



**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN**

**MÁSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**SISTEMA DE INSPECCIÓN DE CARRILES: CONFIGURACIÓN Y  
CÁLCULO DIMENSIONAL**



**PEDRO MANSO BERNAL**

**JULIO 2014**



**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN**

**MÁSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**SISTEMA DE INSPECCIÓN DE CARRILES: CONFIGURACIÓN Y  
CÁLCULO DIMENSIONAL**

**ANEXO A**

**ELECCIÓN DEL SISTEMA DE VISIÓN**



**PEDRO MANSO BERNAL**

**JULIO 2014**

**ÁREA DE ARQUITECTURA Y  
TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES**

**TUTOR: DANIEL F. GARCÍA  
MARTÍNEZ**

## Contenido

1. Determinación de la zona de visualización de las cámaras .....	5
2. Estudio de los perfiles .....	7
3. Cálculo de variables para elección de la óptica.....	19
3.1. Cálculo de variables para la cámara superior derecha .....	22
3.2. Cálculo de variables para la cámara superior izquierda.....	23
3.3. Cálculo de variables para la cámara inferior derecha.....	24
3.4. Cálculo de variables para la cámara inferior izquierda .....	25
4. Estudio de perfiles de las normas .....	26
5. Bibliografía .....	29



# 1. Determinación de la zona de visualización de las cámaras

Para determinar la zona de visualización se parte del plano de sistema antiguo de medición mostrado en la Figura 1.

En el plano se puede ver como los ejes de los 4 láseres coinciden en un punto situado 85 mm por encima del plano sobre el que se desplazan los carriles (coordenada vertical) y centrado en el eje de todo el soporte mecánico (coordenada horizontal).

En el plano también se puede observar que los ejes ópticos de las 4 cámaras (representados en color azul en la Figura 1) también coinciden en un mismo punto del plano definido por los 4 láseres. Este punto está situado 138 mm por encima del plano de desplazamiento del carril.

El diseño del nuevo medidor se basará en esta geometría sin modificación alguna.

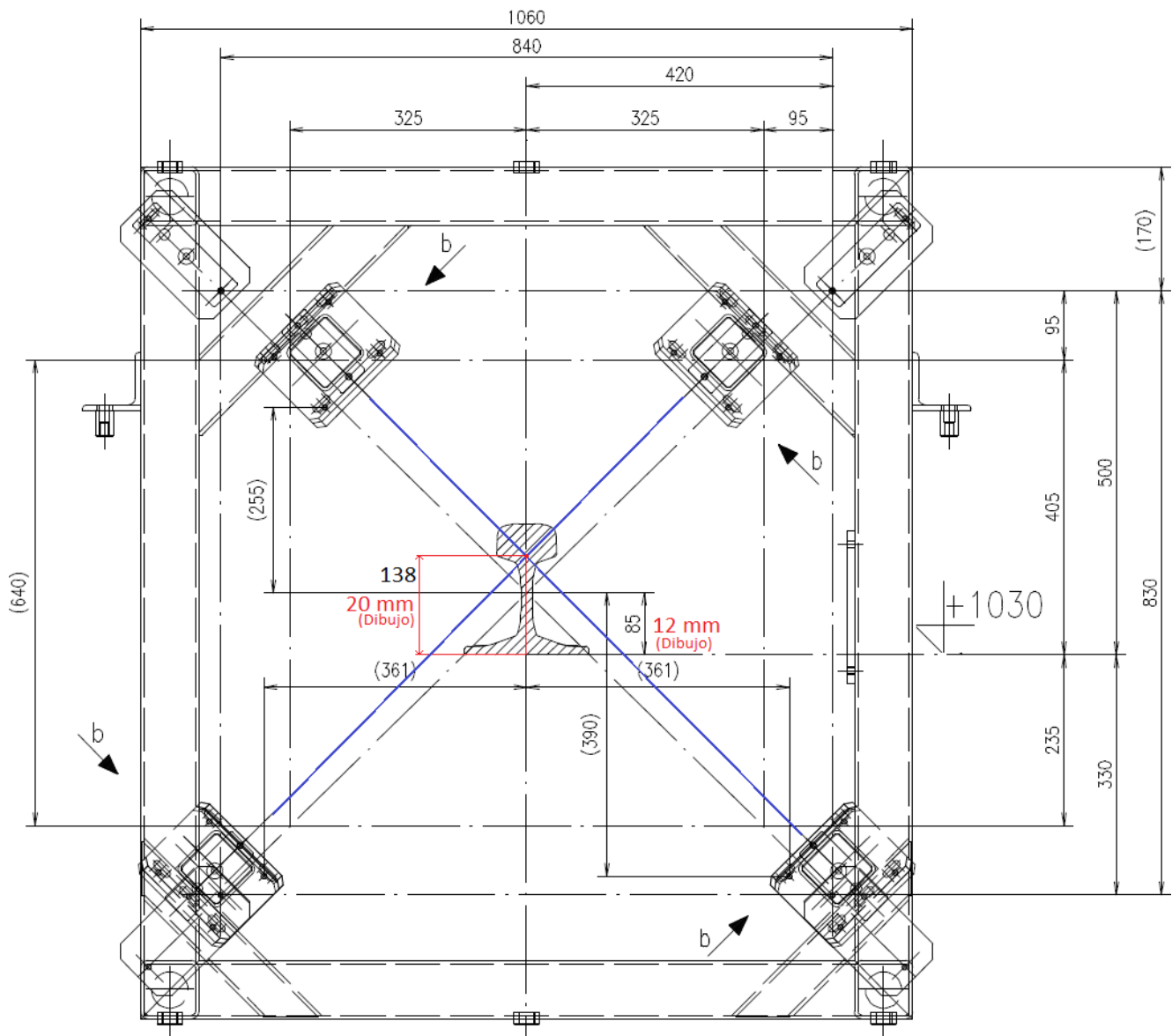


Figura 1: Plano físico

Para determinar la sección del carril que deben "ver" las cámaras se utiliza el siguiente procedimiento con el dibujo de cada perfil usando el programa AutoCad.

Se trazan dos rectas (azules a trazos) que pasan por el punto donde coinciden los ejes ópticos de las cámaras a  $45^\circ$  cada una con el eje horizontal, pues las cámaras están inclinadas  $45^\circ$  respecto al eje horizontal.

Se trazan dos líneas paralelas rojas a cada una de estas dos rectas azules que sean tangentes al perfil, tal como se puede observar en la Figura 2.

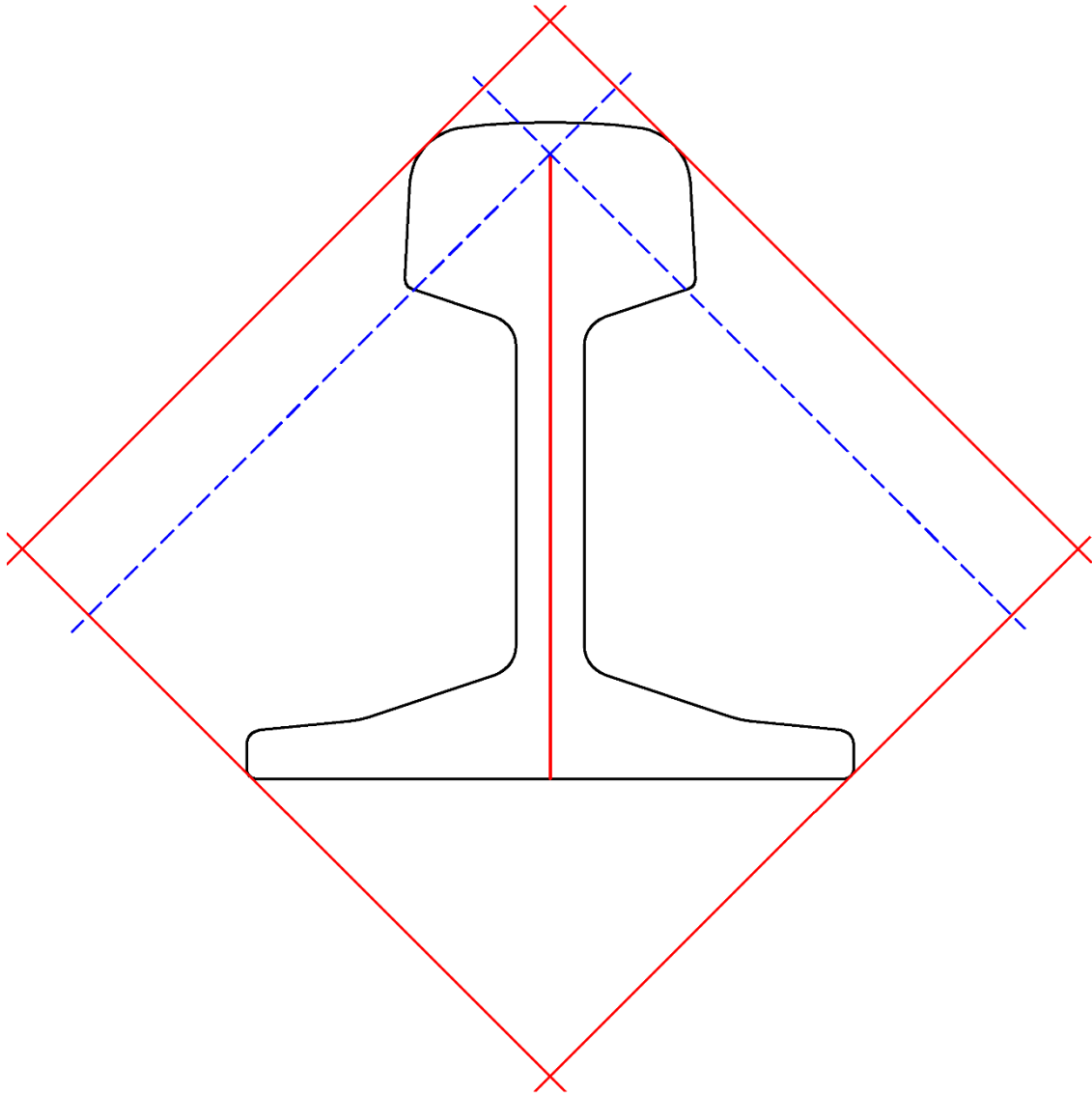


Figura 2: Paralelas tangentes al perfil

Las cuatro rectas rojas definen el rombo que circunscribe a la sección del carril. Se calcula el rombo definido en la Figura 2 para todos los perfiles de los que se tiene la descripción en formato "DXF", esto se documenta en la sección siguiente.

## 2. Estudio de los perfiles

Con el objetivo de establecer las cámaras a adquirir para la realización de este proyecto, se va a llevar a cabo un estudio de los perfiles que se han conseguido en formato de AutoCAD (“DXF” o “DWG”), estos perfiles son los siguientes:

- Norma EN-13674: 46 E2, 50 E6, 54 E4, 60 E2, 60 E1 A4, 60 E1 T2, S 49.
- Norma UIC: UIC 54, UIC 60.
- Norma AREMA: 115 RE, 136 RE, TR 45.
- Norma GOST: R 65.
- Norma Australiana: A 60, A 69, A73.
- Norma Británica: BS 80, BS 90, BS 100.

Los carriles estudiados se muestran en las Figura 3 a la Figura 22.

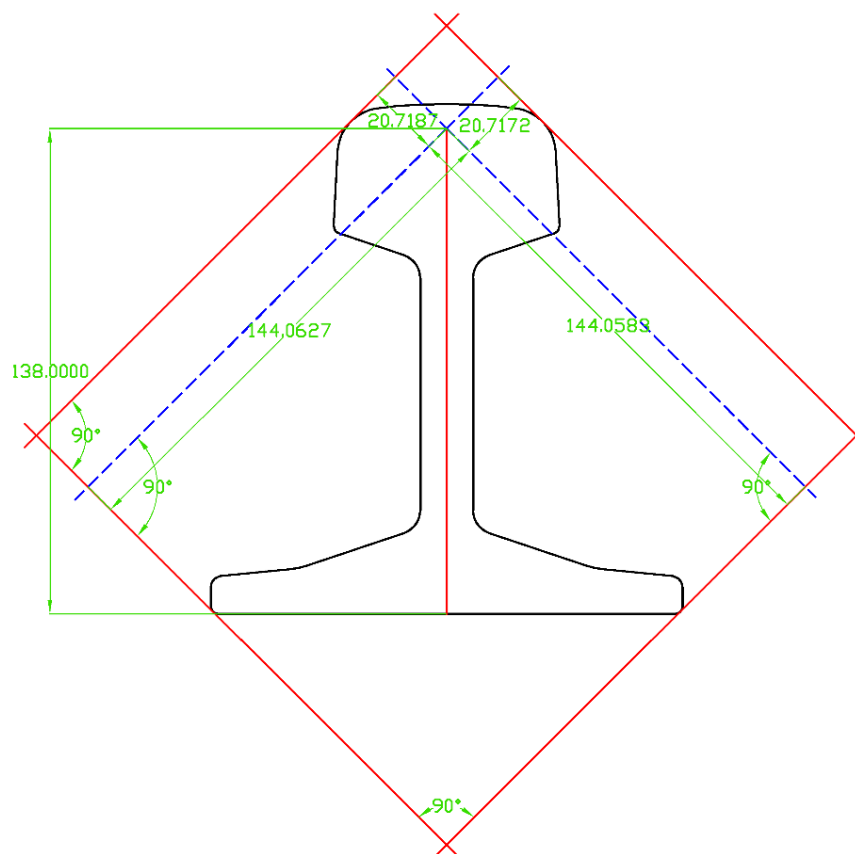


Figura 3: Modelo 46 E2

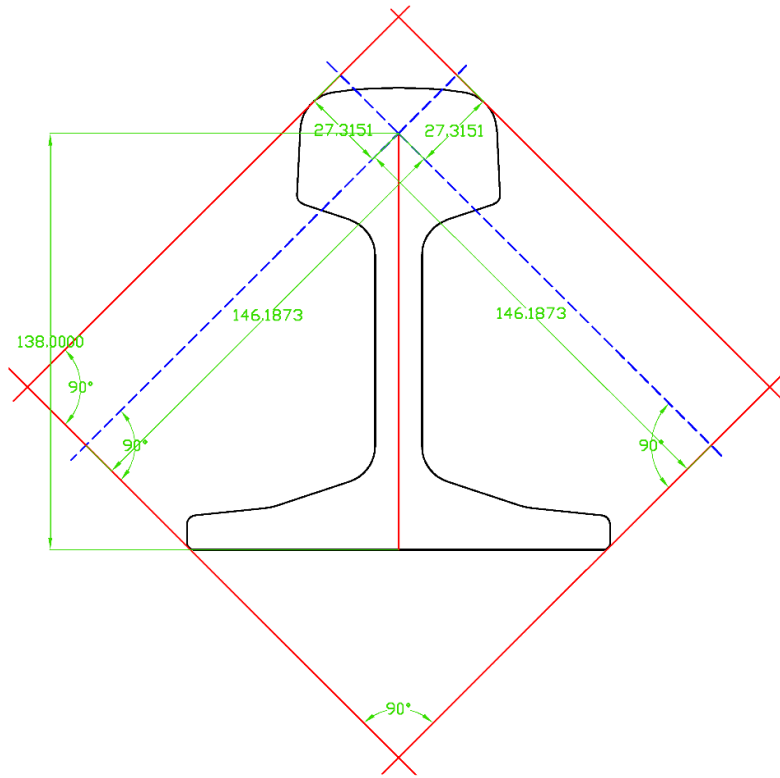


Figura 4: Modelo 50 E6

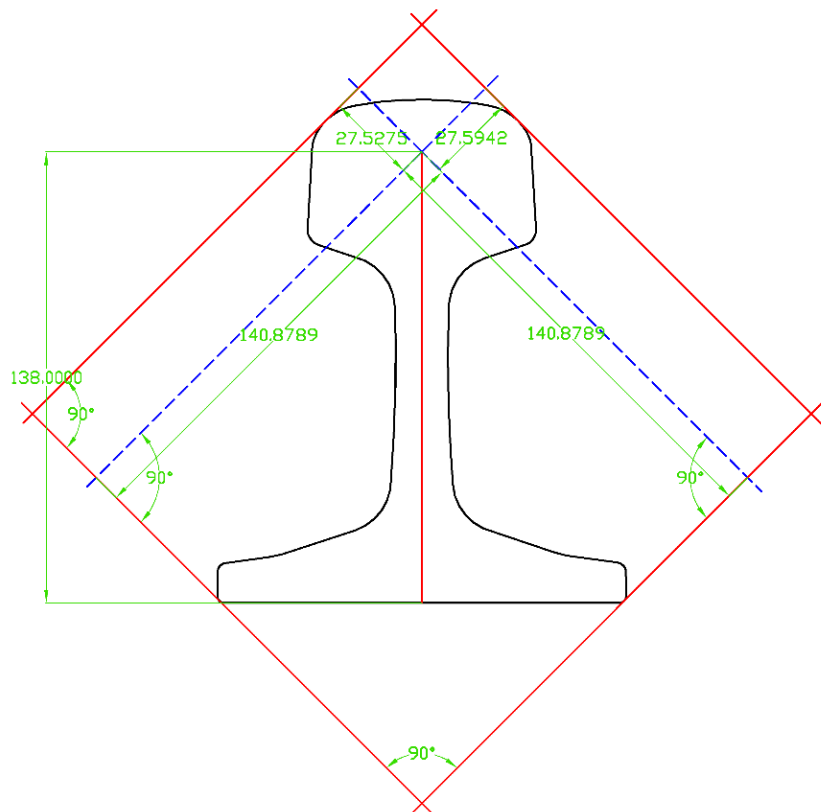


Figura 5: 54 E4



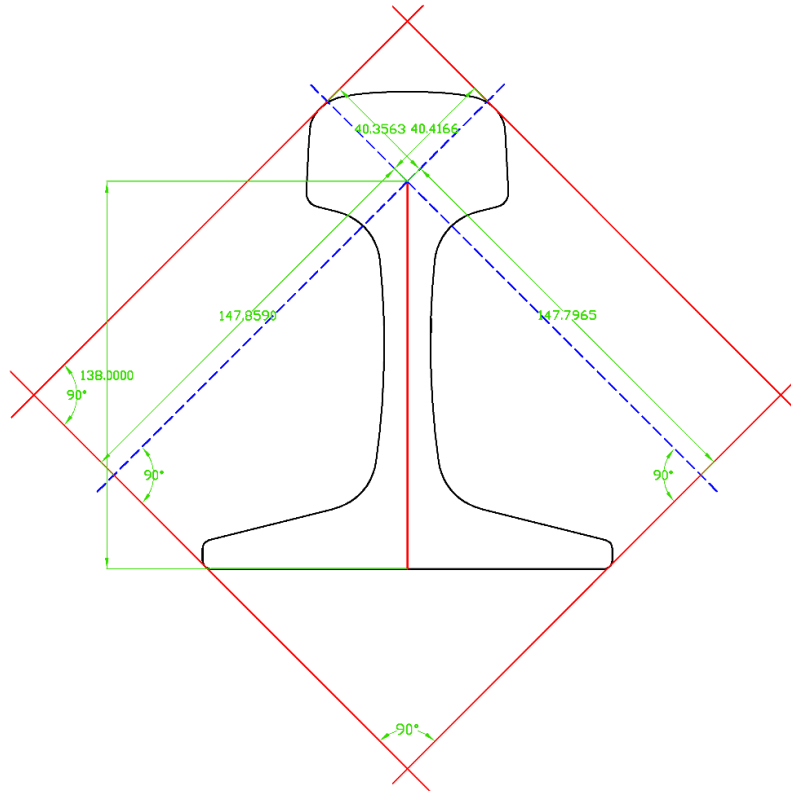


Figura 6: AS-60

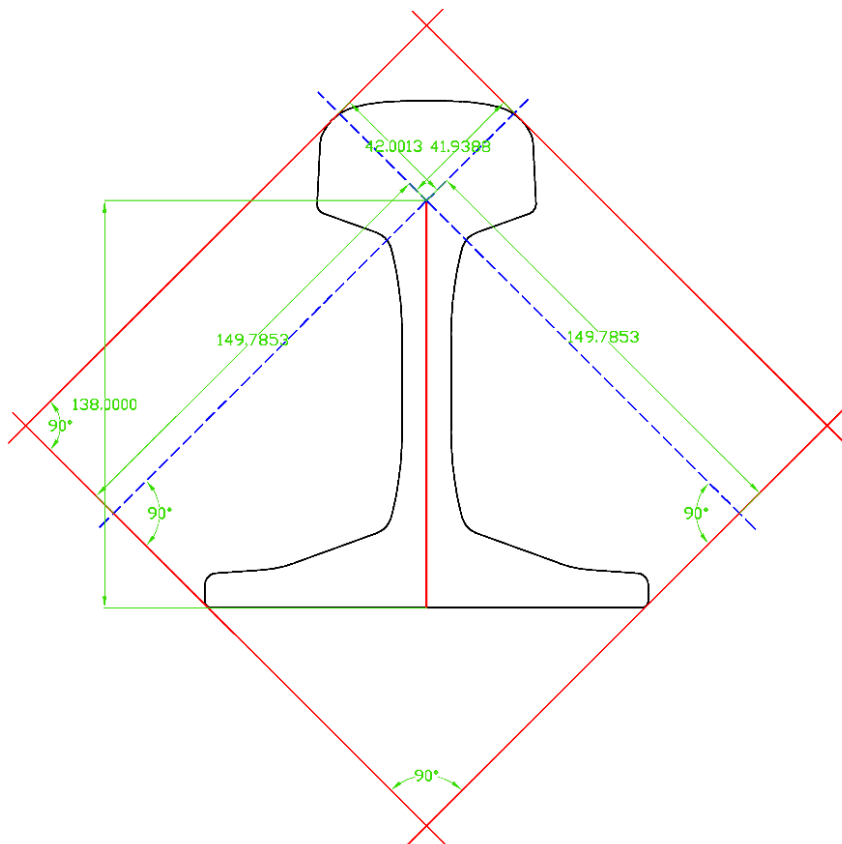


Figura 7: 60 E2

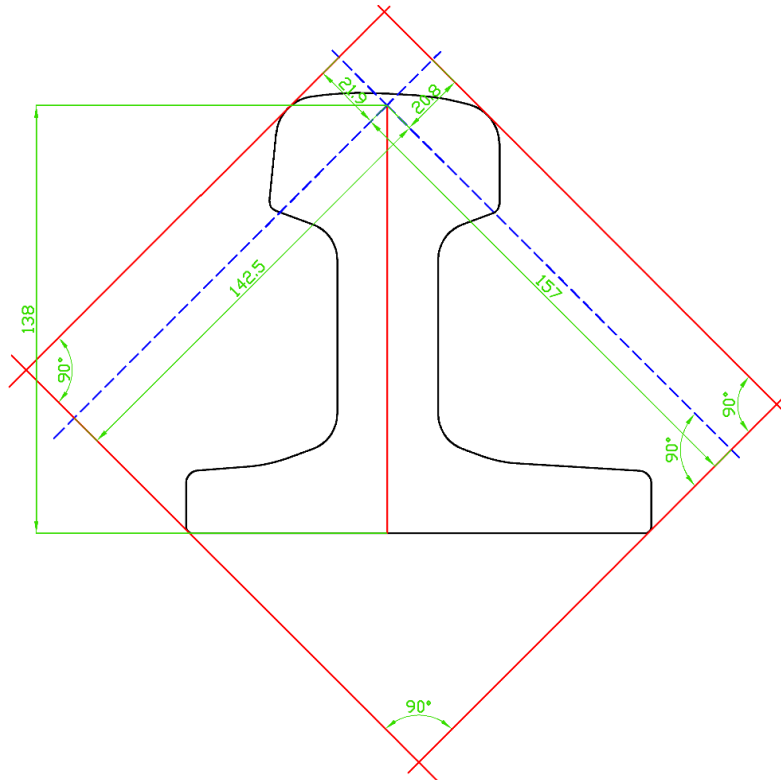


Figura 8: 60 E1 A4

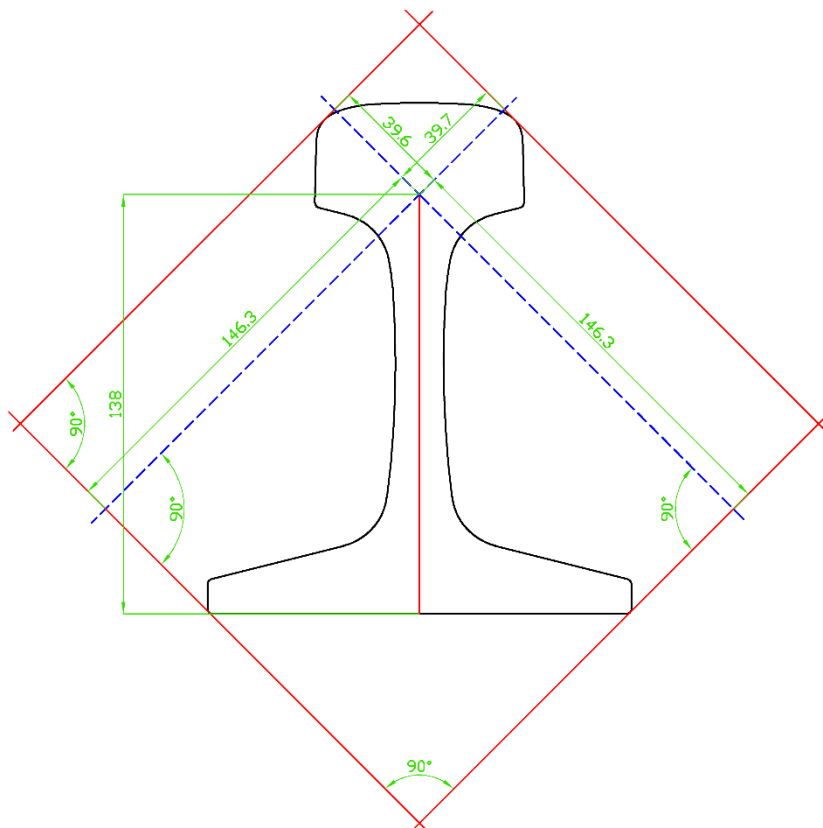


Figura 9: 115 RE

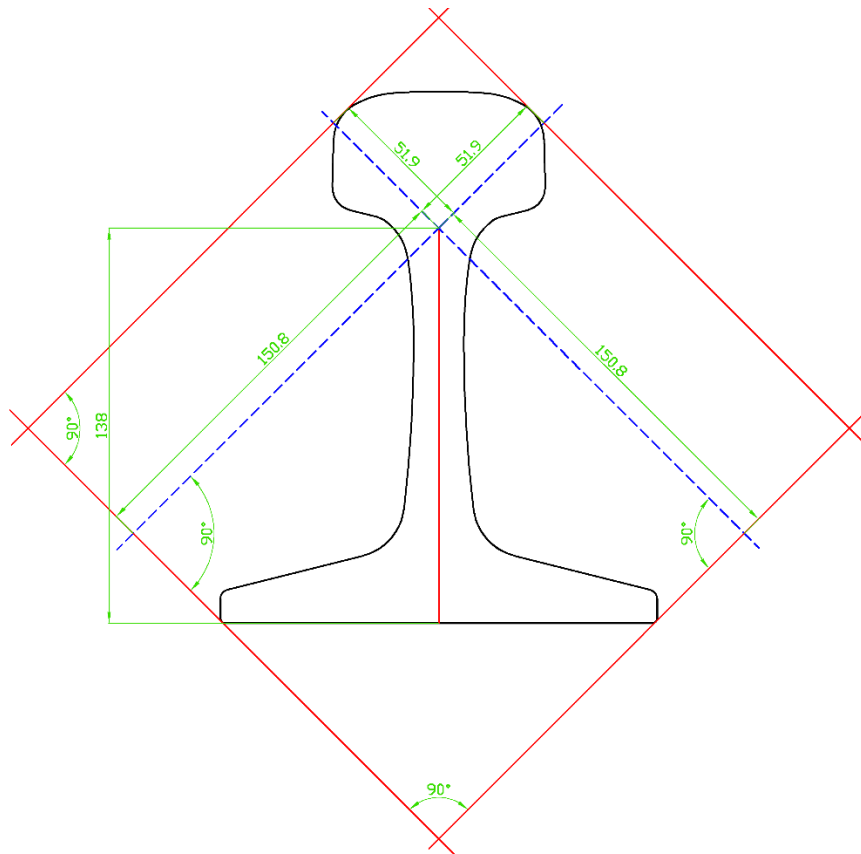


Figura 10: 136 RE

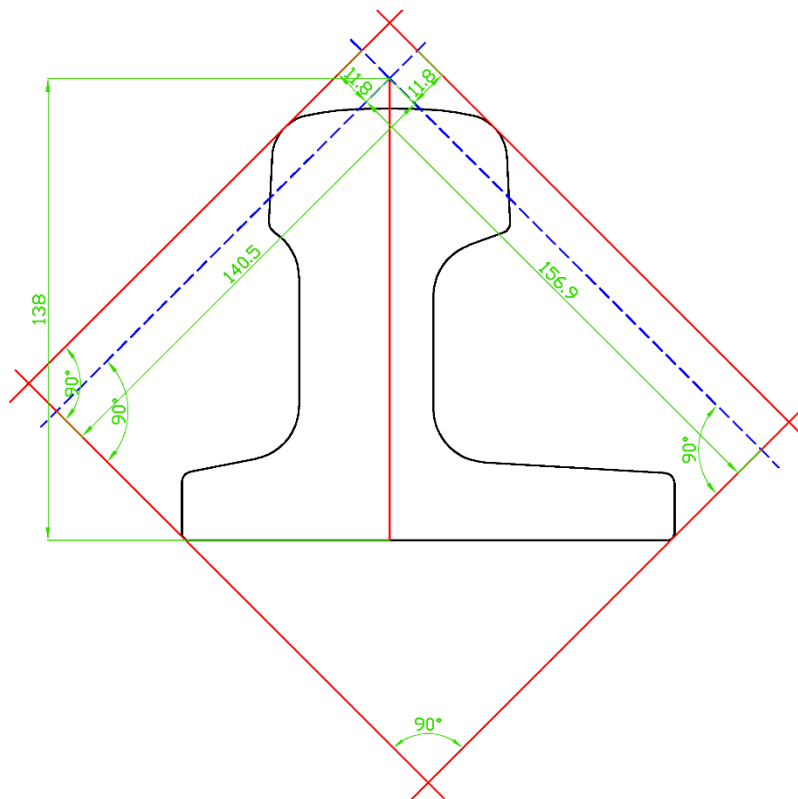


Figura 11: A69

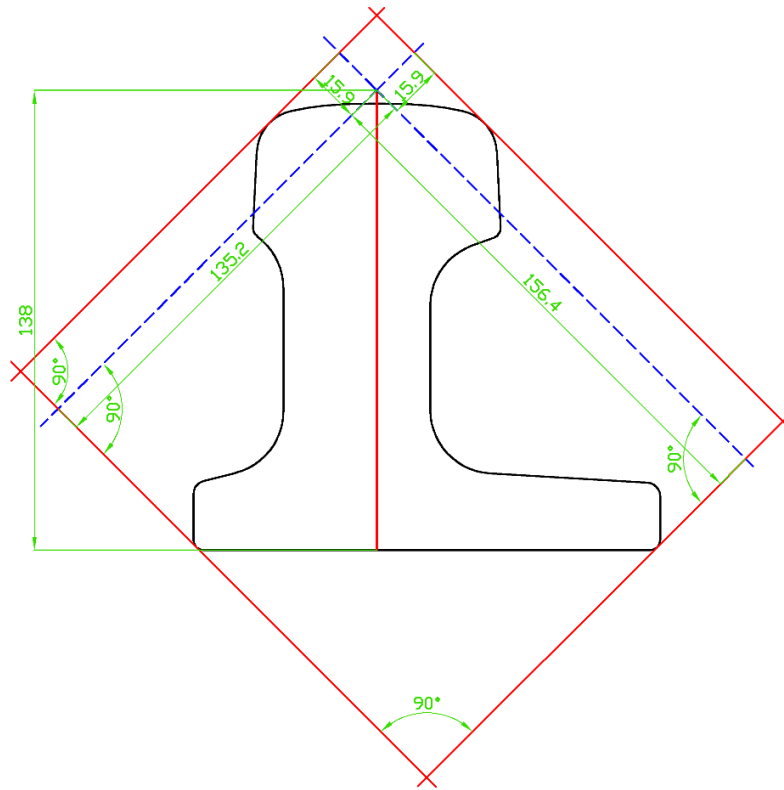


Figura 12: A 73

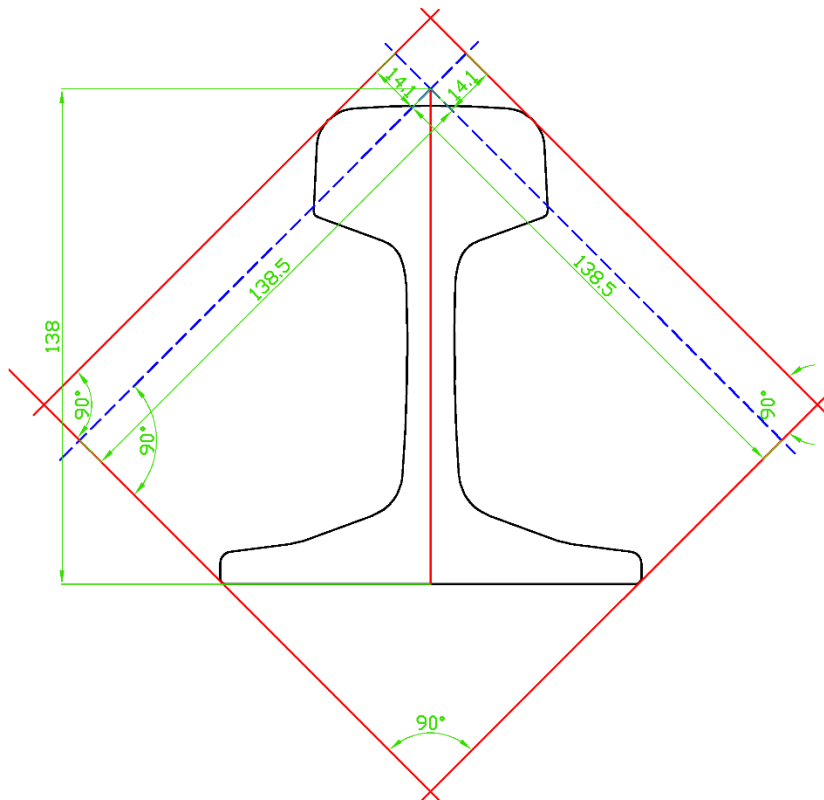


Figura 13: BS 80

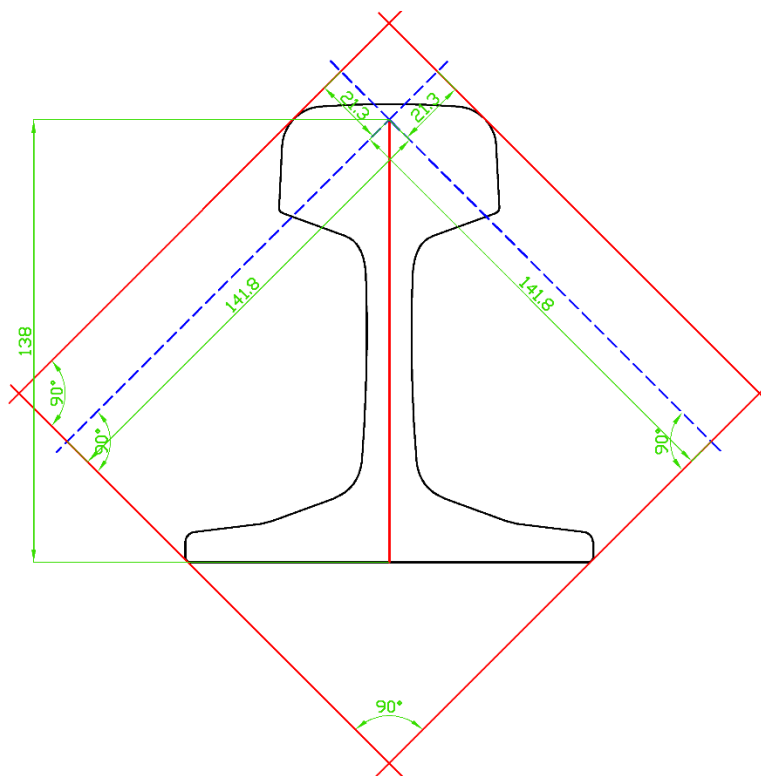


Figura 14: BS90

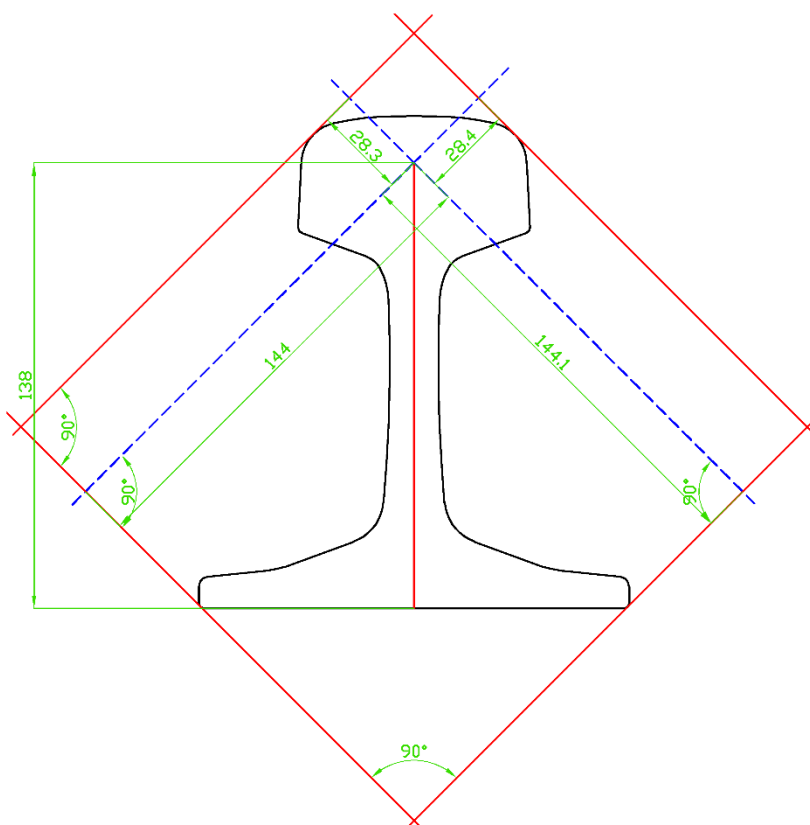


Figura 15: BS 100

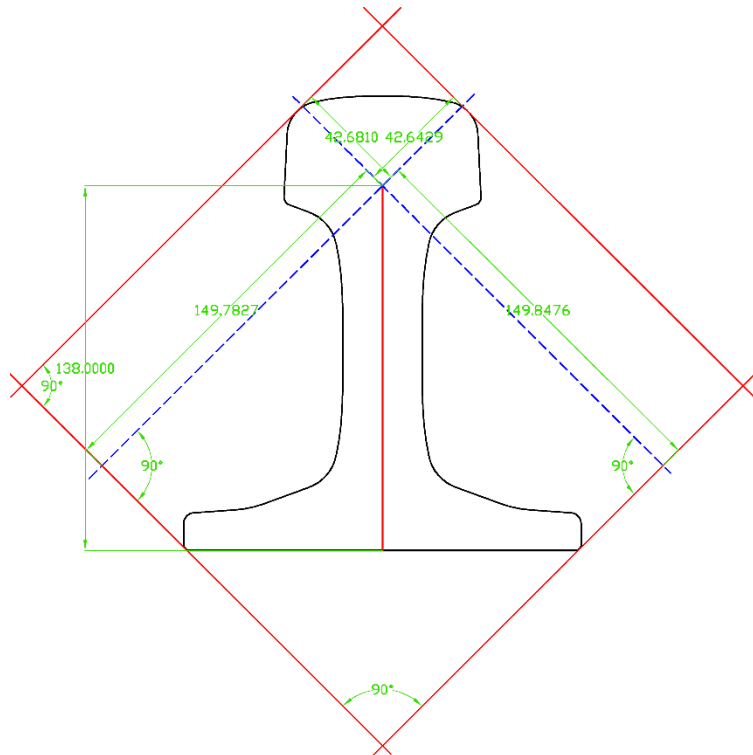


Figura 16: 60 E1 T12

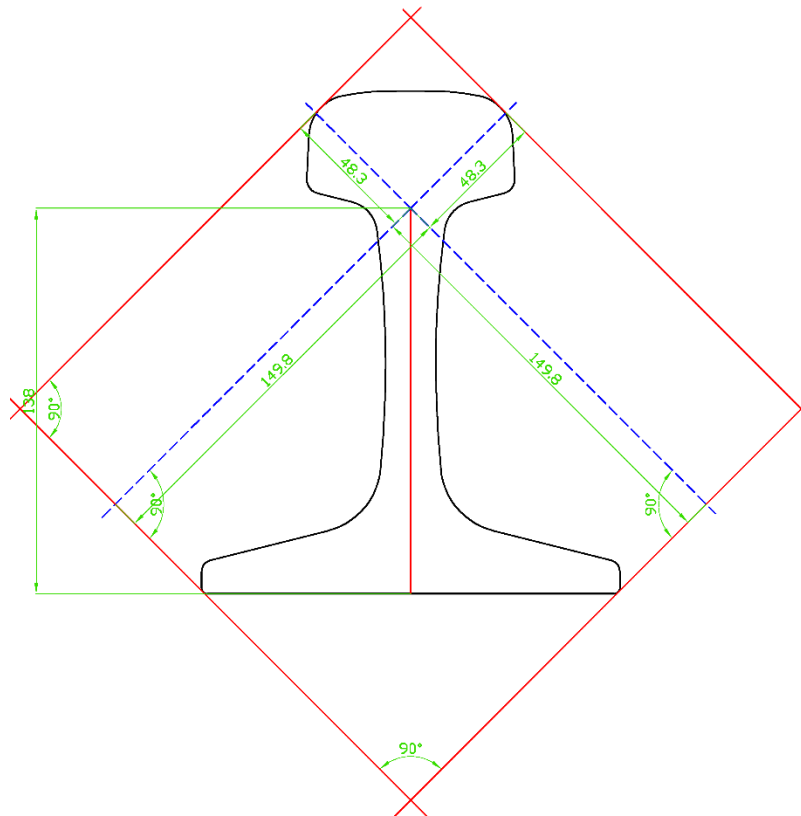


Figura 17: R65 GOST

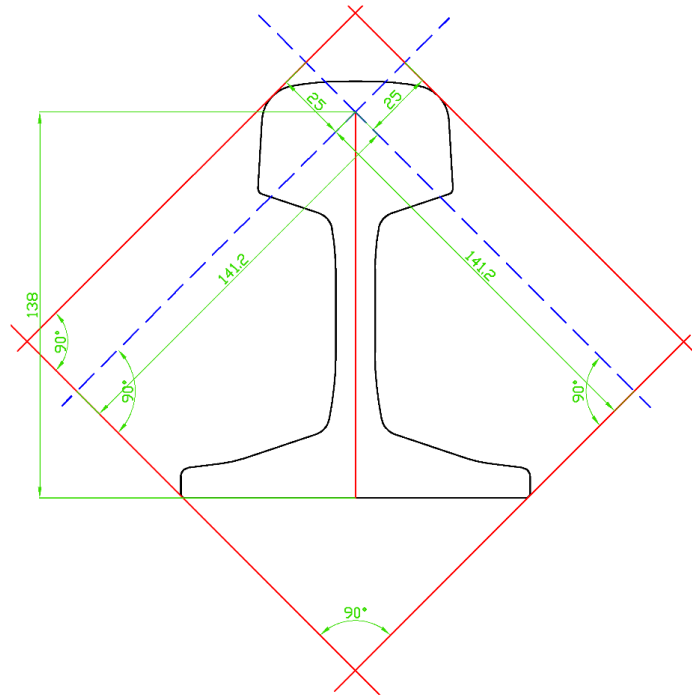


Figura 18: S49

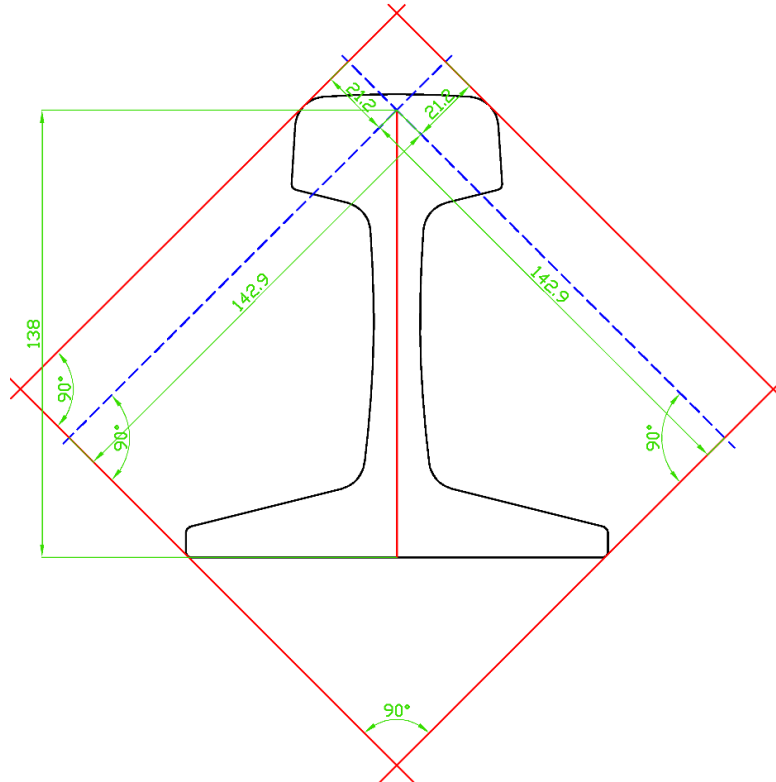


Figura 19: TR 45

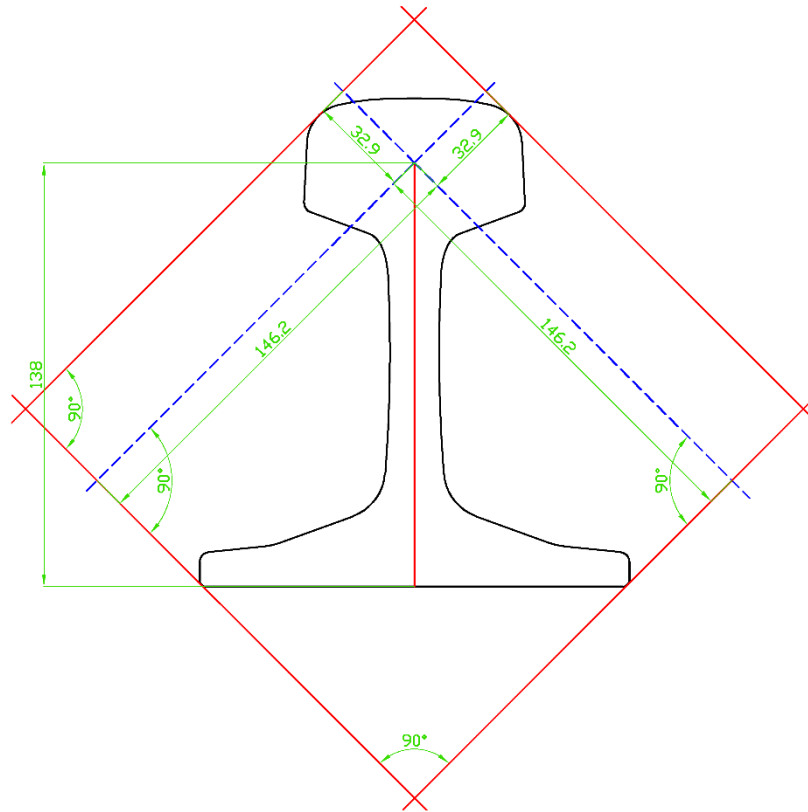


Figura 20: UIC 54

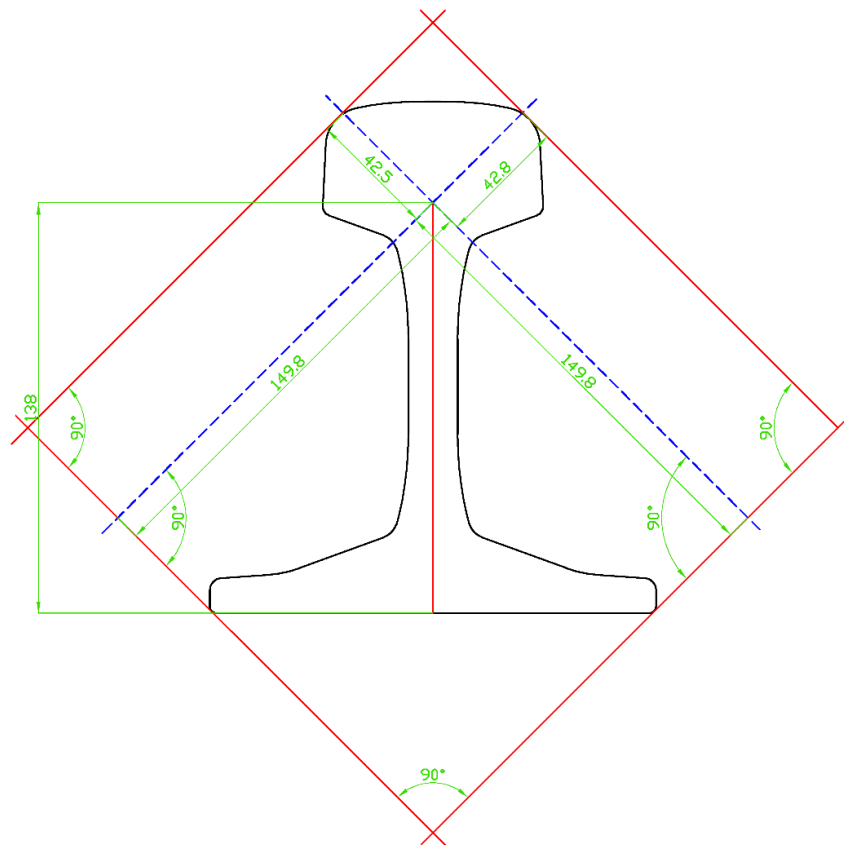


Figura 21: UIC 60





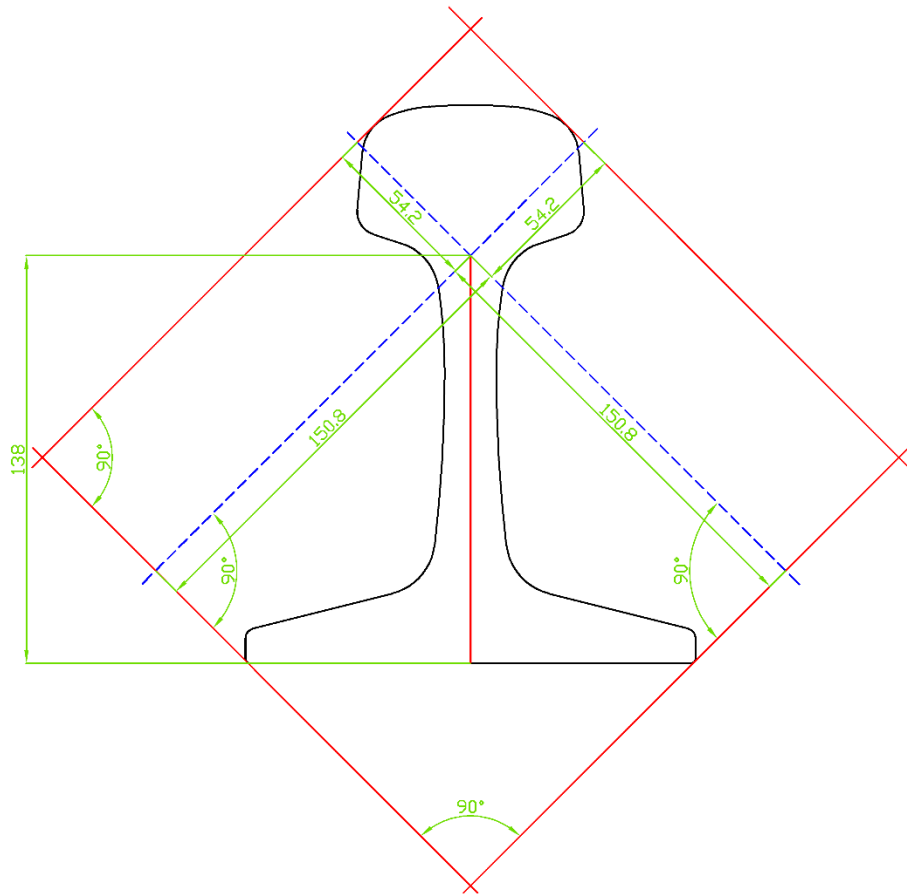


Figura 22: Rail 141

### 3. Cálculo de variables para elección de la óptica

De las figuras antes mostradas se han extraído una serie de datos, con la finalidad de calcular la zona que las cámaras deben ver, para estos las variables calculadas se corresponden al esquema de la Figura 23.

Se van a calcular, a partir de un punto que está a 138 mm en el eje de simetría (valor calculado a partir de los planos conocidos del sistema antiguo, tal como se explica en “*Determinación de la zona de visualización de las cámaras*”), por el cual se ha hecho pasar un aspa la cual está orientada a 45° con respecto al eje horizontal, en la Figura 23 se ha marcado este aspa de color azul y línea discontinua.

A partir de esa aspa se han trazado dos paralelas a cada línea (en la figura se muestran como líneas rojas) y se han hecho que estas sean tangentes al perfil tal como se puede observar en la Figura 23.

Por último se ha calculado la distancia del punto situado a 138 mm del eje de simetría hasta cada punto de tangencia entre el perfil y las líneas paralelas (líneas rojas)

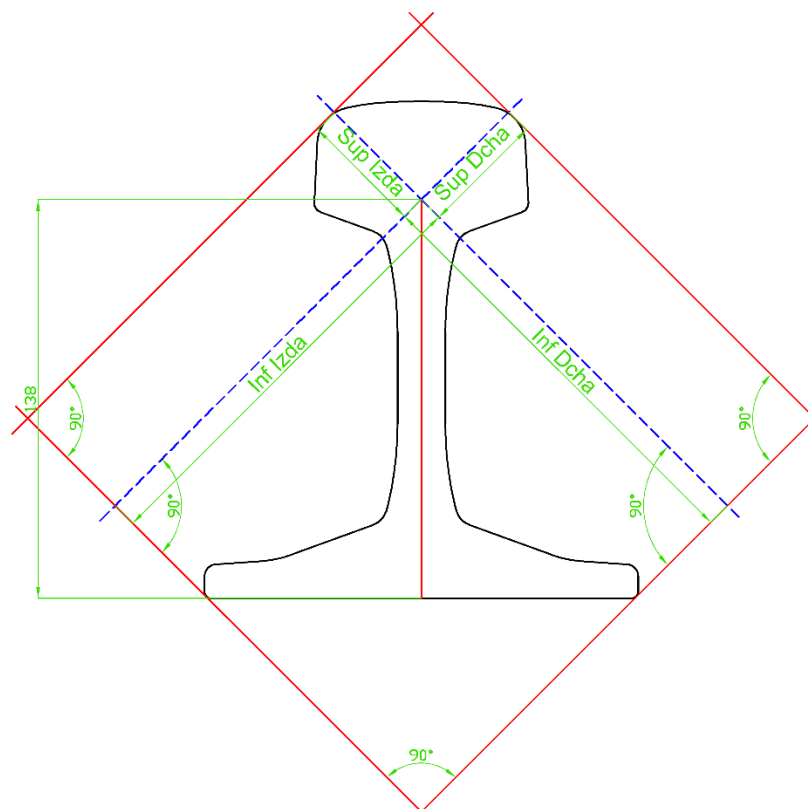


Figura 23: Esquema de variables

Se han obtenido por lo tanto para cada perfil de los que se tienen su descripción en un fichero de formato “DXF” de AutoCAD, las cuatro variables que se muestran en la figura anterior (Figura 23), es decir “SupIzda”, “SupDcha”, “InfIzda”, “InfDcha”.

Las variables que se van a calcular, es decir, las de la Figura 23, se obtendrán con el fin de calcular la apertura necesaria de los objetivos de las cámaras y demás variables de las mismas, en la Figura 24.

Estas cámaras se enfocarán al punto donde se cortan las aspas de color azul y línea discontinua de la Figura 24, este punto estará a una distancia de 138 mm en el eje de simetría del perfil, tal como se explicó para la Figura 23.

Por lo tanto cada cámara deberá “ver” la arista de color rojo que tiene más próxima, que es exactamente las variables que se desea calcular.

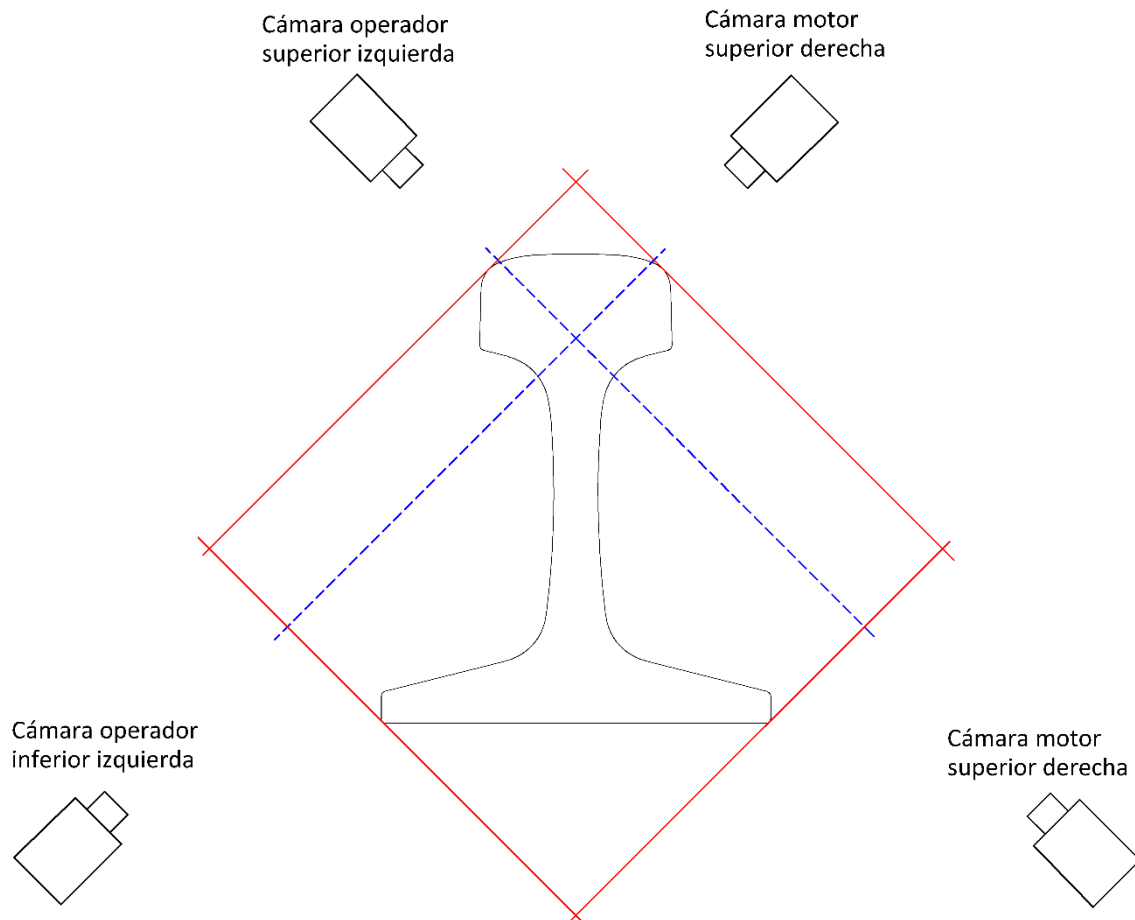


Figura 24: Esquema de cámaras

En la siguiente tabla se muestran para todos los perfiles de los raíles las cuatro variables indicadas en la Figura 23.

Nombre	Sup Izda	Sup Dcha	Inf Izda	Inf Dcha
46 E2	20,72	20,72	144,06	144,06
50 E6	27,32	27,32	146,19	146,19
54 E4	27,52	27,59	140,88	140,88
60 AUSTRALIA	40,36	40,42	147,86	147,8
60 E2	42	41,93	149,79	149,79
60 E1 A4	21,9	20,8	142,5	157
115	39,6	39,7	146,3	146,3
136	51,9	51,9	150,8	150,8
A 69	11,8	11,8	140,5	156,9
A 73	15,9	15,9	135,2	156,4
BS 80	14,1	14,1	138,5	138,5
BS 90	21,3	21,3	141,8	141,8
BS 100	28,3	28,4	144	144,1
60 E1 T2	42,68	42,64	149,78	149,84
R 65 GOST	48,3	48,3	149,8	149,8
S 49	25	25	141,2	141,2
TR 45	21,2	21,2	142,9	142,9
UIC 54	32,9	32,9	146,2	146,2
UIC 60	42,5	42,8	149,8	149,8
<b>MAXIMOS:</b>	<b>51,9</b>	<b>51,9</b>	<b>150,8</b>	<b>157</b>

Tabla 1: Variables de raíles para obtención de la óptica

Estos valores obtenidos se utilizarán para, como se ha comentado anteriormente, calcular la zona de visión de las cámaras y así poder elegir de forma correcta la óptica a utilizar.

### 3.1. Cálculo de variables para la cámara superior derecha

La cámara superior derecha deberá visualizar la zona que se puede observar en la figura 24.

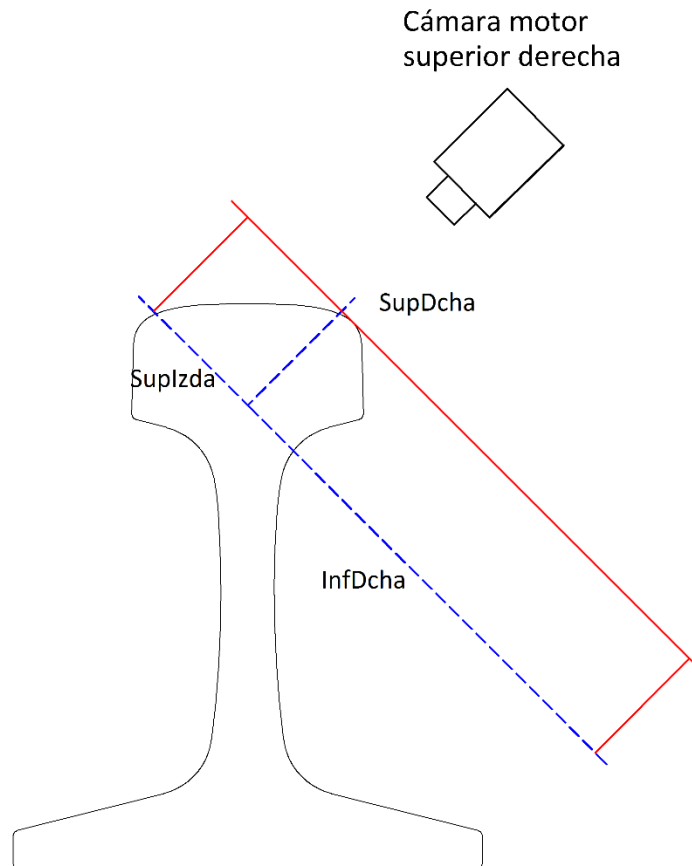


Figura 25: Zona de visualización de la cámara superior derecha

El máximo valor para la variable “SupDcha”, la cual se puede observar en la tabla 1, es de 51.9 mm, por lo tanto, la cámara deberá visualizar el doble del valor de esa variable más un porcentaje de seguridad, que será de un 20%, por lo tanto:

$$51.9 \times 2 \times 1.2 = 124.56 \text{ mm}$$

Debemos calcular el valor máximo de las variables “SupIzda” y “InfDcha”, para calcular el otro lado del rectángulo que la cámara debe visualizar, para ello, los valores máximos de las variables antes comentadas son, respectivamente, 51.9 mm y 157.0 mm, por lo que nos quedamos con el valor mayor, en este caso con InfDcha, es decir con, 157.0 mm y aplicamos el mismo procedimiento que antes:

$$157.0 \times 2 \times 1.2 = 376.8 \text{ mm}$$

El área de visión de la cámara superior derecha será de 124.56 mm x 376.8 mm

### 3.2. Cálculo de variables para la cámara superior izquierda

La cámara superior izquierda deberá visualizar la zona que se puede observar en la figura 25.

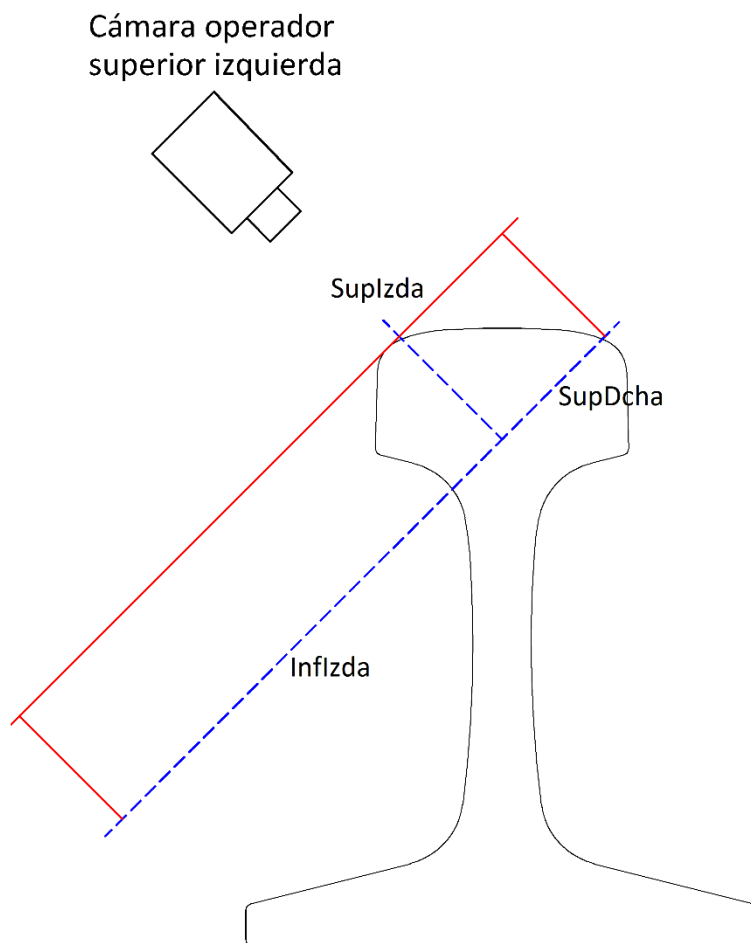


Figura 26: Zona de visualización de la cámara superior izquierda

El máximo valor para la variable “Suplzda”, la cual se puede observar en la tabla 1, es de 51.9 mm, por lo tanto, la cámara deberá visualizar el doble del valor de esa variable más un porcentaje de seguridad, que será de un 20%, por lo tanto:

$$51.9 \times 2 \times 1.2 = 124.56 \text{ mm}$$

Debemos calcular el valor máximo de las variables “SupDcha” y “Inflzda”, para calcular el otro lado del rectángulo que la cámara debe visualizar, para ello, los valores máximos de las variables antes comentadas son, respectivamente, 51.9 mm y 150.8 mm, por lo que nos quedamos con el valor mayor, en este caso con InfDcha, es decir con, 150.8 mm y aplicamos el mismo procedimiento que antes:

$$150.8 \times 2 \times 1.2 = 361.92 \text{ mm}$$

Estas medidas para esta cámara son menores que para la anterior, por lo tanto **se ha de elegir** las dimensiones de la **cámara superior izquierda**

### 3.3. Cálculo de variables para la cámara inferior derecha

La cámara inferior derecha deberá visualizar la zona que se puede observar en la figura 26.

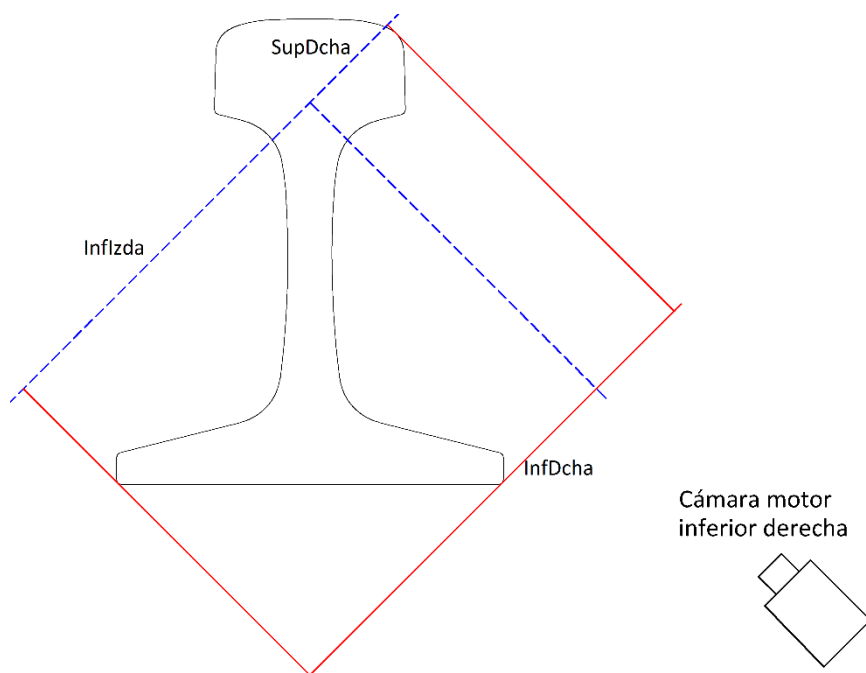


Figura 27: Zona de visualización de la cámara inferior derecha

El máximo valor para la variable “InfDcha”, la cual se puede observar en la tabla 1, es de 157 mm, por lo tanto, la cámara deberá visualizar el doble del valor de esa variable más un porcentaje de seguridad, que será de un 20%, por lo tanto:

$$157 \times 2 \times 1.2 = 376.8 \text{ mm}$$

Debemos calcular el valor máximo de las variables “SupDcha” y “InfIzda”, para calcular el otro lado del rectángulo que la cámara debe visualizar, para ello, los valores máximos de las variables antes comentadas son, respectivamente, 51.9 mm y 150.8 mm, por lo que nos quedamos con el valor mayor, en este caso con InfDcha, es decir con, 150.8 mm y aplicamos el mismo procedimiento que antes:

$$150.8 \times 2 \times 1.2 = 361.92 \text{ mm}$$

El área de visión de la cámara superior derecha será de **376.8 mm x 361.92 mm**



### 3.4. Cálculo de variables para la cámara inferior izquierda

La cámara inferior izquierda deberá visualizar la zona que se puede observar en la figura 27.

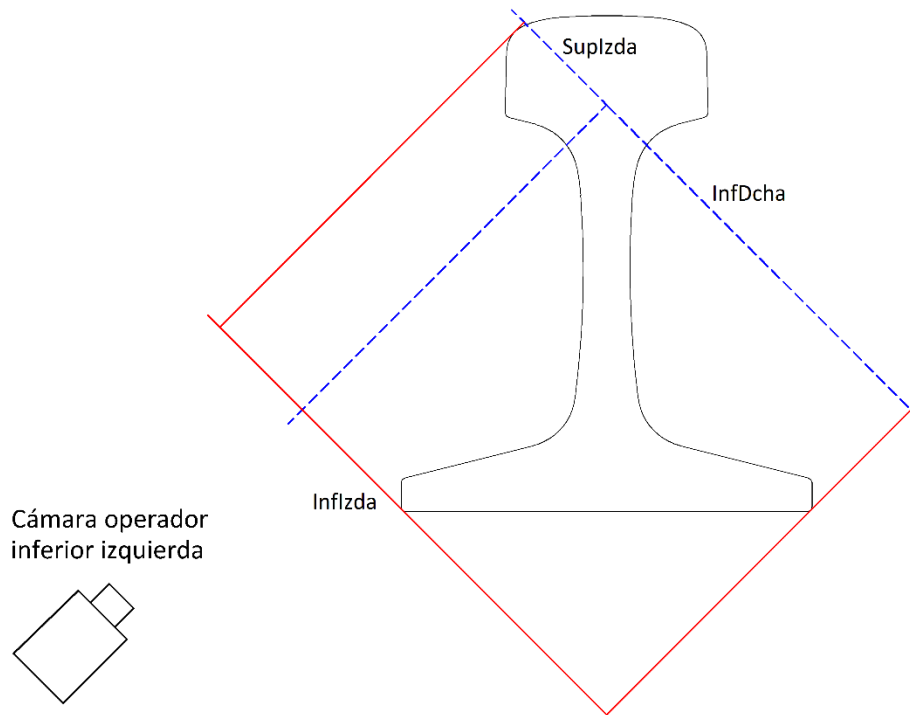


Figura 28: Zona de visualización de la cámara inferior izquierda

El máximo valor para la variable “Inflzda”, la cual se puede observar en la tabla 1, es de 150.8 mm, por lo tanto, la cámara deberá visualizar el doble del valor de esa variable más un porcentaje de seguridad, que será de un 20%, por lo tanto:

$$150.8 \times 2 \times 1.2 = 361.92 \text{ mm}$$

Debemos calcular el valor máximo de las variables “Suplzda” y “InfDcha”, para calcular el otro lado del rectángulo que la cámara debe visualizar, para ello, los valores máximos de las variables antes comentadas son, respectivamente, 51.9 mm y 157 mm, por lo que nos quedamos con el valor mayor, en este caso con InfDcha, es decir con, 157 mm y aplicamos el mismo procedimiento que antes:

$$157 \times 2 \times 1.2 = 376.8 \text{ mm}$$

El área de visión de la cámara superior derecha será de **376.8 mm x 361.92 mm**

Para mantener el mismo diseño para las **cámaras inferiores** se elegirá una que capte un cuadrado de **376.8 mm x 376.8 mm**.

Todas las **cámaras en horizontal** tienen que visualizar una distancia de 376.8 mm es decir, unos **40 cms** aproximadamente.

## 4. Estudio de perfiles de las normas

Ahora se va a realizar una lista con todos los perfiles que contienen las normas que se tienen actualmente para la realización de este proyecto, estas normas son:

- EN-13674
- AREMA Rails
- Algunas especificaciones de raíles de las normas:
  - DIN 536
  - AS 1085
  - GOST R 51685

Además de estas normas se comparan perfiles extraídos de la página web de “ArcelorMittal”.

Se van a comparar todos los raíles buscando entre ellos el que tenga mayor valor de altura o de anchura, esto se puede ver reflejado en la tabla 2.

Norma	Nombre	Alto	Ancho
DIN 536	A 150	150	220
DIN 537	A 100	95	200
DIN 538	A 120	105	220
UNE 25122	RN 45	142	130
EN-13674	39 E1	133,35	117,47
EN-13674	45 E1	142,88	127
EN-13674	46 E1	145	125
EN-13674	46 E2	145	134
EN-13674	46 E3	142	120
EN-13674	46 E4	145	135
EN-13674	49 E1	149	125
EN-13674	49 E2	148	125
EN-13674	49 E5	149	125
EN-13674	50 E6	153	140
EN-13674	54 E1	159	140
EN-13674	54 E4	154	125
EN-13674	54 E2	161	125
EN-13674	54 E3	154	125
EN-13674	60 E1	172	150
EN-13674	60 E2	172	150
EN-13674	54 E1 A1	129	147
EN-13674	60 E1 A1	134	140
EN-13674	60 E1 A4	142	150
EN-13674	60 E1 T2	172	150
EN-13674	50 E1	153	134
EN-13674	50 E2	151	140
EN-13674	50 E3	155	133

EN-13674	50 E4	152	125
EN-13674	50 E5	148	135
EN-13674	52 E1	150	150
EN-13674	54 E2	161	125
EN-13674	54 E3	154	125
EN-13674	54 E5	159	140
EN-13674	55 E1	155	134
EN-13674	56 E1	158,75	140
AREMA	100 RE	152,4	136,5
AREMA	115 RE	168,3	139,7
AREMA	119 RE	173	139,7
AREMA	132 RE	181	152,4
AREMA	133 RE	179,4	152,4
AREMA	136 RE	185,7	152,4
AREMA	140 RE	185,8	152,4
AREMA	141 RE	188,9	152,4
AREMA	100ARA-B	143,3	130,6
AS 1085	D1	185,7	152,4
AS 1085	D2	170	146
GOST	P51685	180	150
GOST	P51685	152	132
BS 11	80A	133,35	117,47
BS 11	90 A	142,8	127
BS 11	100 A	152,4	133,3
CHINA	CHINA 50	152	132
CHINA	CHINA 60	176	150
ASCE	85	131,8	130,2
IRS-T-12:1998	IRS 52	156	136
	<b>Máximo:</b>	<b>188,9</b>	<b>220</b>

Tabla 2: Comparación de altura y anchura de railes

En la tabla 2, se han resaltado los perfiles de cada norma que tienen los valores de alto y ancho más grandes de las mismas, y resaltado en rojo se encuentra el valor de alto y ancho más grande de todos los perfiles de todas las normas analizadas.

Estos perfiles que tienen medidas en rojo, es decir, una de sus medidas de ancho o largo es la mayor de toda la tabla, serán los perfiles más desfavorables que se pueden llegar a medir en el sistema, estos perfiles son los siguientes:

- DIN 536 → A150 → Mayor anchura (220 mm).
- DIN 536 → A120 → Mayor anchura (220 mm).
- AREMA Rails → 141 RE → Mayor altura (188.9 mm).

Al ser estos perfiles anteriores los mayores en anchura o en altura, serían también los perfiles más desfavorables que se pueden llegar a medir en el sistema, por lo tanto deben ser tratados de forma independiente.

## 5. Bibliografía

[AENOR, Marzo 2012] “UNE-EN 13674-1”, norma de estandarización europea donde se describe como se han de llevar a cabo las aplicaciones ferroviarias

[AREMA, 2011] “Rail”, norma de estandarización americana donde se describe la ingeniería y mantenimiento de las aplicaciones ferroviarias.

[ArcelorMittal] “Types of train rail”, página web donde se encuentra una serie de tabla con todos los raíles, sus medidas y sus Normas.

Accesible:

<http://www.arcelormittal.com/rails+specialsections/en/types-of-train-rails.html>