



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **DISEÑO Y REALIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO PARA EL "TORO EMBOLADO"**

AUTOR: Rubén Palazón González

TUTOR: Rafael Royo Pastor

Selección NOMBRE DEL COTUTOR

**Curso Académico: 2018-19**



## Agradecimientos

Esta página está especialmente dedicada a todas aquellas personas que han contribuido a mi motivación por trabajar en este proyecto tan interesante que he desarrollado, a aquellas personas que han logrado que me sienta tan orgulloso de haber acabado esta carrera, y a su vez, de haber llegado tan lejos.

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor, *Rafael Royo Pastor*, por haberme permitido formar parte de esta idea tan brillante que le surgió. Por hacerme cómplice de este proyecto y haberme guiado de la mejor manera posible en cada paso que daba en él. Gracias por la paciencia y por los consejos ofrecidos hasta el último momento, puedo afirmar que he aprendido mucho contigo y que me siento orgulloso de haber contado con tu colaboración en este mi primer proyecto.

En segundo lugar, quiero agradecer a la gente tan maravillosa que he conocido durante la carrera, tanto al principio como al final. Gracias a ellos, con quienes he compartido ratos de biblioteca -que no son pocos- pero también mucha diversión.

Agradecer también a mis amigos de la infancia, aquellos con los que he crecido y que, a día de hoy, aún son un motor fundamental en mi vida. Gracias por haber confiado en mí hasta el final y haberme hecho sentir tan afortunado de teneros.

Quiero agradecer, especialmente, a aquellos que han contribuido de la mejor manera posible a darle forma a mi proyecto. A ti, *José Broseta*, por haber acogido tan bien mi propuesta y haberme proporcionado los recursos que tanto necesitaba para llevar a cabo uno de los objetivos principales del TFG.

A ti, *Claudia Cerdán*, compañera del grado en Ingeniería química, por haberme ofrecido tu tiempo y tu colaboración en una fase tan importante del proyecto.

Estoy inmensamente agradecido, sobre todo, con mi tutora de prácticas de empresa. Gracias, *Eva María del Campo Chiner*, por tu cariño y tu comprensión en tantos momentos. No ha sido tarea fácil compaginar las prácticas de empresa y el proyecto, pero contigo ha sido mucho más llevadero. Agradecer también a mis compañeros de oficina por haber formado parte de esta experiencia tan enriquecedora.

Por último y no menos importante a mi querida familia. A mis padres y mi hermana por haber hecho que me convierta en la persona que soy, por haberme enseñado tantos valores y haber creído en mí en todo momento. A mi familia materna, por haberme demostrado que la distancia no es ningún impedimento a la hora de mostrar los sentimientos. En especial, a mi querido abuelo, que allá donde esté estoy seguro de que se sentirá orgulloso de ver hasta dónde he llegado.

Y sin duda, agradecer de corazón a dos pilares fundamentales en mi vida, mis dos abuelas. Ellas, Pilar Toledo Miñano y Rosa García Gil, que me han visto crecer y me han enseñado un valor tan importante como es la generosidad. Sois todo un referente para mí.

A todos vosotros, os estaré eternamente agradecido.



## **Resumen**

El tema que aborda este Trabajo Fin de Grado surge de la necesidad de estudiar la temperatura máxima a la que se expone el toro cuando es “embolado” durante los festejos en los municipios españoles.

Se realizó el estudio pertinente grabando unas secuencias de este festejo en varios pueblos de nuestro país, concluyendo con los siguientes resultados; la temperatura máxima en cabeza y cuello del toro, debida a las bolas de fuego, puede llegar a alcanzar cerca de 80°C. Esta temperatura tan elevada puede suponer unas condiciones inaceptables para el animal. Esto plantea un problema y nosotros como ingenieros, queremos obtener una solución.

En el transcurso de este trabajo se pretende analizar las secuencias obtenidas en diferentes pueblos para así obtener una solución a dicho problema, siendo el principal objetivo crear un sistema de protección contra el fuego que permita al toro mantener su temperatura corporal en cualquier instante y parte del cuerpo.

Se procederá a diseñar diversos prototipos con diferentes materiales, tamaños, ajustes y grosores. Finalmente, cuando hayamos creado el sistema de protección, se comprobará que efectivamente protege al toro de los daños que le pueda provocar el fuego.

## **Abstract**

The topic addressed by this Final Degree Project arises from the need to study the maximum temperature at which the bull is exposed when the balls on his head are set on fire during the festivities in the Spanish towns. The pertinent study was made recording some sequences of this celebration in several towns of our country, concluding with the following results; The maximum temperature over the head and neck of the bull, due to fireballs, is near 80°C. This high temperature does not guarantee the physical integrity of the animal. This poses a problem and we as engineers want to get a solution.

In the course of this work we intend to analyze the sequences obtained in different towns to obtain a solution to this problem, being the main objective to create a fire protection system that allows the bull to maintain its body temperature at any time and any part of the body. It will proceed to design various prototypes with different materials, sizes, adjustments and thicknesses. Finally, when we have created the protection system, it will be verified that it effectively protects the bull from the damage caused by the fire.



# ÍNDICE GENERAL

*Documentos contenidos en el Trabajo Fin de Grado:*

- I. Memoria
- II. Presupuesto
- III. Anexos
- IV. Planos





# ÍNDICES DE LOS DOCUMENTOS

## DOCUMENTO I: MEMORIA

<b>1.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1. <i>Origen e historia de la tauromaquia en España .....</i>	16
1.1.1. <i>El toro bravo .....</i>	17
1.2. <i>Bous al carrer .....</i>	18
1.2.1. <i>El toro embolado .....</i>	19
<b>2.APROXIMACIÓN AL PROBLEMA HISTÓRICO Y SOCIAL:</b>	
<b>LA FIESTA DEL TORO EMBOLADO .....</b>	<b>20</b>
2.1 <i>Restricciones legales de la tauromaquia en España .....</i>	24
<b>3.OBJETIVOS .....</b>	<b>27</b>
3.1. <i>Objetivo principal .....</i>	27
3.2. <i>Otros objetivos .....</i>	28
<b>4.ANÁLISIS DE LAS SECUENCIAS DISPONIBLES .....</b>	<b>29</b>
4.1. <i>Toro embolado de Nogueraelas .....</i>	33
4.2. <i>Toro embolado de Rubielos de Mora .....</i>	39
4.2.1 <i>Toro Jubillo de Rubielos de Mora .....</i>	41
<b>5.CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS .....</b>	<b>44</b>

<b>6. FASE EXPERIMENTAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>47</b>
6.1. <i>Materiales necesarios para la fase experimental .....</i>	47
6.2. <i>Antecedentes a la fase experimental .....</i>	49
6.3. <i>Desarrollo del ensayo .....</i>	51
6.4. <i>Conclusiones .....</i>	55
<b>7. PRUEBAS CON DIVERSOS PROTOTIPOS .....</b>	<b>59</b>
7.1. <i>Ensayo con aislante térmico reflectante .....</i>	60
7.2. <i>Ensayo con chapa de aluminio galvanizada .....</i>	63
7.3. <i>Ensayo con papel de aluminio .....</i>	65
<b>8. RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
<b>9. POSIBLE COMERCIALIZACIÓN .....</b>	<b>72</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>

## DOCUMENTO II: PRESUPUESTO

Partida 1 .....	78
Partida 2 .....	79
Partida 3 .....	79
Presupuesto General .....	80

## DOCUMENTO III: ANEXOS

Anexo 1 .....	84
Anexo 2 .....	84
Anexo 3 .....	85
Anexo 4 .....	85
Anexo 5 .....	86

## DOCUMENTO IV: PLANOS

Plano 1 .....	90
---------------	----



# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Toro Urus.....	16
<b>Figura 2:</b> Toro de lidia español .....	17
<b>Figura 3:</b> Toros embolados en un municipio español .....	19
<b>Figura 4:</b> Tabla de temperaturas rectales en diversos animales .....	21
<b>Figura 5:</b> Prohibición de corridas de toros por comunidades autónomas .....	24
<b>Figura 6:</b> Evolución de los festejos taurinos en España .....	25
<b>Figura 7:</b> Festejos taurinos celebrados en 2016 en España .....	26
<b>Figura 8:</b> Imagen del primer toro embolado .....	30
<b>Figura 9:</b> Representación del rango de temperaturas en las bolas .....	30
<b>Figura 10:</b> Ley de Stefan- Boltzman .....	31
<b>Figura 11:</b> Ecuación del flujo de calor por radiación .....	31
<b>Figura 12:</b> Flujo de calor en cuerpos grises .....	32
<b>Figura 13:</b> Flujo de calor por radiación incluyendo la emisividad .....	32
<b>Figura 14:</b> Punto de convergencia de la radiación de ambas bolas .....	33
<b>Figura 15:</b> Análisis de las temperaturas del primer toro embolado en Nogueruelas .....	34
<b>Figura 16:</b> Temperatura máxima sobre el primer toro embolado en Nogueruelas .....	35
<b>Figura 17:</b> Temperatura máxima sobre el punto SP01 .....	36
<b>Figura 18:</b> Temperaturas máximas sobre el morrillo del toro .....	36
<b>Figura 19:</b> Temperaturas en ausencia de una bola en llamas .....	37
<b>Figura 20:</b> Temperatura máxima en ausencia de una bola en llamas .....	37
<b>Figura 21:</b> Representación térmica del toro embolado en ausencia de una bola en llamas .....	38
<b>Figura 22:</b> Temperaturas del primer toro embolado en Rubielos de Mora .....	39
<b>Figura 23:</b> Temperatura máxima sobre el primer toro embolado en Rubielos de Mora .....	40
<b>Figura 24:</b> Representación térmica de las temperaturas en el toro embolado de Rubielos de Mora .....	40
<b>Figura 25:</b> Temperaturas en el toro Jubillo de Rubielos de Mora .....	42
<b>Figura 26:</b> Temperatura máxima sobre el toro Jubillo de Rubielos de Mora .....	43
<b>Figura 27:</b> Representación térmica de las temperaturas en el toro Jubillo de Rubielos de Mora .....	45
<b>Figura 28:</b> Gráfica comparativa de temperaturas entre el toro Jubillo y el toro embolado .....	46
<b>Figura 29:</b> Gradiente de temperaturas sobre el recipiente observado mediante la cámara térmica .....	50
<b>Figura 30:</b> Imagen de la instalación experimental .....	51
<b>Figura 31:</b> Bolas en llamas. Fase experimental .....	52

<b>Figura 32:</b> Evolución de las temperaturas en la superficie rectangular AR02 .....	53
<b>Figura 33:</b> Evolución de la temperatura sobre el punto SP01 .....	54
<b>Figura 34:</b> Instalación experimental. Recipiente expuesto a la radicación de los focos de calor .....	55
<b>Figura 35:</b> Isotherma sobre la superficie del recipiente .....	56
<b>Figura 36:</b> Superficie rectangular AR03 para el estudio de temperaturas promedio .....	57
<b>Figura 37:</b> Gráfica comparativa entre $T_{max\_exp}$ y $T_{max\ C.N}$ .....	58
<b>Figura 38:</b> Pantalla de protección de aislante térmico reflectante .....	61
<b>Figura 39:</b> Evolución de las temperaturas sobre el cuero con pantalla de aislante térmico .....	62
<b>Figura 40:</b> Pantalla de protección de chapa de aluminio galvanizada .....	63
<b>Figura 41:</b> Evolución de las temperaturas sobre el cuero con pantalla de chapa de aluminio galvanizada .....	64
<b>Figura 42:</b> Pantalla de protección de papel de aluminio .....	65
<b>Figura 43:</b> Evolución de las temperaturas sobre el cuero con pantalla de papel de aluminio .....	66
<b>Figura 44:</b> Disminución de temperaturas sobre el cuero con chapa galvanizada VS aislante térmico .....	69
<b>Figura 45:</b> Imagen I del sistema de protección .....	71
<b>Figura 46:</b> Imagen II del sistema de protección .....	72

# I. MEMORIA





# 1.INTRODUCCIÓN

## 1.1 Origen e historia de la tauromaquia en España

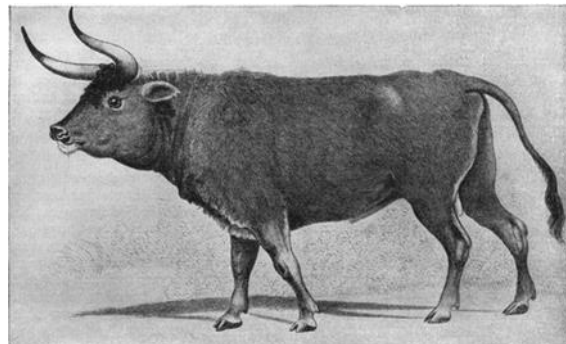
Nuestro país es internacionalmente conocido por, entre muchas otras cosas, la afición por los toros. Esta clara tendencia no solo es observable en Pamplona durante San Fermín sino también en plazas de toros y fiestas populares en municipios españoles.

Es indiscutible que la tauromaquia forma parte del patrimonio histórico y cultural de los españoles: en el mundo entero se ve como una seña de identidad de la cultura española. Además, esta fiesta no exenta de polémicas es considerada en España como Patrimonio Cultural Inmaterial.

Según la RAE, la tauromaquia es “el arte de lidiar toros”. Otra posible definición que se le atribuye es; “la tauromaquia es el conjunto de actividades artísticas y productivas, incluyendo la crianza y selección del toro de lidia, que confluyen en la corrida de toros moderna”.

La lidia, tal y como la conocemos en la actualidad, nace en el siglo **XVIII**. En ese momento se abandona el toreo a caballo para realizarlo a pie, de esta forma nace la “fiesta brava”. La expresión más moderna y elaborada es la corrida de toros, un festejo que surgió en España en el siglo **XII** cuando la nobleza abandona el toreo a caballo y la plebe comienza a hacerlo a pie, demostrando su valor y destreza.

Esta fiesta en la actualidad debe su existencia al “toro bravo”. El origen de esta raza de toro se remonta al primitivo “urus” o “uro” que no habitó exclusivamente en España, pero sí es en nuestro país donde encontró su mejor asentamiento.



Urus

**Figura 1:** Toro Urus. Fuente: Tauromaquiarte.

Se atribuye el origen de la afición por el toreo en España como el resultado final de los ejercicios de caza del uro, donde se produjeron los primeros enfrentamientos. En ellos, primaba la habilidad y destreza sobre la fuerza física.

### 1.1.1 El toro bravo

El **uro** (la subespecie [Bos primigenius primigenius](#)), antepasado del actual ganado vacuno, desapareció de los bosques de Europa central en el siglo **XVII**. Debido a la cría selectiva de toros de lidia, el toro salvaje español ha sobrevivido durante los últimos tres siglos.

El principal rasgo de distinción entre un toro salvaje y uno doméstico es la manera de reaccionar cuando se ve amenazado. El toro bravo de origen español seguirá atacando sin cesar mientras algo o alguien se mueva en frente de él.

Dentro de la raza del toro de lidia existen diferentes encastes que aportan un valor añadido a la especie.



**Figura 2:** Toro de lidia español. Fuente: Wikipedia.

La bravura es la esencia misma de la tauromaquia. Por esta razón, los ganaderos españoles tratan de mejorarla constantemente. Los toros se crían plácidamente y mantienen una vida de cuidados totales durante cuatro años hasta el momento decisivo, en el que se ven empujados hacia el ruedo. Su instinto natural le lleva a embestir el trapo que se mueve, ya que atacan por el movimiento que produce el capote.

El toro bravo o de lidia posee unas características físicas y de comportamiento especialmente singulares.

- Dentro de la inmensa variedad de razas de toros existentes en España, el toro de lidia constituye anatómicamente una raza de tamaño pequeño o mediano. Los machos suelen pesar entre 500 y 650 kilogramos y poseen una estatura media de 140 cm.
- Las hembras son mucho más pequeñas y ligeras, no suelen superar los 400 kg ni los 130 cm de altura.
- Los toros de lidia son animales gregarios, esto significa que encuentran amparo y cobijo en una manada. Los machos se separan de las hembras en diferentes cercados a los dieciséis meses. En las manadas se establece una jerarquía muy estricta, siendo el toro dominante conocido como “mandón”. Constantemente suele haber otro toro que desafía a este, produciéndose violentas riñas. El toro derrotado se le conoce como “abochornado” y es perseguido por el resto de la manada. Este toro, con el paso del tiempo, se vuelve muy violento y peligroso.

## 1.2 “Bous al carrer”

Más concretamente, uno de los festejos tradicionales dentro del marco de “fiestas populares en España” es lo que se conoce como “Bous al carrer”.

“Bous al carrer” constituye una fiesta taurina histórica que, según el archivo de Wikipedia *“se celebra en muchos pueblos de la Comunidad Valenciana y de las tierras del Ebro en Cataluña, sobre todo en las comarcas de la Marina Alta, el Alto Mijares, el Alto Palancia, el Bajo y Alto Maestrazgo, la Huerta Norte, el Campo del Turia, el Campo de Murviedro, la Plana Alta y Baja, el Bajo Ebro, el Montsiá y la Tierra Alta.”*[1]

Durante la celebración de estos festejos se pueden distinguir diferentes tipos de práctica. Una de ellas es el “encierro”; consiste en correr delante de una manada de toros o novillos sin llegar a ser alcanzados por ellos.

Otro tipo de práctica es el “toro embolado”. Se va a tratar de explicar a continuación las características principales del toro embolado y su problemática en la actualidad.

### 1.2.1 El toro embolado

El **toro embolado** es un festejo tradicional de España en el que se colocan a un toro dos bolas de fuego en sus astas. No se conocen realmente sus orígenes, pero junto a otros festejos taurinos en los que no se le da muerte al animal pueden tener su origen en la civilización minoica u otras tradiciones prerromanas.



**Figura 3:** Toros embolados en un municipio español. Fuente: Wikipedia.

Para embolar a un toro se necesitan distintos materiales, como por ejemplo herrajes. Estos han de estar muy bien forjados. También se precisan cuerdas, una tenaza de sujeción, un cuchillo y una antorcha para el encendido.

Los toros que son embolados suelen ser toros de lidia, procedentes de las mejores ganaderías existentes en nuestro país.

El origen de esta tradición se remonta, como primera prueba de la existencia de este festejo, al 28 de abril de 1677. Según un artículo del diario Levante: *“Del primero sobre el que se tiene documentación es el Toro de Mora de Rubielos, el 28 de abril de 1677, que se emboló para celebrar la visita del rey Carlos II.”*[2]

También se cita un dato muy curioso acerca de los orígenes del actual toro embolado:

*“Corría el año 228 a.C. y el jefe íbero Orisson se enfrentaba, en las cercanías de la actual Elche, al temible ejército invasor del cartaginés Amílcar Barca. Famoso general enemigo de la Roma imperial, fundador de ciudades como Barcelona y Alicante, y padre del todavía más famoso Aníbal. El ejército cartaginés era muy superior en número, así que el bueno de Orisson tuvo que ingeniárselas para*

*poder lograr la victoria. Para eso, reunió todo el ganado de reses bravas que pudo, más los bueyes de carga, y les colocó balas de paja en las astas. Acercándose con sigilo al campamento enemigo, prendió las balas de paja, y achuchó a los astados en su contra.*

*El rebaño de toros embolados entró con furia en el campamento cartaginés provocando el pánico, no solo entre los soldados, sino también entre los elefantes de guerra que caracterizaban a este ejército, los cuales huyeron despavoridos ante los toros y el fuego, haciendo incluso más daño los propios elefantes que los toros. El caos reinó entre los cartaginenses, y Orisson consiguió una gran victoria sobre el ejército de Amílcar, el cual, murió poco después, en el Júcar, a causa de las heridas producidas en esta batalla. “[2]*

## **2.APROXIMACIÓN AL PROBLEMA HISTÓRICO Y SOCIAL: LA FIESTA DEL TORO EMBOLADO**

Por todos es sabido que, a día de hoy, la tauromaquia supone un arte no exento de polémicas. Los encierros, las corridas, los recortes en plazas de toros, “bous al carrer” etc. Sobre todo, el toro embolado.

Pero, cabe plantearse la siguiente pregunta; ¿Por qué hay tanta negativa en lo que se refiere a esta fiesta?

Muy sencillo. El rechazo generalizado a estas tradiciones de nuestro país surge mayoritariamente por un mayor rechazo al maltrato animal. Si bien hay personas que no consideran que haya maltrato animal, siempre y cuando no se le dé muerte al toro -como ocurre en plazas de toros-, muchas otras creen que sí existe maltrato.

De esta forma, el toro embolado despierta una oposición extrema. Vamos a analizar las posibles causas.

Durante el transcurso de la memoria de este Trabajo Fin de Grado -en adelante TFG-, nos centraremos única y principalmente en la práctica del “toro embolado”, ya que es nuestro caso de estudio.

El objeto de estudio surge a través del Departamento de Termodinámica Aplicada de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad

Politécnica de Valencia -en adelante UPV-. Durante la celebración del “toro embolado” de Rubielos de Mora y Noguerauelas, se decidió realizar una grabación mediante cámaras térmicas para comprobar la evolución y actuación de las temperaturas sobre la piel del toro.

Se obtuvieron diversas secuencias en las que se puede observar la distribución de temperaturas a escala, máximas y mínimas en instantes diferentes en función de los movimientos del toro y del momento analizado.

El foco de atención se centra en lo siguiente: **En un instante dado, la temperatura máxima observada en la cabeza y cuello, concretamente entre los cuernos** -zona exacta donde intersectan las radiaciones de calor emitidas por las bolas de fuego- **es cercana a 80°C**. Este hecho despierta una atención inmediata.

“La temperatura rectal media en un toro es de 38.3°C”, según *Mundo Pecuario*. [3]

### Valores normales de temperatura rectal.

Animal	Temperatura (°C)
Bovino de carne	38.3
Bovino de leche	38.6
Cabra	38.9
Yegua	37.8
Caballo	37.6
Cerdo	39.2
Conejo	39.5
Oveja	39.1

**Figura 4:** Tabla de temperaturas rectales en diversos animales. Fuente: *Mundo Pecuario*

Esta temperatura media en bovinos es ligeramente superior a la media en un humano. El ser humano posee una temperatura corporal media de 37°C. Teniendo en cuenta que no se puede asegurar la integridad física ni el confort en un humano que es expuesto a una temperatura de 70°C, podemos asumir que un toro tampoco es capaz de resistir tan elevada temperatura.

Esto plantea un problema. **El toro es expuesto en cada celebración a temperaturas excesivas e inaceptables sobre su piel.**

Para tratar de acercarnos lo más posible a la opinión de la gente y poder denotar la situación social sobre esta fiesta, se ha tratado de explicar lo que descubrimos del toro embolado mediante las redes sociales. Además, se ha realizado una encuesta sobre ello. Esta encuesta se realizó el 30 de enero de 2019 a través de Instagram, mediante la opción “encuestas”.

Se realizaron 12 preguntas en las que participaron una media de 442 personas, obteniéndose así un porcentaje de participación medio del 50%. De estas doce preguntas, en este apartado se van a analizar las primeras siete, que atañen a la opinión sobre los festejos tradicionales así como el toro embolado. Las últimas cinco preguntas (Parte II) las reservamos para el apartado 9 **“Posible comercialización”** de este TFG.

## Encuesta popular sobre la tauromaquia en España (Parte I)

1. *¿Qué piensas sobre los festejos tradicionales y fiestas populares en los pueblos de España?*

- **A FAVOR**            87% (445 personas)
- **EN CONTRA**        13% (65 personas)

2. *¿Consideras que “Bous al carrer” constituyen una tradición histórica en muchos municipios y deben formar parte de las fiestas patronales?*

- **A FAVOR**            46% (218 personas)
- **EN CONTRA**        54% (251 personas)

3. *En tal caso, ¿cuál es tu postura acerca del “toro embolado”?*

- **A FAVOR**            22% (109 personas)
- **EN CONTRA**        78% (386 personas)

4. *¿Crees que esta práctica supone un riesgo físico para el toro?*

- **SÍ**                    90% (442 personas)
- **NO**                   10% (50 personas)

5. *El departamento de Termodinámica Aplicada de mi escuela en la UPV realizó unos análisis mediante cámaras térmicas durante la celebración del toro embolado en Rubielos de Mora.*

*El estudio concluyó con que la parte superior de la cabeza o “morrillo” del toro llega a alcanzar una temperatura máxima de 70°C...*

*¿Eras consciente de ello?*

- **SÍ**                    37% (174 personas)
- **NO**                   63% (300 personas)

6. *¿Crees que la piel del toro es lo suficientemente tersa y dura como para resistir temperaturas de hasta 70°C?*

- **SÍ** 13% (62 personas)
- **NO** 87% (421 personas)

7. *En caso afirmativo, ¿crees que es necesario proteger al toro del fuego en esta práctica?*

- **SÍ** 90% (309 personas)
- **NO** 10% (34 personas)

Frente a esta realidad existen diversas soluciones, pero en el estudio de este tema ha de quedar clara una postura.

**En la realización de este TFG no existe un trasfondo político ni ideológico. El “toro embolado” es una realidad y en la actualidad sigue vigente. Nosotros como ingenieros no podemos cambiar esa realidad, pero sí garantizar el bienestar y la integridad física tanto de las personas como, en este caso, de los animales.**

En el transcurso de este TFG se van a declarar una serie de objetivos, así como el objetivo principal del estudio. Una parte muy importante a tener en cuenta será el análisis de las secuencias disponibles que se realizaron en Noguerauelas y Rubielos de Mora, así como sus conclusiones pertinentes.



## 2.1 Restricciones legales de la tauromaquia en España



**Figura 5:** Prohibición de corridas de toros por comunidades autónomas. Fuente: Wikipedia.

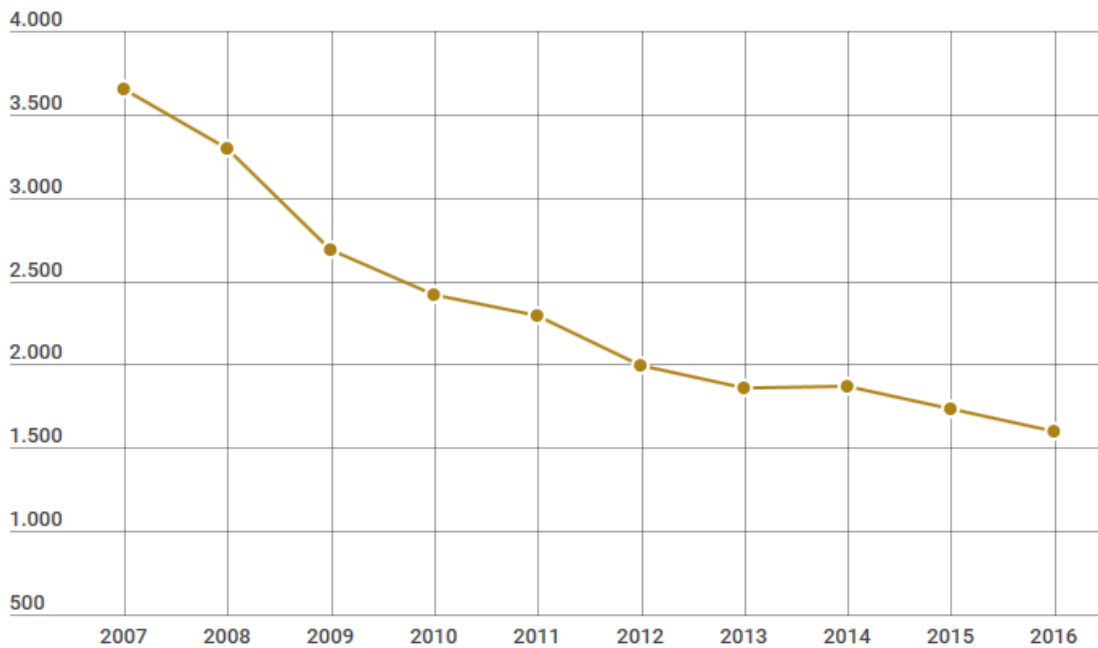
El mapa muestra el panorama político actual en lo que se refiere a materia de tauromaquia, por comunidades autónomas.

En una encuesta publicada en [2007](#) en el diario *El Mundo*; “un 58% de españoles consideraba que no deben prohibirse, frente a un 33% que las prohibiría inmediatamente, con un 9% de indecisos. Una encuesta posterior, de [2009](#) mostraba que más de un 67% de los españoles no muestra ningún interés en la tauromaquia y un 35% se muestra a favor de su prohibición. Las corridas se han desplomado casi dos tercios, pasando de las 953 de 2007 a las 398 de 2014 (—59%), según el Ministerio de Cultura. la Encuesta de Hábitos y Prácticas Culturales de 2011 reveló que solo el 8,5% de los españoles había acudido a la plaza ese año, frente al 9,8 de 2007.”[4]

Además, el diario el Mundo publicó que “...En Cataluña, 453 000 firmantes de todo el mundo pidieron en 2005 que el Parlamento autonómico suprimiese las corridas de toros en esa comunidad. Solo en Cataluña se recogieron 250 000 firmas en seis meses.”[4]

Lo cierto es que, en España, cada año los toros despiertan menos interés a nivel general.

Según **Europa press**: “Los festejos taurinos que se celebran en España caen un 60% desde el año 2007”. [5]



Fuentes: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte

europapress.es

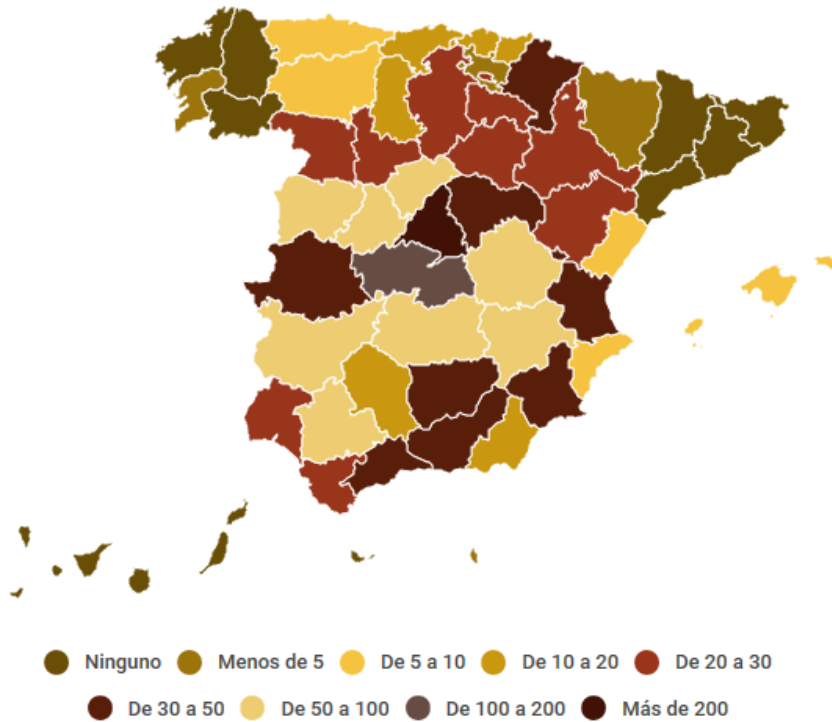
**Figura 6:** Evolución de los festejos taurinos en España.

Esto supone que, mientras en el año 2007 tuvieron lugar más de 10 festejos taurinos al día, en 2016 solo fueron cuatro. La mayoría, 386, fueron corridas de toros; seguidas de novilladas sin picadores (262), festivales (215) y novilladas con picadores (200).

“TOLEDO Y MADRID CONCENTRAN EL 24% DE LOS ESPECTÁCULOS TAURINOS De las 52 provincias que existen en España, 10 han roto su relación con la tauromaquia. De las 42 restantes, dos son las que concentra la mayor parte de los festejos taurinos: Madrid con 251 y Toledo con 128. Entre ambas representan el 24% del total de espectáculos taurinos celebrados en España. Junto a Salamanca (92), Ávila (82) y Cuenca (79) aglutinan casi el 80% de todos los festejos del país. De esta forma, Castilla La Mancha y Castilla y León se posicionan como las dos comunidades autónomas en las que más eventos de este tipo se celebran. A nivel autonómico les siguen Andalucía, Madrid y Extremadura. La distribución se ha mantenido inalterable desde que existen estadísticas oficiales.”[5]

MAPA FESTEJOS TAURINOS POR PROVINCIA

Festejos taurinos celebrados en 2016



Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte

europapress.es

**Figura 7:** Festejos taurinos celebrados en 2016 en España.

Leer más: <https://www.europapress.es/sociedad/noticia-festejos-taurinos-celebran-espana-caen-60-20180429095506.html>

## 3.OBJETIVOS

En este apartado se van a dar a conocer los diferentes objetivos y conclusiones que se pretenden alcanzar. Esta serie de objetivos se declaran en función de lo que se ha explicado con anterioridad acerca de las secuencias obtenidas durante los festejos en diferentes pueblos.

Analizando las secuencias registradas mediante las cámaras se pueden definir claramente una serie de objetivos. En concreto, el más importante será el objetivo final, que es el objeto que se persigue en este TFG.

### 3.1 Objetivo principal

La problemática que supone la práctica del toro embolado es bien clara; tal y como se ha comprobado, el fuego supone un riesgo evidente para la integridad del toro.

Nosotros como ingenieros buscamos una solución factible y eficiente. En primera aproximación, se busca diseñar y modelar un método de protección que estabilice la temperatura del toro en el punto de máxima radiación de calor. Es decir, que en el punto de convergencia de ambos focos de calor la temperatura máxima sobre la piel del toro sea cercana a su máxima corporal.

El objetivo principal se basa en crear un prototipo en primer lugar, estudiando materiales, como diversos aislantes. Será necesario escoger un material que refleje la radiación. Un material que posea características tan importantes como son la reflectividad y la uniformidad de la superficie.

De otra forma, suponiendo  $T_c$  la temperatura corporal del toro en la superficie donde se halla la placa y  $T_{aisl}$ , la temperatura del aislante de la placa, el objetivo es que:

$$\Delta T = T_{aisl} - T_c \approx 0$$

Para lograr esto, la primera solución a simple vista es crear una placa que, adherida al morrillo y a la cabeza del animal, consiga anular los efectos del fuego sobre la piel.

Esta placa ha de parametrizarse en muchos aspectos. Concretamente hay que realizar un caso de estudio para analizar los materiales a emplear, la morfología de la placa y encontrar una solución estéticamente aceptable.

**-Material:** en el desarrollo de este estudio se va a tratar de experimentar con diferentes materiales para conseguir el material idóneo. Este ha de ser, sin duda alguna, efectivo y económico. Además, es muy importante elegir un material que sea dúctil y maleable, ya que no podemos diseñar una placa totalmente rígida. Un aspecto importante a tener en cuenta es que la placa ha de adaptarse perfectamente a la fisonomía del toro en cuestión. Incluso debería ser adaptativa, es decir, que un único modelo de placa pueda ser utilizada en cualquier toro.

**-Morfología de la placa:** una vez haya sido elegido el material a utilizar, calcularemos datos muy importantes como son el grosor de la placa, la anchura y el largo. Esto se hará en base a estudios de fuego que se llevarán a cabo en el laboratorio o al aire libre. Es necesario experimentar con una simulación de cabeza de toro para estudiar los posibles daños producidos por el fuego.

En una fase posterior de este TFG, se hará una maqueta que simule la cabeza de un toro, recreando el aspecto de estos animales. Además, se tratarán de imitar los órganos vitales para observar cuáles son los efectos del fuego en ellos durante la fase experimental.

En el laboratorio se pretende diseñar esta maqueta para, posteriormente, prender fuego a las bolas y estudiar los resultados.

## 3.2 Otros objetivos

La realización de esta placa persigue una serie de objetivos secundarios:

- En el diseño y elaboración del sistema de protección se buscará conseguir una apariencia estéticamente lograda. Se cuidará las formas, tamaños y costuras con el fin de lograr una apariencia llamativa y segura. No obstante, se priorizará la protección frente a las llamas ante la apariencia estética.
- La ejecución de esta propuesta persigue, además, un objetivo no menos importante; en el panorama actual el toro embolado sigue vigente. Se pretende con este sistema de protección concienciar a la población -interesada o no en estos festejos- de la problemática existente y de una solución viable que queremos instaurar.

De esta manera se busca una disminución parcial en el rechazo generalizado hacia esta práctica.

- Se busca comprobar de qué manera afectan a la temperatura máxima los fenómenos habituales durante el toro embolado como son el movimiento de las bolas, las rachas de viento, la ausencia de radiación directa o difusa etc.
- Finalmente, como último objetivo se encuentra dar visibilidad a este proyecto entre las asociaciones taurinas que promueven estos festejos y los altos cargos de las administraciones públicas municipales y provinciales. Con esto se pretende conseguir la implementación de este sistema de protección en la realización del toro embolado.

## 4. ANÁLISIS DE LAS SECUENCIAS DISPONIBLES

El objeto de este TFG tiene cabida gracias a las conclusiones que se pueden obtener mediante el análisis de las secuencias disponibles del toro embolado. Como se ha comentado con anterioridad, se van a analizar dos eventos diferentes para poder obtener una solución más aproximada.

Las secuencias disponibles para realizar su estudio fueron recogidas por responsables del departamento de Termodinámica aplicada en la ETSII. En primer lugar, se analizarán las imágenes tomadas el 14 de agosto de 2018 en Noguera (Teruel). Por último, se analizarán y se compararán las secuencias recogidas en Rubielos de Mora el 16 de agosto de 2018.

Con el fin de visualizar las secuencias y para poder observar las temperaturas en cada instante y fotograma se precisa un programa especial de termografía infrarroja. El programa que se utilizará para realizar el estudio de este TFG es **THERMACAM RESEARCHER PRO**. Este software permite reproducir videos y sus respectivos fotogramas, mostrando mediante una escala de colores las temperaturas que se dan en todo momento en cualquier objeto que haya sido grabado.

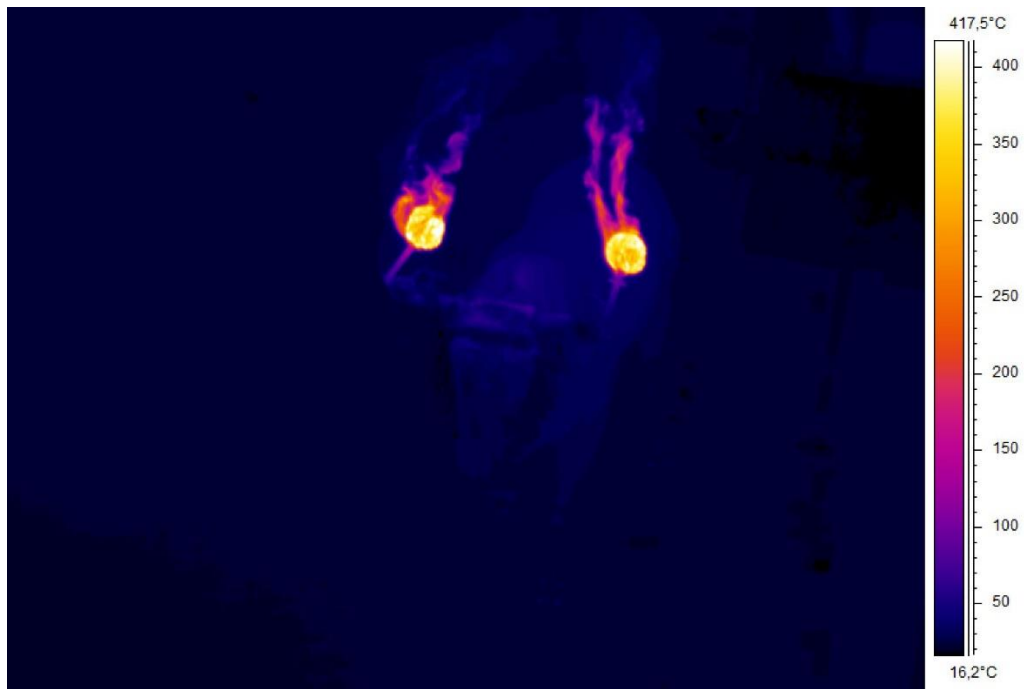
De esta manera, el objetivo de este punto del TFG es analizar la temperatura máxima en las bolas, así como en el morrillo del toro.

Finalmente, una vez analizadas las secuencias se procederá a elaborar una serie de conclusiones y resultados que confirmarán la hipótesis principal que sustenta este TFG; *la temperatura máxima soportada por un toro embolado no garantiza ni su integridad física ni su bienestar*.

- **Principio científico de determinación de la temperatura máxima sobre el toro**

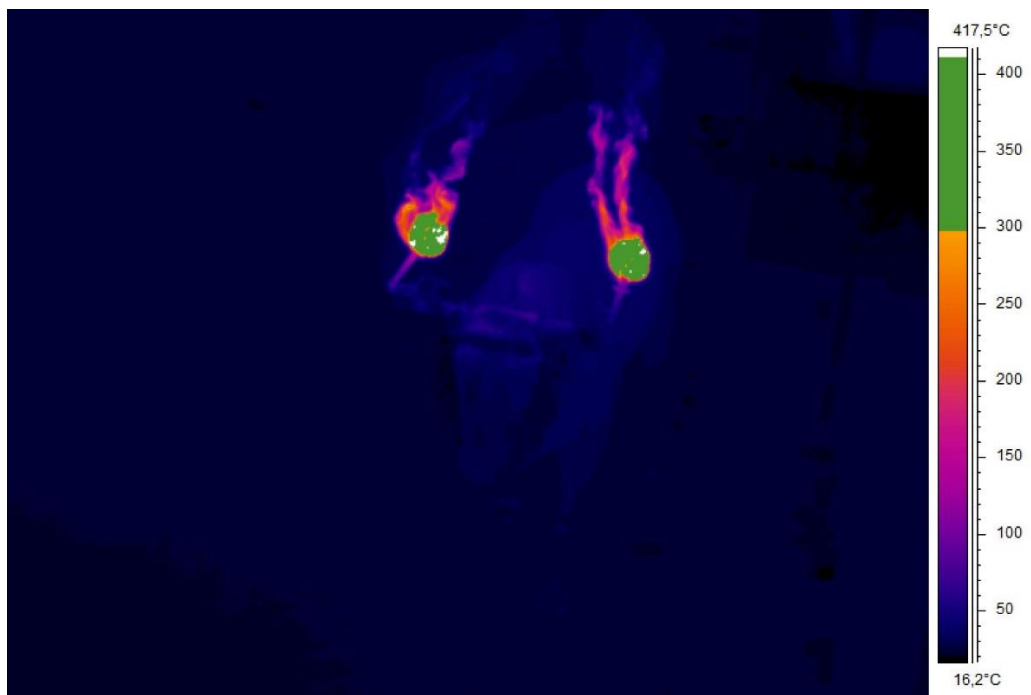
Para demostrar dónde se produce la temperatura máxima sobre el toro debida a la radiación constante del fuego se recurre a un par de ejemplos.

En primer lugar, supondremos que las dos bolas situadas sobre la cornamenta del toro se asemejan a dos esferas de fuego a una temperatura media de aproximadamente 350°C. Para el cálculo de esta temperatura se ha utilizado el programa informático **THERMACAM RESEARCHER PRO**. El proceso es el siguiente; se escogió un video recogido por la cámara térmica donde aparecían unas imágenes del primer toro que fue embolado. En un instante determinado, concretamente el minuto **09:21**, se examina el fotograma en ese mismo momento:



**Figura 8:** Imagen del primer toro embolado.

En él, a simple vista y en base a la escala de colores proporcionada por el software se podría afirmar que la temperatura en el núcleo de cada bola es de unos 350°C. Para comprobar esta hipótesis, se estudia todo el rango de temperaturas presentes en cada bola, ya que estas no son isotermas. Finalmente obtenemos el siguiente resultado:



**Figura 9:** Representación del rango de temperaturas en las bolas.

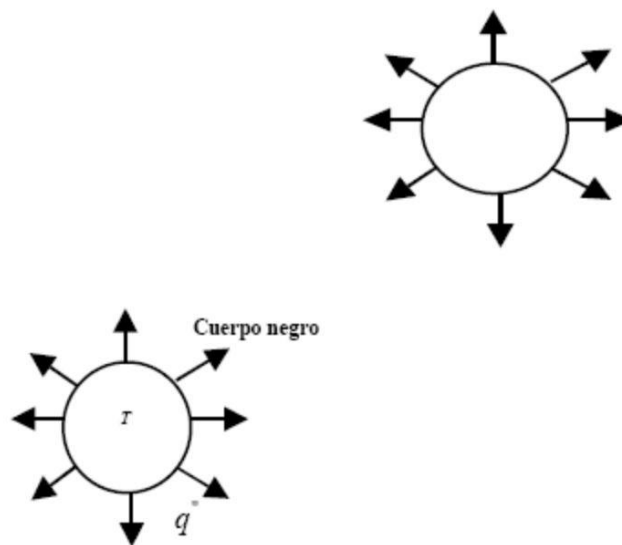
El rango de temperaturas comprende las cifras de 300°C a 400°C, por lo que podemos aceptar una temperatura de 350°C como temperatura media de cada esfera incandescente.

Por otra parte, la temperatura máxima alcanzada en cada bola no es constante para cada toro. En cada instante puede variar unos grados, pero tomaremos una  $T_{max} = 417.5^{\circ}C$  (valor máximo reflejado en la escala del programa utilizado).

Una vez explicado el mecanismo de emisión de calor de las esferas hacia el medio, mediante otra fotografía veremos cómo se propaga la radiación sobre él.

Según nos dice la enciclopedia online *monografías.com*: “La transmisión de calor por radiación se caracteriza porque la energía se transporta de una superficie a otra en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan en línea recta a la velocidad de la luz y no requieren de un medio físico para transmitirse.” [6]

### Ley de Stefan- Boltzman



**Figura 10:** Ley de Stefan-Boltzman.[6]

La ley de Stefan-Boltzman establece que, si un cuerpo se encuentra a una determinada temperatura, este emite calor que viene cuantificado por:

$$q^{rad} = \sigma AT^4$$

Donde:

$q^{rad}$  = Flujo de calor por radiación, [W]

$T$  = Temperatura absoluta, [K]

$\sigma$  = Constante de Stefan - Boltzmann,  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} [W/m^2 K^4]$

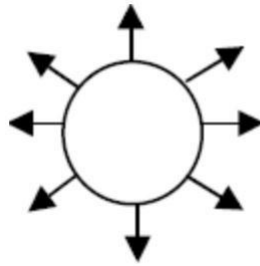
**Figura 11:** Ecuación del flujo de calor por radiación.[6]



La ley de Stefan-Boltzman, aplica a los denominados cuerpos negros, que son aquellos cuerpos que emiten la mayor cantidad de calor posible.

En la práctica los cuerpos negros son una idealización, en realidad los cuerpos reales solamente emiten una fracción de la energía que emite un cuerpo negro. A dichos cuerpos se les denominan **cuerpos grises**. En nuestro caso, las bolas del toro embolado se pueden considerar cuerpos grises.

### Flujo de calor en cuerpos grises



**Figura 12:** Flujo de calor en cuerpos grises.[6]

Para el caso de cuerpos grises la ecuación de Stefan-Boltzman se modifica, incluyendo la *Emisividad Térmica*,  $\epsilon$ , de forma que para un cuerpo gris, el flujo de calor viene dado por:

$$q^{rad} = \epsilon \sigma AT^4$$

$\epsilon$  = Emisividad ( adimensional)

La Emisividad depende de la temperatura y el acabado superficial y varia entre  $0 < \epsilon < 1$ .

**Figura 13:** Flujo de calor por radiación incluyendo la emisividad.[6]

Esta radiación que emiten las bolas de fuego produce una temperatura en un radio de una determinada longitud. Las dos bolas de fuego hacen que la radiación de cada una se superponga con la otra, siendo el punto de convergencia de ambas radiaciones la parte superior de la cabeza del toro conocida como "morrillo". A continuación, se adjunta una imagen que muestra los espectros de radiación de cada bola y el punto donde confluyen las radiaciones, dando así la **Temperatura máxima sobre el toro**:



*Figura 14: Punto de convergencia de la radiación de ambas bolas.*

Es en el punto amarillo donde se produce la máxima temperatura sobre el toro y es concretamente una de las zonas más sensibles del animal, ya que temperaturas tan altas pueden llegar a producir lesiones cerebrales graves e irreversibles.

A continuación, se van a analizar diferentes casos en diferentes pueblos y situaciones, con el fin de obtener la temperatura más desfavorable posible y así poder realizar correctamente nuestro sistema de protección.

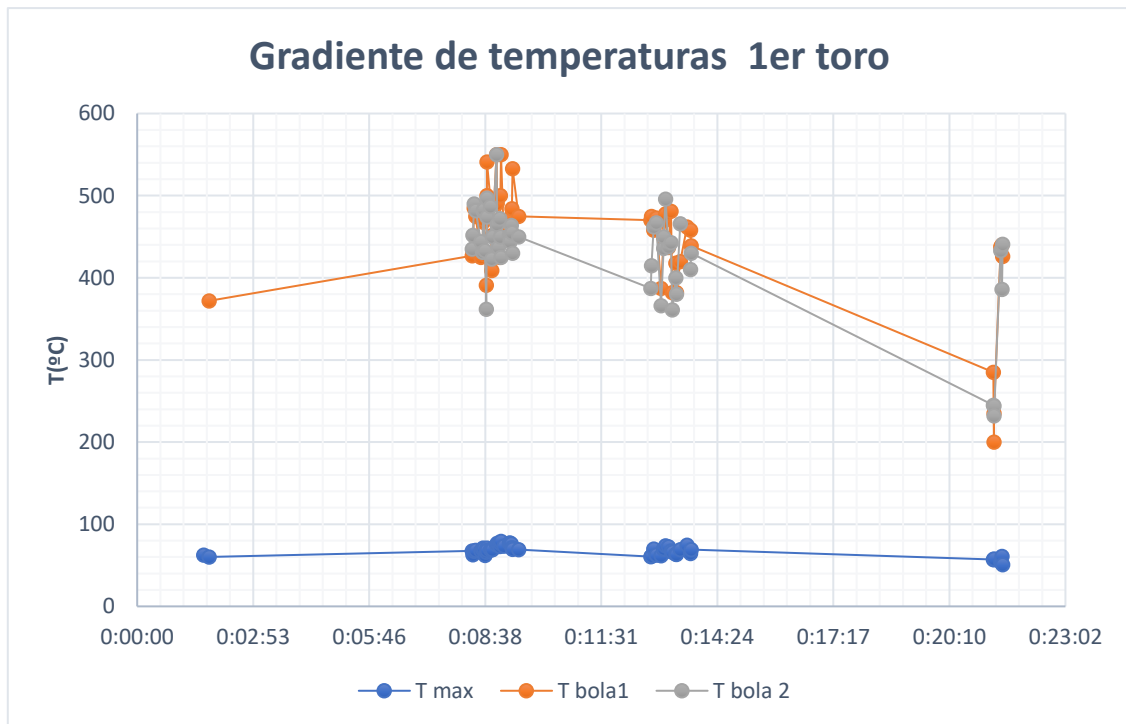
## 4.1 Toro embolado de Noguerauelas

Las primeras imágenes que han sido analizadas corresponden a las fiestas patronales del pueblo turolense de Noguerauelas. Estas imágenes fueron filmadas el 14 de agosto de 2018 durante el toro embolado.

Se dispone de información suficiente ya que fueron grabados varios toros durante el transcurso de este evento. Concretamente hay 9 videos disponibles, suficiente para poder determinar la temperatura máxima. Para ello, se han analizado los videos mediante el programa

**THERMACAM RESEARCHER PRO**, el cual posee un adecuado sistema de ajuste de escalas de temperaturas y análisis de fotogramas, que muestra fotograma a fotograma cada secuencia disponible.

- El análisis del **primer toro** nos permite recoger mediante unas gráficas el efecto de la radiación en la temperatura de las bolas y el toro:



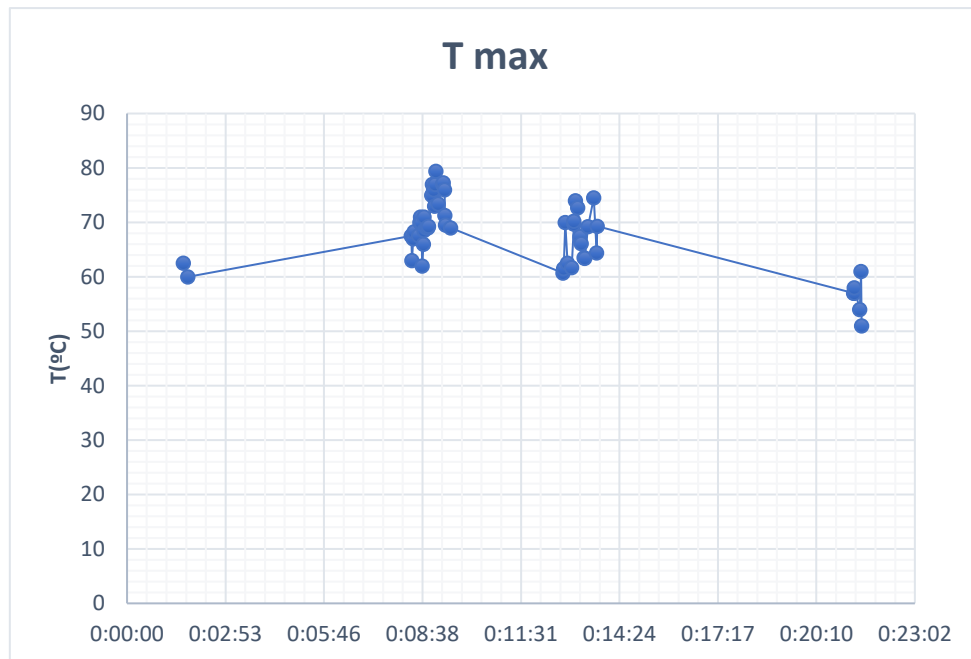
**Figura 15:** Análisis de las temperaturas del primer toro embolado en Noguerauelas.

Para su elaboración, se han recogido una serie de temperaturas en Excel en determinados instantes del video. **Tbola1** y **Tbola2** corresponden a las temperaturas que alcanzan las bolas en cada instante de tiempo y **Tmax** la temperatura sobre la cabeza del toro.

-**Tbola1** alcanza un valor máximo de 550°C, una temperatura promedio de 443.08°C y una varianza de 4248.465.

- **Tbola2** alcanza un valor máximo de 550°C, una temperatura promedio de 430.07°C y una varianza de 3779.366.

- **Tmax** alcanza un valor máximo de 79.4°C, una temperatura promedio de 67.76°C y una varianza de 40.52816.



**Figura 16:** Temperatura máxima sobre el primer toro embolado en Noguerauelas.

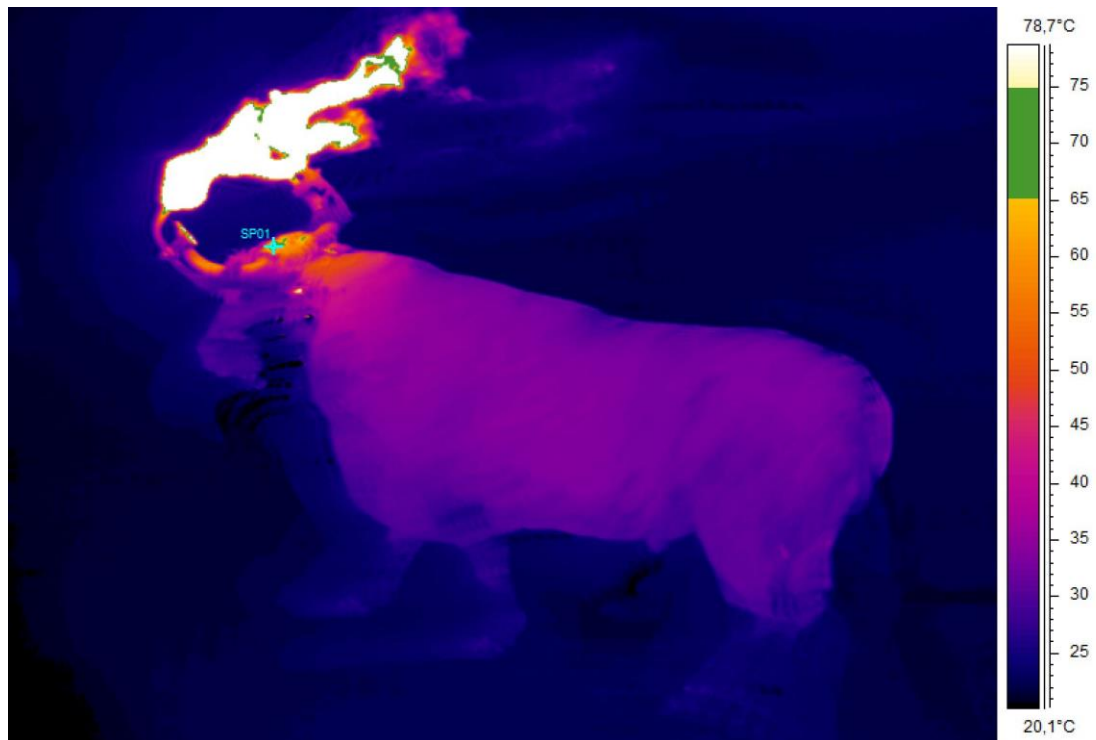
En este primer análisis, podemos afirmar que la temperatura de **79.4°C** es totalmente inadmisibles. Realmente, esta no es la temperatura que se produce en todo momento sobre el animal, pero es la temperatura para la que se ha de dimensionar la placa de protección. Además, la temperatura promedio nos da una idea de la temperatura que va a experimentar el toro mientras lleve consigo las bolas de fuego. El material y la placa que se deben dimensionar han de ser suficientemente resistentes para aislar al toro de los **67.76°C** y por supuesto, de un choque térmico a **79.4°C**.

A continuación, se muestran unas imágenes extraídas de varias secuencias del primer toro embolado.

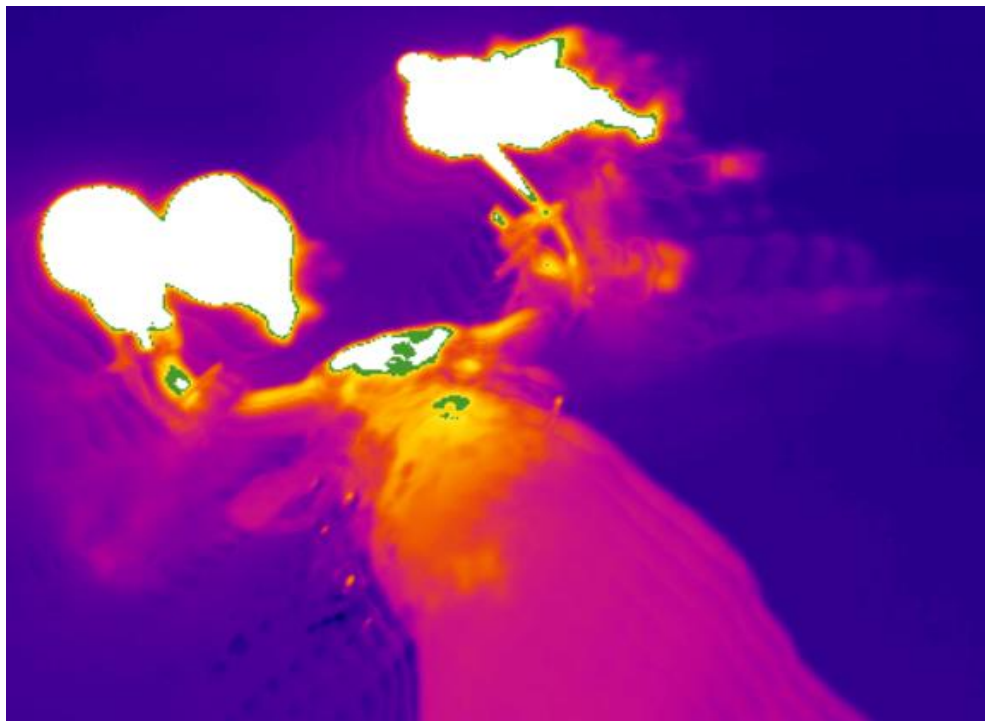
En ambas se pueden apreciar diferentes temperaturas sobre el morrillo del toro, en la primera (**Figura 17**) -donde también se puede observar la escala de temperaturas- se observa una temperatura sobre el punto **SP01** de **68.3°C**.

En la segunda foto (**Figura 18**), la temperatura máxima que se observa en el morrillo es de **75°C**.

La temperatura de las bolas alcanza **550°C**.



**Figura 17:** Temperatura máxima sobre el punto SP01.



**Figura 18:** Temperaturas máximas sobre el morrillo del toro.

- Ahora vamos a estudiar el **segundo toro** embolado de Nogueraelas. En este caso, ocurrió algo atípico en este festejo, sólo se mantuvo prendida una bola. Este caso también es objeto de estudio, de esta forma podremos analizar lo que sucede sobre el toro. ¿Cuál será la temperatura que se produce en el toro cuando solamente hay una bola encendida?

Para comprobarlo se recogen datos de unas secuencias de este caso en una tabla EXCEL, con el objetivo de realizar las siguientes gráficas:

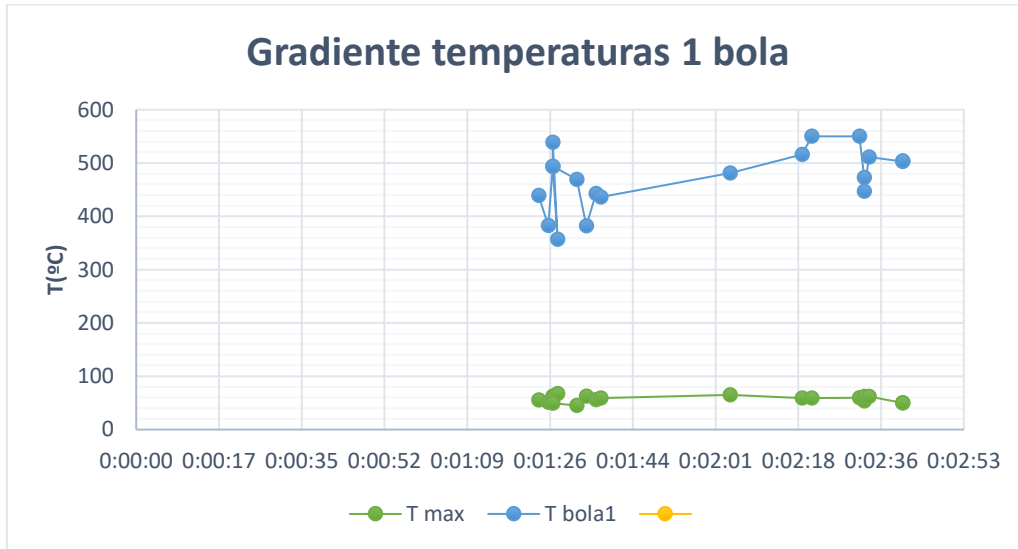


Figura 19: Temperaturas en ausencia de una bola en llamas.

- **Tbola1** alcanza un valor máximo de 550°C, una temperatura promedio de 472.11°C y una varianza de 3122.877.

- **Tmax** alcanza un valor máximo de 67.3°C, una temperatura promedio de 57.18°C y una varianza de 36.37953.

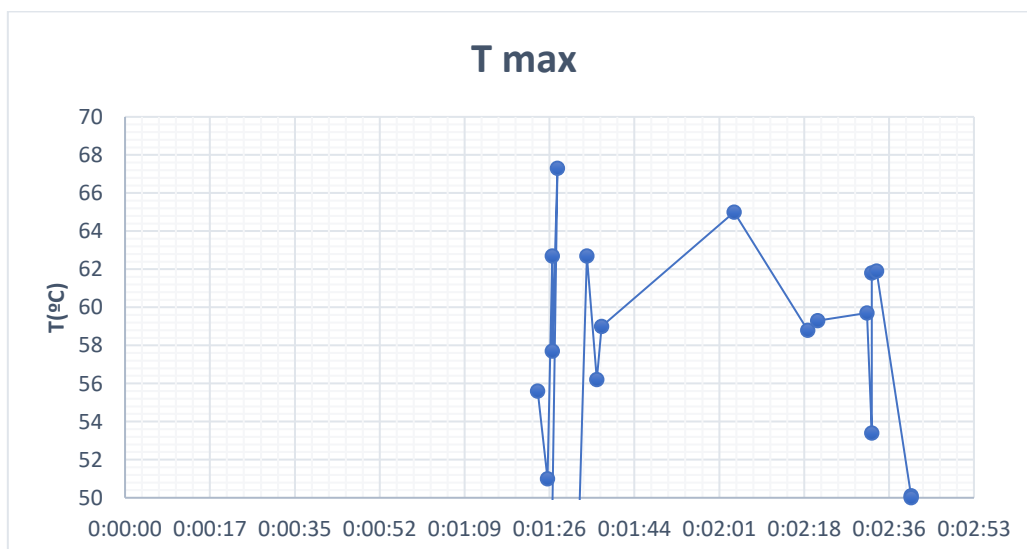


Figura 20: Temperatura máxima en ausencia de una bola en llamas.

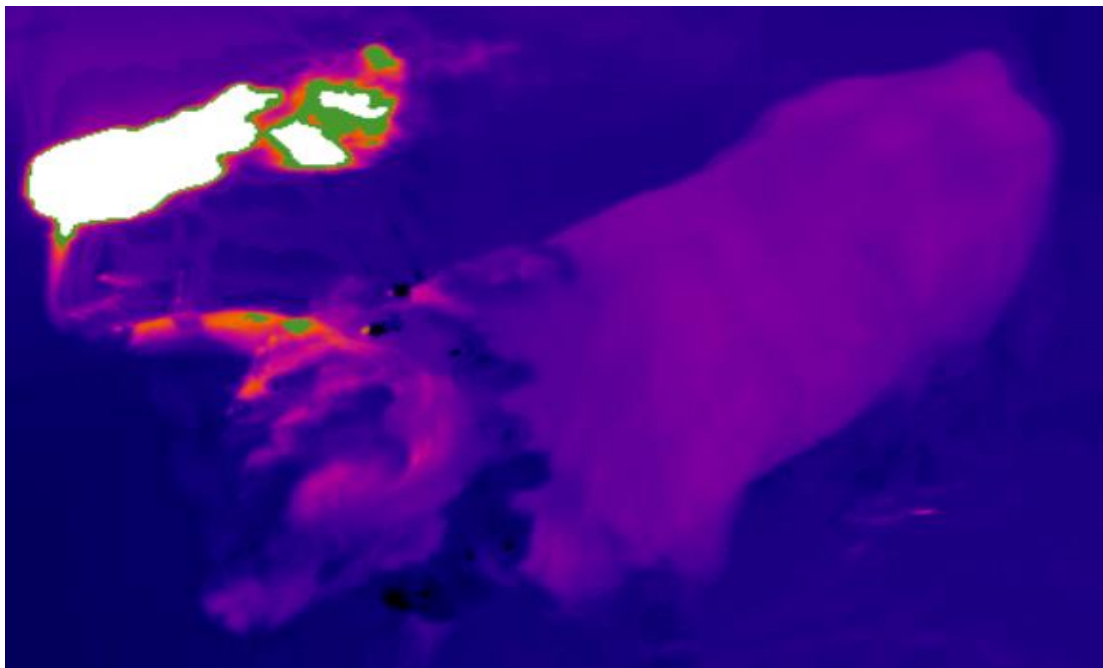
En primera instancia se pueden observar bastantes diferencias y alguna similitud en comparación con el toro embolado en condiciones normales.

Por ejemplo, la ausencia de una bola en llamas no impide que la temperatura máxima de la bola en llamas disminuya. Se mantiene la temperatura máxima en **550°C**, como ocurría en el anterior ensayo.

La diferencia más notoria se halla en la **Tmax**. Esta ya no alcanza el valor de **79.4°C**, sino una bastante inferior. En este ensayo, la **Tmax** es de **67.3°C**.

Tras este estudio, se puede afirmar que la ausencia de una bola en llamas produce un decremento de **12.1°C** debido a la ausencia de la superposición de las radiaciones de ambas bolas. El morrillo del toro solo es alcanzado por la radiación de la única bola en llamas.

Aun así, la temperatura de **67.3°C** es demasiado elevada y sigue siendo potencialmente recomendable el uso de un sistema de protección.



**Figura 21:** Representación térmica del toro embolado en ausencia de una bola en llamas.

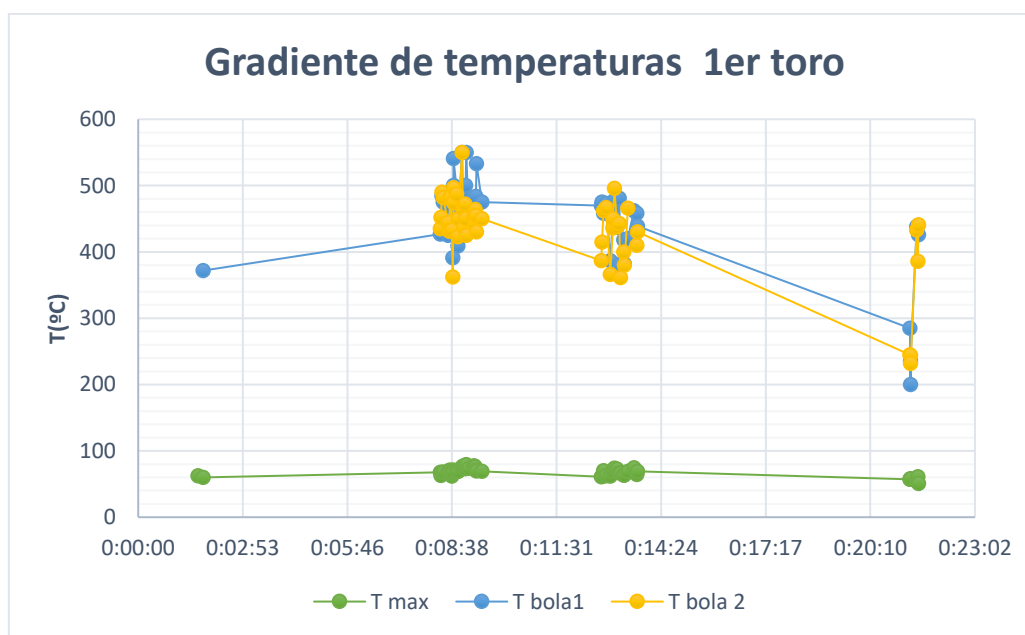
*-Imagen del toro embolado en ausencia de una bola en llamas. El toro fue embolado a las 00:55:17 y la secuencia tuvo lugar a las 00:57:49, a los dos minutos y medio. La temperatura máxima sobre su morrillo es de **61.8°C**, la temperatura máxima de la bola es 447°C.*

## 4.2 Toro embolado de Rubielos de Mora

Las siguientes imágenes que se van a analizar corresponden a la celebración del toro embolado del 16 de agosto de 2018, en Rubielos de Mora. Así pues, se procederá de la misma manera que con el toro embolado de Noguera. Analizaremos varias imágenes, recogiendo datos de temperaturas en diversos instantes para crear las gráficas de Excel. De esta forma, el lector se puede hacer una ligera idea de cómo varían las temperaturas.

Por otra parte, el análisis de este segundo ensayo nos servirá para comparar los resultados con el primero -los dos toros embolados de Noguera- y así poder contrastar más información.

- El análisis del **primer toro** que fue embolado esa noche en Rubielos de Mora nos permite recoger mediante unas gráficas la temperatura de las bolas y el efecto de la radiación sobre el toro:



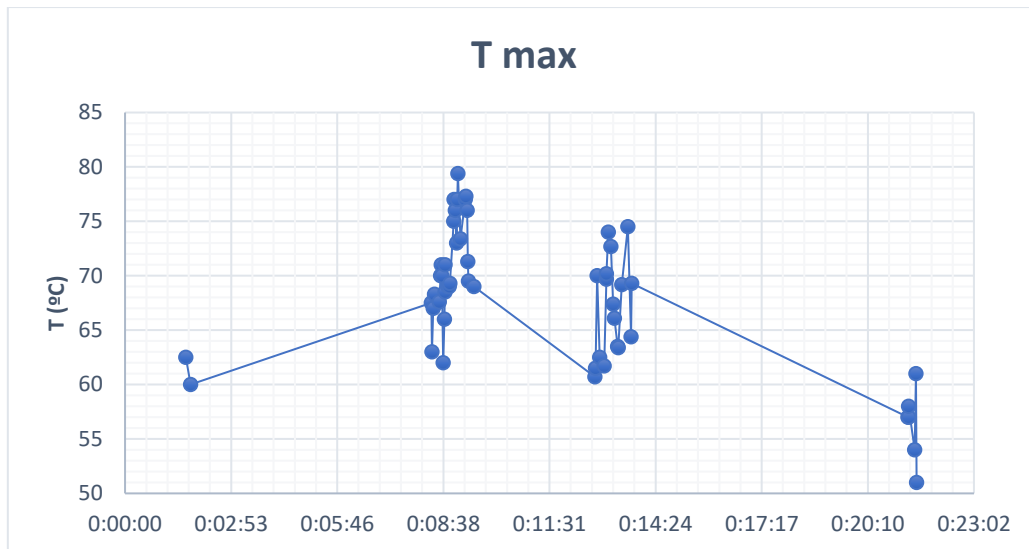
**Figura 22:** Temperaturas del primer toro embolado en Rubielos de Mora.

-**Tbola1** alcanza un valor máximo de 550°C, una temperatura promedio de 443.07°C y una varianza de 4248.465.

- **Tbola2** alcanza un valor máximo de 550°C, una temperatura promedio de 430.73°C y una varianza de 3779.366.

- **Tmax** alcanza un valor máximo de 79.4°C, una temperatura promedio de 67.76°C y una varianza de 40.52816.





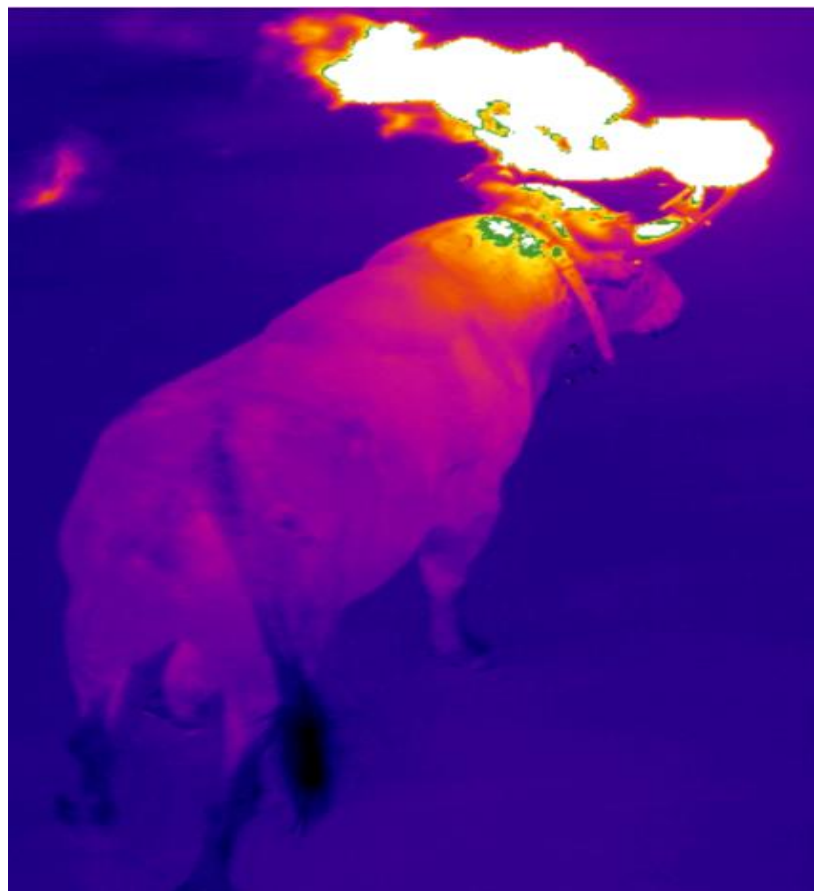
**Figura 23:** Temperatura máxima sobre el primer toro embolado en Rubielos de Mora.

En definitiva, los resultados obtenidos en este evento no divergen mucho de lo que pudimos observar en el toro embolado de Noguera. A continuación, se muestra una imagen del conjunto de secuencias estudiado, donde la temperatura máxima en ese mismo instante es:

-Tbola1 = 393°C

-Tbola2 = 349°C

-Tmax = 71.4°C



**Figura 24:** Representación térmica de las temperaturas en el toro embolado de Rubielos de Mora.

## 4.2.1 Toro Jubillo en Rubielos de Mora

Por último, se estudia un caso totalmente diferente a los vistos hasta ahora. Se trata de una forma diferente de embolar al toro, otra manera diferente de interpretar el toro embolado; el toro Jubillo.

La filosofía del festejo sigue siendo la misma, simplemente se concibe desde un punto de vista distinto. Para entender un poco mejor cómo se celebra el toro Jubillo se recurre a un diario tradicional. Según el diario aragondigital.es: *“las bolas se fabrican también allí durante estos días festivos con los productos que se utilizaban en el pasado, como son, esencia de trementina, pez, cáñamo y resina. Para evitar lesiones en el animal, se le embadurna de barro desde la testuz hasta los cuartos traseros, de esta forma, añade el alcalde, **el toro no sufre quemaduras.**”*[7]

Esto es interesante. Es la única forma de embolar al toro donde parece que se busca la protección del toro ante el fuego. El sistema de protección podría parecer una solución a nuestro caso de estudio en este TFG, pero no se ha podido demostrar la eficacia del barro sobre la tez del toro.

A simple vista, el barro actúa como protector y como se trata de un material refractario, quizás pueda funcionar como protección primaria y arcaica.

*“A continuación y para entrar en el ambiente medieval, se apaga completamente el alumbrado público convencional. Éste se sustituye por tederos que prenden teas de pino colgadas de todos los balcones.*

*El toro sale de los corrales precedido de seis antorchas que anuncian su llegada. A continuación, se embola y se le pone el yuguete. Se le coloca al animal un collar de cascabeles que permite escuchar por dónde se mueve e identificarlo mejor a lo largo del recorrido habilitado para celebrar este antiguo festejo. La res se suelta del pilón donde poco antes se ha embolado y sale con el amarrador, sin cortarle la soga, “algo típico de Rubielos”, comenta Ángel Gracia.*

*Esta actividad se enmarca desde hace 21 años dentro del Fin de Semana Medieval de Rubielos de Mora. Este acontecimiento atrae hasta este municipio a unas 20.000 personas llegadas de distintos lugares de la provincia y también de la comunidad vecina.”*[7]

*Para comprobar si funciona el procedimiento de embadurnar el toro con barro, se va a hacer un último estudio de las temperaturas para un toro jubillo.*

El procedimiento es el que se ha seguido con anterioridad. Se han analizado unas secuencias de un video que tuvo lugar a partir de las 00:49:55 del 23 de agosto de 2018. La duración de las secuencias es de catorce minutos y dieciocho segundos. En definitiva, han sido analizados 53 fotogramas, integrando las temperaturas máximas que nos interesan en una tabla Excel para posteriormente visualizar las gráficas de resultados.

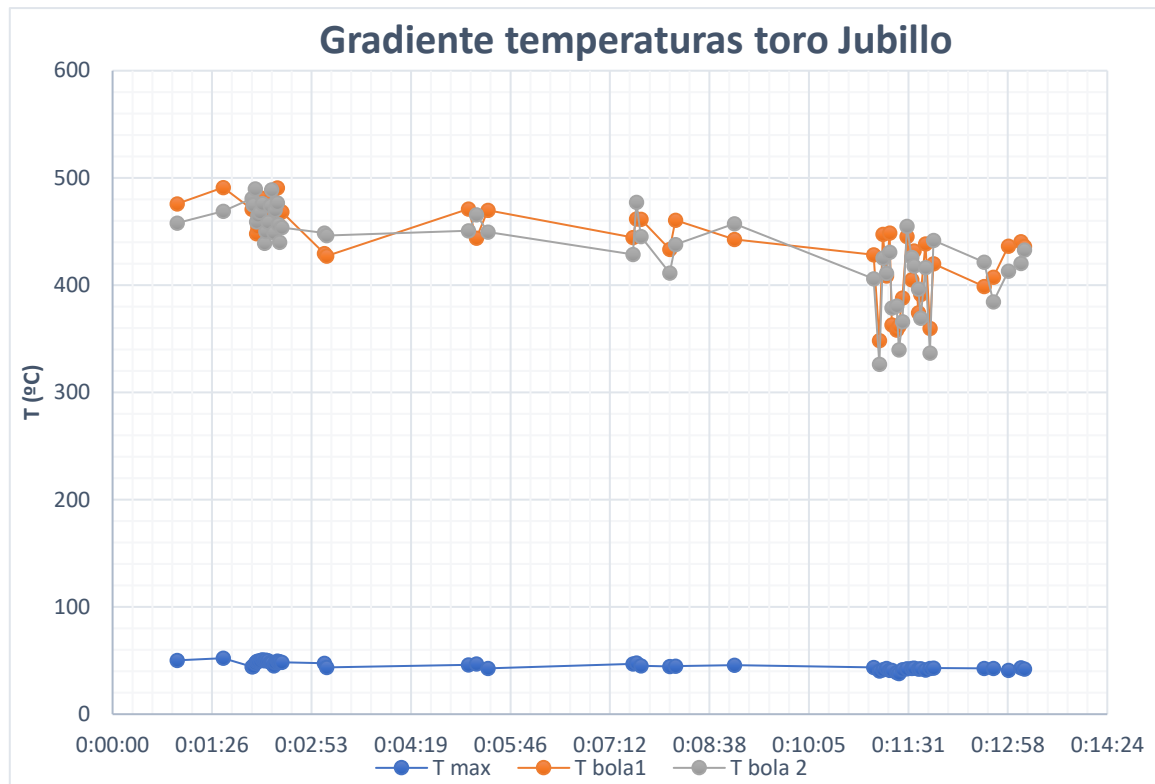


Figura 25: Temperaturas en el toro Jubillo de Rubielos de Mora.

-**Tbola1** alcanza un valor máximo de 491.1°C, una temperatura promedio de 439.11°C y una varianza de 1393,872.

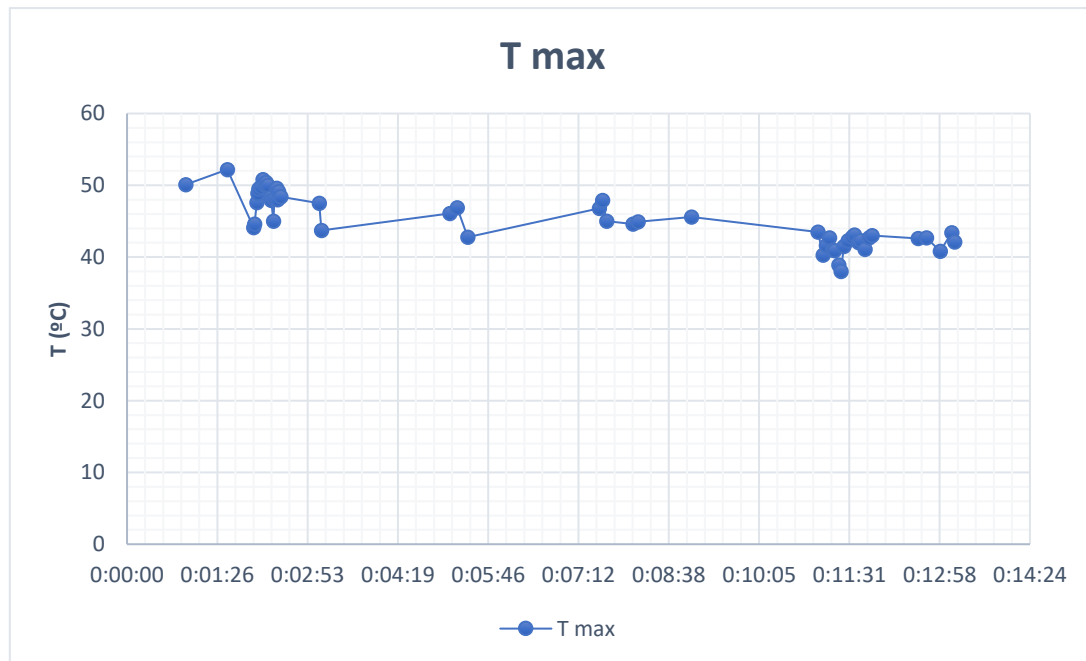
-**Tbola2** alcanza un valor máximo de 490°C, una temperatura promedio de 434.22°C y una varianza de 1539,426.

-**Tmax** alcanza un valor máximo de 52.2°C, una temperatura promedio de 45.16°C y una varianza de 12,33436.

La temperatura de las bolas no supera en ningún momento los **500°C**. Esto es un dato positivo ya que el calor debido a la radiación no será tan elevado como en el caso del toro embolado normal.

Además, como se puede observar, la temperatura máxima registrada sobre el morrillo es de **52.2°C**. La temperatura promedio de **45.16°C** es una aproximación de los valores que el toro experimenta sobre su piel durante el evento.

Un dato bastante llamativo es que la varianza -e implícitamente la desviación típica- alcanza unos valores menores que en los casos de toro embolado tradicional. En apartados posteriores de este TFG se explicará más sobre esto.



**Figura 26:** Temperatura máxima sobre el toro Jubillo de Rubielos de Mora.

Por último, se puede observar en la gráfica como la temperatura máxima sobre el toro va disminuyendo a medida que transcurre el tiempo desde que se encienden las bolas. La temperatura máxima registrada de **52.2°C** es elevada pero no tan dañina como la que experimenta un toro embolado tradicional.

En el siguiente apartado se estudiarán las principales diferencias en los resultados obtenidos en cada análisis, así como las causas de la disminución en la temperatura máxima en las bolas y en el mismo toro cuando es embolado como “toro Jubillo”.

## 5.CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS

Tras el análisis se han obtenido las siguientes conclusiones:

- La forma de transmisión de calor que afecta mayoritariamente a la temperatura máxima alcanzada sobre el toro es la **RADIACIÓN**. Se puede contemplar la transmisión de calor por convección, pero en el estudio de este TFG se considera despreciable frente al efecto que produce la transmisión de calor por radiación.
- El sistema de protección que debemos implementar debe ser efectivo, de forma que refleje la radiación y mantenga la temperatura corporal del toro en sus valores habituales.
- Los resultados obtenidos de las temperaturas máximas en los diferentes pueblos no difieren en gran medida. Las bolas alcanzan una temperatura máxima de **550°C** en condiciones normales -esto es, el toro embolado tradicional-.
- La temperatura máxima sobre el toro depende de diversos factores, entre ellos el viento y la temperatura ambiente. La **Tmax** alcanzada que se ha registrado en estos análisis es de **79.4°C** y se considera totalmente inadmisibile. Se tomará como temperatura de referencia para diseñar los prototipos de sistemas de protección.
- El toro embolado en ausencia de una bola alcanza en su morrillo una temperatura máxima menor. La variación respecto al toro embolado en condiciones normales es **ΔT=12.1°C**. Esto se debe a la ausencia del fenómeno de la superposición de calor de ambas bolas.
- Los resultados obtenidos para el **toro Jubillo** son bastante distintos:

-La temperatura máxima alcanzada es inferior a la obtenida en el toro en C.N. En concreto, se presenta un decremento de  $\Delta T = 67.3 - 52.2 = 15.1^{\circ}\text{C}$  respecto al toro embolado en ausencia de una bola.  $\Delta T = 79.4 - 52.2 = 27.2^{\circ}\text{C}$  para el caso del toro embolado en C.N, una variación de casi 30°C. Este resultado nos indica que esta forma de embolar el toro es mucho menos perjudicial que la forma tradicional.

1. La variación de **27.2°C** se debe, en primer lugar, a la temperatura máxima y promedio que alcanzan las bolas. La temperatura promedio en el toro jubillo para la bola más caliente es **439.11°C**, un valor que no dista en gran medida de lo que obtuvimos en el toro embolado en C.N. La temperatura máxima de las bolas en el toro jubillo es de **491.1°C, 58.9°C** inferior a la que presenta el toro en C.N -toma un valor de **550°C** en este caso-.
2. Los herrajes son diferentes. Como se puede apreciar a continuación en la imagen, las bolas se sitúan más elevadas que en el toro embolado tradicional. La imagen también aporta pruebas de cómo se transmite el calor por conducción a través de los herrajes.
3. El toro jubillo es embadurnado en barro en la parte trasera, donde no existe ningún problema térmico contrastado.

-La imagen que se adjunta corresponde a un instante en el cual el toro se sometía a las temperaturas máximas sobre su morrillo. Como se puede observar, estas temperaturas máximas no alcanzan valores tan altos como se había mostrado en imágenes anteriores de este TFG. Concretamente, los valores de temperatura en el lomo oscilan entre **40 y 55°C**.



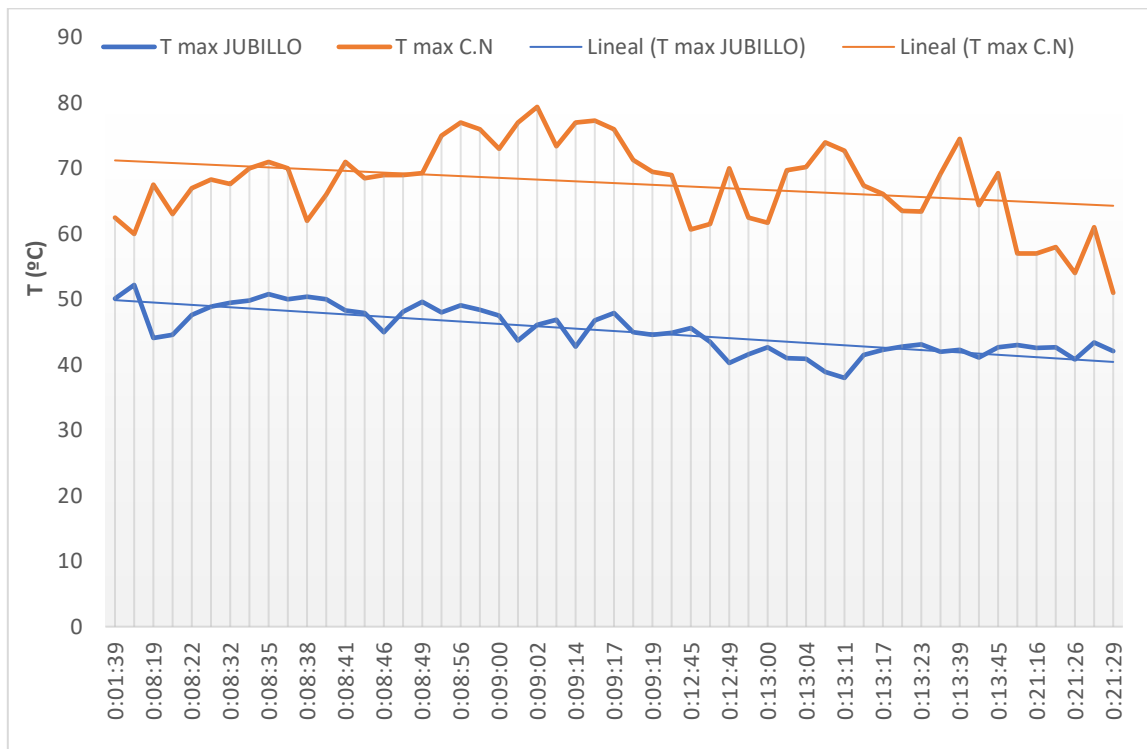
**Figura 27:** Representación térmica de las temperaturas en el toro Jubillo de Rubielos de Mora.

- La dispersión de las muestras de temperaturas en las bolas es elevada. La desviación típica -y por tanto, la varianza- de las muestras presenta valores que constatan una inmensa variabilidad de las temperaturas en todas las secuencias.

La dispersión de las temperaturas en las bolas se debe, en gran parte, a las condiciones climatológicas. Las rachas de viento y la temperatura ambiente pueden producir variaciones en la temperatura superficial. De esta forma, es fácil observar como la temperatura sobre el toro es de **70°C** en un determinado instante y oscila rápidamente a valores mayores o menores.

- Como se puede apreciar a continuación (**Figura 28**), la evolución de las temperaturas sobre el toro en el toro Jubillo es distinta a la que ocurre en el toro embolado tradicional. Lo cierto es que esto es debido al material que se utiliza en cada tipo de toro embolado. En el toro Jubillo, las bolas se fabrican artesanalmente como se hacía en la época medieval, de esta forma a medida que transcurre el tiempo los focos de calor van disminuyendo.

Al disminuir la emisión de radiación, la temperatura **Tmax** disminuye considerablemente. Esto no sucede con el toro embolado tradicional, ya que las bolas se fabrican con materiales que mantienen el foco de calor a la misma temperatura.



**Figura 28:** Gráfica comparativa de temperaturas entre el toro Jubillo y el toro embolado.

-Se puede observar que las temperaturas en cada tipo de toro embolado evolucionan de forma diferente. En la curva naranja, correspondiente al toro embolado en condiciones normales, existen más saltos térmicos observados con la cámara termográfica. La curva azul, perteneciente al toro Jubillo, nos muestra una evolución más suave de las temperaturas.

Lo cierto es que para estudiar más en profundidad la evolución y ver si realmente son diferentes las dos curvas, analizando las líneas de tendencia de cada una se observa un dato curioso. Las ecuaciones de las líneas de tendencia de cada curva son:

- **$y = -0,1815x + 50,062$ .** (Toro Jubillo)
- **$y = -0,1332x + 71,359$ .** (Toro Embolado)

Ambas líneas de tendencia se muestran paralelas a efectos numéricos, lo que nos lleva a concluir que la disminución de las temperaturas con el tiempo se produce de forma muy parecida en ambos casos.

## 6.FASE EXPERIMENTAL DEL PROYECTO

Hasta el momento, hemos obtenido información crucial sobre los efectos del fuego sobre la piel del toro, observando los diferentes casos que se pueden dar y cómo evolucionan las temperaturas en cada uno de ellos.

Este apartado constituye una parte fundamental de este TFG, siendo su principal objetivo obtener las conclusiones pertinentes acerca del comportamiento del fuego sobre el toro embolado.

En esta fase del proyecto, se busca estudiar los efectos que producen las bolas de fuego sobre la piel y sobre un órgano fundamental como es el cerebro. Uno de los objetivos de este trabajo no sólo es proteger la piel del animal frente a quemaduras o temperaturas excesivas, sino también impedir el aumento de temperatura -si se diese- en órganos internos. Un aumento de temperatura anormal en órganos internos en un ser vivo supone una alteración de las funciones fisiológicas. Un ejemplo de ello se da en el hipotálamo. Una de las funciones del hipotálamo consiste en regular la temperatura corporal. El exceso de calor hace que el hipotálamo tenga que trabajar en exceso para adaptarse a la elevada temperatura del exterior y regular la temperatura del organismo. Esto hace que otras funciones se queden desatendidas, al tener que emplear la energía en adaptarse al calor intenso. Como consecuencia, la capacidad de respuesta es más lenta, se pierde capacidad de concentración, se alcanza más fácilmente un estado de fatiga y se produce insomnio. Por otra parte, la exposición a altas temperaturas aumenta el riesgo de deshidratación.

Con todo esto, se pretende realizar un montaje donde se recree la cabeza de un toro, tratando de simular de forma experimental lo que ocurre cuando un toro es embolado. Para ello, se precisa de una serie de materiales que se describen a continuación.

### 6.1 Materiales necesarios para la fase experimental

En esta primera aproximación a la fase experimental, conviene nombrar todos y cada uno de los materiales que son necesarios para la realización del ensayo:

1. Un **recipiente** con capacidad para almacenar, al menos, 2L. Este albergará el líquido que simulará los órganos vitales del toro. Según el Blog "*Sintiendo el toreo*": "*Los datos biométricos que obtiene el Dr. Arroyo dan un peso del encéfalo formolado y limpio de meninges de 422 gramos. El peso del cerebro de un toro es de 338 gramos.*"[8]  
De esta manera, para conseguir una buena aproximación escogeremos un recipiente capaz de alojar más de medio kilo del líquido que se escoja.  
El recipiente que se utilizará en la fase experimental posee un volumen de 5.4L.
2. El líquido que necesitamos para simular los órganos vitales es simplemente **agua**. ¿Por qué agua? Muy sencillo.



Según sabemos acerca del cerebro humano: *“El cerebro está compuesto por más de 70% de agua y controla casi todos los procesos del cuerpo mediante el envío y la recepción de señales eléctricas a través del sistema nervioso.”*[9]

Lo mismo ocurre en el cerebro del resto de seres vivos que conocemos, por lo que asumimos que también es así en un toro.

Si más del 70% del cerebro es agua, podemos considerar cometiendo un pequeño error que el líquido necesario para realizar este experimento es **agua**.

Otro aspecto a tener en cuenta es el siguiente; el agua será el medio necesario para transmitir el calor recibido hacia la superficie del recipiente.

3. Una **placa calefactora**. Como vimos en apartados anteriores, la temperatura de un bovino suele oscilar entre 38°C y 39°C. De esta forma y para conseguir un experimento más realista, hemos de conseguir que la temperatura del agua se mantenga constante. Para que esto suceda, la placa calefactora ha de ser capaz de calentar el agua hasta 39°C y además aportar las pérdidas de calor para que pueda mantenerse constante.  
El objetivo es regular la potencia de forma que se pueda mantener la temperatura sin observar grandes oscilaciones.  
Por último, las pérdidas de calor han de ser de tal forma que la temperatura en el cuero también sea de 39°C.
4. Un **termómetro digital**. Es capaz de detectar inmediatamente las temperaturas y se utilizará para medir la temperatura del cuero en cualquier instante. Como se comentará más adelante, la temperatura en el cuero al inicio del experimento es un factor crucial a tener en consideración, pues depende de esto la temperatura al final del ensayo.
5. Dos **telas de cuero** con forma circular de 0.1017 m<sup>2</sup> cada una -en total, 0.2034m<sup>2</sup>-. El cuero es un material adecuado para recrear la piel del toro y se colocará sobre la tapadera del recipiente metálico, a modo de capa superficial.
6. Dos **cámaras térmicas, dos trípodes y un ordenador portátil**. Es imprescindible grabar la fase experimental para poder elaborar a posteriori el estudio y las conclusiones pertinentes. El procedimiento es el mismo que el observado en las secuencias de Noguera y Rubielos de Mora. Se obtendrán unas nuevas secuencias y las estudiaremos con el programa **THERMACAM Researcher Pro**.  
Con ayuda del ordenador podremos visualizar lo que está ocurriendo en cada instante sobre el cuero.
7. Unos **herrajes y unas bolas especiales** para el toro embolado. Esto es fundamental para el experimento.  
Los herrajes están compuestos de acero forjado y las bolas son un poco más complejas de fabricar. Hay muchas formas de hacerlas, pero normalmente se emplea algodón, estopa u otras telas. Se utilizan ceras, cementinas y un material indispensable; el combustible.  
Finalmente se forra con cáñamo. [Ver ANEXO 1, pág. 84]
8. **Aguarrás**. Las bolas poseen parafinas, petróleo, ceras y otros elementos que le confieren ese carácter tan inflamable y característico. No obstante, para asegurar una buena combustión es necesario rociar las bolas con este producto químico. [Ver ANEXO 2, pág. 84]

9. **Un extintor, una manguera y un trapo.** Son medidas de seguridad, aunque el experimento no sea de alto riesgo, es necesario prevenir cualquier incidente. El trapo se utilizará entre fase y fase del experimento, con el fin de apagar las bolas de forma adecuada.
10. Un **dispositivo móvil** con capacidad de grabar videos y tomar imágenes. Es muy importante para obtener información necesaria acerca de lo que ocurre durante la fase experimental. Por otra parte, en una parte del ensayo se precisa grabar el termómetro digital para observar cambios en la temperatura que se va a analizar sobre el cuero.

## 6.2 Antecedentes a la fase experimental

La primera parte del ensayo es quizás una de las más importantes y complejas. Nuestro objetivo principal es lograr alcanzar **39°C** sobre el cuero y mantener esa temperatura de forma permanente. Esto es posible regulando la potencia de la placa calefactora en todo momento hasta que observemos que en cierto instante la temperatura no varía.

A continuación, se detalla paso por paso cómo logramos conseguirlo:

En primer lugar, escogimos un lugar al aire libre donde había sombra y una temperatura ambiente inicial de **25°C**. Conectamos la placa a una toma de corriente y regulamos la potencia al máximo, es decir, a 1500W. Seguidamente, colocamos encima de la placa el recipiente metálico con 2L de agua en su interior. El cuero también estaba sobre la placa, listo para comenzar a analizar temperaturas mediante las cámaras.

Con el transcurso del tiempo, observamos como a máxima potencia, el agua en su interior comenzaba a calentarse y con ella, también el cuero. Conforme aumentaba la temperatura, regulamos la potencia disminuyéndola para evitar que aumentara demasiado la temperatura. Aun así, las imágenes mostraron como el cuero llegó a alcanzar **56°C**. Esto se alejaba mucho de nuestro principal objetivo, pues queríamos mantener la superficie a **39°C**.

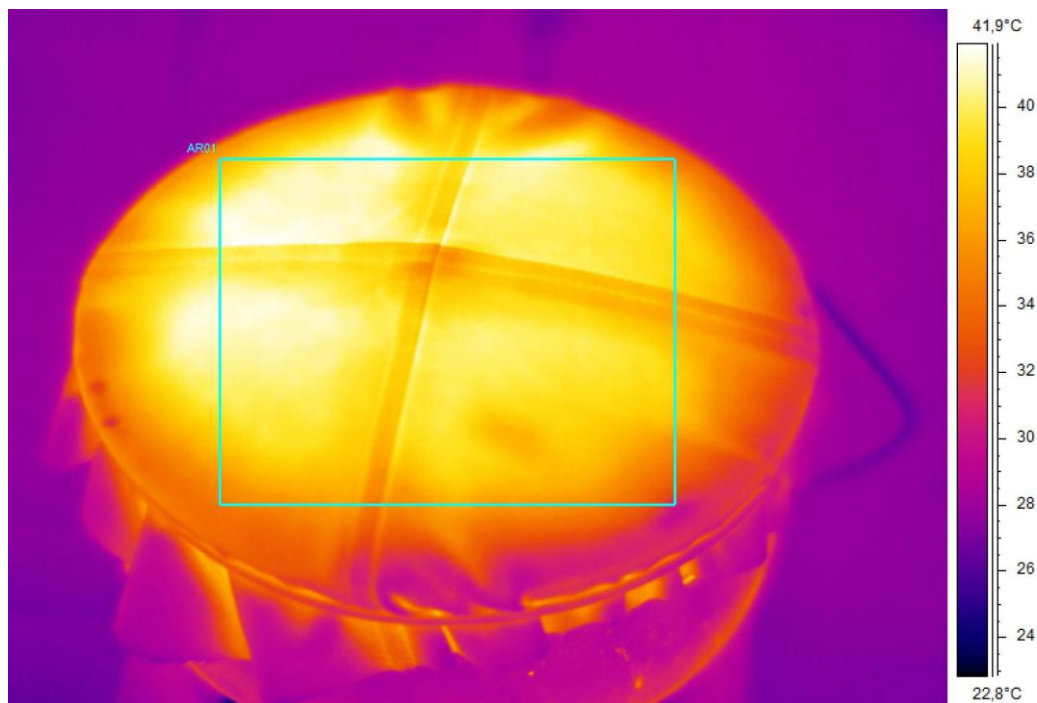
Pusimos el cabezal de regulación de la placa a mínima potencia y esperamos a que disminuyera la temperatura. No funcionó muy bien al principio ya que, debido al aislamiento del recipiente y las condiciones meteorológicas, las temperaturas oscilaban pero no conseguían disminuir de forma considerable. La temperatura exterior en ese instante ya alcanzaba los **28°C** por lo que se complicaba el experimento. Las rachas de viento también influían a la hora de observar las temperaturas.

Finalmente, cuando la temperatura promedio observada en el ordenador era de 39°C sobre el cuero, quedaba un último paso: conseguir establecer la potencia de la placa suministradora de calor en un nivel que mantuviese la temperatura constante.

Pudimos observar cómo, estando la potencia al mínimo de su capacidad, la temperatura sobre el cuero se mantuvo de forma estacionaria en **39°C**, aceptando un error de oscilación de **+/- 2°C**.

Una vez la temperatura promedio fuese de **39°C** de forma permanente, ya se daban las condiciones indispensables para poder comenzar el experimento. Es así la manera correcta de poder estimar la temperatura final de la piel después de haber encendido las bolas, al igual que ocurre durante un toro embolado.

- Se adjunta al pie de página una imagen donde se puede observar la superficie de cuero captada por la cámara térmica. En esta instantánea, se ha creado una superficie rectangular **AR01** mediante el programa **THERMACAM RESEARCHER PRO** para estudiar las temperaturas en su interior. El programa calcula las temperaturas de todos y cada uno de los puntos interiores y establece una temperatura promedio: **39.1°C**. Este fue el momento anterior al encendido de las bolas para proceder con el ensayo.



Label	Value [°C]	Min	Max	Max - Min	Avg	Stdev
Image		18,3	42,1	23,8		
AR01		30,6	42,1	11,5	39,1	1,6

**Figura 29:** Gradiente de temperaturas sobre el recipiente observado mediante la cámara térmica.

## 6.3 Desarrollo del ensayo

Una vez hemos conseguido alcanzar el estado estacionario sobre la piel de cuero -la temperatura de **39°C** es constante y uniforme- puede darse paso al desarrollo del ensayo.

La instalación experimental se puede observar a continuación.

Las cámaras fueron colocadas prudentemente y protegidas con pantallas reflectantes para reflejar la radiación del fuego.

Las bolas colocadas en los herrajes de acero forjado se situaron a una distancia de 55 cm del suelo y 60 cm entre ellas. Por norma, las peñas taurinas han establecido que la distancia mínima entre la bola y el canto de cada herraje ha de ser 15 cm. Estos herrajes cumplían esta norma.

Cada una de las cámaras tenía una función diferente. La primera -**CÁMARA 1**- y más cercana al ordenador, se encargaba de analizar las temperaturas promedio y grababa todos los instantes de tiempo. La segunda -**CÁMARA 2**-, obtenía una estimación de temperatura en un punto determinado cada cierto instante de



*Figura 30: Imagen de la instalación experimental.*

La placa se situó en el espacio existente entre los herrajes, concretamente a 10 cm de distancia del eje imaginario que une los centros de ambas bolas.

Todos los dispositivos que precisaban de toma de alimentación a 220V fueron conectados a la red mediante un alargador, para evitar acercar la instalación a un lugar donde hubiese riesgo de incendio.

Las condiciones ambientales debían ser las correctas, es decir, poca intensidad de viento y temperatura exterior adecuada. La temperatura en ese momento no sobrepasó de **30°C** y las rachas de viento no eran demasiado elevadas. Se decidió situar la instalación experimental en un lugar con sombra para evitar posibles efectos de la radiación solar directa sobre las imágenes que tomaban las cámaras.

El recipiente, como se ha comentado en los antecedentes, se situó sobre la placa calefactora. Este estaba bien sellado y cubierto por la piel de cuero. Una vez las cámaras detectaron la temperatura promedio

constante sobre el cuero, realizamos la fase experimental con la correspondiente toma de datos para posteriormente analizarlos.

- En primer lugar, pusimos la **CÁMARA 1** a grabar justo en el instante en que detectamos que la superficie ya promediaba **39°C**. Justo a partir de ese momento, rociamos ambas bolas con aguarrás para mejorar la combustión y las encendimos.



**Figura 31:** Bolas en llamas. Fase experimental.

Mediante el ordenador pudimos apreciar un claro aumento de las temperaturas máximas y la temperatura promedio en todo el recipiente.

A continuación, vamos a realizar un análisis exhaustivo de las temperaturas que se dan sobre el cuero. En concreto, se van a establecer diferentes zonas de estudio sobre el recipiente para observar su evolución.

En primer lugar, dibujamos una superficie rectangular conocida como **AR02**. Esta zona abarca la gran mayoría de la superficie de la piel y nos da información acerca de las temperaturas máximas y promedio que ocurren dentro de ella.

En segundo lugar, establecemos un punto **SP01** de forma aleatoria. Obtendremos gráficamente la evolución de su temperatura. [Ver ANEXO 3, pág. 85]

Para elaborar un análisis de esta fase experimental, se realizarán dos representaciones gráficas. En la primera de ellas, observaremos cómo evoluciona la temperatura promedio de la superficie **AR02** (**T<sub>prom\_exp</sub>**) junto con la temperatura máxima (**T<sub>max\_exp</sub>**). Finalmente, se obtendrán las conclusiones pertinentes y se compararán los resultados con los que obtuvimos en el análisis de las secuencias en Noguera y Rubielos de Mora.

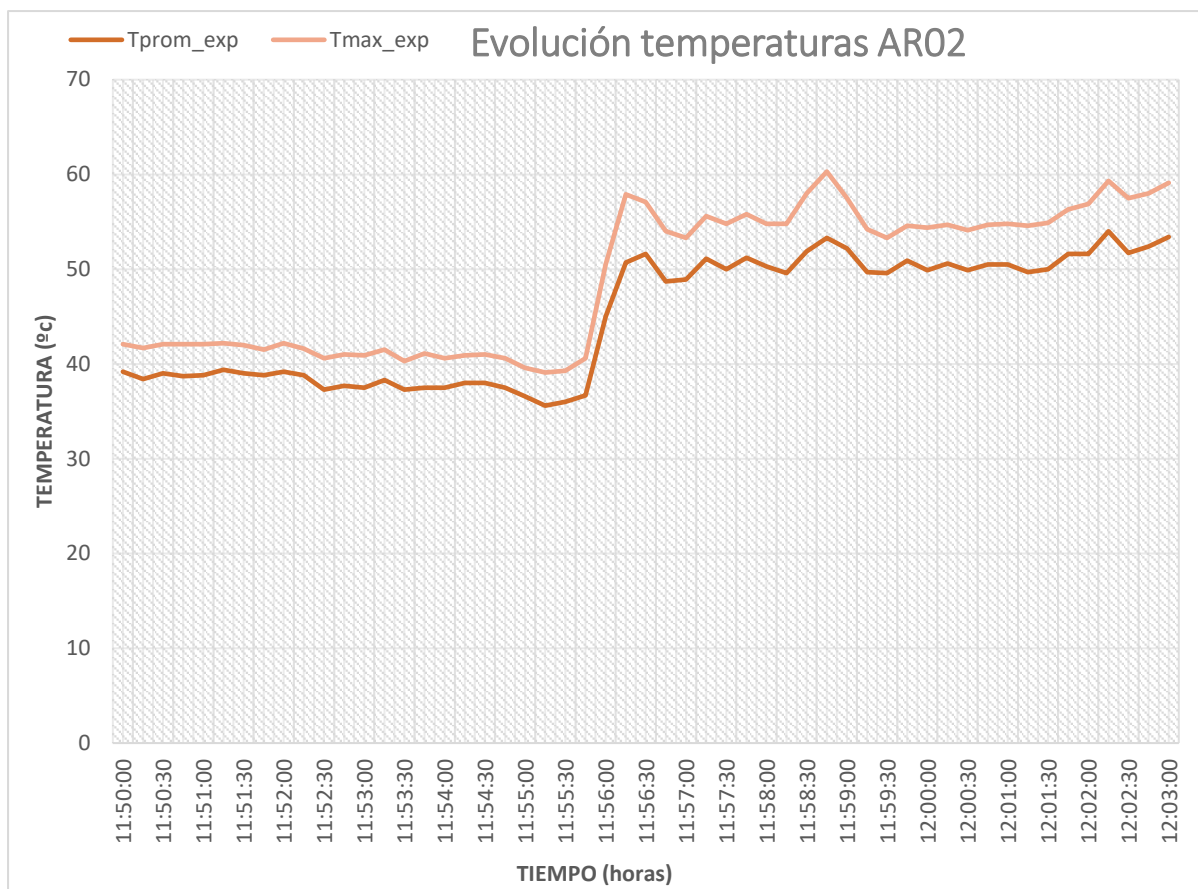


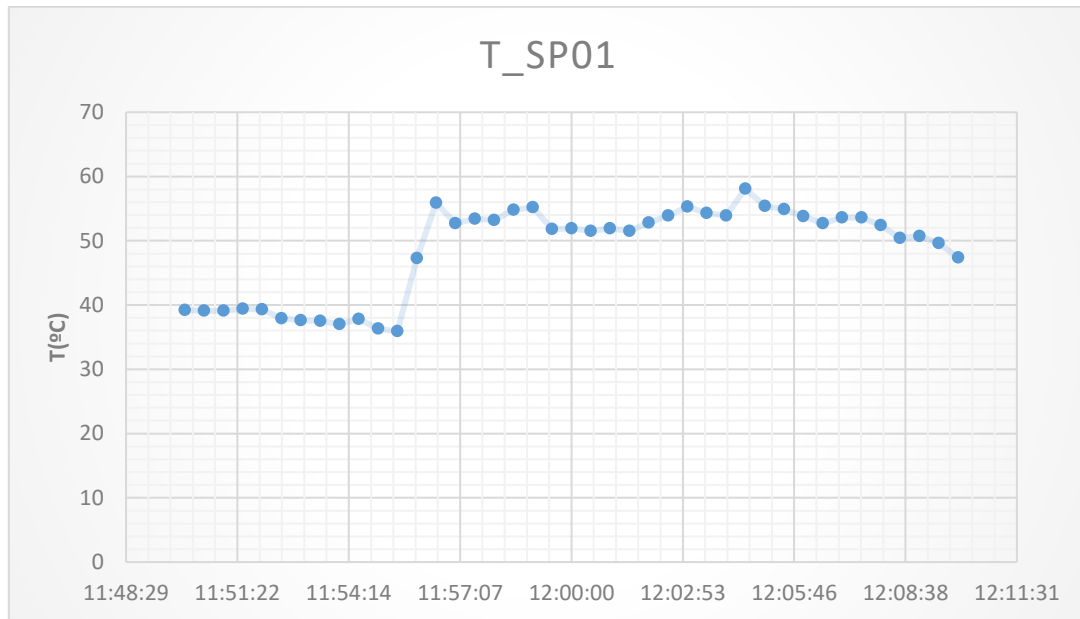
Figura 32: Evolución de las temperaturas en la superficie rectangular AR02.

Como se puede observar en la gráfica correspondiente a la evolución de la superficie **AR02**, el ensayo tuvo lugar aproximadamente a las 11:50 del viernes 14 de junio de 2019. A través de la evolución de la gráfica, se puede afirmar lo siguiente:

- Las temperaturas disminuyen desde el comienzo del experimento hasta instantes anteriores a la hora 11:56:00. Es a partir de ese momento cuando se observa un claro aumento repentino de las temperaturas promedio y máxima.  
**Tprom\_exp** alcanza el valor de **45°C**, es decir, un aumento de **8.3°C** respecto a la anterior muestra. **Tmax\_exp** toma un valor de **50.5°C**, lo que significa que experimentó una subida de 9.9 puntos en el eje de ordenadas. Si comparamos esto que ocurre con las demás muestras, es a partir de la hora 11:56:00 cuando se aprecia un cambio tan brusco en las temperaturas. *Se puede concluir de esta manera que fue justo en ese instante cuando se prendieron ambas bolas.*
- La evolución de ambas temperaturas se muestra en aumento debido a la radiación de las bolas en llamas. Se puede observar también como se producen cambios bruscos en las temperaturas, debido probablemente a un soplo de viento que hizo aumentar la incidencia de radiación sobre el cuero.
- La temperatura **Tprom\_exp** más elevada tuvo lugar en el instante 12:04:30 y fue de **55.6°C**.

**Tmax\_exp** alcanzó su máximo absoluto también en el momento 12:04:30 siendo de **62°C**.

- La **temperatura ambiente** durante el transcurso del experimento era de **30°C**. Esto junto con la radiación directa y difusa del sol, podían alterar las imágenes captadas por las cámaras introduciendo pequeños errores.
- Las muestras fueron tomadas en intervalos de 15 segundos.



**Figura 33:** Evolución de la temperatura sobre el punto SP01.

En la gráfica referida a la evolución de las temperaturas en el punto **SP01** sobre el cuero, podemos observar una tendencia casi exacta a la que hemos estudiado con la superficie **AR02**.

Se produce un aumento brusco de temperatura en la hora 11:56:00. Concretamente, una subida de **11.4 puntos** en el eje de ordenadas (**T\_SP01 = 47.3°C** en ese instante respecto a **35.9°C** en la muestra anterior).

- La temperatura máxima se da en el instante 12:04:30 y es de **T\_SP01\_máx = 58.1°C**. Se trata de una temperatura **19.1°C** superior a la temperatura corporal del toro, por lo que asumimos que no es admisible en ningún caso.
- La duración de las secuencias es de 20 minutos, tiempo suficiente para observar dos descensos de temperatura sobre el cuero. En el primer descenso se da un mínimo absoluto, donde **T\_SP01 = 35.9°C**. El último descenso es debido al decremento de energía emitida por las bolas con el transcurso del tiempo, de esta manera también se puede observar el momento justo donde la temperatura sobre el cuero comienza a disminuir (instante 12:04:30).

## 6.4 Conclusiones

Los resultados obtenidos en este ensayo deben compararse con los resultados que se obtuvieron en las secuencias de Noguerales y Rubielos de Mora. Se trata de una comparación en condiciones diferentes, pues en los pueblos se tomaron imágenes de un toro embolado y en el ensayo experimental se hizo una simulación.

En primer lugar, las condiciones climáticas son bien distintas en las diferentes secuencias.

- Las secuencias de ambos pueblos fueron grabadas por la noche, concretamente cerca de las 00.00. Esto condiciona los efectos del fuego observados sobre el toro. La ausencia de sol -y por lo tanto, de radiación directa- implica que en la cámara térmica sólo se observan gradientes de temperatura debidos al calor producido por el fuego. Por otra parte, un factor condicionante es el movimiento del toro. En el toro embolado, como es habitual, el toro corre, embiste, salta etc. Esto conlleva que las llamas de fuego se desplacen y puedan producir aumentos o disminuciones de la temperatura máxima sobre el morrillo del toro.
- En las secuencias obtenidas en la **fase experimental** ocurre algo diferente. La instalación se mantiene inmóvil durante todo el ensayo, por lo que no existen desviaciones en las llamas debidas al movimiento. Únicamente existen desviaciones en las llamas debido al viento.

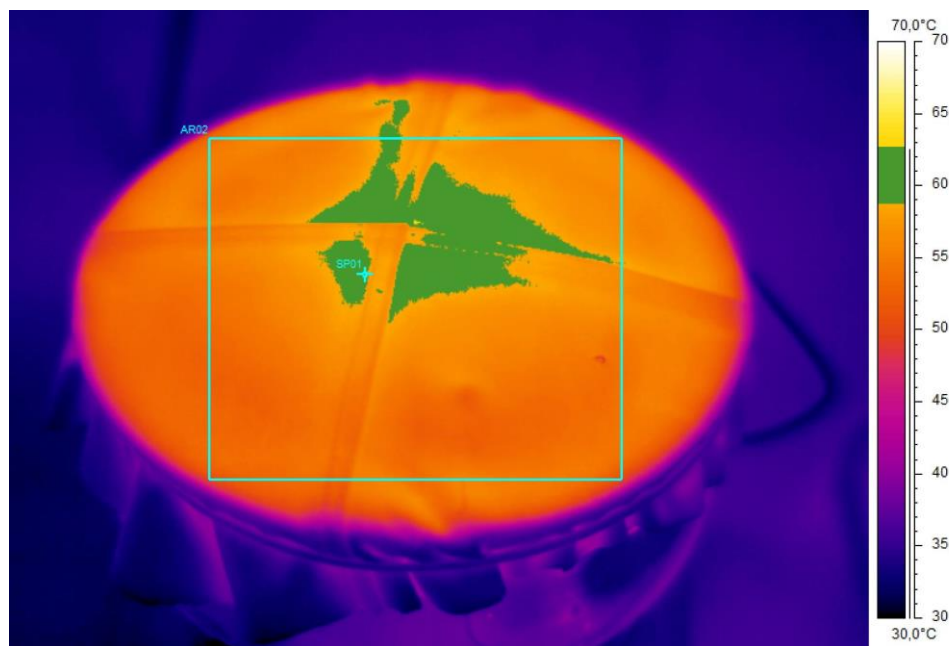


**Figura 34:** Instalación experimental. Recipiente expuesto a la radiación de los focos de calor.

- Cada toro es embolado de manera distinta, es decir, no todos están bajo las mismas condiciones. Depende de la peña taurina la posición a la que se encuentran las bolas. Como es evidente, cuanto más distancia separe las bolas de la cabeza, menos afectará la radiación y por lo tanto, la temperatura máxima sobre el toro disminuirá.



- Tal y como se comentó en el apartado 4 “Análisis de las secuencias disponibles”, la superposición del calor de ambas bolas origina la máxima temperatura justo en el centro de la superficie que se esté estudiando. En el caso de las secuencias de los pueblos, se pudo comprobar cómo las temperaturas más elevadas ocurrían en el centro del morrillo. Si observamos lo que sucede en la superficie del recipiente, podemos afirmar que sucede lo mismo. Mediante la herramienta “Add isotherm” de **THERMACAM RESEARCHER PRO**, añadimos un intervalo de 4°C entre **59°C** y **63°C**. De esta forma, cuando se den temperaturas comprendidas en ese intervalo aparecerá el color verde en esa zona.

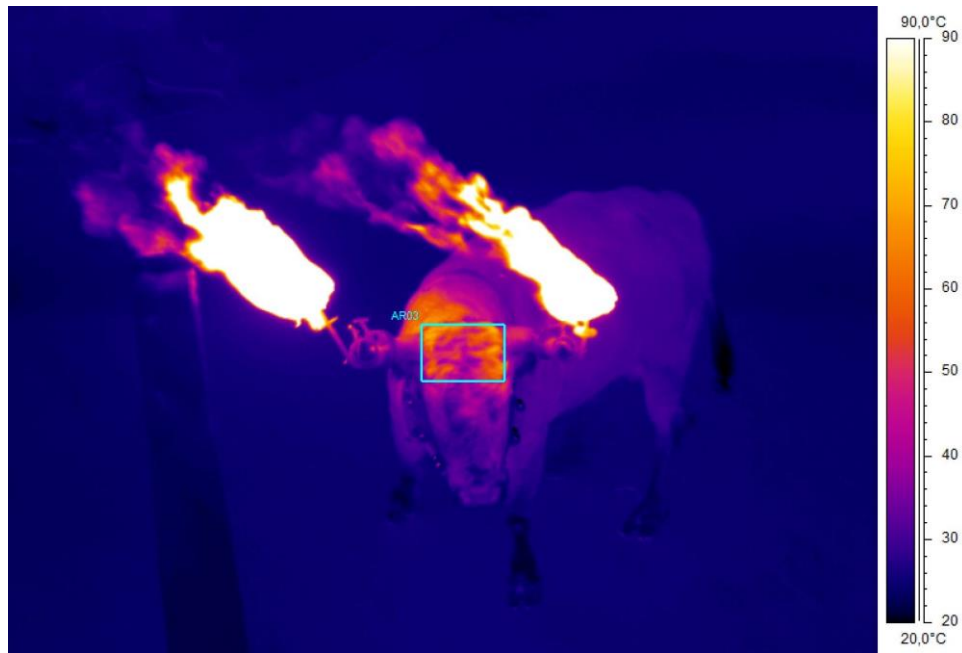


Label	Value [°C]	Min	Max	Max - Min	Avg
Image		11,3	62,2	50,8	
AR02		47,7	62,2	14,4	55,8

**Figura 35:** Isoterma sobre la superficie del recipiente.

- Si analizamos el área interior de la superficie rectangular en la imagen superior (**AR02**), podemos comprobar que la temperatura promedio es de **55.8°C**. La temperatura máxima es de **62.2°C**. Ahora, tomaremos una imagen de las secuencias del toro embolado de Rubielos de Mora. En la imagen, se creará un área rectangular **AR03** para estudiar las temperaturas que se dan en su interior. Como se puede observar en la fotografía **Figura 35**, en el área **AR03** la temperatura promedio es de **52.5°C**. Un dato muy interesante pues es un valor muy cercano al que se ha obtenido en la fase experimental. La temperatura máxima en este caso sí que es superior a la que observamos en la imagen de la fase experimental. Esto puede explicarse de muchas maneras, ya que como se ha explicado con anterioridad, no todas las bolas se ubican en el mismo lugar para todos los toros

embolados, ni tampoco están hechas de la misma composición, por lo que la energía emitida puede variar y con ella, la temperatura máxima.



Label	Value [°C]	Min	Max	Max - Min	Avg
Image		10,5	490,7	480,2	
AR03		32,6	73,0	40,4	52,5

**Figura 36:** Superficie rectangular AR03 para el estudio de temperaturas promedio.

- Para estudiar más en profundidad las diferencias en las temperaturas máximas de las secuencias de los pueblos y la fase experimental, utilizaremos los datos de las temperaturas del toro embolado de Rubielos de Mora y los gráficos de Excel que obtuvimos para todas las secuencias.

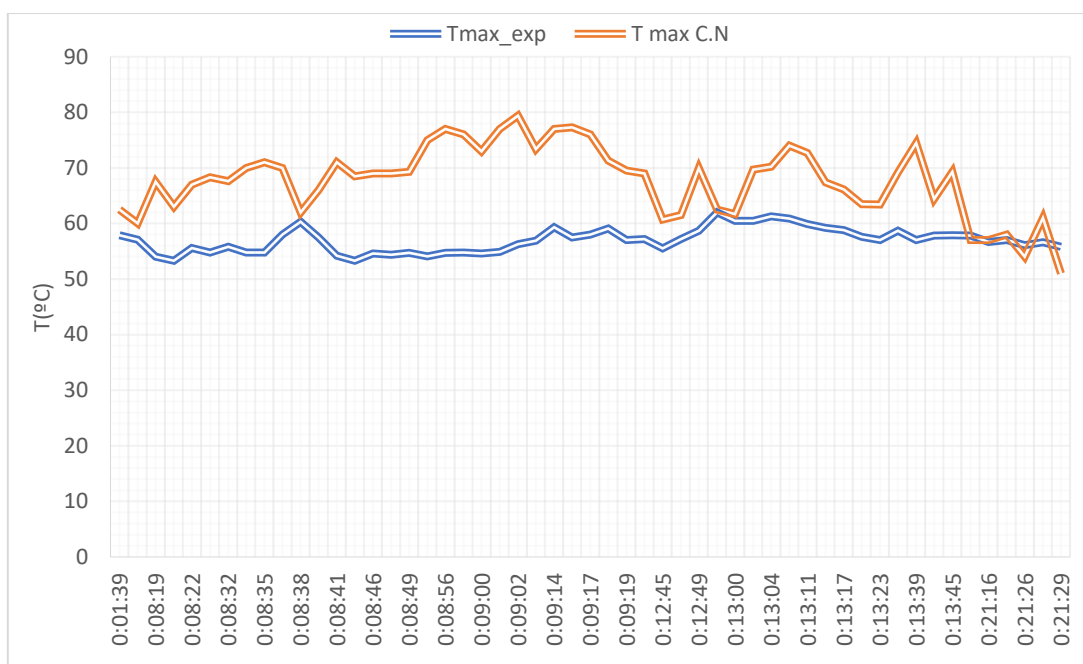


Figura 37: Gráfica comparativa entre Tmax\_exp y T\_max C.N.

En una primera aproximación, la temperatura máxima se da en el toro embolado de Rubielos de Mora, siendo esta temperatura **79.4°C**. La temperatura máxima observada en la fase experimental es de **62°C**.

Esta diferencia de temperaturas máximas es notoria, pero ambas son perjudiciales para la piel del toro.

Un dato muy interesante es el siguiente. La evolución de ambas curvas es diferente. La curva correspondiente a **Tmax\_exp** no presenta grandes oscilaciones en cuanto a temperatura en su evolución con el tiempo. Por el contrario, la curva correspondiente a **Tmax C.N** presenta saltos de temperatura de hasta **15°C**. Esto tiene efectos más perjudiciales ya que los saltos térmicos en un corto intervalo de tiempo afectan de peor forma a la sensación térmica que percibe el animal.

Mediante estas curvas se puede observar la influencia de las condiciones de cada ensayo. La fase experimental se produjo bajo condiciones de poco viento y baja influencia de la radiación directa del sol. Por lo tanto, la línea de tendencia de la curva representativa de la evolución de las temperaturas se muestra menos abrupta que en el caso del toro embolado.

Además, la constitución de las bolas es un factor clave. Depende de esto que unas bolas aporten más o menor calor que otras. Esto, a su vez, influye en las temperaturas sobre el toro.

- A pesar de haber obtenido temperaturas máximas con valores por debajo de las obtenidas en las secuencias de los pueblos, siguen siendo elevadas e inadmisibles para la integridad física del toro.

La variación de temperatura máxima dada en la fase experimental es de  $\Delta T = 62^{\circ}\text{C} - 39^{\circ}\text{C} = 23^{\circ}\text{C}$ . Este aumento de temperatura es perjudicial para el animal, por lo que se comprueba finalmente que la fase experimental también es una prueba irrefutable de la necesidad de protección de la piel del toro embolado.

- La temperatura promedio **T<sub>prom\_exp</sub>** ronda los **50°C**. Esta es realmente la sensación térmica que experimentan estos animales mientras son embolados. Finalmente, se sigue comprobando mediante la fase experimental que es necesario crear un sistema de protección para el toro embolado. Uno de los objetivos fundamentales de la fase experimental era comprobar de manera práctica si lo que ocurría en Noguera y Rubielos de Mora podía evidenciarse experimentalmente.
- Una vez desarrollado el ensayo y las pruebas pertinentes, sí se puede afirmar que para cualquier toro que es embolado en circunstancias semejantes a las que hemos estudiado en este TFG, las temperaturas en la cabeza y el morrillo del toro no son aceptables. De esta manera, podemos afirmar definitivamente que es necesario diseñar un sistema de protección adecuado para disminuir, al menos, **20°C** la temperatura en la piel del toro. En el siguiente apartado se utilizará la instalación experimental empleada hasta el momento, para probar la eficacia de distintos materiales en cuanto a la protección contra el fuego. Entre los diferentes prototipos, se escogerá finalmente aquel que sea más adecuado para ser portado por el animal durante los festejos.

## 7. PRUEBAS CON DIVERSOS PROTOTIPOS

En este apartado se persigue encontrar una solución viable para el principal objetivo de este TFG: crear un sistema de protección que sea capaz de mantener la temperatura corporal del toro.

Se pretende analizar la eficacia de 3 distintos tipos de materiales, con diferentes grosores y composiciones. Para poder determinar el material idóneo para la realización del sistema de protección, se van a poner a prueba los 3 materiales.

La idea principal es proteger el recipiente que utilizamos en la fase experimental con cada material y observar cuáles son los efectos. Para ver cómo son los resultados en cada experimento, se colocará un termómetro digital sobre la piel para ver cómo se muestra la evolución de temperaturas cuando se protege con cada material [Ver ANEXO 4, pág. 85]. Será muy importante determinar qué material consigue mantener la temperatura del termómetro en un valor más cercano a la temperatura inicial. Aquel material que mejor se adapte a los requerimientos necesarios para elaborar el sistema de protección será el elegido. El sistema de protección debería ser:

1. **Dúctil.**
2. **Maleable.**
3. **Ligero.**
4. **Estéticamente aceptable.**
5. **Mecánicamente resistente.**

Hay que tener en cuenta que el toro es un animal muy fuerte y suele embestir cuando es embolado. Esto pone unas limitaciones en cuanto a la morfología del sistema y el material a elegir. No es adecuado escoger un material demasiado rígido o pesado, ya que lastimaría al animal en una fuerte embestida.

Los materiales que vamos a poner a prueba son el aislante térmico reflectante, la chapa de aluminio galvanizada y el papel de aluminio. Se darán detalles acerca del tamaño de cada prototipo, así como de su respuesta a las altas temperaturas ocasionadas por las bolas de fuego.

Para el análisis de los resultados de estos ensayos, consideraremos la temperatura máxima que se obtiene sobre la piel del toro como:

$$T_{\text{máxW}} = T_{\text{corp}} + \Delta T_x$$

-  $T_{\text{máxW}}$  es la temperatura máxima a la que se sometería la piel del toro, por lo que  $W=[1,3]$ .  $T_{\text{máx1}}$  será la correspondiente al ensayo con aislante térmico reflectante,  $T_{\text{máx2}}$  correspondiente al ensayo con chapa de aluminio galvanizada y  $T_{\text{máx3}}$  correspondiente al ensayo con papel de aluminio.

-  $T_{\text{corp}}$  corresponde con la temperatura corporal del toro, **39°C**.

-  $\Delta T_x$  es la variación de temperatura máxima sobre el cuero.  $\Delta T_x = T_{\text{estX}} - T_{\text{iniX}}$ , siendo  $T_{\text{ini}}$  la temperatura inicial del cuero y  $T_{\text{est}}$  la temperatura máxima que detecta el termómetro sobre el cuero.

## 7.1 Ensayo con aislante térmico reflectante

El primero de los materiales que vamos a estudiar es el aislante térmico reflectante de **3 mm** de grosor. Se trata de un material especializado en reflejar la radiación incidente y disminuir la temperatura. El aislante está constituido por caucho. La capa superficial es una fina base de papel de aluminio brillante, muy eficaz a la hora de reflejar la radiación.

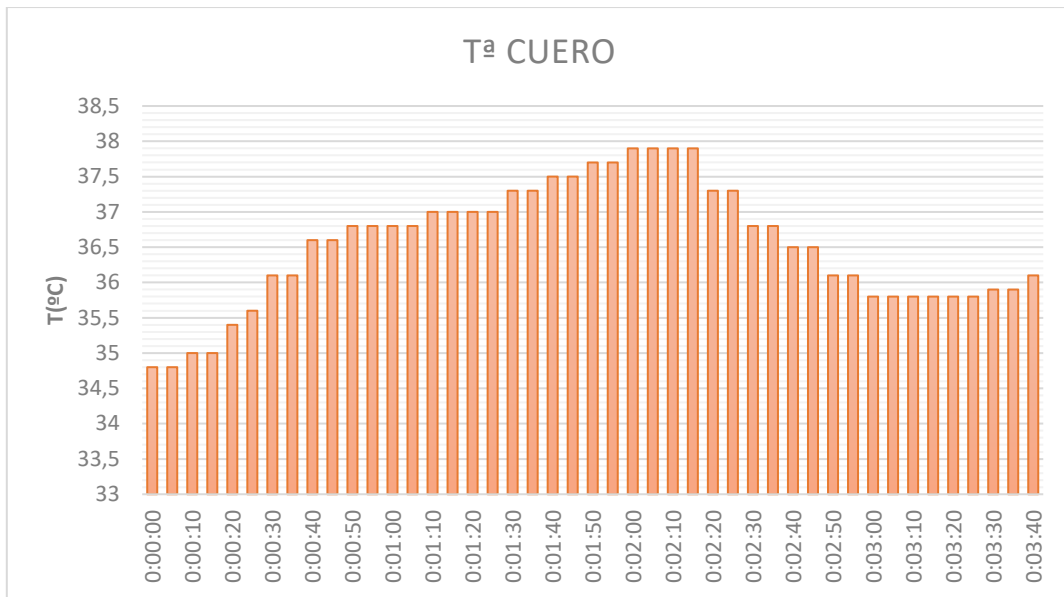
La densidad de este material es de **1.04 g/cm<sup>3</sup>**, se trata de un material muy ligero y maleable. Para este ensayo se utilizó una superficie de **60cm x 30cm**.

El ensayo se llevó a cabo aprovechando la instalación experimental que había sido utilizada. Se prendieron las bolas y se puso a grabar el dispositivo móvil, enfocando en primer plano el termómetro para observar cómo eran los cambios en la temperatura de la piel. Como se ha comentado con anterioridad, el termómetro se colocó sobre la superficie del recipiente.



**Figura 38:** Pantalla de protección de aislante térmico reflectante.

Una vez se comenzó a grabar, el termómetro y las bolas ya estaban prendidas, todo estaba preparado para ir tomando datos acerca de lo que sucedía. La mejor forma de apreciar los cambios en la temperatura de la piel *-con el aislante térmico reflectante como protección-* es integrando una gráfica de Excel con los resultados obtenidos.



**Figura 39:** Evolución de las temperaturas sobre el cuero con pantalla de aislante térmico.

Vamos a comentar el gráfico de barras que recoge los datos de temperaturas durante cinco minutos. Las muestras fueron tomadas en intervalos de tiempo de 5 segundos.

La temperatura inicial sobre el cuero es de  **$T_{ini1}=34.8^{\circ}\text{C}$** .

Podemos observar un aumento exponencial de las temperaturas a partir del minuto 01:20, por lo que se puede deducir que el fuego ya estaba actuando sobre la superficie de la capa de protección.

El dato muy importante que debemos extraer de esta gráfica es la variación de temperaturas que existe desde el inicio hasta el final. Consideremos la temperatura inicial  **$T_{ini1}= 34.8^{\circ}\text{C}$**  como la temperatura corporal del toro. A partir del minuto 02:00 el termómetro detecta temperaturas sobre el cuero de  **$T_{est1}= 37.9^{\circ}\text{C}$** . Finalmente, las temperaturas vuelven a estabilizarse ahora sobre  **$36^{\circ}\text{C}$** . Esto supone un aumento máximo sobre la piel del toro de  **$\Delta T_1= 3.1^{\circ}\text{C}$** .

En resumidas cuentas, en modo permanente, la temperatura se mantiene entorno a los  **$36^{\circ}\text{C}$** .

Una vez se apagan las bolas, comprobamos como la temperatura vuelve a su estado origen,  **$34.8^{\circ}\text{C}$** , siendo esta última variación de  **$\Delta T_1= 1.2^{\circ}\text{C}$** .

En definitiva, en estado estacionario, el aislante térmico reflectante debería mantener la piel del toro en el peor de los casos en  **$T_{máx1}= 39^{\circ}\text{C} + 3.1^{\circ}\text{C} = 42.1^{\circ}\text{C}$**  en un ensayo real en las mismas condiciones en las que se ha dado la fase experimental.

Se puede asumir también que, este material como sistema de protección, debe mantener la temperatura corporal -como máximo- a  **$T_{máx1}= 42.1^{\circ}\text{C}$**  cuando un toro es embolado.

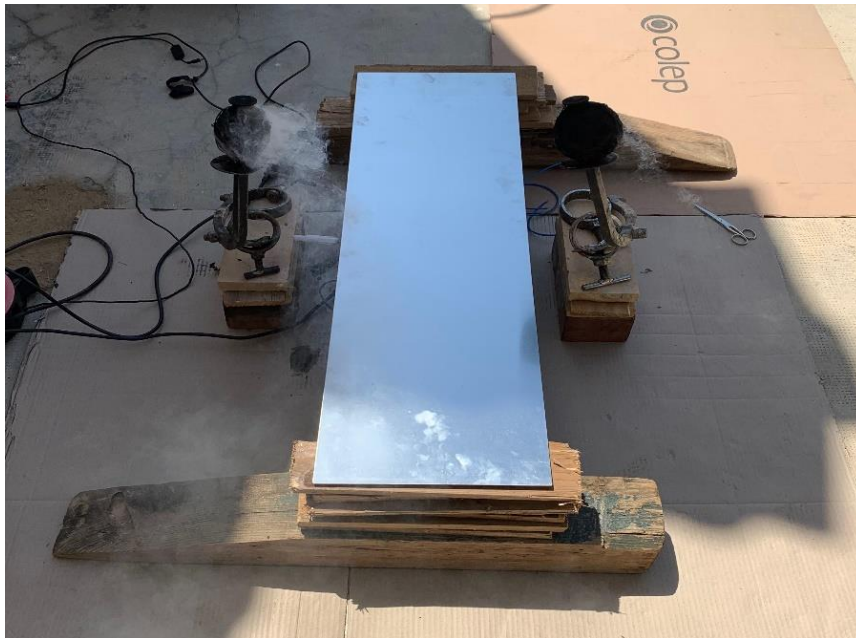
## 7.2 Ensayo con chapa de aluminio galvanizada

El segundo material que se va a ensayar es la chapa de aluminio galvanizada con acabado brillante. La chapa posee un espesor de **2mm**. La superficie utilizada para el ensayo es de **30cm x 100cm**.

Este material posee mayor rigidez y resistencia mecánica que nuestro anterior prototipo, el aislante térmico reflectante. No obstante, se trata de un material que posee menor ligereza y ductilidad.

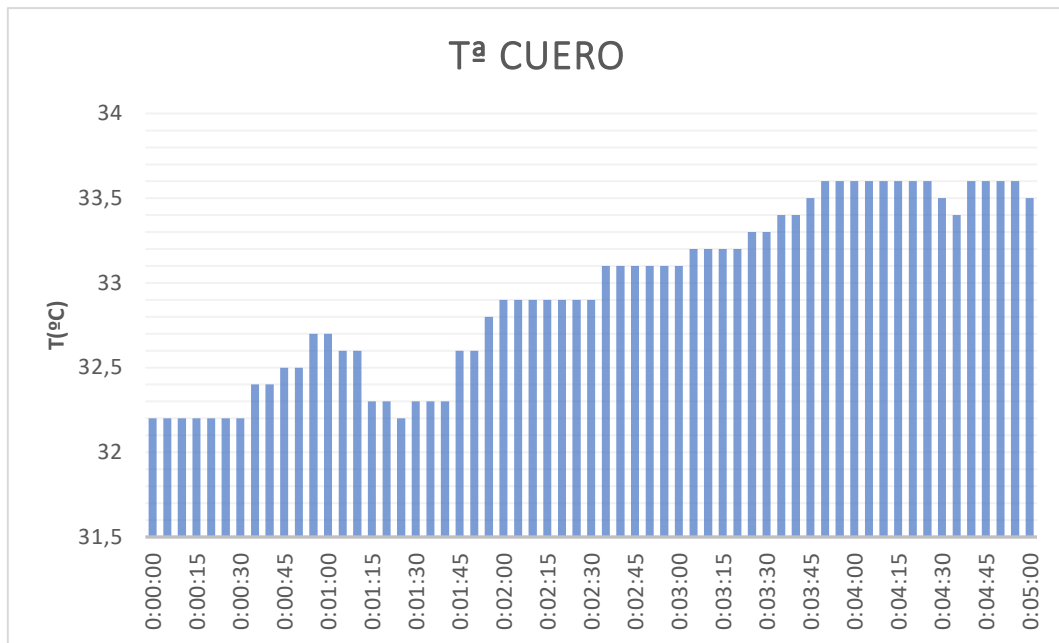
La chapa de aluminio galvanizada tiene una densidad de **2.66 g/cm<sup>2</sup>**.

Para poner a prueba este material a modo de sistema de protección, vamos a realizar el mismo ensayo que con el aislante térmico reflectante. Se colocará la placa de aluminio galvanizado sobre el recipiente y se prenderá fuego a las bolas. Una gráfica de Excel nos permitirá analizar los resultados.



*Figura 40: Pantalla de protección de chapa de aluminio galvanizada.*





**Figura 41:** Evolución de las temperaturas sobre el cuero con pantalla de chapa de aluminio galvanizada.

De la misma manera en la que recogimos los datos en el ensayo con aislante térmico reflectante, se ha procedido con la chapa de aluminio galvanizada. Las secuencias que han sido grabadas para este ensayo muestran una evolución diferente de las temperaturas.

En este caso, la temperatura inicial es  $T_{ini\_2} = 32,2^{\circ}\text{C}$ . Este descenso de temperatura respecto a la inicial que observamos en el ensayo anterior es debido a la pérdida de calor en el recipiente. No es problema ya que nuestro objetivo es medir la variación  $\Delta T_2$  que se da sobre el cuero cuando se utiliza chapa de aluminio galvanizada.

El efecto del calor generado por las bolas se percibe a partir del minuto 00:40, donde las temperaturas alcanzan  $32,7^{\circ}\text{C}$ . El aumento de temperaturas no es instantáneo como se pudo comprobar en el ensayo anterior, pero finalmente la temperatura máxima alcanza la estabilidad en  $T_{est2} = 33,6^{\circ}\text{C}$ .

La variación de temperatura sobre el cuero es  $\Delta T = 33,6^{\circ}\text{C} - 32,2^{\circ}\text{C} = 1,4^{\circ}\text{C}$ . El resultado de este ensayo es muy favorable, pues nos sugiere que transcurriendo 5 minutos de ensayo el aumento máximo de temperatura sobre la piel del toro sería de  $\Delta T_2 = 1,2^{\circ}\text{C}$ .

Por lo tanto, en estado estacionario un toro embolado obtendría una protección eficaz contra el fuego, pues la temperatura máxima sobre su piel ascendería hasta los  $T_{máx2} = T_{corp} + \Delta T_2 = 40,2^{\circ}\text{C}$ .

Esta temperatura es prácticamente imperceptible para el toro ya que su temperatura corporal suele rondar los  $39^{\circ}\text{C}$  en muchas ocasiones cuando se somete a esfuerzos físicos.

## 7.3 Ensayo con papel de aluminio

Para concluir los ensayos pertinentes, se realizará un último ensayo utilizando 3 capas de papel de aluminio convencional de **30cm x 25cm** y un grosor de **0.2 mm**. El sistema de protección tiene un espesor final de **0.2mm x 3 = 0.6 mm**, por lo que se trata del material más fino ensayado hasta el momento.

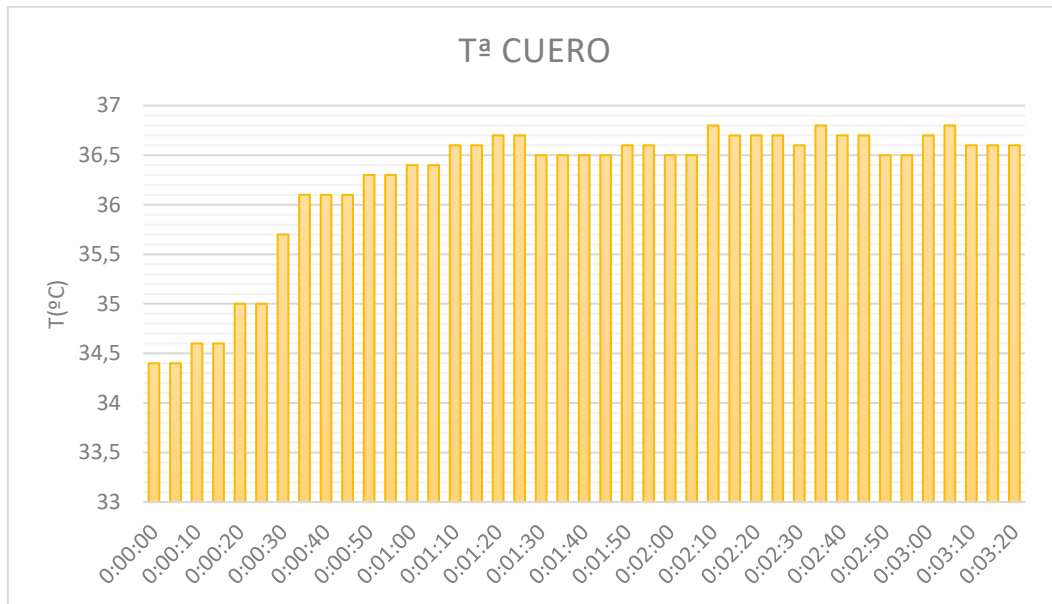
Un aspecto muy importante que destacar sobre este material es el siguiente. Se trata de un material muy ligero, es más, el más ligero que se ha utilizado para proteger el recipiente. Posee una densidad de **2.7 g/cm<sup>3</sup>**, prácticamente como la de la chapa de aluminio galvanizada, pero la gran ligereza es debida a la fina capa que se ha utilizado.

Sin embargo, este material posee una gran una desventaja frente al resto; sus propiedades mecánicas y resistentes son muy bajas, por lo que carece de fiabilidad en comparación a la chapa y el aislante. Considerando y teniendo en cuenta lo que se ha comentado con anterioridad, las fuertes embestidas que propina el toro han de ser suficientemente resistidas por el sistema de protección. Para conseguir esto, el papel de aluminio debería amontonarse en varias capas más para adquirir suficiente resistencia.



**Figura 42:** Pantalla de protección de papel de aluminio.

Por otra parte, el papel de aluminio se ha ensayado de igual forma que el resto de los prototipos. A continuación, se presenta la gráfica con los resultados obtenidos por el termómetro, muestreando en intervalos de 5 segundos.



**Figura 43:** Evolución de las temperaturas sobre el cuero con pantalla de papel de aluminio.

Analizando este último caso, observamos cómo la temperatura inicial  $T_{ini3} = 34.4^{\circ}\text{C}$ .

Para este material, se estima un rápido aumento de la temperatura hasta que se estabiliza de algún modo en  $36.5^{\circ}\text{C}$ . La temperatura máxima que se observa es  $T_{est3} = 36.8^{\circ}\text{C}$ .

En este caso, la secuencia grabada es de **03:20** minutos debido a la rápida estabilización de las temperaturas para este material en concreto.

Necesitamos conocer  $T_{máx3}$  para elaborar las conclusiones de este TFG, pues uno de los últimos datos empíricos y es necesario. Para este ensayo,  $\Delta T_3 = 36.8^{\circ}\text{C} - 34.4^{\circ}\text{C} = 2.4^{\circ}\text{C}$ .

Por último, la temperatura máxima -en modo permanente- sobre la piel de un toro sería  $T_{máx3} = 39^{\circ}\text{C} + 2.4^{\circ}\text{C} = 41.4^{\circ}\text{C}$ . Se trata también de una temperatura máxima casi imperceptible para el animal, por lo que se puede considerar sin ninguna duda un buen material a la hora de reflejar la radiación.

## 8. RESULTADOS

Tras haber estudiado todas las secuencias disponibles, tanto en los pueblos de Teruel como en la fase experimental, es hora de elaborar una serie de conclusiones generales en este TFG.

Además, también se enunciará una serie de conclusiones globales acerca de todos los estudios realizados en esta memoria del proyecto, de forma que quede constancia de las ideas principales de este TFG.

### **1. Las temperaturas máximas sobre la piel del toro son debidas a la radiación que emiten las bolas del toro embolado.**

Tras haber realizado los diversos ensayos con la instalación experimental, se ha observado que la aparición de altas temperaturas sobre el recipiente es debida a la radiación. La influencia del sol afectaba de forma casi instantánea a la temperatura que percibían las cámaras térmicas.

### **2. Los efectos de la radiación son prácticamente instantáneos.**

Por lo que hemos comentado en el punto anterior, se puede asumir que la radiación tiene un efecto casi instantáneo. No obstante, en el transcurso de los ensayos también se ha podido comprobar esto. En la fase experimental, el cuero aumentaba su temperatura instantes después de haber prendido las bolas en llamas.

### **3. Las temperaturas alcanzadas sobre la piel del toro dependen de muchos factores; entre ellos los movimientos del toro, la temperatura ambiente o las rachas de viento existentes.**

Las temperaturas máximas que obtuvimos en la fase experimental son, en promedio, **10°C** más bajas que las obtenidas en los pueblos de Teruel. La instalación experimental se mantuvo inmóvil durante todo el ensayo, por lo que las llamas se mantenían uniformes durante la fase experimental. Las rachas de viento son un factor fundamental a la hora de medir las temperaturas, pues puede superponer la convección de los gases calientes a la radiación que incide en mayor o menor medida en el toro.

### **4. Cada asociación de toros embolados posee una forma de fabricar las bolas y los herrajes.**

Las bolas poseen parafinas, petróleo, ceras etc.

Depende de la peña que decida embolar a un toro, introducen más cantidad o menos de determinado material. Es decir, hay peñas que consideran que hay que priorizar en el color de la llama, otras creen que es prioritario realizar bolas que duren más tiempo encendidas etc. De esta manera, cada peña fabrica las bolas introduciendo en exceso el material necesario para conseguir su objetivo, por lo que la radiación incidente es diferente en unas bolas y en otras.

### 5. Las temperaturas máximas obtenidas en la fase experimental son también perjudiciales para el toro.

Cualquier temperatura que exceda **20°C** de la temperatura corporal, es perjudicial.

La temperatura máxima observada en la fase experimental es de **62°C**, es decir, **23°C** superior a la temperatura corporal.

### 6. Todos y cada uno de los materiales cumplen con los objetivos establecidos.

El objetivo principal consistía en mantener la temperatura del cuero en un valor lo más cercano a la temperatura corporal.

- T\_máx1= 42.1°C
- T\_máx2 = 40.2°C
- T\_máx3 = 41.4°C

Todos los materiales han conseguido estabilizar la temperatura del cuero en valores muy cercanos a **T Corp = 39°C**. Todos ellos son perfectamente útiles para reflejar la radiación y disminuir la temperatura en la piel del toro, pero, uno de ellos no es viable para la construcción del sistema de protección.

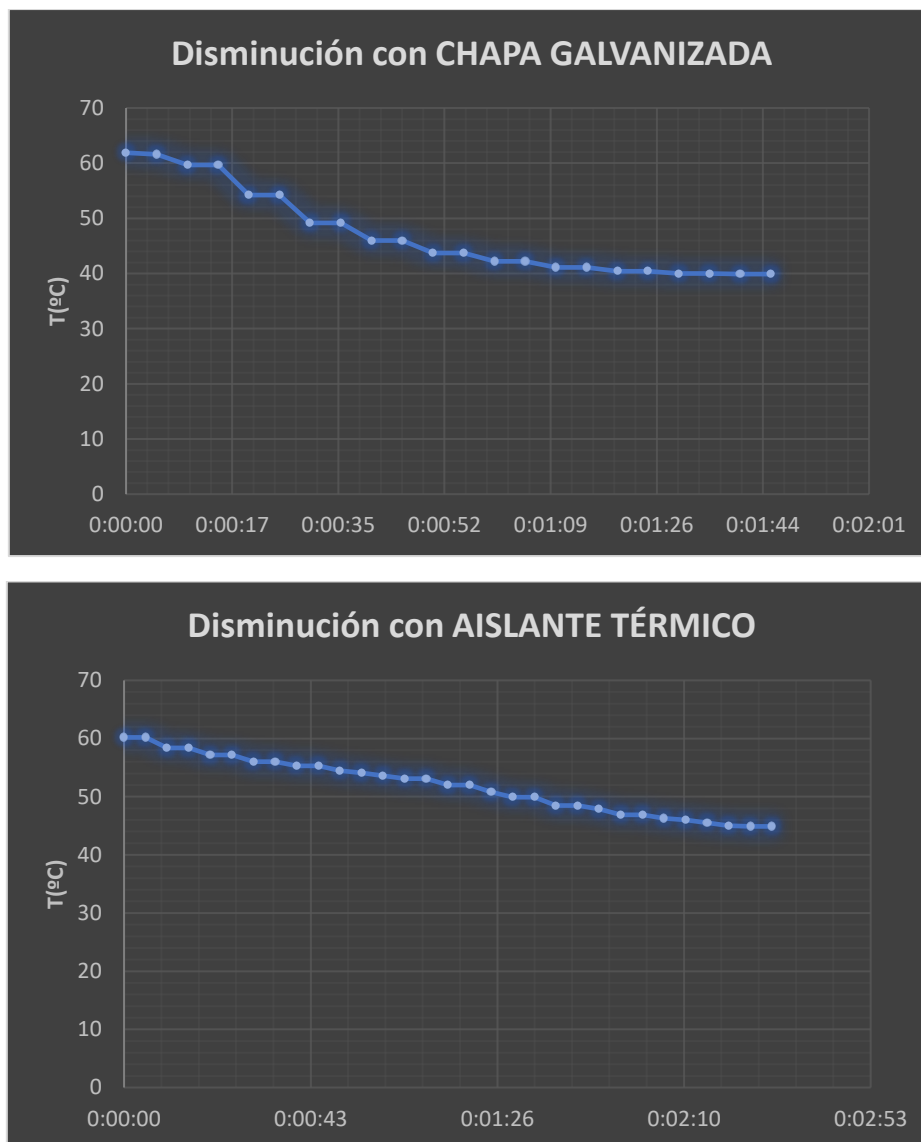
**El papel de aluminio no es una buena solución.** Aunque es, entre las 3 opciones, la solución más económica, su resistencia mecánica es tan baja que no se adecúa a los requerimientos del sistema.

### 7. El material más adecuado para elaborar el sistema de protección es el AISLANTE TÉRMICO REFLECTANTE.

Entre los dos materiales restantes, ambos son excelentes aislantes para la radiación.

La última prueba que vamos a realizar con ellos es la siguiente:

Se calentará el cuero mediante las bolas hasta alcanzar una temperatura entorno a los 60°C. Una vez alcanzada, se colocará una capa de aluminio galvanizado y otra de aislante térmico reflectante en diferentes ensayos, para observar cómo disminuyen las temperaturas con cada material. El objetivo es comprobar qué material disminuye más rápidamente la radiación incidente.



**Figura 44:** Disminución de temperaturas sobre el cuero con chapa galvanizada VS aislante térmico.

Ambos ensayos parten de temperaturas sobre el cuero de unos **60°C**. Se puede observar de manera directa como la línea de tendencia en el primer gráfico es bastante más abrupta. Esto significa que, con la chapa de aluminio galvanizada, las temperaturas caen más rápidamente, por lo que el toro está expuesto a temperaturas altas durante menos tiempo.

En la evolución del segundo gráfico, correspondiente al sistema de protección mediante aislante térmico, se observa como las temperaturas caen casi de forma lineal. Esto se traduce en una disminución más prolongada en el tiempo, pero igualmente eficaz.

Algo bastante curioso es que, en ambos materiales, tras haber estado expuestos al calor incidente de las bolas de fuego, no han presentado aumento de temperaturas en su superficie. Es decir, no se calientan de forma notoria. Esto es algo muy bueno ya que no almacenan calor que pudiese ser transmitido por conducción hacia el toro.

Todo apunta a que la chapa de aluminio galvanizada es mejor material a la hora de proteger de la radiación, pero lo cierto es que, en estado permanente, se comporta prácticamente de igual forma que el aislante térmico reflectante.

Finalmente, hemos decidido elegir el **AISLANTE TÉRMICO REFLECTANTE** por diversos criterios;

- **Ligereza.** Es más adecuado crear el sistema de protección con este material ya que es muy ligero en comparación con la chapa de aluminio galvanizada.
- **Ductilidad.** La condición de ductilidad es muy importante, pues el sistema de protección debe ser perfectamente ajustable a la fisionomía del toro. En cuanto a esto, el aislante térmico reflectante es el más adecuado.
- **Precio.** El aislante térmico reflectante es mucho más económico que la chapa de aluminio galvanizada. A largo plazo, si este sistema se implementase en los toros embolados, sería un impedimento el alto coste del aluminio galvanizado. En cambio, crear placas de aislante térmico reflectante es mucho más atractivo económicamente.

## DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

La placa de protección contra el fuego ha de ser capaz de reflejar la radiación de forma que la variación de temperatura máxima sea  $\Delta T_1 = 3.1^\circ\text{C}$ .

Como se ha decidido elaborar la placa de protección con **aislante térmico reflectante**, la temperatura máxima sobre la piel del toro será  $T_{\text{máx1}} = 42.1^\circ\text{C}$ .

A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para crear el sistema de protección:

1. En primer lugar, el diseño del sistema de protección está pensado para el Toro de Lidia. Es este tipo de toros el que es embolado durante los festejos, por lo que el objetivo principal es diseñar un prototipo que se ajuste a su fisionomía. Además, el aspecto más importante a tener en cuenta es que el sistema ha de ser perfectamente adaptativo. Es decir, debe poder acoplarse a todos los toros de lidia. La gran mayoría poseen unas características de peso y altura similares, por lo que no habría problema alguno. La forma que va a adquirir el sistema de protección se puede observar en el apartado **IV. PLANOS**, donde se especifican además las medidas correspondientes. Estas medidas se ajustan perfectamente al lomo y el morrillo de un toro de Lidia.
2. Mediante los planos y las medidas necesarias, procedemos a plasmar las formas del boceto en una capa de aislante térmico reflectante. Para nuestro sistema es necesario crear dos capas de este material, ambas con la misma forma que la representada en los planos. El peso total de las dos capas es de **32g**. Se trata de un material extremadamente ligero.

3. Este material es muy dúctil y maleable, pero se precisa de un mecanismo el cual consiga aumentar las propiedades resistentes del sistema. Además, es necesario aumentar su rigidez.  
Por esta cuestión, se ha implementado un **esqueleto** a base de hilo de alambre, simulando una caja torácica. El hilo de alambre es el encargado de mantener el sistema rígido y a su vez adaptativo. [Ver Anexo 5, pág. 86]
4. Una vez diseñado el esqueleto, es adherido a las capas mediante silicona. El esqueleto queda atrapado entre ambas capas y estas se fijan entre ellas mediante silicona también.
5. Para conseguir un buen acabado superficial, es necesario cubrir los bordes del sistema de protección mediante cinta americana de papel de aluminio.

El sistema de protección ya acabado posee un peso final de **155 gramos** y un grosor de **6 mm**. Debido a que el peso de las capas de aislante es de 32 gramos, se han añadido **123 gramos** de hilo de alambre y silicona. Sin embargo, esto no hace que el sistema se haga demasiado pesado.

Finalmente, el resultado se puede observar en las siguientes imágenes. Se trata de una placa totalmente maleable y flexible, con un peso muy ligero y un acabado brillante.



**Figura 45:** Imagen I del sistema de protección.





*Figura 46: Imagen II del sistema de protección.*

## 9. POSIBLE COMERCIALIZACIÓN

En base a los resultados obtenidos, existe una posibilidad de trasladar esta realidad a un entorno conocido, donde la población pueda ser consciente del problema que se presenta y de la solución que hemos aportado.

Como hemos dicho en repetidas ocasiones, la problemática del toro embolado es una realidad existente y este proyecto contiene entre sus pretensiones disminuir el rechazo a esta fiesta.

Una vez diseñado el sistema de protección, se busca conseguir líneas estéticas de forma que las peñas asociadas al toro embolado y la gente en sí, pueda ver atractiva esta idea. Existen infinidad de formas de modelar la placa de protección, así como también es posible realizar un grabado sobre el sistema, para identificar al toro con su peña taurina correspondiente.

Tal y como hicimos en el apartado 2 de esta memoria **“APROXIMACIÓN AL PROBLEMA HISTÓRICO Y SOCIAL: LA FIESTA DEL TORO EMBOLADO”**, mostraremos a continuación las últimas preguntas de la encuesta que se realizó, para comprobar la postura de la gente acerca de nuestra placa de protección:

---

## **Encuesta popular sobre la tauromaquia en España (Parte II)**

8. *Algunas de las soluciones que han adoptado en diversos pueblos es aplicar una capa de barro (Toro Jubillo) entre los cuernos y el lomo del toro...*

*¿Crees que es una solución viable a este problema?*

- **SÍ** 16% (74 personas)
- **NO** 84% (379 personas)

9. *“La transmisión de calor durante esta práctica se produce fundamentalmente por radiación. Nuestra finalidad es diseñar y elaborar un sistema de protección basado en una placa aislante, ligera y de grosor mínimo, capaz de reflejar la radiación al ambiente manteniendo la temperatura corporal del toro en cualquier instante...”*

*¿Consideras esta una solución viable y óptima en lo que se refiere a la protección física del toro?*

- **SÍ** 48% (196 personas)
- **NO** 52% (213 personas)

10. *¿Consideras que este método ofrecería una mayor protección que la ofrecida por la capa de barro?*

- **A FAVOR** 87% (345 personas)
- **EN CONTRA** 13% (53 personas)

11. *En caso de utilizarse el diseño de este sistema de protección:*

*¿Crees que las peñas taurinas depositarían su interés en utilizar este método para garantizar la integridad física del animal?*

- **SÍ** 22% (86 personas)
- **NO** 78% (311 personas)

12. *Con esta condición...*

*¿Cuál sería finalmente tu postura ante esta tradición en los pueblos de España?*

- **A FAVOR** 35% (139 personas)
- **EN CONTRA** 65% (357 personas)

Esta última pregunta y sus resultados muestran información relevante y muy importante sobre el pensamiento general de la población española.

Si remontamos a la pregunta 3 de la **Parte I** de la encuesta, el 22% de los encuestados se posicionaba en contra de la celebración del toro embolado.

3. *En tal caso, ¿cuál es tu postura acerca del “toro embolado”?*

- **A FAVOR** 22% (109 personas)
- **EN CONTRA** 78% (386 personas)

El dato curioso de este estudio es que, habiendo explicado a los encuestados nuestra idea de implementar un sistema de protección frente al fuego, los resultados han cambiado.

Tras ser conocedores de esta solución, las mismas personas han vuelto a responder a la pregunta: **¿Cuál sería finalmente tu postura ante esta tradición en los pueblos de España?**

de forma que esta vez se observa una disminución del rechazo al toro embolado en un 13%. Es decir, de los 496 encuestados, 30 de ellos han cambiado su postura **a favor** del toro embolado si se implementase el sistema de protección.

Esto supone que la idea ha sido muy bien acogida por una parte de la población. Además, la gente no considera una buena solución aplicar barro al toro -como ocurre en el toro jubillo-.

La gran mayoría prefiere nuestro sistema de protección frente al barro convencional. En la pregunta número **10**, observamos como un **87%** de los encuestados considera que el sistema de protección ofrecería mayor eficacia a la hora de proteger al toro.

Por lo visto, la gran mayoría considera que las peñas taurinas se posicionarían en contra de esta solución que hemos aportado. En la pregunta **11**, el **78%** de los encuestados creen que las peñas **NO** depositarían su interés en este sistema de protección.

Ahora la tarea a seguir consistiría en intentar concienciar a las asociaciones de toros y las peñas taurinas, demostrando los resultados de nuestros estudios y asegurando la eficacia del sistema de protección. De esta forma, se puede dar visibilidad a este proyecto e incluso podría llegar a conocerse entre altos cargos de la *Generalitat Valenciana* y tomar las medidas correspondientes.

En definitiva, el tema que aborda este TFG es una realidad y ha sido demostrado. Hemos aportado una solución que también ha sido demostrada experimentalmente, por lo que no puede quedar lugar a dudas acerca de la fiabilidad de los ensayos y la viabilidad del sistema de protección.

Aún queda mucho camino por recorrer, pero el principal ahora es dar visibilidad a este proyecto y concienciar a la población sobre la protección eficaz que le confiere al animal. Tras este paso, quedaría el poder implementar este sistema durante los festejos del toro embolado en muchas poblaciones españolas.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bous al carrer. Wikipedia. Lillial Gémez (2018, 03 de agosto). Accedido 25 junio, 2019 [https://es.wikipedia.org/wiki/Bous\\_al\\_carrer](https://es.wikipedia.org/wiki/Bous_al_carrer)
- [2] El toro embolado. Víctor Pons (2016, 18 de junio). Accedido 25 junio, 2019 <https://www.levante-emv.com/opinion/2016/06/18/toro-embolado-fiesta/1433445.html>
- [3] La temperatura rectal en los animales. Jordi Gimeno (2015, 13 de enero). Accedido 25 junio, 2019 [https://mundo-pecuario.com/tema104/sanidad\\_animal/temperatura\\_rectal\\_animales-90.html](https://mundo-pecuario.com/tema104/sanidad_animal/temperatura_rectal_animales-90.html)
- [4] Antitauromaquia. Wikipedia (2019, 23 de junio). Accedido 25 junio, 2019 <https://es.wikipedia.org/wiki/Antitauromaquia>
- [5] Los festejos taurinos que se celebran en España caen un 60% desde el año 2007. Europa Press. Manuel Ortiz (2018, 30 de abril). Accedido 25 de junio, 2019 <https://www.europapress.es/sociedad/noticia-festejos-taurinos-celebran-espana-caen-60-20180429095506.html>
- [6] Transferencia de calor. Monografias.com (2016, 18 de mayo). Accedido 25 de junio, 2019 <https://www.monografias.com/trabajos27/transferencia-calor/transferencia-calor.shtml>
- [7] Aragón Digital. Rubielos de Mora recupera la tradición medieval del toro jubillo, Ángel Gracia (2017, 23 de junio). Accedido 25 junio, 2019 <http://historico.aragondigital.es/noticia.asp?notid=49852>
- [8] Estudio del cerebro del toro de Lidia. (1970, 01 de enero). Accedido 25 de junio, 2019 <http://sintiendoeeltoreo.blogspot.com/2013/11/estudio-del-cerebro-del-toro-de-lidia.html>
- [9] Más del 70% de tu cerebro es agua. Microsoft News (2015, 19 de abril). Accedido 25 de junio, 2019 <https://www.msn.com/es-co/estilo-de-vida/other/m%C3%A1s-del-70percent-de-tu-cerebro-es-agua/ar-BBq9piA>



# II. PRESUPUESTO



Este documento aborda el estudio económico global que ha sido necesario para la ejecución del presente *Trabajo Fin de Grado*. Tal y como se puede observar, el presupuesto queda dividido en 3 partidas.

Partida 1: Coste de obtención de los materiales					
Código		Descripción	Unidades	Precio Unitario (€)	Importe (€)
1.1	m <sup>2</sup>	Aislante térmico reflectante.	2.5	3.98	9.95
1.2	m <sup>2</sup>	Chapa de aluminio galvanizado.	0.3	83.33	25
1.3	m	Papel de aluminio de grosor 0.2mm.	0.90	0.05	0.045
1.4	Uds	Extintor de hogar 2kg.	1	19.99	19.99
1.5	Uds	Aguarrás industrial.	1	3.95	3.95
1.6	m <sup>2</sup>	Tela de cuero negro.	0.2034	36	7.32
1.7	Uds	Silicona BRIXO 280ml.	1	2.34	2.34
1.8	m	Hilo de alambre de acero.	2	1.66	3.32
1.9	Uds	Placa calefactora con regulación de potencia (Máx. 1500W)	1	20.95	20.95
1.10	m	Cinta americana de aluminio.	3	5.50	16.5
				<b>TOTAL</b>	<b>109.37</b>

Esta primera partida recoge los costes asociados a los materiales y objetos que han sido necesarios para la realización de la fase experimental y la prueba de prototipos.

En esta partida se pueden observar las diferentes mediciones, así como el coste total para cada material. Además, como siguiente recurso, se incluye todo el trabajo realizado por el ingeniero en labores de aprovisionamiento y compra de cada uno de los materiales en la tabla descritos.

En relación con la instalación experimental, fue necesario el extintor de hogar de 2kg, aguarrás industrial, 0.20 m<sup>2</sup> de tela de cuero para la simulación de la piel y una placa calefactora de 1500W de potencia. Las cámaras térmicas que obtuvieron las secuencias eran propiedad de la ingeniería por lo que no forma parte de forma directa de la *Partida 1*.

En cuanto a la prueba de prototipos, forman parte de esta partida los 3 materiales necesarios para esta fase: 2.5 m<sup>2</sup> de aislante térmico reflectante, 0.3 m<sup>2</sup> de chapa de aluminio galvanizado y 0.90 m<sup>2</sup> de papel de aluminio. Además, se utilizaron 2 metros de hilo de alambre, 280 ml de silicona BRIXO y 3 m de cinta americana para la ejecución del sistema de protección.

<b>Partida 2: Coste de obtención de datos</b>				
Código	Descripción	Unidades	Precio Unitario (€)	Importe (€)
<b>2.1</b>	h Estudiante ingeniería industrial	300	10	3000
<b>2.2</b>	h Oficial de primera en labores artesanales	1.8	16.57	29.82
<b>2.3</b>	h Alquiler local especializado	6	6.25	37.5
<b>2.4</b>	km Desplazamientos ingeniero jefe	120	0.37	44.4
			<b>TOTAL</b>	<b>3111.72</b>

La segunda partida está compuesta por el coste de obtención de los datos necesarios para desarrollar el proyecto.

- 300h de ingeniería para las labores de experimentación y redacción de la información necesaria.
- 1.8h necesarias para la elaboración de las bolas utilizadas en la fase experimental. Esta partida incluye el coste de los materiales necesarios para el desarrollo de las bolas, así como los herrajes necesarios para sustentar las bolas.
- Para las pruebas de fuego, fueron necesarias 6h en un local especializado al aire libre.
- 120km en concepto de desplazamiento desde la residencia del ingeniero jefe hasta el local especializado.

<b>Partida 3: Coste del análisis y procesado de datos</b>				
Código	Descripción	Unidades	Precio Unitario (€)	Importe (€)
<b>3.1</b>	h Microsoft Office 365.	0.1027	126	12.94
<b>3.2</b>	h Software Autodesk Inventor Professional	0.001141	2613.60	2.98
<b>3.3</b>	h Software THERMACAM RESEARCHER PRO	0.1027	1050	107.83
			<b>TOTAL</b>	<b>123.75</b>



La tercera partida recoge la amortización de los paquetes informáticos necesarios para procesar la información recaudada en este TFG, así como la posterior realización de la MEMORIA, PRESUPUESTO, ANEXOS y PLANOS del proyecto.

Las horas de trabajo han sido sobre 300 y las licencias de cada software son anuales, el periodo de amortización se calculará de la siguiente manera:

- **Días trabajados con los programas = 300h/8h = 37.5 días.**
- **Años trabajados con los programas informáticos = 37.5 días/365 días = 0.1027 años.**

A modo de excepción, el programa informático INVENTOR PROFESSIONAL solo fue utilizado 10 horas para la realización de los planos del proyecto.

- **Días trabajados con INVENTOR = 10h/24h = 0.4166 días.**
- **Años trabajados con INVENTOR = 0.4166 días/365 días= 0.001141 años.**

Presupuesto General	
Descripción	Importe
Partida 1	109,37 €
Partida 2	3.111,72 €
Partida 3	123,75 €
<b>Presupuesto Ejecución Material (PEM)</b>	<b>3.344,84 €</b>
Costes indirectos (4%)	133,79 €
Beneficio Industrial (10%)	334,48 €
<b>Presupuesto Ejecución por Contrata (PEC)</b>	<b>3.813,12 €</b>
21% IVA	800,75 €
<b>Presupuesto Base de Licitación</b>	<b>4.613,87 €</b>

Asciende el *Presupuesto Total* o *Presupuesto Base de Licitación* (PEC + IVA) a la expresada cantidad de **CUATRO MIL SEISCIENTOS TRECE EUROS CON OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS.**



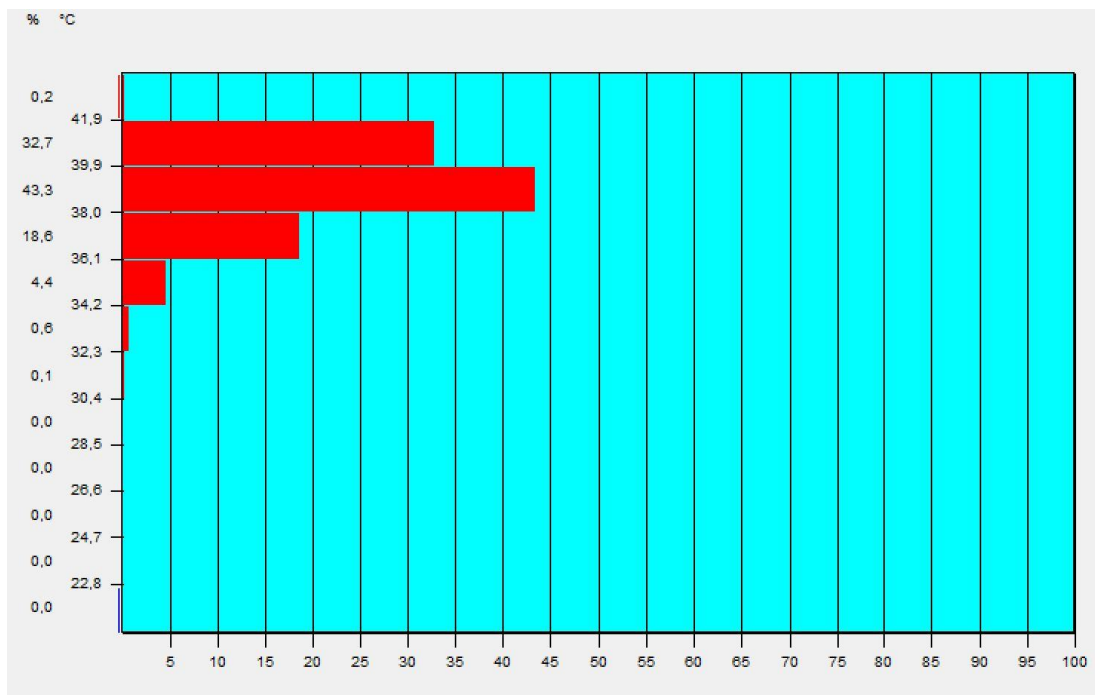
# III. ANEXOS



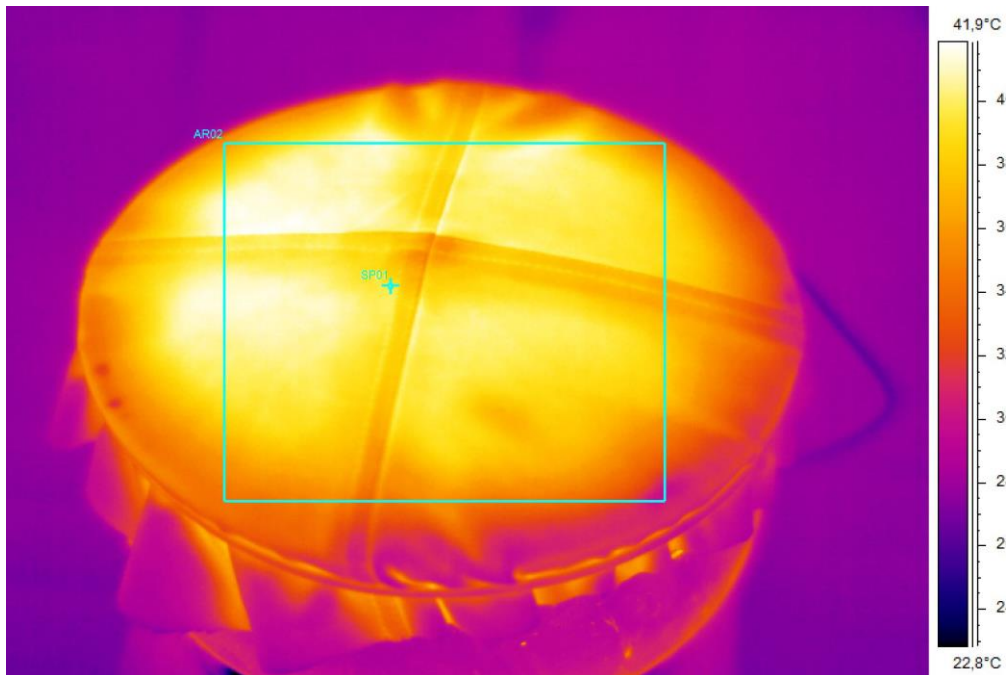
**ANEXO 1:** Materiales necesarios para la elaboración de las bolas utilizadas durante los festejos del toro embolado. Se pueden observar diferentes tipos de ceras y cáñamo.



**ANEXO 2:** Gráfica obtenida mediante el programa **THERMACAM RESEARCHER PRO**, donde figuran (en tanto por cien) la cantidad de temperaturas según el valor que alcanza dentro de la superficie **AR01**.



**ANEXO 3:** Imagen representativa de la superficie rectangular **AR02** y el punto **SP01** escogido aleatoriamente para las pruebas realizadas en la fase experimental del proyecto.



**ANEXO 4:** Termómetro digital ubicado sobre el cuero, con el que se pretende mostrar la evolución de la temperatura una vez se proteja el recipiente con cada uno de los tres prototipos.



**ANEXO 5:** Imagen representativa del sistema de protección en fase de construcción. Se puede observar el esqueleto del sistema formado por hilo de alambre.







# IV. PLANOS



