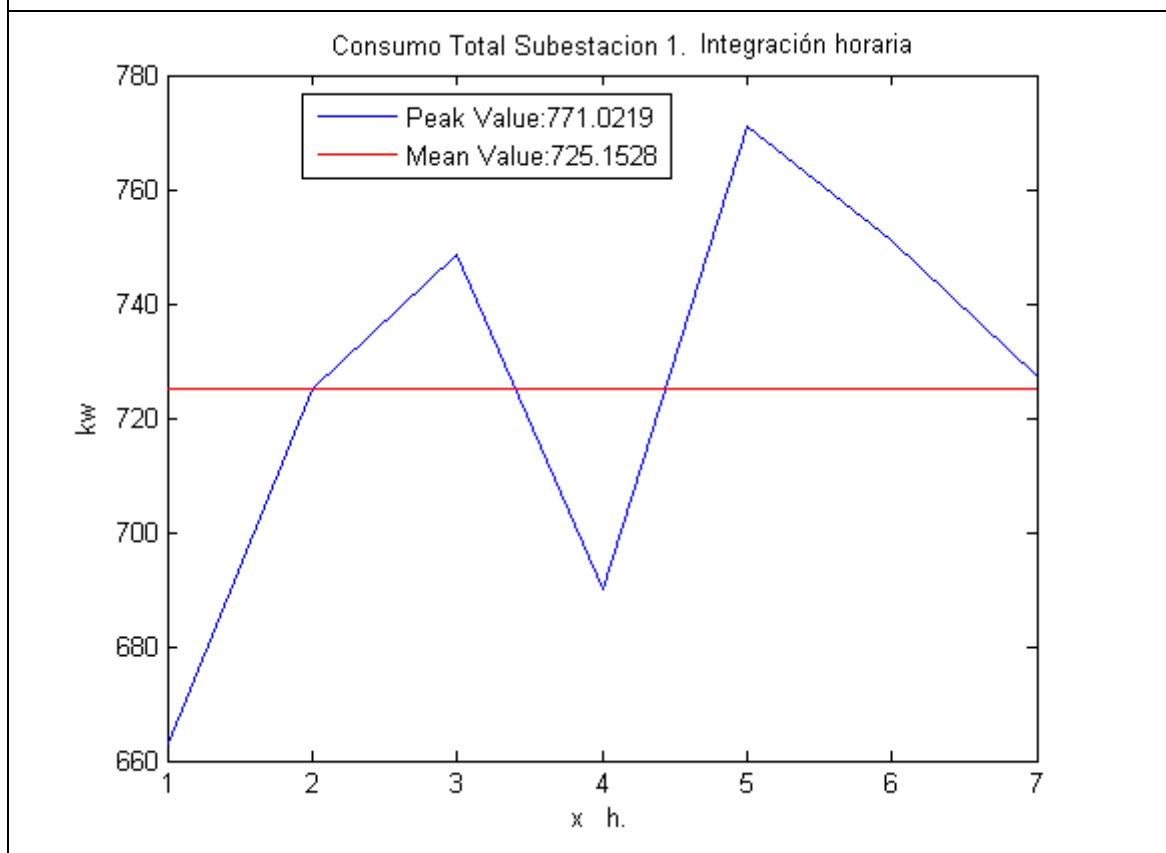


Consumos minutales Subestación 1

ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES



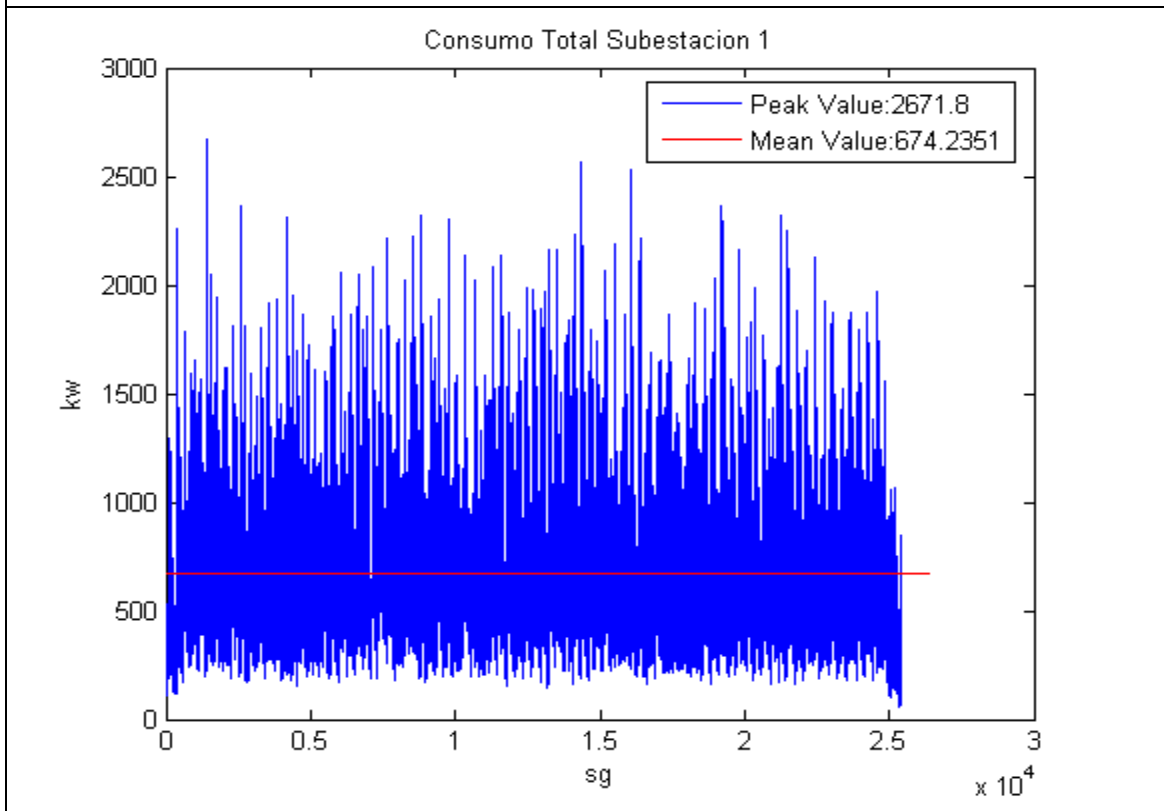
Consumos medios cada hora Subestación 1



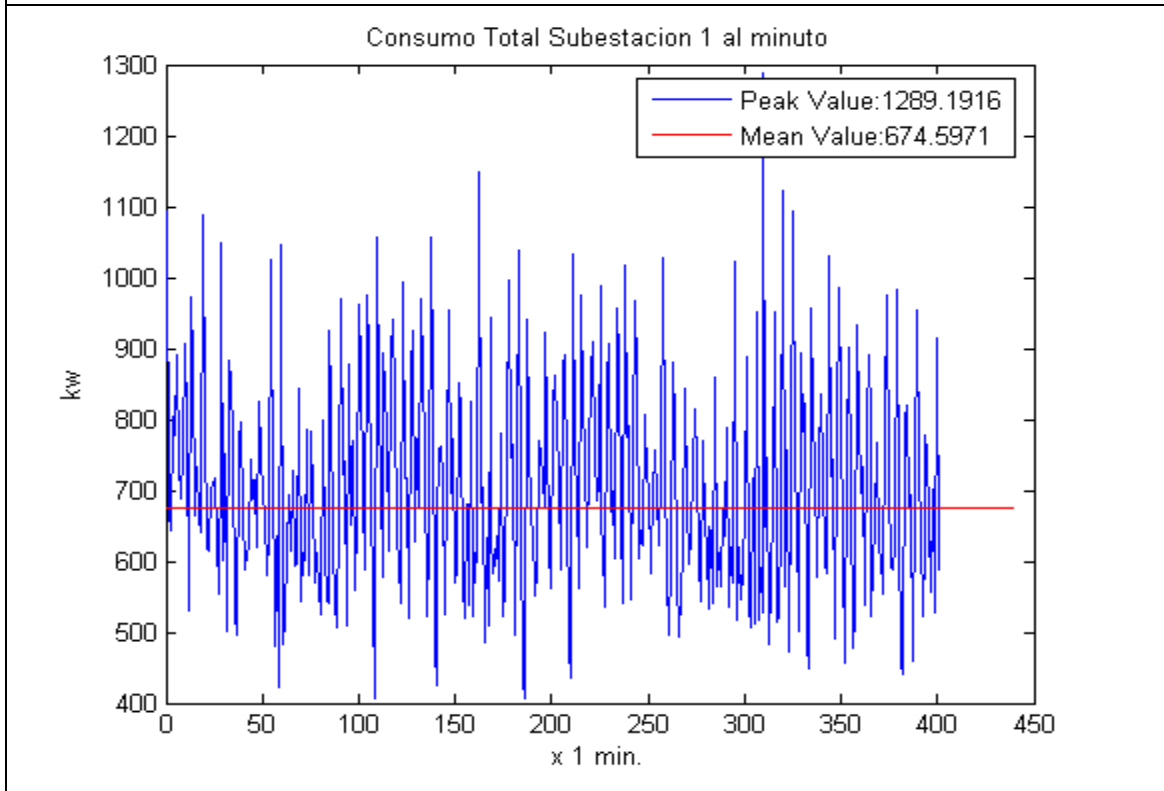
ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

Velocidad comercial	24 km/h
Consumo	13 kWh/km

Consumos instantáneos Subestación 1

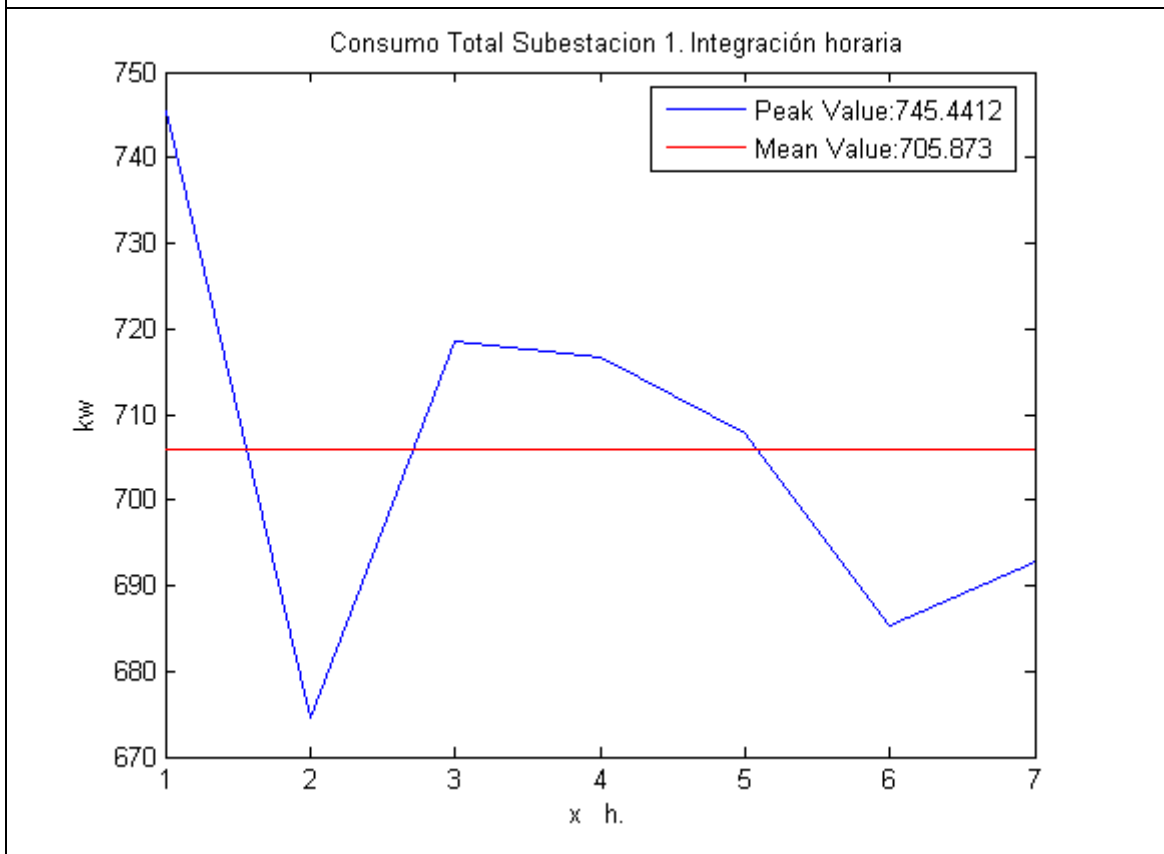


Consumos minutales Subestación 1



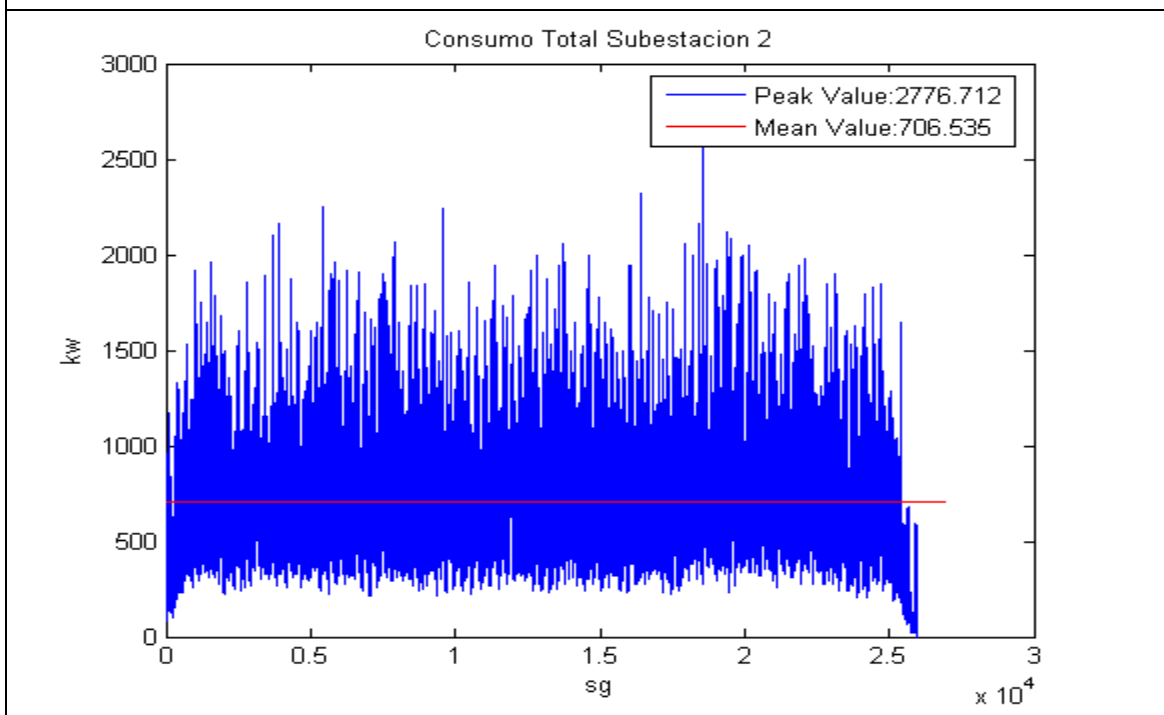
ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

Consumos medios cada hora Subestación 1



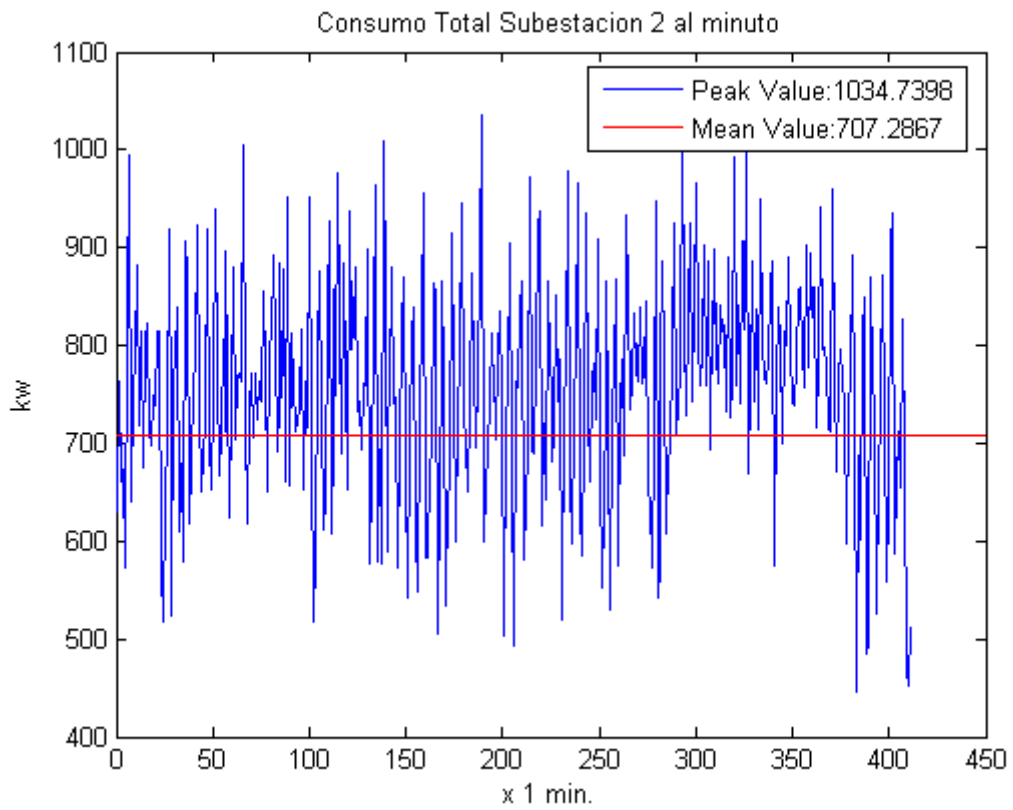
Velocidad comercial	20 km/h
Consumo	13 kWh/km

Consumos instantáneos Subestación 2

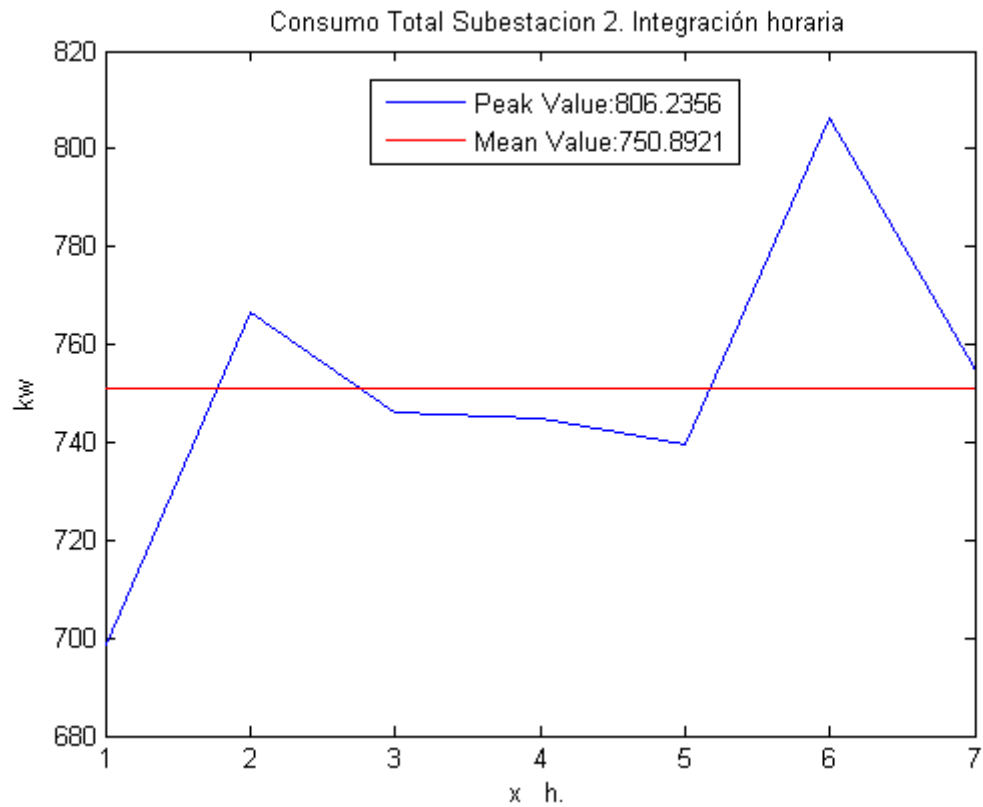


ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

Consumos minutales Subestación 2



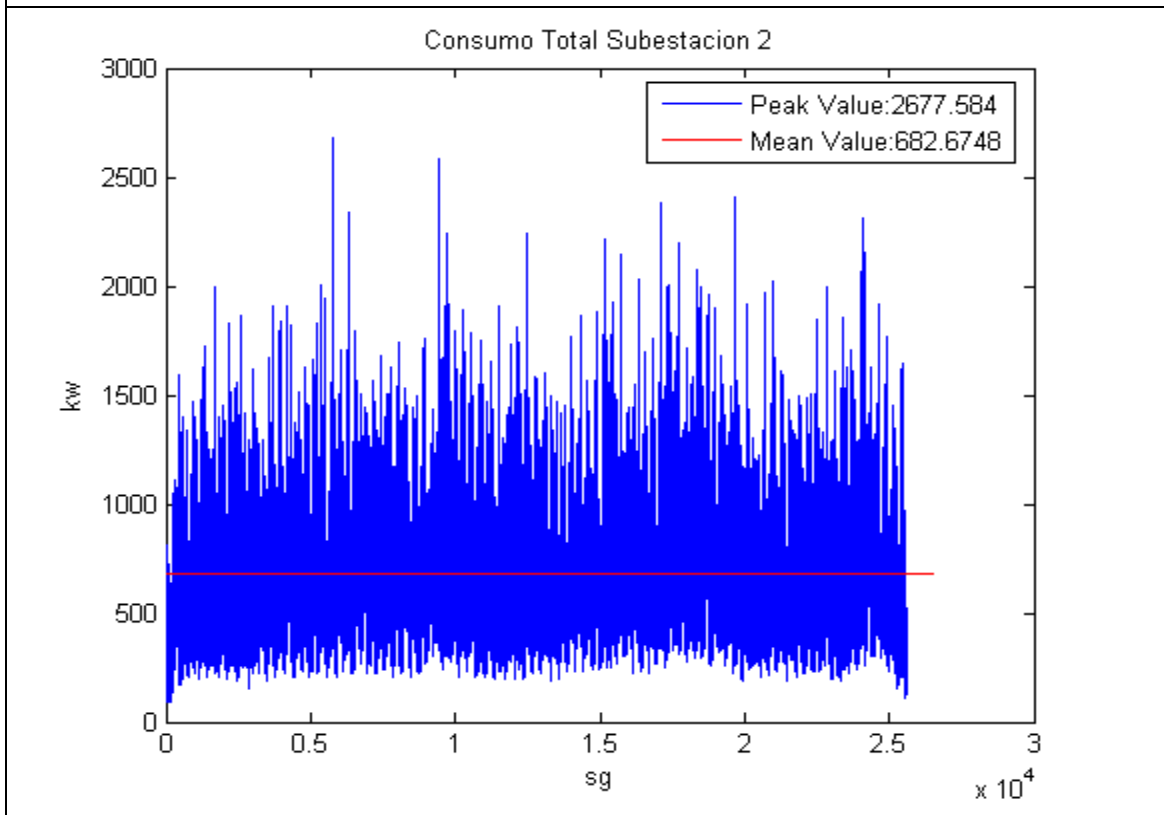
Consumos medios cada hora Subestación 2



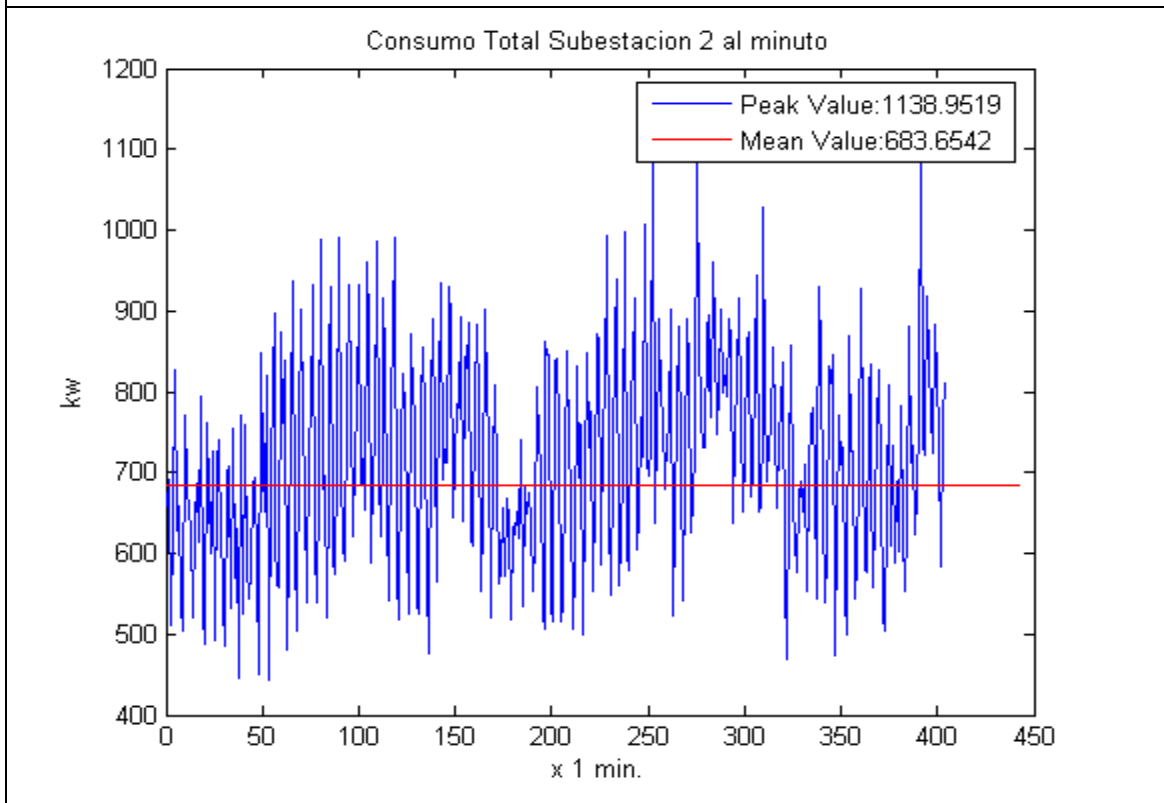
ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

Velocidad comercial	22 km/h
Consumo	13 kWh/km

Consumos instantáneos Subestación 2

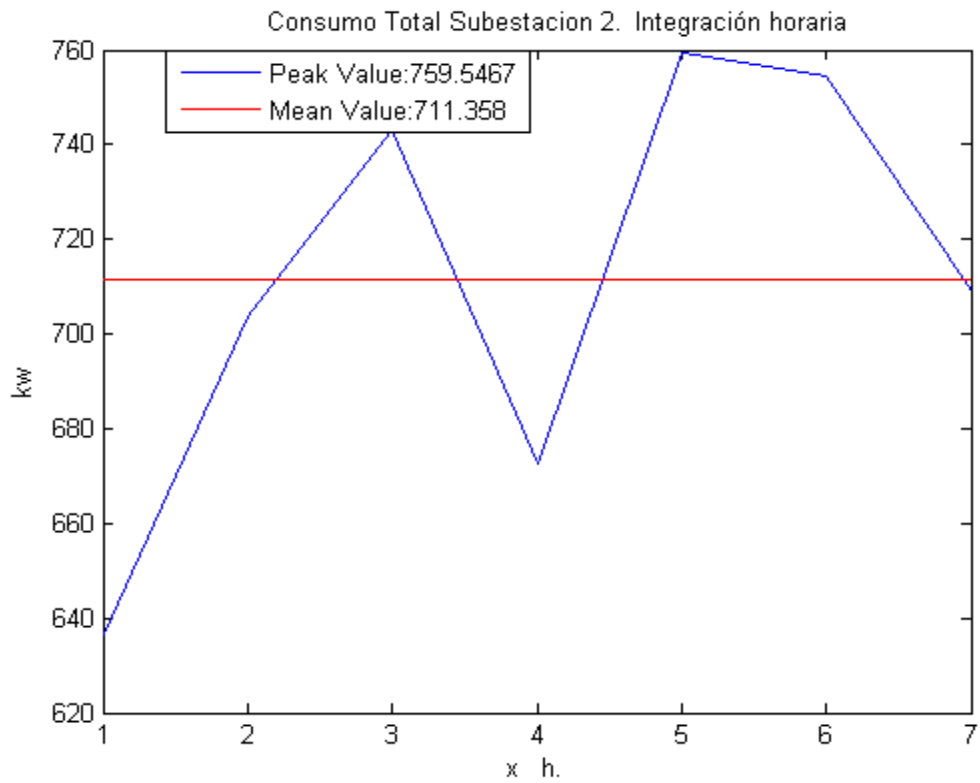


Consumos minutales Subestación 2



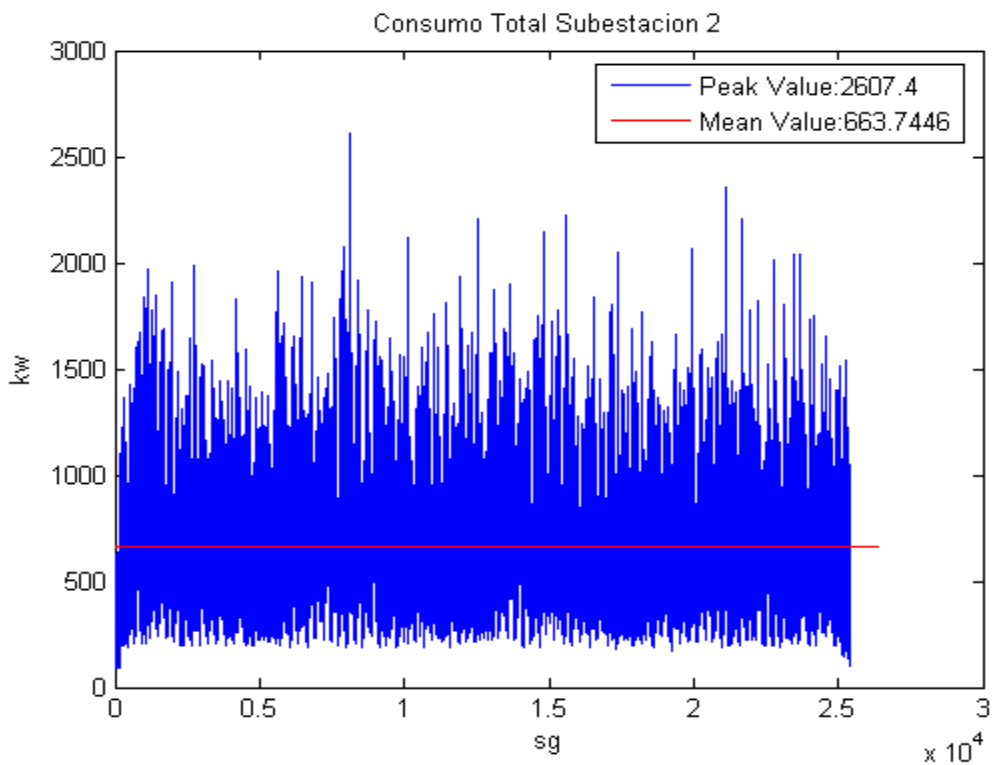
ANEJO Nº 11. CATENARIA Y SUBESTACIONES

Consumos medios cada hora Subestación 2

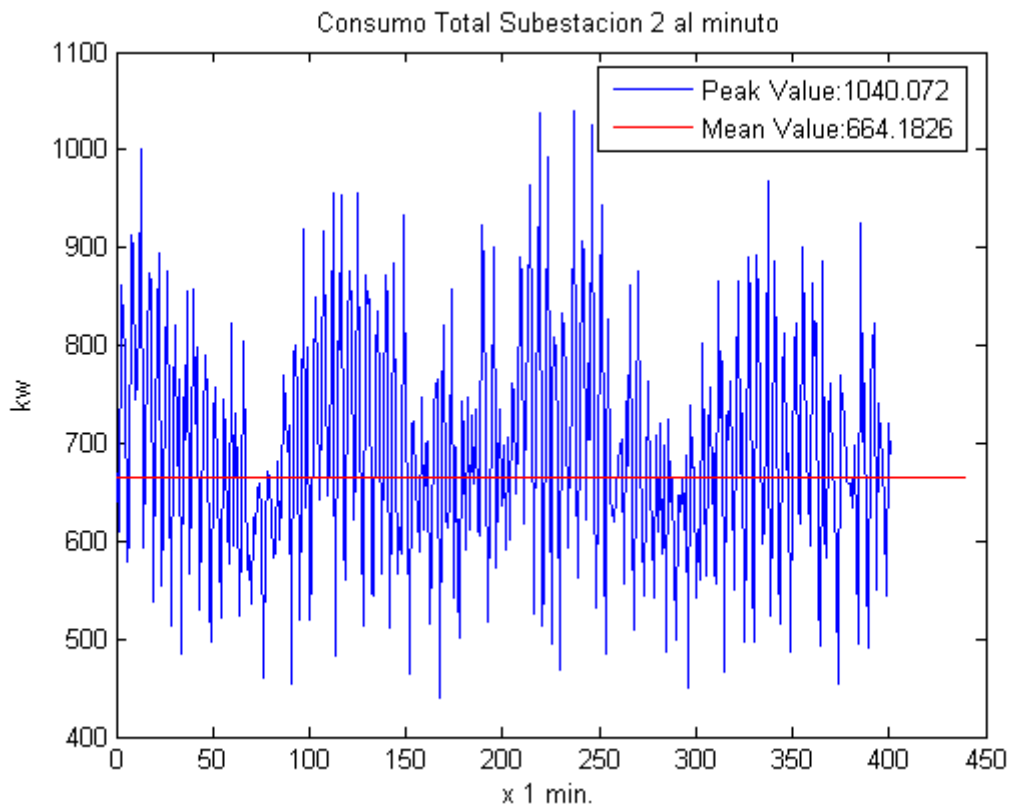


Velocidad comercial	24 km/h
Consumo	13 kWh/km

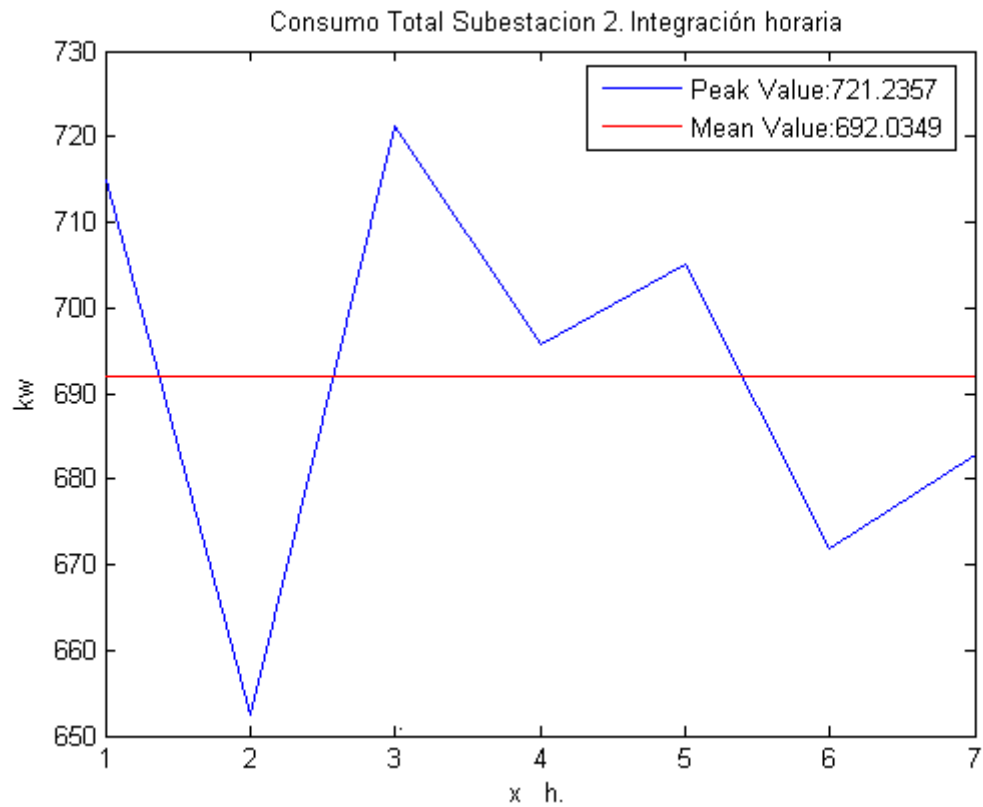
Consumos instantáneos Subestación 2



Consumos minutales Subestación 2



Consumos medios cada hora Subestación 2



5. CONCLUSIONES

Se considera que las necesidades energéticas de tracción quedan satisfechas con la instalación de **dos subestaciones**.

Dichas subestaciones tendrán **2 grupos trafo-rectificadores de 900 kW** de potencia, cada una.

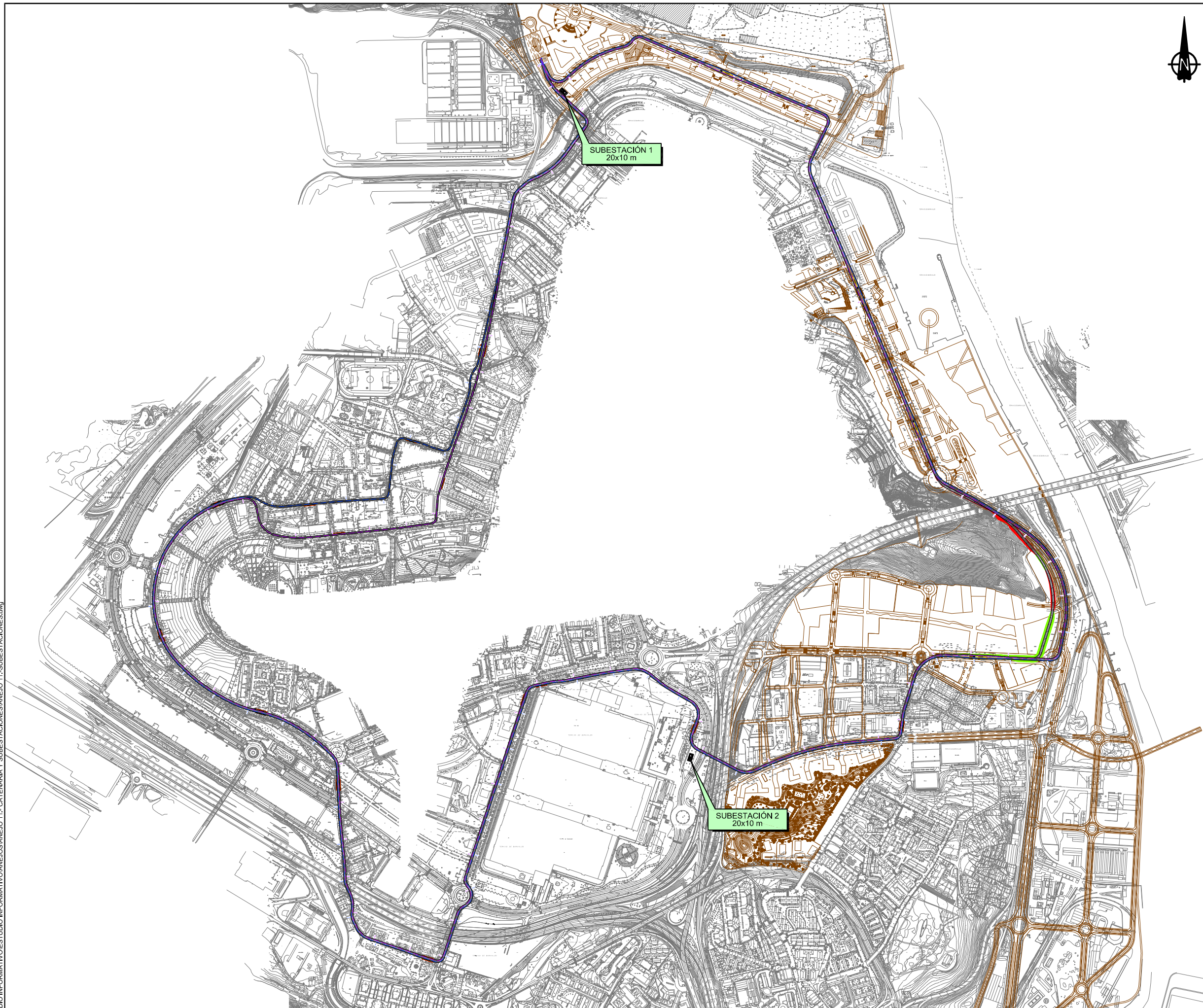
Debido a la naturaleza circular del recorrido las subestaciones **pueden estar a una distancia de 4,5 km** entre sí.

La **caída de una** de las dos subestaciones **no afectaría al servicio**.

APÉNDICE 2:
PLANOS UBICACIÓN SUBESTACIONES

APÉNDICE 2: PLANOS UBICACIÓN SUBESTACIONES

DIRECCION	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO	FECHA



X:\101\100547\ESTUDIO INFORMATIVO\ESTUDIO INFORMATIVO\ANEJO 11.- CATENARIA Y SUBESTACIONES\ANEJO 11.-SUBESTACIONES.dwg

REV.	PRIMERA EMISION	FECHA	FEB 12	JB	JP	NO
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA	
BERRIKUSPENAK / REVISIONES						
AHOLKULARIA / CONSULTOR				INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
				 Pablo Ramos Trujillo Nº Col.: 13.578		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR				ERREFERENTZIA REFERENCIA		
100547						

EUSKO JAURLARITZA **GOBIERNO VASCO**
 ETXEBIZITZA, HERRI LAN ETXARRA SAILA DEPARTAMENTO DE VIVIENDA OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

et **euskal trenbide sarea**
 PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

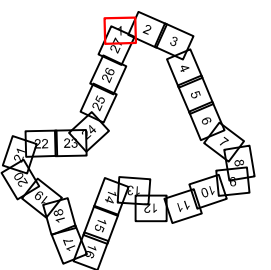
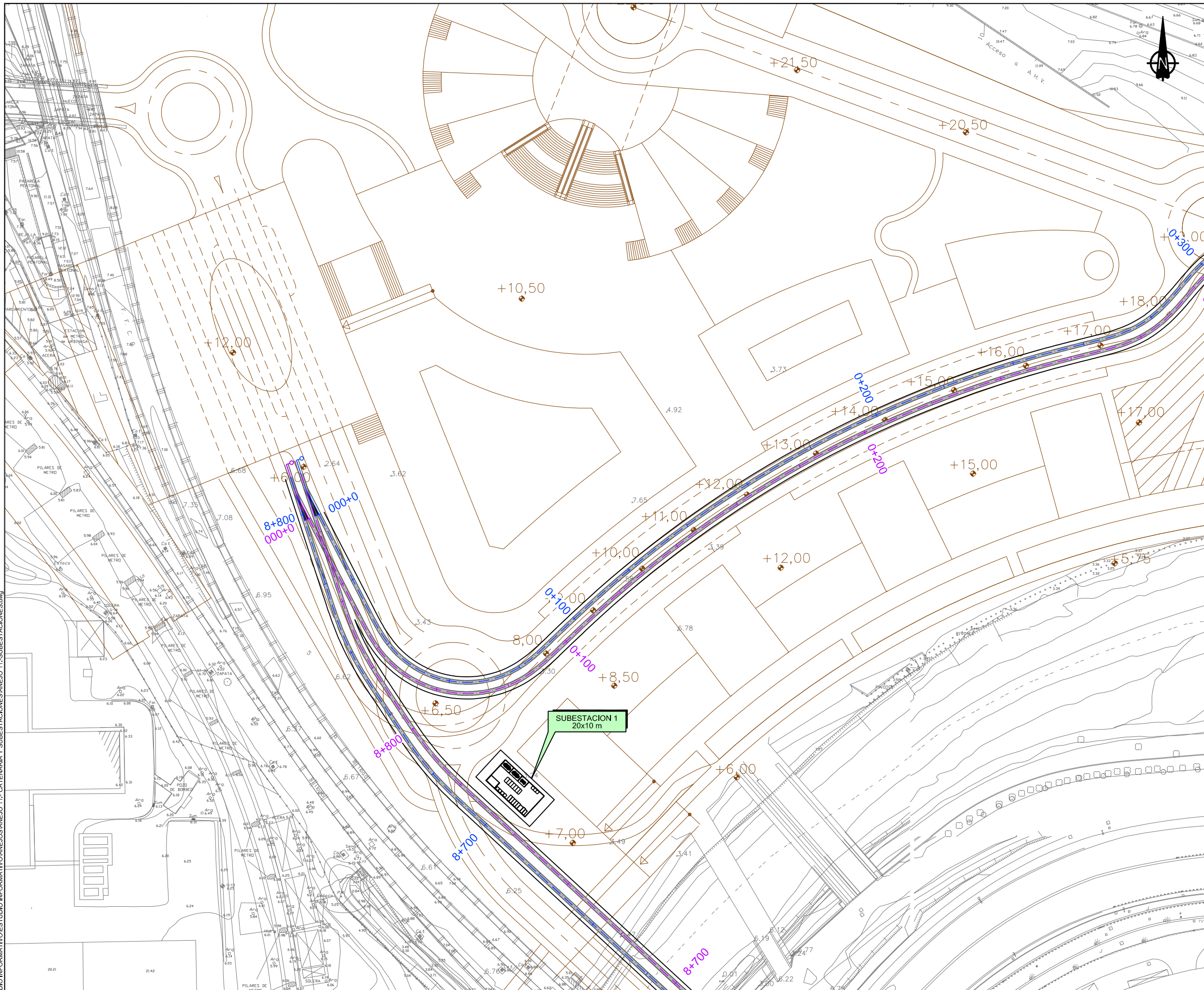
ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL (DIN-A1) 1/500
 0 2500 5000m
 ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROIEKTUAREN IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
ESTUDIO INFORMATIVO DEL TRANVIA URBANO DE BARAKALDO

PLANOAREN IZENBURUA TITULO DEL PLANO
CATENARIA Y SUBESTACIONES UBICACION SUBESTACIONES

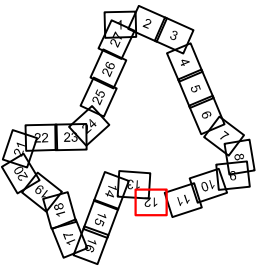
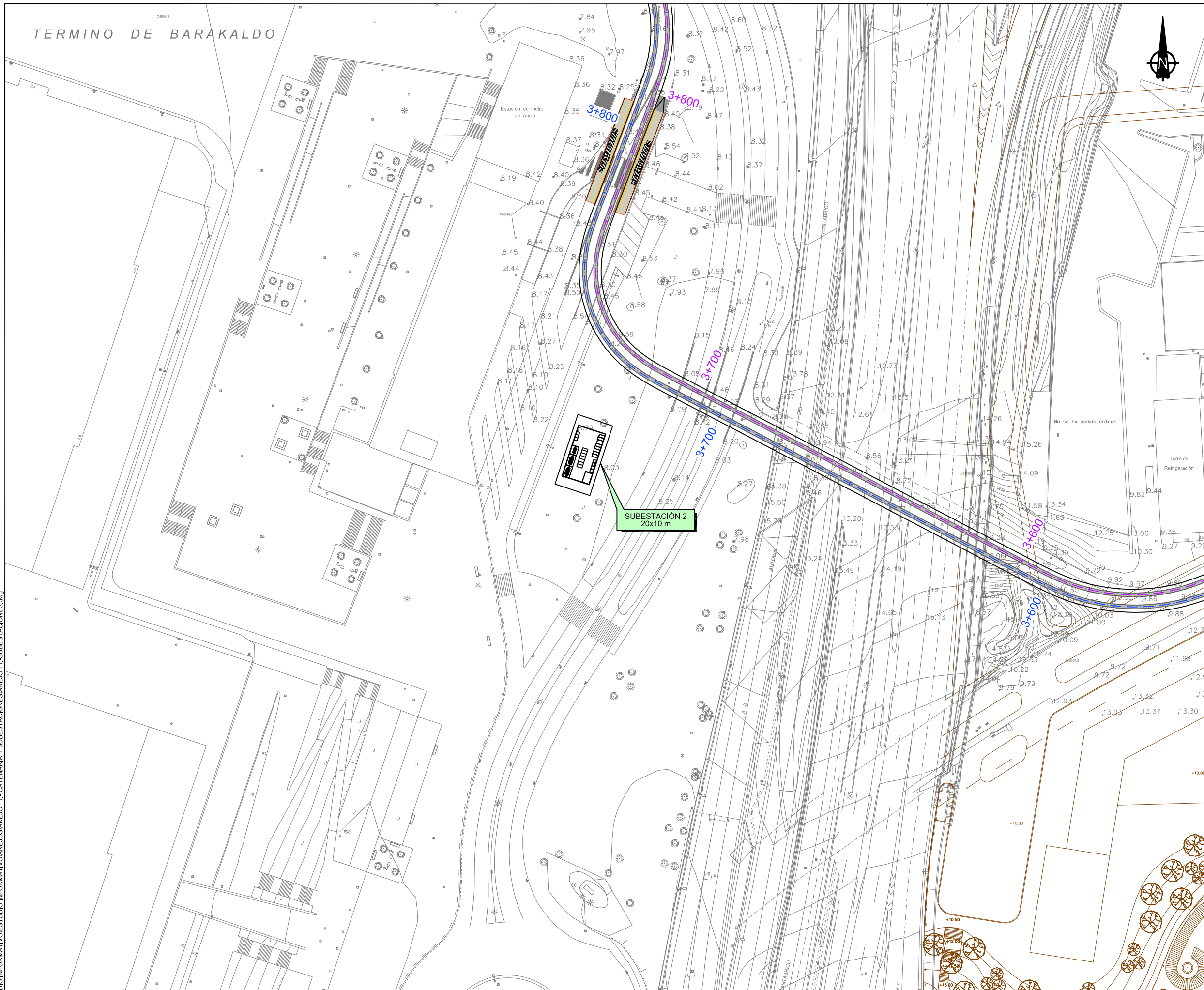
PLANO-ZK / N. PLANO **A.11**
 ORRIA / HOJA 1 Sigue 3

X:\10100547\ESTUDIO INFORMATIVO\ANEJO 11.- CATENARIA Y SUBESTACIONES\ANEJO 11.- SUBESTACIONES.JWG



REV.	PRIMERA EMISION	FECHA	18	12	18	NO
CLASE DE MODIFICACION		FECHA		NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES						
AHOLKULARIA / CONSULTOR				INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
inco bz k				Pablo Ramos Trujillo Nº Col.: 13.578		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR				ERREFERENTZIA REFERENCIA		
100547						

OPREKETA	DIBUJADOREA	REVISADOREA	AFORADOREA	FECHA
----------	-------------	-------------	------------	-------



X:\10\100547\ESTUDIO INFORMATIVO\ESTUDIO INFORMATIVO\OSVANEJO 11.- CATENARIA Y SUBESTACIONES\ANEJO 11.- SUBESTACIONES.dwg

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PRIMERA EMISION	FEB12	JB	JP	NO
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
inco zb zk			Pablo Ramos Trujillo Nº Col.: 13.578		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
100547					

EUSKO JAURLARITZA **GOBIERNO VASCO**
 ETXEBIZITZA, HERRI LAN
 ETA GARRAIO SAILA DEPARTAMENTO DE VIVIENDA
 OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

et **euskal trenbide sarea**
 PROIEKTUAREN KUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
 INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
 ESCALA ORIGINAL
 (DIN-A1)
 1/500
 0 12.5 25m
 ESKALA GRAFIKOA
 ESCALA GRAFICA

PROIEKTUAREN IZENBURUA
 TITULO DEL PROYECTO
ESTUDIO INFORMATIVO DEL TRANVIA URBANO DE BARAKALDO

PLANOAREN IZENBURUA
 TITULO DEL PLANO
**CATENARIA Y SUBESTACIONES
 UBICACION SUBESTACIONES**

PLANO-ZK / N. PLANO
A.11
 ORRIA / HOJA
 3 Sigue 3