



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

BÚSQUEDA Y EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS EN ESPAÑA; BOMBA DE VARILLA EXTRACTORA

Alumno: Pedro José Quesada Tejado

Tutor: Prof. D. Rafael López García
Dpto: Ingeniería Mecánica y Minera

Noviembre, 2022



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera.

Don RAFAEL LÓPEZ GARCÍA, tutor del Trabajo Fin de Grado titulado:
BÚSQUEDA Y EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS EN ESPAÑA; BOMBA DE
VARILLA EXTRACTORA, que presenta PEDRO JOSÉ QUESADA TEJADO,
autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica
Superior de Jaén.

Jaén, Noviembre de 2022

El alumno:

Los tutores:

PEDRO JOSÉ QUESADA TEJADO

RAFAEL LÓPEZ GARCÍA

Índice

1. INTRODUCCIÓN	4
2. CONCEPTO, ORIGEN Y FORMACIÓN DEL PETRÓLEO	6
3. INICIO DE LA EXTRACCIÓN Y USO DEL PETRÓLEO.....	7
3.1. Inicio de la actividad de explotación en EEUU y su expansión.....	9
3.2. El petróleo como motor de la 2ª Revolución Industrial	11
3.3. Principales yacimientos en el mundo	12
4. EL PETRÓLEO EN ESPAÑA; BÚSQUEDA, CONSUMO E IMPORTACIÓN.....	13
4.1. Principales sondeos en España.....	15
4.2. Búsqueda y explotación de hidrocarburos	17
4.2.1. Primer periodo: Finales del siglo XIX.....	17
4.2.2. Segundo periodo: Primera mitad del siglo XX.....	19
4.2.3. Tercer periodo: Segunda mitad del siglo XX hasta 1964.....	25
4.2.4. Cuarto periodo: Desde 1964 hasta la época actual.....	31
4.3. Procesado y tratamiento de hidrocarburos	36
4.3.1. Desde las primeras refinerías hasta las actuales	37
4.3.2. Transporte y retos logísticos	39
4.3.3. Desarrollo económico y social de las áreas legadas a las explotaciones.....	41
5. TORRES DE PERFORACIÓN; GENERALIDADES	42
5.1. Elementos de una torre de perforación.....	43
5.2. Torres de perforación utilizadas en España	44
6. PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN Y EXTRACCIÓN EMPLEADAS EN ESPAÑA....	48
6.1. Plataformas flotantes.....	48
6.2. Plataformas fijas marinas	49
7. MECANISMOS DE EXTRACCIÓN; GENERALIDADES.....	51
7.1. Evolución de los mecanismos de extracción	52
7.2. Clasificación de los mecanismos de extracción.....	56
8. UNIDAD DE BOMBEO UTILIZADA EN ESPAÑA.....	61
8.1. Unidad de bombeo convencional	61
8.1.1 Componentes de una bomba de varilla. Modelado.....	67
8.1.2. Perspectiva de conjunto.....	83
8.1.3. Perspectiva estallada de montaje	85
9. MAQUETADO	86
9.1. Introducción	86

9.2.	Materiales utilizados.....	87
9.3.	Construcción de piezas y subconjuntos.....	93
9.3.1	Planos pieza y plantillas.....	93
9.3.2	Lijado, pintado y barnizado de piezas	96
9.3.3	Planos de conjunto, ensamblaje de piezas	97
9.4.	Ensamblaje de las partes principales	101
9.5.	Ensamblaje final y funcionamiento.....	105
10.	CONCLUSIONES.....	106
	Bibliografía.....	109
ANEXO I. Planos pieza de fabricación de la maqueta.		
ANEXO II. Planos de conjunto de montaje de maqueta.		
ANEXO III. Diagrama cinemático.		

1. INTRODUCCIÓN

La transformación tecnológica al que la industria parece forzada evolucionar para la producción de energía sostenible y el uso de maquinaria electromotriz está confrontada con la rentabilidad de estas tecnologías, muchas veces producido por el marco legislativo y las políticas fiscales aplicables a las energías renovables, pero sobre todo por la alta dependencia de los combustibles fósiles.

Además del desarrollo de las energías limpias y diversas tecnologías eléctricas se está vislumbrando una tendencia al desarrollo de motores térmicos con mejoras notables de la eficiencia como por ejemplo motores de gasolina en desarrollo por la industria automovilística japonesa de con una eficiencia térmica del 55% o por otras tecnologías diferentes, aunque en un estadio muy temprano, basadas en combustibles fósiles como los motores de tecnología de cambio de fase.

Una vez sentadas las bases de cuales tienen que ser los cupos de emisiones para lograr una auto regeneración climática, parece que la opción de la completa sustitución de las tecnologías tradicionales no es la más adecuada dado que la implantación de las infraestructuras necesarias es económicamente inviable a corto y medio plazo y porque en muchos casos para la fabricación de las mismas se producen residuos altamente contaminantes, como por ejemplo la que es debida a una explotación minera para la obtención de litio u otros elementos esenciales.

También en la fabricación de los componentes se produce una huella de carbono, no es posible la obtención de estos componentes mediante el uso de energías limpias en su totalidad y esto es debido a las actuales infraestructuras y como está configurado el sistema productivo.

El panorama internacional actual de desarrollo, tratamiento y comercialización de la energía así como la forma de emplearla y gestionarla plantea un reto de reconversión, que sin duda, pasa por la convivencia del desarrollo de motores y sistemas de producción tradicionales con una mejora notable de la eficiencia y/o de utilización de sistemas híbridos, como paso intermedio para lograr la completa sustitución de los combustibles fósiles como elemento primario para llevar a cabo una plena actividad industrial.

Dentro de este marco económico-social se sitúa España con roll casi de observador ya que es un país energéticamente dependiente, por un lado de energía eléctrica en el que las centrales térmicas y nucleares abastecen tan solo un 40% de la demanda nacional siendo el resto aportado por fuentes extranjeras en las que destaca Francia, principalmente mediante el abastecimiento de energía procedente de centrales nuclear y por otra parte España es también dependiente del petróleo y otros combustibles fósiles siendo la producción nacional apenas de un 3% del consumo local.

No han sido pocos los esfuerzos de conseguir un ratio de autoabastecimiento de petróleo que en años atrás parece haber perdido su razón de ser debido al planteamiento de reconversión energética comentado anteriormente.

En épocas más actuales parece que la contribución de combustibles fósiles procedentes de territorio español es una opción que merece la pena retomar, y si bien los yacimientos de petróleo más rentables se producen en medios marinos también son algunas las explotaciones que existían en tierra.

Históricamente, en España, los estudios de prospección y extracción se han producido en tierra firme y esta búsqueda ha sido bastante activa desde inicios del siglo XIX hasta que se inauguró el primer pozo, los trabajos de extracción, así como la selección de la ubicación exacta y tipo de maquinaria de bombeo utilizada fueron llevados a cabo por técnicos del Colegio Oficial de Ingenieros de Minas de Madrid en colaboración con la empresa CAMPSA, en parte controlada con capital del estado.

El tipo de maquinaria utilizada estaba condicionada por diferentes variables (profundidad del yacimiento, viscosidad del fluido, volumen de extracción, etc) siendo la más habitual para la extracción la bomba de varilla convencional, este conjunto mecánico es el que mantiene la producción constante una vez el petróleo para de brotar por sí mismo debido a la presión del gas contenido en la bolsa subterránea.

El mecanismo ha sido mejorado a lo largo del tiempo para aumentar su durabilidad, eficiencia y volumen de extracción por zancada. Este sistema de bombeo primario o de superficie va acoplado a otro sistema secundario o

subterráneo formando entre ambos el sistema de extracción completo objeto de estudio de este TFG, junto con el análisis de las acciones llevadas a cabo en España para encontrar petróleo.

De este modo se pretende con este trabajo, primero contextualizar mediante una visión breve de la situación, búsqueda y explotación de hidrocarburos, principalmente de petróleo a nivel global, y enmarcar la situación de España dentro de este mapa dando luz a tantos años de búsqueda de petróleo que sobre nuestro país ha acontecido. Para ello también se ahonda, como un pequeño homenaje, en el mecanismo utilizado para la única explotación de petróleo que sobre tierra firme se ha tenido, reproduciendo mediante un modelado el ingenio mecánico, que por lo que he aprendido está bastante personalizado en función de las características de la explotación.

2. CONCEPTOS, ORIGEN Y FORMACIÓN DEL PETRÓLEO

PETRÓLEO

La palabra petróleo tiene su raíz en la palabra latina “Petra Oleum” que significa aceite de piedra. Esta sustancia es una mezcla líquida formada por distintos hidrocarburos, se presenta de forma natural en depósitos de roca sedimentaria y sólo en lugares en los que hubo mar. (Lopera, 2007)

ORIGEN

Factores para su formación:

- Ausencia de aire + acción de bacterias.
- Restos de plantas y animales (sobre todo, plancton marino).
- Gran presión y temperatura de las capas de tierra.

PROCESO DE FORMACIÓN

Los restos de animales y plantas, cubiertos por arcilla y tierra durante muchos millones de años –sometidos por tanto a grandes presiones y altas temperaturas–,

junto con la acción de bacterias anaerobias (es decir, que viven en ausencia de aire) provocan la formación del petróleo. (Asimov, 1984)

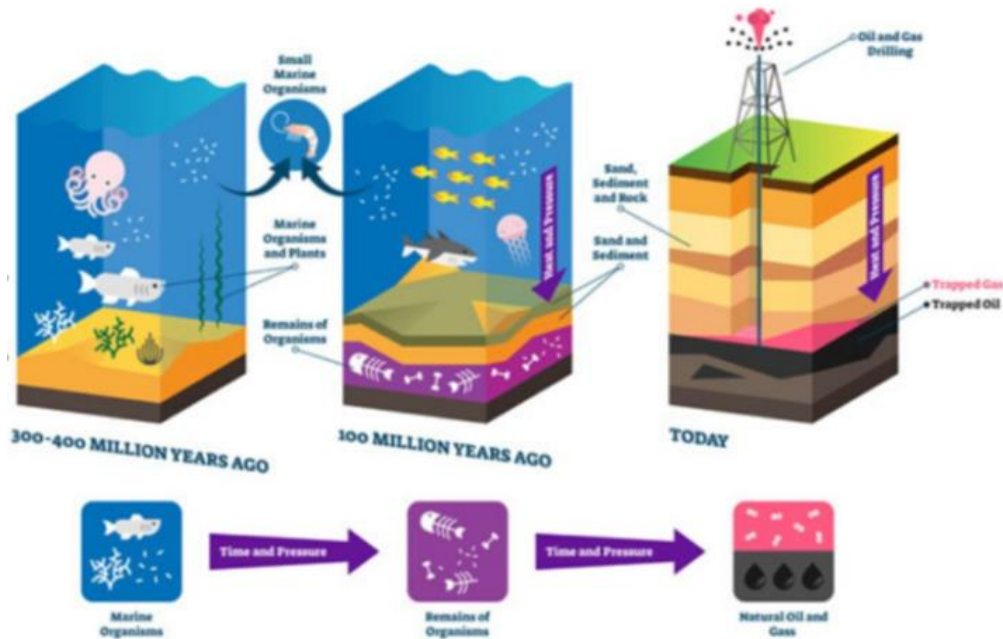


Figura 1. Esquema gráfico de la formación del petróleo. Fuente: (ECOLOGÍA VERDE, 2020)

3. INICIO DE LA EXTRACCIÓN Y USO DEL PETRÓLEO

Es en el siglo XIX el momento en el que la búsqueda y uso del petróleo comenzó a tener más importancia y a ser una materia prima indispensable para el desarrollo de la industria y como motor económico-social de algunas poblaciones e incluso de algunos países.

Pero fue mucho antes cuando se conocía de su existencia y se extraía para usos normalmente en estado crudo usado para calefactar embarcaciones, pegado de elementos de construcción y también había intentos de producir productos refinados para fines militares. (Peláez, 2018)



Figura 2. Lanzas de guerra incendiadas con petróleo en manuscritos hebreos. Fuente: (DIARIO DIGITAL CONCLUSIÓN, 2018)

Hay constancia del conocimiento del petróleo desde muy antiguo, era una sustancia usada en Egipto para embalsamar cuerpos y también lo usaban con fines medicinales, en Babilonia era usado para mantener unidas las piezas de los mosaicos y como combustible para lámparas. Marco Polo mencionaba en los diarios de sus viajes el uso del petróleo para el alumbrado, incluso menciona como era transportado en camello por el desierto. (Enciclopedia ESPASA, 1989)

El petróleo ya se conocía en China desde hace más de 3000 años y lo usaban como fuente de gas para cocinar alimentos y cómo combustible para alumbrar las casas. Eran conocedores de sus valiosas propiedades y esto les llevo a realizar las primeras explotaciones, en el siglo II a. de J.C. realizadas con tubos de bambú y de bronce. (Asimov, 1984), (Tour, de Leuch, & Valais, 1981)

3000 años es también el tiempo en el que los pueblos de Mesopotamia lo conocían, pero en forma de alquitrán y lo usaban para la construcción de murallas y palacios, su uso extenso en el área de la construcción era debido a la hermeticidad que proporcionaba a las uniones, por lo que era un elemento indispensable en la construcción de embarcaciones, esta propiedad de proporcionar impermeabilidad fue aprovechada también en oriente medio. (Tour, de Leuch, & Valais, 1981)



Figura 3. Izquierda: Cómo los habitantes de Bagdad revestían las balsas de mimbre con asfalto. Derecha: Cruzando el río con la balsa de mimbre impregnada. Fuente: (Asimov, 1984)

Como no, el petróleo también era usado en con fines bélicos por los romanos, árabes y bizantinos empleando para ello catapultas con materiales impregnados que ardían fácilmente (esta técnica era copiada de los griegos). (Lopera, 2007)

3.1 Inicio de la actividad de exploración en EEUU y su expansión por el mundo.

Las primeras referencias que se tienen de manantiales en Estados Unidos, entendidos como los primeros yacimientos o depósitos de petróleos, las aporta un monje franciscano Roche d'Aillon quién dio referencias de estos enclaves en el estado de Nueva York. (Enciclopedia ESPASA, 1989)

En 1850, en Titusville, Pennsylvania, Samuel Kier vende a farmacéuticos de Nueva York una sustancia negra que recoge sobre lechos de agua. Tal es el éxito que tuvo, que motivo la búsqueda activa de esta sustancia creándose para ello la “Seneca Oil Company”, siendo el responsable del éxito de tal empresa Edwin L. Drake, que tenía el apodo de El coronel Drake por la autoridad que infundía.

El primer sondeo realizado por L. Drake fue el 27 de agosto de 1859 y a tan solo 23 metros de profundidad empezó a brotar petróleo. Este hecho desencadenó una rápida expansión de pozos por todo Titusville llegando a producirse conflictos

por disputarse el terreno entre pequeñas compañías que surgían rápidamente.
(Tour, de Leuch, & Valais, 1981)



Figura 4. Izquierda: Primer pozo de la “Seneca Oil Company” (L. Drake con sombrero de copa). Derecha: Disposición de torres de pozos en Titusville. Fuente: (Hipertextual.com, 2015)

Este fue el pistoletazo de salida del crecimiento de la industria del petróleo en EEUU impulsado por la industria de la iluminación.

La industria del automóvil comienza en Europa en 1880, este fue el hecho que propició la intensificación de la búsqueda de petróleo en EEUU y la expansión a otros países de las técnicas de sondeo y extracción para su explotación. Esto además se acentuó con la aparición del avión, el uso de los plásticos y las fibras sintéticas.

Los campos de petróleo fueron apareciendo en California, Texas, México, Venezuela, Rusia, Sumatra, Indonesia llegando a las grandes reservas de Oriente Medio, el cual se ha convertido en la región con los países que exportan más petróleo al resto del mundo; concretamente Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos e Irak . (Origen, la historia y el impacto del petróleo en el medioambiente, 2021)



Figura 5. Campo de extracción de Ghawar (Arabia Saudita). Fuente: (Antón, 2018)

3.2 El petróleo como motor de la segunda Revolución Industrial.

Conocemos como revolución Industrial a la aceleración de la producción que se inició en Inglaterra a finales del siglo XVIII y principios del XIX con la utilización de máquinas. (Recursosccss.wordpress, s.f.).

Esta revolución comenzó siendo impulsada por el carbón y continuó con el petróleo que dio origen al motor de combustión interna y con ello al desarrollo de la industria del automóvil que desembocó en la revolución del transporte. Por su parte los costes de transportes de mercancías descendieron notablemente al cambiar el modelo del ferrocarril con las grandes máquinas de vapor a un modelo de transporte más diversificado gracias a la reducción del tamaño de los motores de combustión interna. (Palmer & Colton, 1980)

La reducción de los costes de transporte tuvo un impacto directo en el abaratamiento de los alimentos y materias primas que alimentaban las fábricas y que a su vez producía un aumento en la demanda.

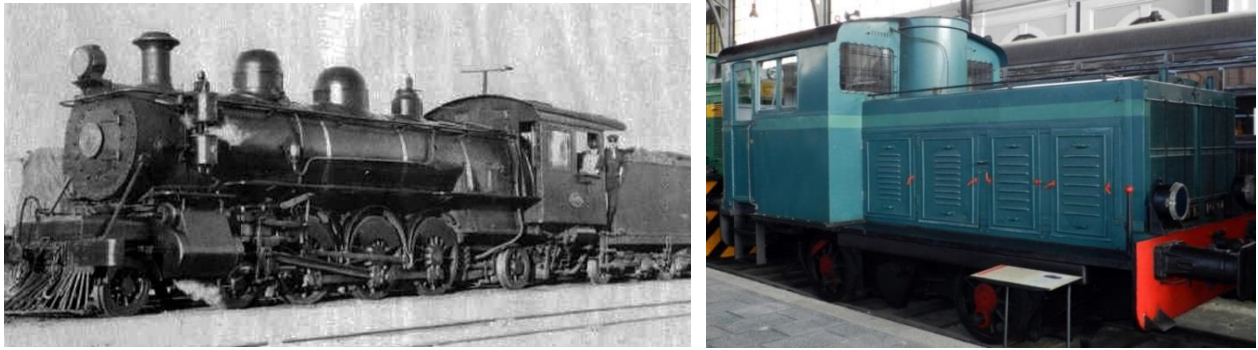


Figura 6. Izquierda: Locomotora de vapor de principios del siglo XX. Fuente: (Ferrocaril siglo XX, s.f.)

Derecha: Locomotora diésel de mediados del siglo XX. Fuente: (Museo del Ferrocarril de Asturias, s.f.)

Por otra parte, los plásticos, material cuya materia prima es el petróleo, empezaron a usarse en 1930 y tuvieron un papel importante en el desarrollo de material bélico en la Segunda Guerra Mundial. Una vez concluida la guerra el uso de los plásticos invadió el área civil incorporándose al desarrollo como una nueva generación de materiales que originó su propio nombre “La era de los plásticos” (Enciclopedia ESPASA, 1989)

3.3 Principales yacimientos en el mundo.

La Organización de Países Productores de Petróleo (OPEP) es una asociación de países árabes creada en 1960 con sede en Viena, que estaba constituida en un comienzo por los países árabes productores y exportadores de petróleo y al cual se sumaron otros países productores para, de esa manera, establecer una política común a la hora de fijar precios y cuotas de producción. (Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos, 2002)

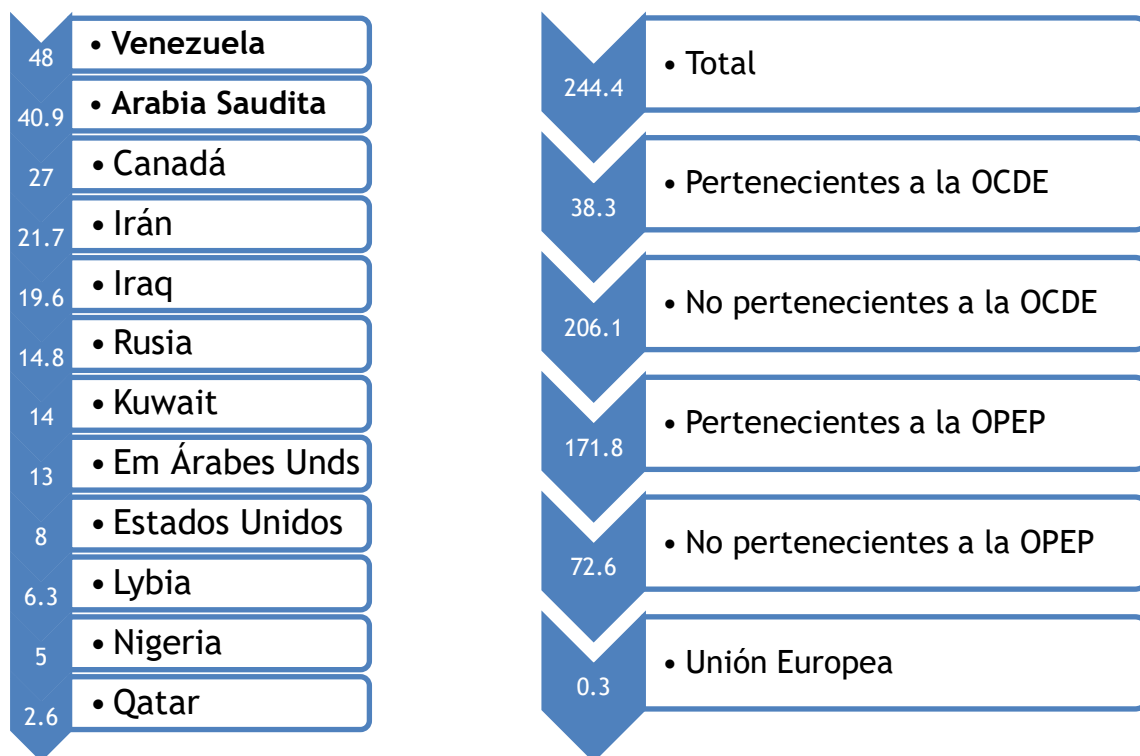


Tabla 1. Izquierda: Principales reservas de petróleo probadas por países (100 millones de tn). Derecha: Reservas de petróleo probadas por regiones y organizaciones. Fuente: (BP Global Corporate, 2021)

Según estos datos el 42.2% de las reservas mundiales en 2020 se encontraban en países no pertenecientes a la OPEP. Teniendo en cuenta que ese es el porcentaje que poseen las regiones más desarrolladas, se concluye que esa cifra no es suficiente para abastecer a estos países teniendo en cuenta que no solo es para alimentar el sector del transporte sino en la obtención de productos derivados como los plásticos, asfaltos, cauchos, etc.

4. EL PETRÓLEO EN ESPAÑA; BÚSQUEDA CONSUMO E IMPORTACIÓN.

BÚSQUEDA

En España los yacimientos de crudo susceptibles de ser explotados son muy escasos, esta situación le obliga a importar petróleo para abastecer los mercados de consumo dependientes.

Las compañías petroleras que operan en España realizan los trabajos de exploración, extracción, refinado, distribución y comercialización de productos

petrolíferos cuando reciben el crudo que llega desde distintas fuentes de suministro, normalmente mediante petroleros.

Desde 1992 el sector del petróleo en España está liberalizado, es decir, que no hay un monopolio que controle la importación, producción y distribución de sus productos derivados. En su lugar estas actividades las realizan empresas privadas bajo la legislación vigente.

CONSUMO

EL consumo de productos derivados del petróleo en España es de alrededor de 70 millones de toneladas anuales, lo que significa que se consume un 2% del consumo mundial, la cuota de uso del petróleo en el consumo de energía primaria es del 52%. (Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos, 2002)

Concepto	2020	Concepto	2020
Producción interior de crudo	6	GLP's	1.081
Importaciones de crudo	56.172	Gasolinas	5.248
Producción de refinerías	58.177	Queroseno	3.341
Importaciones de productos petrolíferos	17.267	Gasóleos	31.034
		Fuelóleos	2.263
		Total	42.967

Tabla 2. Izquierda: Balance de producción y consumo general de productos petrolíferos. Derecha: Consumo interior de productos petrolíferos. (Unidad. Miles de tn). Fuente: (CORES, 2021)

IMPORTACIONES DE CRUDO

La importación española de petróleo abarca casi la totalidad de las necesidades de producción en el consumo industrial y doméstico.

En la última década, de media, se importaron casi 60 millones de toneladas procedentes de más de veinte países, entre estos destacan en volumen de aportación México, Nigeria y Libia. España también importa una gran cantidad de productos ya refinados debido a la imposibilidad de autoabastecer los volúmenes necesarios para alimentar la demanda entre los que destacan el gasóleo y los fuelóleos procedentes principalmente de Italia y Rusia. Este último dato deja al

descubierto un problema que se da en la industria del refinado en España entre la demanda de productos derivados del petróleo y la oferta.

España es un país que históricamente ha producido más gasolinas que la que se consume y por el contrario se consume más gasóleo que el que se refina por lo que se exporta gasolina y se importa gasóleo.

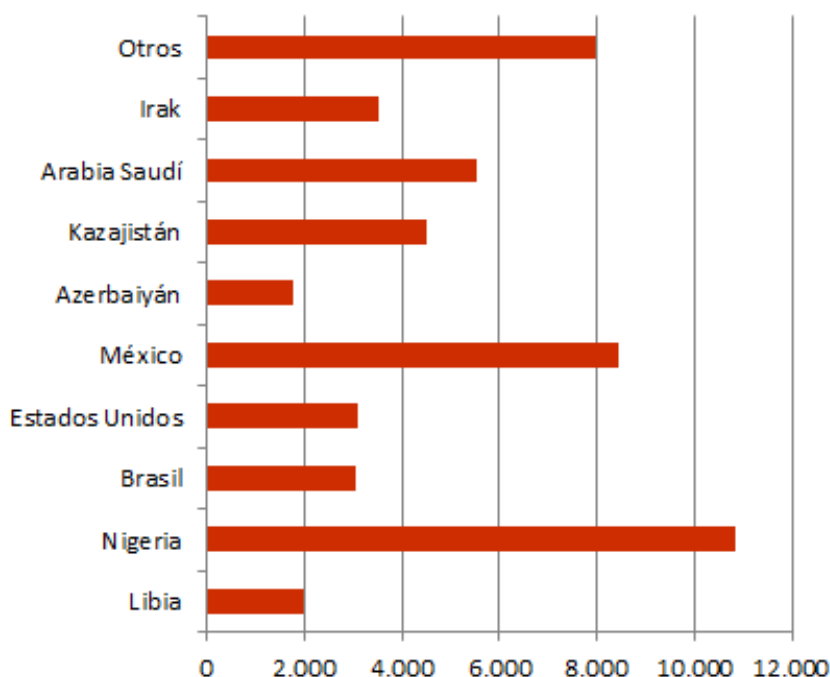


Tabla 3. Importaciones Españolas de petróleo en 2020. Unidades: miles de toneladas. Fuente: (CORES, 2021)

4.1 Primeros sondeos en España.

A pesar de los pocos casos en los que se han encontrado yacimientos de petróleo en España y que además solo uno sea en tierra firme, no son pocos los intentos que se han llevado a cabo a través de toda la geografía española, en algunos casos documentados en libros y registros, y en otros casos sabemos de ellos por una pequeña nota de prensa.

Se tienen referencias populares de que el primer yacimiento de petróleo u otro tipo de hidrocarburos que hay en España es en la localidad de Sigüenza (Guadalajara), en el siglo XI. (Lora, 2022)

No se tienen otras referencias documentadas de manifestaciones similares en España hasta la última década del siglo XIX donde se descubre una mina de petróleo, en 1873, en esta misma zona. (Navarro & Puche Riat, 2019)

Es precisamente en Sigüenza, el 6 de noviembre de 1882, de donde se tienen los primeros registros de la formación de una sociedad cuyo presidente es el Sr. Marqués de Corverá denominada *Minas de Sigüenza* con el fin de explorar, explotar los yacimientos potenciales situados en las afueras de la ciudad y fundar las industrias que deriven de la explotación minera.

El registro de esta sociedad es la evidencia de que en España la búsqueda de hidrocarburos y en especial de petróleo no es una actividad que se limita a la segunda mitad del siglo XX, sino que se ha producido una búsqueda muy activa que ha perdurado durante muchos años.

En este caso, tanto por el número de personas que formaban una sociedad como el capital invertido en tal empresa (500.000 pesetas) para explotar un bien o recurso del que ni siquiera se tenía certeza que fueran a encontrar. (Sociedad Explotadora y Exploradora de las Minas de Sigüenza, 1882)

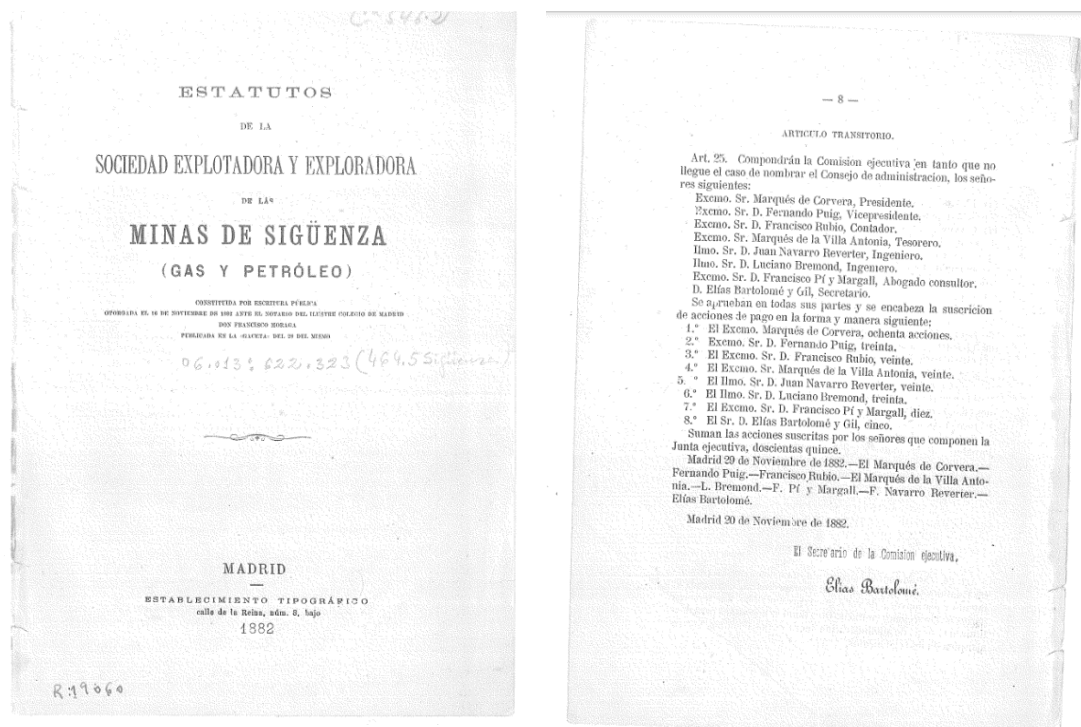


Figura 7. Izquierda: Carátula de los estatutos de la sociedad *MINAS DE SIGÜENZA*. Derecha: Miembros participantes de la sociedad. Fuente: (Sociedad Explotadora y Exploradora de las Minas de Sigüenza, 1882)

4.2 Periodos de la actividad de búsqueda y explotación de hidrocarburos

Dados los periodos en lo que se llevan a cabo sondeos y los resultados obtenidos se pueden distinguir cuatro etapas o periodos en la historia de la búsqueda y explotación de hidrocarburos en España.

4.2.1 Primer periodo: Finales del siglo XIX

Junto a la mina de petróleo de Sigüenza, que al final quedo en una fuente de suministro de asfalto, años antes se inicia en 1850, en Fuentetoba (Soria), una explotación de asfaltos, debido a una fama conocida de que por la zona existían rocas con impregnación asfáltica.

El vicepresidente del consejo provincial de Fomento de Soria “D. Joaquín Iglesias” redactó un informe en el que hace constar grandes afloramientos de aceites además de en Fuentetoba; en Villaciervos, Toledillo, Cidones, Herreros, Abejar, Casarejos, Ciria, Torrelampaja, Medinaceli, Andaluz, Torrevicente y más puntos de la provincia. De este modo se constituyen dos fábricas en la zona para la explotación de este recurso, una en Fuentetoba y otra en el municipio de Cidones.



Figura 8. Fuentetoba. Capa asfáltica en la trinchera del f.c. Santander – Mediterráneo. Fuente: (Sociedad Explotadora y Exploradora de las Minas de Sigüenza, 1882)



Figura 9. Fragmentos unidos de mapa geológico de la reserva de Fuentetoba con datos anotados de las pesquisas realizadas. Fuente: (Sociedad Explotadora y Exploradora de las Minas de Sigüenza, 1882)

Otros municipios de España tuvieron una suerte parecida al realizar sondeos y catas, ya no con la única finalidad de buscar hidrocarburos similares a los encontrados en la provincia de Álava sino también algún tipo de hidrocarburo gaseoso y líquido que dieran más rentabilidad a la futura explotación. (Sociedad Explotadora y Exploradora de las Minas de Sigüenza, 1934)

En 1867 se hicieron sondeos superficiales para la búsqueda de hidrocarburos en la provincia de Álava, en este caso la finalidad de la búsqueda era la obtención de depósitos líquidos de asfaltos que finalmente se materializó en el hallazgo de asfalto en roca impregnada, estos yacimientos dieron origen a las fábricas de asfaltos de Peñacerrada y Montoria. (Navarro & Puche Riat, 2019)

En 1890 se detectó petróleo, en lo que se conoce como la Olla de Huidobro, a 30 Km de Burgos, en este hallazgo se veía el petróleo en charcos debido a la ausencia de roca sello, este petróleo se usó para el alumbrado con candiles. (Lora, 2022)

4.2.2 Segundo periodo: Primera mitad del siglo XX

En el año 1900, en Villanueva de Rampalay, hay otro afloramiento de petróleo, pero en este caso es más abundante que el de Huidobro, aunque mezclado con arena. Se levanta una pequeña fábrica para la extracción del hidrocarburo calentando las tierras impregnadas, en la parte superficial afloraba el agua y en la más externa el petróleo, el cual fue usado para el alumbrado de Madrid. (Lora, 2022)

A principios del siglo XX los esfuerzos por la búsqueda del que se vislumbraba como una materia prima indispensable llevó a la expansión de los sondeos a la otra punta de España. En el área municipal de Villamartín, en la provincia de Cádiz, ya era conocida la presencia de hidrocarburos, y no se consideraba como un bien oculto ya que estaba presente en otros enclaves mineros de la zona de otros tipos de explotaciones y es por lo que iniciaron rigurosos estudios geológicos por toda la zona para el posterior comienzo de sondeos. (Vidal, 2009)

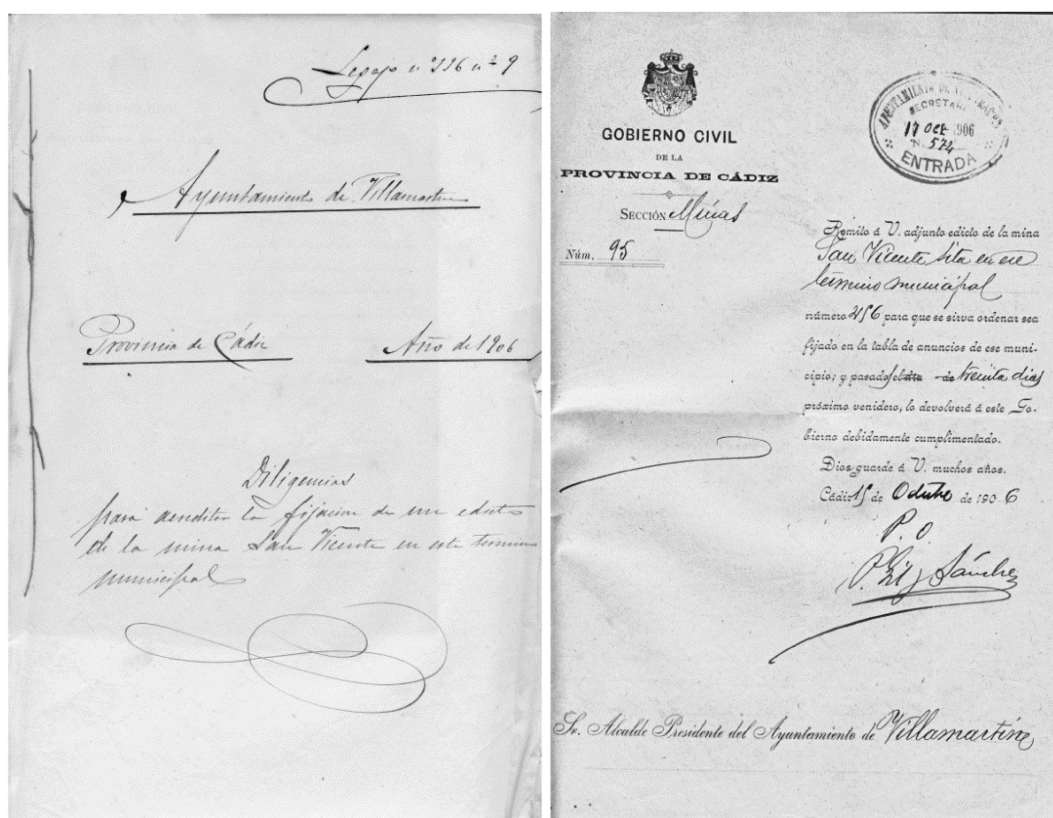


Figura 10. Fragmento del expediente para la explotación de la mina “San Vicente”. Fuente: (Vidal, 2009)

Estos descubrimientos llevaron a la constitución, en 1906, de una sociedad para explotar dichos yacimientos llamada “Sociedad Especial Minera Petrolífera de Villamartín” presidida por Isidro de la Cierva Peñafiel, hermano de Juan de la Cierva¹. No tardaron mucho en obtener resultados, ya que a 120 metros de profundidad encontraron petróleo, este descubrimiento es recogido y documentado por la prensa de la época dos años después por el periódico “El Liberal”

Después otras compañías se instalaron en la localidad, destacando “La Villamartín Petroleum Company”, estas compañías utilizaban métodos rudimentarios de sondeo que no eran capaces de superar profundidades de más de 120 metros, lo que producía que muchas de ellas quebrasen por falta de medios. (Vidal, 2009)

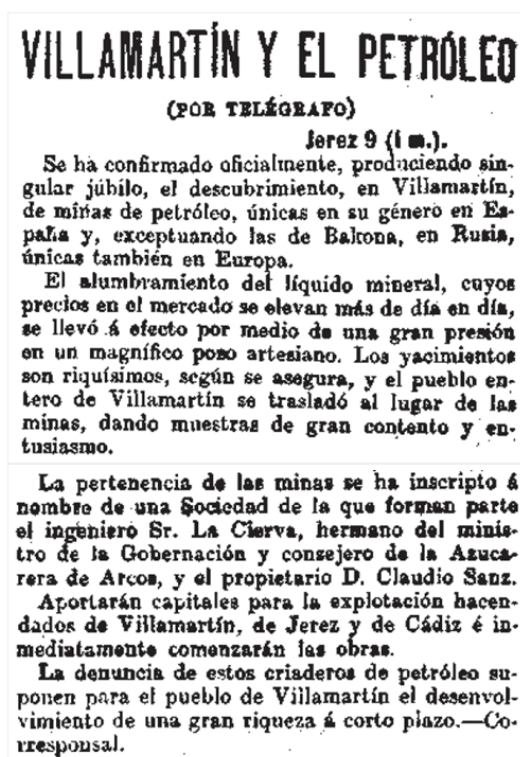


Figura 11. Artículo del periódico “El Liberal” haciéndose eco del descubrimiento de petróleo. Fuente: (EL Liberal, 1908)

Siguiendo un orden cronológico y no muy lejos de la localidad de Villamartín, en 1909 se descubrió la presencia de gas natural en una fuente de agua salada en la provincia de Sevilla, cerca de las marismas del Río Guadalquivir. En la escuela de ingenieros de minas de Madrid se hicieron los análisis del gas encontrado, los resultados positivos de esos análisis motivaron la creación de la compañía

¹ Juan de la Cierva y Codorníu; Ingeniero, aviador y político español, inventor del autogiro, un precursor del helicóptero

petrolífera de Pambanco en 1910 la cual realizó estudios y pruebas por más puntos de la provincia de Sevilla, aunque la escasez de rocas almacén hacía imposible que pudiese existir reservas importantes de petróleo en la zona.

Los intentos por encontrar importantes yacimientos en la mitad sur de España estaban emparejados con la búsqueda en la otra mitad norte, en la localidad de Aguarin (Salvatierra) y Gastiain (en las proximidades de Navarra) se realizaron sondeos en 1911 promovidos por Ignacio Murua, en dichos sondeos al no contar con los equipos adecuados se realizaban mediante explosiones con dinamita enterrada a 20 metros de profundidad. (Eguino, 2011)

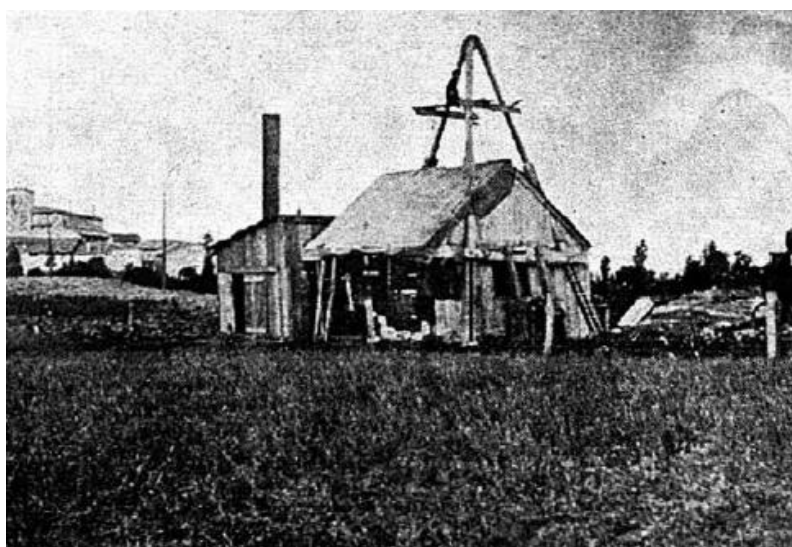


Figura 12. Torre de perforación en Salvatierra (Vizcaya). 1915. Fuente: (Navarro & Puche Riat, 2019)

Durante la Primera Guerra Mundial (1914–1918) el disponer de petróleo se convirtió en un factor estratégico para cualquiera de los bandos que pretendiese ganar la guerra. El aumento de la velocidad en los movimientos bélicos daba una ventaja clara y esto pudo lograrse mediante la adhesión de tropas motorizadas, aviones, flotas marítimas y transporte de tropas y mercancías, sustituyendo los motores de vapor por motores a combustión produjo un auge en la demanda mundial del petróleo.

En España se empezaba a tener un interés cada vez mayor en la búsqueda de hidrocarburos y el hecho que los precios estuvieran creciendo por la contienda bélica dio origen a una pequeña fiebre del petróleo que se vio reflejada en la fundación de muchas sociedades mineras principalmente en el norte de España que eran

liquidadas tan rápidamente como se fundaban ya que se iniciaban por presencia de hidrocarburos en la superficie pero sin la realización de rigurosos estudios previos que verificasen la presencia de petróleo. (Navarro & Puche Riat, 2019)

Lo mismo sucedió en las prospecciones de las cercanías de Soncillo (Burgos) en 1923, en donde se realizaron perforaciones sin encontrar ningún indicio de hidrocarburos líquidos ni gaseosos. En esta misma década se retomaron sondeos en Fuentetoba con los mismos resultados negativos.

Al concluir la guerra hubo un entendimiento de que la parada de suministros de un elemento tan decisivo podría tener perjuicios negativos en el desarrollo de un país, este pensamiento condujo a que el mercado del petróleo que hasta 1927 había estado desarrollándose en España en régimen abierto comenzara a ser controlado estableciendo imperativos de orden fiscal y políticos.

Hasta ese año 1927, el mercado español estaba dominado por tres compañías; “Standard”, “Shell” y “Petróleos Porto-PI”. El ministro de Hacienda José Calvo Sotelo² inició una política petrolífera en España con el Real Decreto-Ley del 28 de junio de 1928 en el que establece un sistema mixto de cooperación entre el Estado y la actividad privada mencionada dando origen a la “Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos” (C.A.M.P.S.A.).

De esta manera José Calvo Sotelo garantiza la intervención y vigilancia del Estado en todas las operaciones de una materia prima que afecta a los intereses industriales de España y concluyendo con la expropiación de las empresas extranjeras lo que llevo a tener tensiones con los países a los que pertenecían durante unos años.

En la formación de esta entidad el Estado se compromete a la realización de todas las obras necesarias tanto en instalaciones, transporte y material, y a impulsar y ayudar a todas las obras dirigidas al hallazgo de petróleo en el subsuelo español. Así mismo garantiza la viabilidad de la compañía, en previsión de resultados negativos, mediante la auto obligación de adquirir yacimientos en el extranjero para

² **José Calvo Sotelo**: (1893–1936) Ministro de Hacienda entre 1925 y 1930, durante la dictadura de Primo de Rivera

lo cual crea la compañía CEPSA (Compañía Española de Petróleos Sociedad Anónima) cuyos dueños son varios bancos españoles e inversores privados.

Al final la estrategia dio resultado y los sondeos por el territorio español comenzaron a ser más frecuentes, en algunos casos con resultados negativos y en otros con resultados diferentes a los esperados como el hallazgo de gas, alquitrán y sustancias bituminosas. En cualquier caso, la Hacienda pública comprobó estos resultados con el ingreso de centenares de millones de pesetas.

(Prado, 1963)

Debido al control de CAMPSA en el panorama petrolífero, ésta también se convirtió en la encargada de la comercialización de combustible y lubricantes en las estaciones de servicio de toda España.



Figura 13. Camión cisterna de CAMPSA. Fuente: (CLH, Archivo Histórico de CAMPSA, s.f.)



Figura 14. Estación de servicio propiedad de CAMPSA. Fuente: (REPSOL, s.f.)

CEPSA no solo sirvió para tener la capacidad de adquisición de yacimientos en el extranjero también tenía la capacidad de hacer frente a las represalias de las empresas extranjeras que ejercían su influencia en el abastecimiento de petróleo en España. Los yacimientos que adquirió se encontraban exclusivamente dispersos por diferentes provincias venezolanas.

CEPSA también construye una refinería de petróleo en Santa Cruz de Tenerife (Canarias) ya que es un emplazamiento que se encontraba bien situado en las rutas internacionales del comercio del petróleo y también como referencia para refinar el crudo venezolano.

Durante la guerra civil española se abastecía de crudo extranjero a ambos bandos y siempre existía el temor que el bloqueo de suministro supusiese un el inicio de la pérdida de la guerra, por ello tanto por la parte nacional como republicana se comenzaron trabajos con la finalidad de un autoabastecimiento.

Por la parte republicana existía la ruta de entrada de petróleo desde los puertos de Sete y Le Nouvelle hacia Cataluña y también se buscó petróleo, como por ejemplo en el pueblo de Chinchilla (Albacete). Se eligió ese sitio para perforar debido a que en 1934 hubiera un movimiento sísmico y apareciera petróleo y gases en un pozo de agua.

Desde el bando nacional se creó una sección de prospección que dependía del Departamento de Industria que llevaron a cabo trabajos de investigación en el norte de España, sondeo de Puerto Escudo (Cantabria) y Pamplona.

(Departamento de Humanidades Contemporáneas, Unv de Alicante, 1987-88),
(Navarro & Puche Riat, 2019)

Al acabar la Guerra Civil comienzan en España unos trabajos intensos de perforación y sondeos. Se realizan en Zumaia (Guipúzcoa) mediante la técnica de percusión llevada a cabo por la Sociedad Española de Sondeos Foraki. Llegaron a taladrar varios pozos siendo el más profundo de 723 metros. (Villieda, 1937)



Figura 15. Fotografía de la torre de perforación de Zumaia (Guipúzcoa 1940).
Fuente: (Ostolanza, 2012)

En la década de 1940 España está aislada internacionalmente por su postura en la Segunda Guerra Mundial y hay necesidades de consumo de petróleo para atender las demandas de reconstrucción. CAMPSA, como empresa estatal de hidrocarburos comienza sondeos en Zamarras (Burgos) con pocos resultados debido a la escasez de equipos de última generación.

En los siguientes años CAMPSA adquirió equipos más modernos lo cual les permitió afrontar proyectos técnicamente más complejos y sondeos más profundos llegando a superar los 2000 metros de profundidad en Villanueva del Rampalay (Burgos) del que se extrajo gas y pequeñas cantidades de petróleo.

En 1947 CIEPSA perfora su primer pozo de exploración en Oliana (Lérida) llegando a alcanzar 2323m de profundidad gracias a unos equipos importados de Norteamérica que anteriormente eran muy difíciles de conseguir debido a las restricciones derivadas de la II Guerra Mundial. (Navarro & Puche Riat, 2019)

En este mismo año también se realizaron sendas perforaciones en Chiclana (Cádiz) pero se paralizaron a los 206 metros de profundidad por falta de inversión que llegó más tarde, en 1949, llegando a los 750 metros sin resultados.

4.2.3 Tercer periodo: Segunda mitad del siglo XX hasta 1964

En los últimos años de la década de 1940 los sondeos en España fueron escasos y a pesar de la importancia del hito de la Ley de Hidrocarburos del 26 de

diciembre de 1958, que tiene como objetivo la investigación petrolífera para tratar de autoabastecer de petróleo el mercado nacional debido a que el consumo aumentaba sin parar. Se considera esta tercera etapa a partir de 1950 debido a la multitud de sondeos que se llevaron a cabo por todo el territorio nacional desde este año hasta mediados de la década de 1960, impulsados por el Instituto Nacional de Industria (I.N.I.), este comienza la realización de estudios de búsqueda en aquellos terrenos donde no se hubieran solicitado concesiones previas.

El I.N.I. constaba de subentidades a las que encomendaban diferentes funciones en el área de los hidrocarburos, así es como el I.N.I. encargó a la empresa nacional de investigaciones mineras “Adaro” la labor de realizar las acometidas técnicas, económicas, industriales y los estudios e investigaciones pertinentes relacionadas con la obtención de combustibles. Una vez establecidas las competencias que puede llevar a cabo, Adaro realiza las actividades de trabajos de investigación propios o con entidades privadas, solicitud de terrenos susceptibles de ser explotados e informes geológicos y naturales del subsuelo.

(Prado, 1963)

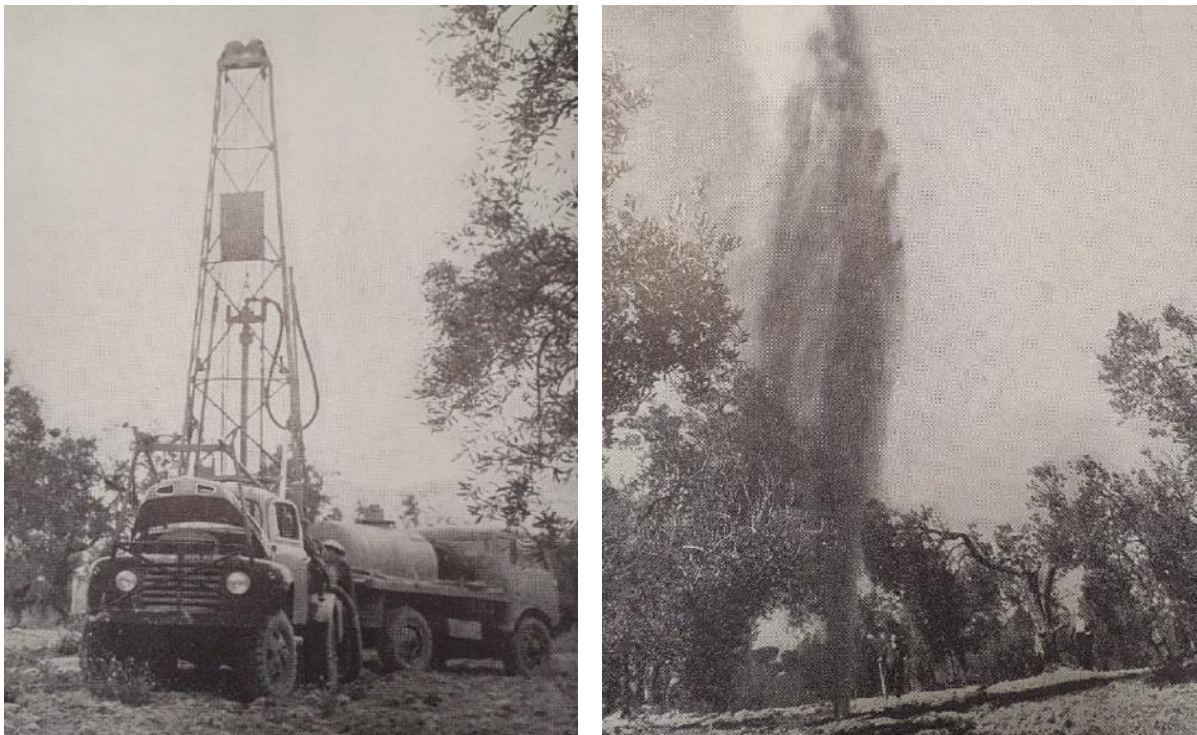


Figura 16. Izquierda: Explosión de un pozo de registro sísmico en Carmona (Sevilla). Derecha: Prospección de pozos de petróleo en Castilla de la Cuesta (Sevilla). Ambos llevados a cabo por Adaro. Fuente: (Prado, 1963)

Entre otras de las entidades que formaban el I.N.I. una de las más importantes era la “Refinería de Petróleos de Escombreras, S.A.” cuya labor era la importación y transformación de petróleo, así como de la comercialización de productos derivados del mismo.

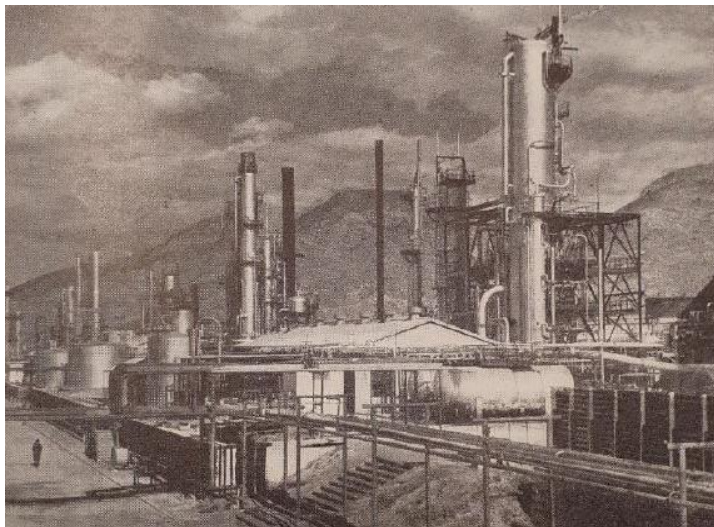


Figura 17. Refinería de Escombreras (Murcia). Fuente: (Prado, 1963)

De la multitud de sondeos que se realizaron entre 1950 y 1960 se hace referencia a continuación o por lo menos de aquellos de los que quedó constancia ya que es sabido de multitud de estos que por quedar en un mero intento o por ser más que sondeos, pruebas geológicas, no han sido catalogados como tal y aparecen en la bibliografía como anécdotas del saber popular.

No obstante, de todos los sondeos realizados cabe hacer especial mención al de Lerín, al que se desplazaron expertos de Texas, pertenecientes a la compañía Valdebro (asociación de VIEPSA y la norteamericana Delta Drilling Co) usando maquinaria importada, sismógrafos, explosivos, cemento especial para perforaciones, camiones adaptados y todo ello tras haber realizado investigaciones a gran escala. Tras dos años de búsqueda no se obtuvieron resultados más que una mezcla líquida con escaso porcentaje de petróleo a 400 metros de profundidad de los 1600 perforados y toda la maquinaria y recursos llevados se dispusieron favor del yacimiento de Marcilla (Pamplona) con la esperanza de poder rentabilizarlos.

1950:

- Peña Ortún, en el valle de Zamanzas (Burgos), llegando a 1264 metros.

- La Marina (Alicante), llegando a 1960 metros con resultados negativos.

1952:

- Quintanilla-Colina (Burgos), llegando a 2177 metros con indicios de petróleo y gas.
- Lerín (Pamplona), llegando a 1000 metros, con resultados negativos



Figura 18. Izquierda: Plano de 1952 del yacimiento e Lerín Derecha: Foto del camión instalando la torre de perforación para el sondeo en Lerín en 1953. Fuente: (Zuloaga, 1952)

1953:

- Marcilla (Pamplona), llegando a 3415 metros con resultados negativos.

1954:

- Chiclana (Cádiz), se retomaron las actividades de búsqueda que terminaron en 1949, llegando a 1032 metros y hallando trazas de petróleo a los 200 metros.
- Zuñiga (Pamplona), llegando a 1600 metros con resultados negativos.
- Bujaraloz (Soria), llegando a 2200 metros con resultados negativos.

1955:

- Apodaca (Vitoria), llegando a 2535 metros con resultados negativos.

- Boltaña (Huesca), llegando a 2124 metros con resultados negativos.
- Iglesias (Burgos), llegando a 2180 metros con resultados negativos.
- Lorenzo de la Parrilla (Cuenca), llegando a 2580 metros con resultados negativos.

1956:

- Villalba de Alcor (Huelva), llegando a los 210 metros con resultados negativos.
- Leva (Burgos), continuación del que se comenzó en 1923, llegando a 1512 metros con resultados negativos.
- Laño (Burgos), llegando a 3501 metros hallando trazas de asfalto y capas de hidrocarburos líquidos y gaseosos.
- Délica (Álava), llegando a 140 metros con resultados negativos.
- Orduña (Vizcaya), llegando a los 171 metros con resultados negativos.
- Villamartín (Cádiz), perforando en zonas próximas de los pozos explorados en 1906 en donde brotó petróleo de buena clase, pero escaso.
- Matienzo (Santander), llegando a 1950 metros con resultados negativos.
- Pugreig (Barcelona), llegando a 3192 metros con resultados negativos.

1957:

- Medina Sidonia (Cádiz), llegando a los 184 metros con resultados negativos.
- Treviño (Burgos), llegando a 2595 metros y con simples indicios de gas.
- Villasana de Mena (Burgos), llegando a los 438 metros y obteniendo indicios de gas y petróleo.
- Isla Mayor (Sevilla), llegando a 2373 metros con resultados negativos.
- Moguer (Huelva), llegando a 2472 metros con resultados negativos.
- La Puerta de Segura (Jaén), sin datos de profundidad, con resultados negativos.

1958:

- Aloria (Vizcaya), llegando a los 841 metros con resultados negativos.
- Cerrogorro (Cádiz), llegando a 3558 metros con resultados negativos.

- Gormaz (Soria), llegando a 2220 metros con resultados negativos.
- La Zaida (Zaragoza), llegando a 1698 metros con resultados negativos.
- Monegrillo (Zaragoza), llegando a 1446 metros con resultados negativos.
- Quintana Redonda (Soria), llegando a 1156 metros con resultados negativos.
- Retuerta (Burgos), llegando a 3390 metros con indicios de hidrocarburos ligeros.

1959:

- Carmona (Sevilla), llegando a 908 metros, encontrando gas a 500 metros.
- Castilla de la Cuesta (Sevilla), llegando a los 937 metros, encontrando gases emulsionado con agua salada.
- Saltares (Sevilla), llegando a los 665 metros, encontrando gas emulsionado.
- Guernica (Vizcaya), llegando a 1640 metros con resultados negativos.
- Alloz (Pamplona), llegando a 3231 metros con resultados negativos.
- Perforaciones en Castillo (Vitoria), llegando a 2750 metros encontrando gas a partir de los 2100 metros.
- Sierra de Urbasa (Vitoria), llegando a 3400 metros y obteniendo indicio de gas.
- Lahoz (Álava), llegando a 701 metros con resultados negativos.
- Sopeñano (Burgos), llegando a 510, 405, 1913 1850 metros en diferentes intentos con resultados negativos.
- Monesma (Huesca), llegando a 4750 metros con resultados negativos.
- Urbasa (parte de Álava), llegando a los 3835 metros encontrando petróleo a partir de 1300 metros y gas a partir de 2459 metros.

1960:

- Zufín (Pamplona), sin registros de profundidad.
- Localidades de La Bisbal y Riumors (Gerona), sin datos.



Figura 19. Crónica del Diario Jaén de los trabajos de prospección en La Puerta de Segura (Jaén).

Fuente: (Abenaxara, 2020)

Con la entrada en vigor de la Ley de Hidrocarburos del 26 de diciembre de 1958 se permite la entrada de compañías petrolíferas extranjeras siempre y cuando se asociarán con alguna empresa española lo que permitió que una vez establecidas en España, ya en los años 60, las prospecciones fueran llevadas a cabo con estudios más rigurosos con la finalidad de realizar sondeos más rentables.

Fuentes: (Baquedano, 2007), (Prado, 1963), (Eguino, 2011), (Sociedad Exploradora y Exploradora de las Minas de Sigüenza, 1882), (González, 2001)

4.2.4 Cuarto periodo: Desde 1964 hasta la época actual

Se considera el inicio de este cuarto periodo en 1964 porque esta fecha marca un hito en el panorama petrolífero español, ya que, casi cien años después del comienzo de la búsqueda activa de petróleo finalmente se encuentra un yacimiento que tiene las características necesarias de ser explotado y prueba de ello es que la localidad de Sargentos de Lora es el único emplazamiento en España donde se han instalado mecanismos de bombeo de balancín para extracción de petróleo.

En mayo de 1964 CAMPSA colaborando con las compañías Chevron y Texaco iniciaron un sondeo en la localidad de Valdeajos (Burgos) que dio como resultado el descubrimiento de petróleo más importante en España, hasta esa fecha y el más importante hasta la fecha actual en tierra firme. (RepsolGlobal, s.f.)

La labor técnica de las prospecciones estaba encomendada al ingeniero jefe Mr. R. Godfrey perteneciente a la “American Overseas Petroleum Spain Limited” filial de Texaco ayudado por Cristóbal Rasero, ingeniero del servicio de prospecciones de CAMPSA en Burgos y que afirmó que brotaron alrededor de 6000 litros de petróleo hasta conseguir contener el pozo al encontrar la bolsa. La noticia se propagó rápidamente por España y dieron buena cuenta de ella los diarios locales y nacionales. (Diario de Burgos, 1964)



Figura 20. Izquierda: Foto del Ing. Mr. Gofrey, segundo por la izquierda. Fuente: (Fede, 1964). Derecha: Foto de la portada del diario de Burgos dos días después del hallazgo. Fuente: (Diario de Burgos, 1964)

Tras llegar a 1350m de profundidad comenzó a fluir petróleo de 41° API³ que no era apto para su uso comercial, después de esta primera prueba se siguió perforando hasta casi alcanzar los 2400m dando como resultado la extracción de crudo con una riqueza suficiente para poder iniciar la comercialización alcanzando una producción inicial de 84 barriles diarios. La profundidad final del primer pozo, al que se le llamó Ayoluengo-1, fue de 2397 metros.

³ Grados API: De las siglas American Petroleum Institute, es una medida de densidad que en comparación con el agua a la misma temperatura da una medida de lo pesado o ligero del petróleo.



Figura 21. Juan Carlos I y Doña Sofía visitando Ayoluengo siendo príncipes de Asturias.

Fuente: (Brunat, El Confidencial, 2018)

Después del descubrimiento de este primer pozo se sucedieron más perforaciones llegando a abrirse 32 pozos y alcanzando una producción de 5200 barriles diarios en 1976. Desde este año hasta 1985 se siguió abriendo pozos hasta el último que fue el de Ayoluengo-52 y desde entonces este yacimiento ha tenido una producción acumulada de 17 millones de barriles. (Sociedad Geológica de España, 2015)

El éxito fue parcial porque a pesar de ser un crudo con potencial para ser comercializado no era apto para ser refinado debido a que contenía concentraciones muy altas de vanadio y arsénico por lo que el crudo obtenido se utilizaba directamente como combustible de calderas, fundiciones, cementeras e industrias afines como la fábrica de vidrio de Vicasa (Burgos). (Lora, 2022)



Figura 22. Maqueta con la situación de parte de los pozos de Ayoluengo. Fuente: (Lora, 2022)

En 1990 la explotación del yacimiento pasa por diversas manos desde CAMPSA y TEXACO a ser explotada por REPSOL y posteriormente por NORTHEM PETROLEUM en 2002, ASCENT RESOURCES Plc en 2006 y a LENI GAS and OIL en 2007 la cual puso el punto y final a la explotación. (Comet, 2016).

En la crisis del petróleo de 1973 en el que la OPEP decidió reducir la producción de crudo hacia occidente se produjo una ley de explotación de hidrocarburos con beneficios fiscales que tuvo como resultado el descubrimiento del primer yacimiento en aguas marinas en las costas del mar Mediterráneo llamado Amposta del que se extrajeron 2 millones de toneladas en 1975.

Las prospecciones continuaron en el mediterráneo y en 1977 se descubrió el yacimiento de Casablanca y posteriormente los yacimientos de Tarraco, Rodaballo, Chipirón, Boquerón y Barracuda, estos últimos eran considerados pozos satélites del principal yacimiento de Casablanca (Roca, 2021) (Diari Mes Digital, 2022).



Figura 23. Foto de la plataforma petrolífera de Casablanca. Fuente: (Diari de Tarragona, 2018)

Tras el éxito de los sondeos sobre la zona mediterránea se continuaron las prospecciones en la plataforma continental del mar Cantábrico usando la plataforma de prospección “Medusa”, a 13 kilómetros de la localidad de Armintza que realizó el último de los sondeos que tuvo como resultado en 1980 la apertura de la plataforma de gas; “Gaviota”. Estas reservas han sido explotadas hasta 1994 y actualmente se usan como depósitos de gas. (Itsosupeteko Ondarea Bermeo, 2021)

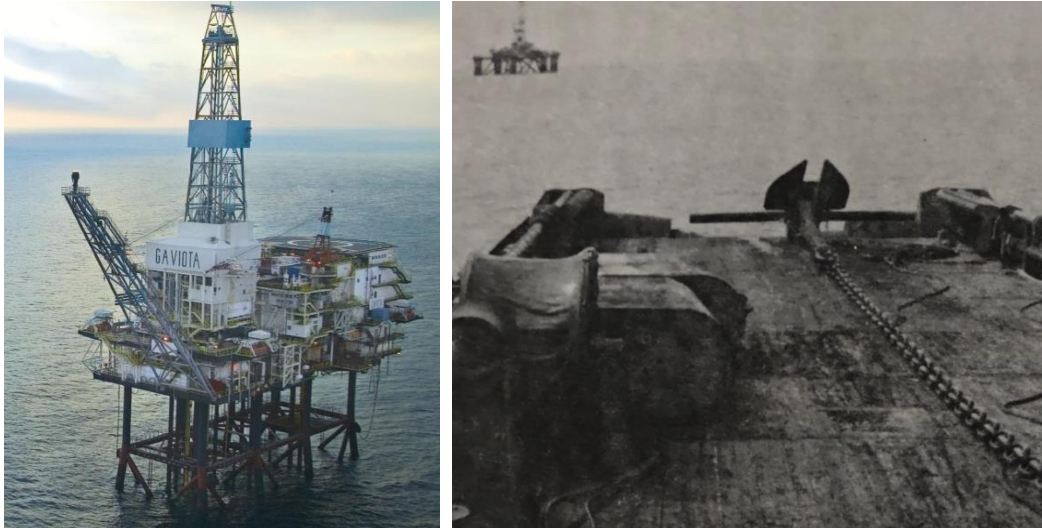


Figura 24. Izquierda: Foto de la plataforma Gaviota en la actualidad. Derecha: El barco “Charo del Mar” remolcando la plataforma “Medusa” 1981. Fuente: (Itsosupeteko Ondarea Bermeo, 2021).

También se realizaron prospecciones en el sur de España encontrando reservas de gas en 1990 en Las Marismas, que se encuentran en el valle del Guadalquivir. Más adelante, en 1995, en el Golfo de Cádiz se descubrió gas submarino a 30 km de la costa de Huelva, el yacimiento fue denominado Poseidón produciendo 3 bcm⁴, este yacimiento es explotado por REPSOL. (López & J.L. Giner-Robles, 2018).



Figura 25. Foto de la plataforma “Poseidón” situada a 30 km de las costas de Huelva, en el golfo de Cádiz. Fuente: (Revilla, 2009)

⁴ Bcm: miles de millones de metros cúbicos

El descubrimiento más reciente en la búsqueda y explotación de hidrocarburos tuvo lugar en Viura (La Rioja), en el que se descubrió un yacimiento de gas y se calcula que posee un volumen de 3 bcm. El yacimiento es descubierto en 2010 por “Unión Fenosa Gas Explotación y Producción” tras perforar un pozo de 3788 metros de profundidad. (Natrugy, s.f.)

En junio de 2021 REPSOL anunció que dejará de producir petróleo, a pesar de tener una concesión del gobierno para la explotación hasta 2038, el descenso del volumen extraído en el yacimiento de Casablanca ha ocasionado la decisión prematura del abandono de la explotación. Esta parada de producción significa el fin de la historia de la extracción de petróleo en España quedando en pie las explotaciones de gas. (Esteller, 2021).

4.3 Procesado y tratamiento de hidrocarburos

En 1944 la empresa pública ENCASO⁵ creada a por Decreto el 22 de enero de 1942 tenía la misión de fomentar todas las acciones técnicas, económicas, industriales y mercantiles para la producción, en España, de productos derivados del petróleo por lo que constituye un centro de investigación para lograr independencia en el área técnica de empresas extranjeras, ENCASO también es la encargada de tomar la iniciativa de la creación de industrias que obtuvieran provecho de los combustibles líquidos y lubricantes mediante la comercialización directa.

En la década de 1950 el Instituto Nacional de Industria, a través de la entidad “Sociedad Ibérica del Petróleo” se encargaba del procesado de hidrocarburos para la obtención de productos nitrogenados y la obtención de otros subproductos procedentes del petróleo. (Prado, 1963).

En esta misma década comienza a cambiar la forma en la que los españoles tienen acceso a la energía debido a una celeridad hacia la modernización, en el ámbito doméstico, disponer de calor en el hogar de forma instantánea era un adelanto sin precedentes. En 1957 se crea la empresa BUTANO, el fundador de la compañía José Álvarez Sánchez, justifica el color naranja chillón como un reclamo

⁵ ENCASO: Empresa Nacional de Calvo Sotelo y Lubricantes

publicitario al producto, el producto tuvo un éxito abrumador debido a la comodidad de recibir la bombona en casa. (Butano 24 Blog, 2017).

En 1981 se crea el Instituto Nacional de Hidrocarburos (INH) dependiente el Ministerio de Industria y Energía y constituida por; PETROLIBER, CAMPSA, ENPETROL, ENIEPSA, ENAGAS y Butano S.A. Sus atribuciones consisten en coordinar, en línea a las políticas del Gobierno, las actividades en materia de hidrocarburos, y también la iniciativa empresarial para la promoción del sector. (Ministerio de Hacienda y Función Pública, s.f.).

En diciembre de 1984 comienza un periodo de cambio de una industria controlada por el gobierno hacia un modelo en el que se libera el sector de los hidrocarburos, esta liberalización fue uno de tantos requisitos del Tratado de Adhesión a la Comunidad Económica Europea.

4.3.1 Desde las primeras refinerías hasta las actuales.

En 1948 se constituye la sociedad REPESA que instaló una refinería en el valle de Escombreras (Cartagena), la refinería se inauguró en 1951 y contaba con una planta de producción de lubricantes y asfaltos, una planta de cogeneración, centros de investigación e instalaciones marinas en el puerto de la misma localidad.



Figura 26. Foto de la Refinería de Petróleos de Escombreras S.A (REPASA) en Cartagena.

Fuente: (RepsolGlobal, s.f.)

El Ministerio de Industria impulsó en 1961 la formación de una sociedad dedicada a la construcción y explotación de refinerías de petróleos con una capacidad que superase el mill n de toneladas anuales. Esta sociedad fue un conglomerado de Petróleos, S.A. (PETROLIBER), Chevron y Texaco y en paralelo

se formó la Sociedad Hispánica de Petróleos S.A. (Hispanoil) para realizar la exploración, producción y refinado de hidrocarburos en el extranjero.

ENCASO inaugura en 1966 la refinería de Puertollano, esta refinería fue un proyecto del gobierno de Francisco Franco para introducir la industrialización al interior de España.



Figura 27. Refinería de Puertollano (Ciudad Real) en el año de su inauguración, 1966. Fuente: (RepsolGlobal, s.f.)

En 1968 comienza a funcionar la refinería propiedad de Asfaltos Españoles (ASESA) de crudos pesados en Francolí (Tarragona), una planta petroquímica básica totalmente integrada, otra de cogeneración y también un terminal marítimo propio. REPESA se fija en las competiciones a motor como banco de pruebas para testar y mejorar sus productos, principalmente lubricantes. Este es el comienzo del logo de Repsol como marca comercial.



Figura 28. Refinería de Asfaltos Españoles ASESA. Fuente: (RepsolGlobal, s.f.)

En septiembre de 1968 se adjudica vía concurso público, PETRONOR, la instalación y explotación de la refinería en Vizcaya, tres años más tarde el Instituto

Nacional de Industria (INI) toma el relevo para construir una refinería de petróleo en las costas de Tarragona inaugurada oficialmente en 1976. (REPSOL, s.f.)

4.3.2 Transporte y retos logísticos

Las explotaciones de petróleo, al igual que cualquier explotación minera, se ubican en lugares alejados de centros de población, y lo lógico es que se ubicaran cerca de las refinerías.

En los países importadores de petróleo, como es el caso de España, las refinerías en sí mismas tienen que estar colocadas en un sitio estratégico para la posterior distribución de elementos derivados, pero su ubicación depende más de la red de distribución general de hidrocarburos que de la ubicación de las explotaciones existentes ya que el volumen de petróleo procedentes del extranjero es mucho mayor que el que se produce internamente.

Los proyectos que abordan las explotaciones petrolíferas, tienen en cuenta el coste del transporte desde la extracción hasta el centro de refinado como una partida en el estudio de viabilidad económica de la explotación, estudio que determina la decisión final de otorgar las inversiones para el comienzo de la actividad.

En el caso de España, con la explotación de los pozos de Ayoluengo no hacía falta centro de refinado porque debido a las características del petróleo del yacimiento este se usaba sin procesar, como combustible directo para generación de calor.

Con el descubrimiento de los yacimientos marinos, en los que el crudo obtenido era apto para la obtención de derivados, fue necesaria una red de transporte eficaz puesto que había que cruzar desde las plataformas hasta territorio peninsular. Así, por ejemplo, el petróleo y el gas extraído en Amposta era transportado hasta un centro de procesado y almacenamiento en Vinaros, mediante tuberías situadas bajo el mar.

Para el transporte del crudo por el interior peninsular son aptos los medios tradicionales con camiones cisterna y ferrocarril, pero el transporte masivo de

La refinería de Puertollano es la primera situada en zonas del interior de España estando conectada al puerto de Málaga mediante un oleoducto, también contaba con un ramal de 9 Km de longitud desde la refinería hasta la estación.

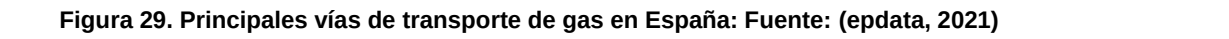




Figura 30. Izquierda: Pósteres que indican y delimitan el paso del oleoducto Málaga - Puertollano. Derecha: Detalle de los carteles de información. Fuente; Foto tomada en el Valle de los Pedroches a pocos kilómetros del límite entre Córdoba y Ciudad Real.

4.3.3 Desarrollo económico y social de las áreas ligadas a las explotaciones.

Las regiones que se encuentran cerca de explotaciones petrolíferas, al igual que cualquiera que se encuentre cerca de otra industria de naturaleza dominante por el hecho de estar ligadas al potencial intrínseco y exclusivo de la zona que abarca, experimentan una transformación social y económica beneficiosa para la región pero que en el caso de las actividades mineras entre las cuales se enmarca la explotación de pozos petrolíferos también provoca cambios en el terreno y en el paisaje para adaptarse a las necesidades de la explotación.

Un ejemplo paradigmático de este hecho es la explotación de Ayoluengo, la cual ha ido modificando en los últimos 55 años el paisaje de la región hasta establecer unos límites visuales y también de infraestructuras achacables a la actividad que allí se produjo. A pesar de que la actividad de explotación terminó, la huella dejada por esta industria es claramente visible en la maquinaria que todavía está instalada como prueba de la bonanza económica que vivió la región.

Este campo de explotación tuvo unas repercusiones sociales y económicas en toda la región modelando el paisaje de Lora y modelando también el modo de vida de sus habitantes que hasta el inicio de la explotación llevaba a cabo actividades

exclusivamente agrarias. Esta región se sumó al desarrollo industrial de España y fue adquiriendo una identidad muy marcada hasta el punto que esa industria era un símbolo del modo de vida de los habitantes de Lora y sus alrededores muchos de los cuales han trabajado en las instalaciones dando paso casi a tres generaciones.

Actualmente la historia de Lora no se puede concebir sin la historia de la industria del petróleo la cual ha dejado un valor patrimonial que hace necesaria su conservación y la difusión de su historia.

Esta misión se lleva a cabo en las instalaciones del Museo del Petróleo, el único de estas características en España y sirve no solo como centro de visita sino también como centro científico de estudio geológico de hidrocarburos, técnicas de detección, explotación, producción y refinado.

(Diputación de Burgos, s.f.), (Lora, 2022)

5. TORRES DE PERFORACIÓN. GENERALIDADES

Las torres de perforación son estructuras construidas por módulos en las que hay unos dispositivos para la realización de perforaciones de entre 100 a 8000 metros de profundidad

Estas torres, dependiendo de la topografía del terreno, el tipo de maquinaria instalada y de la dureza de las capas a atravesar (que condiciona la potencia de los motores instalados) pueden tener diferentes configuraciones pudiendo alcanzar alturas de 50 metros.

Debido a la complejidad de los trabajos en la perforación de pozos de gran profundidad los proyectos de los mismos requieren de equipamiento muy costoso, tecnológicamente muy desarrollado, de uso de materiales avanzados sometidos a diversos tratamientos para poder trabajar en las condiciones que se les requiere, siendo el elemento más crítico de las perforaciones “la cabeza de perforación” las cuales tienen que estar equipadas con materiales extremadamente duros.

PROCESO DE PERFORACIÓN

La broca de perforación es presionada contra el suelo mediante una barra con una sección cuadrada, pentagonal o hexagonal y protegida por otra barra cilíndrica, que es la que normalmente está a la vista, esta barra se encuentra acoplada a un motor. La disposición de la barra transmisora y el tubo de acero dejan un hueco a modo de corona circular por donde se hace pasar una corriente de lodo hasta el taladro.

Desde el exterior se bombea lodo que circula por la corona circular para arrastrar la tierra y roca triturada a la vez que sirve de refrigerante y lubricante para la broca. Una vez ha retornado el lodo, este vuelve a un tanque donde se depura antes de comenzar el circuito e nuevo. A medida que la broca va avanzando se van añadiendo secciones de tubo.

(López & Recuero Forniés, 1999)

5.1 Elementos de una torre de perforación.

Considerando las diferentes funciones que realiza cada elemento se pueden dividir en cinco sistemas:

1. Izaje: es el encargado de producir el movimiento vertical al taladro y la tubería dentro del pozo, a su vez está formada por la torre, el malacate (sistema de eje con cable para elevar o descender la tubería de acople) y el bloque (sistema de poleas).
2. Sistema rotatorio: Es un sistema compuesto por una mesa rotatoria con un hueco central por el que pasa un Kelly (eje metálico cuyo extremo tiene la misma forma que el hueco). La mesa al girar transmite el movimiento a al Kelly y este al eje (también llamado sarta) que a su vez lo transmite a la cabeza de perforación.
3. Circulación de lodo: Es el sistema que permite que el lodo realice un circuito entre el exterior e interior del pozo para lo cual consta de una bomba de desplazamiento positivo (especial para lodos), un depósito de lodo para adecuarlo a la circulación y un desarenador que realiza la función de tamiz para introducir el lodo en condiciones óptimas al interior del pozo.

4. Fuente de energía: Es el sistema que proporciona el trabajo mecánico a una torre de perforación. Este puede ser instalado con motores diésel o motores eléctricos.

(López & Recuero Forniés, 1999). (Equipo de perforación y sus componentes, 2014)

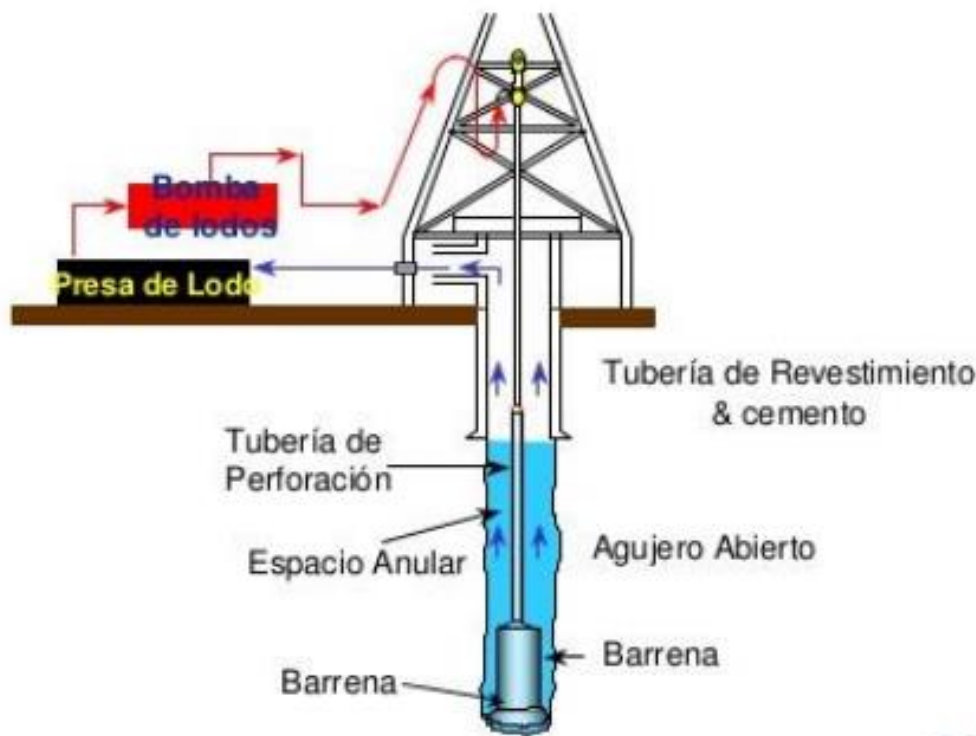


Figura 31. Esquema de circuito del fluido de perforación. Fuente: (Universidad de Aquino, sf)

Sistema de control del pozo: Es el sistema que controla la salida abrupta del gas o del petróleo una vez encontrado manteniendo un régimen de presión adecuado. Hay diferentes tipos de sistemas de control llamadas preventores BOP que pueden ser de ariete, esféricos o anulares. (Universidad Nacional de Piura, s.f.)

5.2 Torres de perforación usadas en España

Como se ha relatado anteriormente el único yacimiento de petróleo en España sobre tierra firme comercialmente rentable es el de Ayoluengo, pero no fueron pocos los intentos de encontrar más yacimientos dando como resultado, en la mayoría de los casos, descubrimientos de gas, de sustancias bituminosas (como son el alquitrán, betún y asfalto) o simplemente el abandono de la prospección debido a la escasez de resultados.

Para esta insistente búsqueda de petróleo se tuvieron que hacer perforaciones que a finales del siglo XIX y a principios del XX eran simples excavaciones hasta profundidades muy limitadas, hechas incluso manualmente, pero que poco a poco fueron sustituyéndose por perforaciones cada vez más profundas con equipos más sofisticados.

No existe una tipología de torres de perforación, pero si existen una gran variedad de estas en función de cómo estén configuradas según los tipos de elementos que vayan montados, detallados en el epígrafe anterior. No obstante, se puede puntualizar que cuando se comenzaron a hacer sondeos en España mediante perforaciones consideradas de cierta profundidad, entre 1915/20 se emplearon torres llamas Foraki, que son aquellas en las que la subestructura está en el interior de una construcción similar a una caseta o pequeña edificación pudiendo ser prolongadas hacia la torre.



Figura 32. Torre Foraki. Sonda de CAMPSA perforando en Villanueva de Rampalay (Valle de Zamanzas, Burgos), 1946. Fuente: (Navarro & Puche Riat, 2019).

En los sondeos más modernos realizados desde el primer pozo de Ayoluengo-1 hasta Ayoluengo-53 se utilizaron torres de perforación más actualizadas con una subestructura a la intemperie y normalmente empleando sistema de mesa rotatoria con lanza. Este mismo tipo de estructuras ha sido empleado para sucesivas perforaciones en el campo de Lora.

(Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León, 2009).

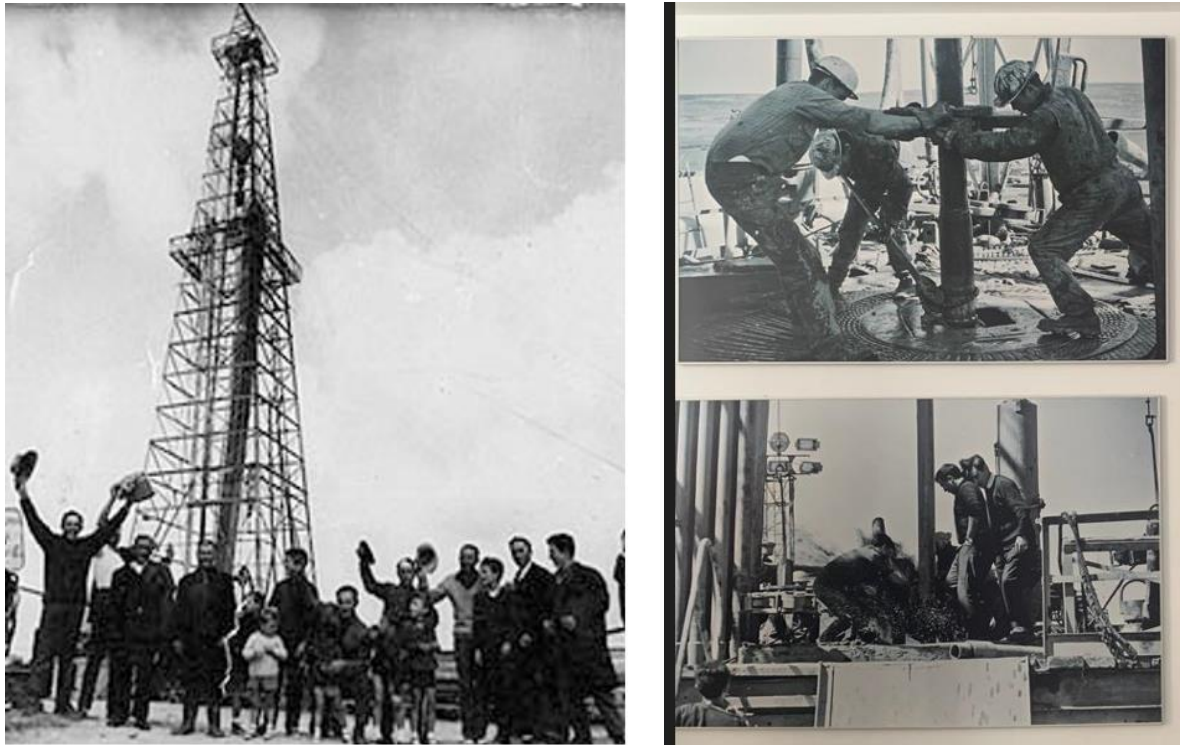


Figura 33. Izquierda: Foto de residentes de Sargentos de Lora frente a la primera torre de perforación. Fuente: (Diputación de Burgos, s.f.). Derecha: Trabajadores manipulando el sistema rotatorio de uno de los primeros pozos abiertos en Ayoluengo. Fuente (Lora, 2022).



Figura 34. Acondicionamiento de un pozo en la explotación de Ayoluengo, torre de limpieza y mantenimiento de los pozos. Fuente: (Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León, 2009), (Lora, 2022).

Debido a los diferentes tipos de roca que eran necesario atravesar en los campos de Lora fue necesario usar diferentes tipos de broca acoplados a los tubos de perforación.

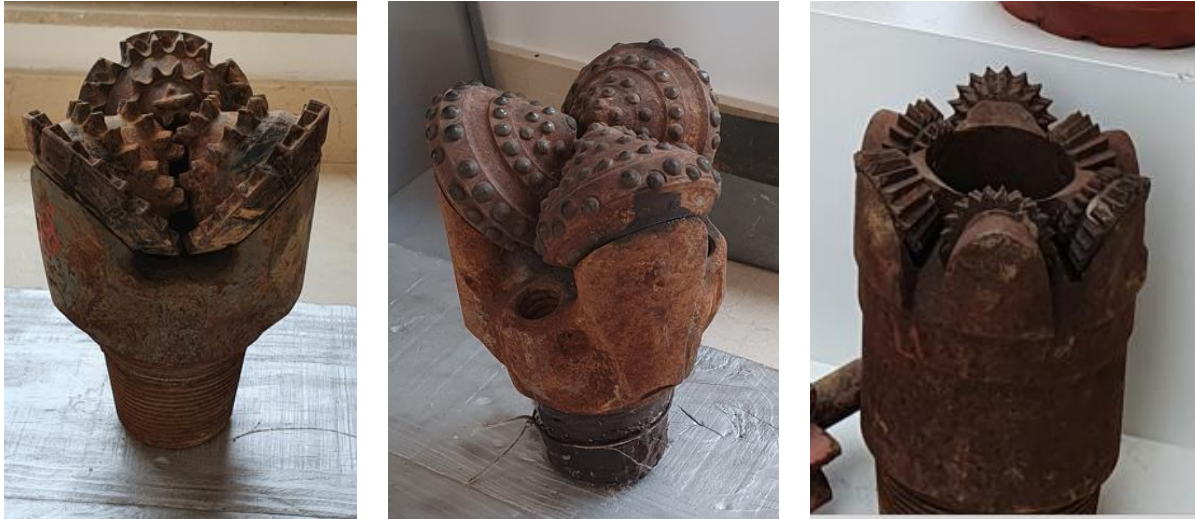


Figura 35 Izquierda: Broca de perforación utilizada en los campos de Ayoluengo para rebasar los primeros tramos de roca más blanda. Centro: Broca de perforación utilizada en los campos de Ayoluengo para traspasar tramos de roca dura. Derecha: Broca de perforación utilizada en los campos de Ayoluengo para rebasar tramos de tierra y roca fragmentada. Fuente: (Lora, 2022)

Estas brocas tenían que ser reparadas con frecuencia para poder proseguir con los trabajos, así como los tubos de perforación tuvieron que ser reemplazados con frecuencia también por la rotura frecuentes de los mismos.



Figura 36 Izquierda: Barra de perforación y barrena utilizado en los pozos de Ayoluengo (en la sección se aprecian los estabilizadores para alargar la vida de las mismas). Derecha: Tubo instalado en el interior de los pozos de Ayoluengo para la extracción del petróleo. Fuente: (Lora, 2022)

6. PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN Y EXTRACCIÓN EMPLEADAS EN ESPAÑA

Las plataformas petrolíferas son estructuras para extraer hidrocarburos de yacimientos situados en lechos marinos. Estas plataformas se han desarrollado desde sus comienzos pasando a ser unidades de perforación terrestre susceptibles de poder ser transportadas hasta el punto de extracción, hasta convertirse en estructuras modulares adaptadas a operar en suelo marino.

Existen muchos tipos de plataformas para la prospección y extracción de hidrocarburos, a continuación, se presentan las más comunes y las que han tenido un uso en la industria española de hidrocarburos. (Potter, 1979)

6.1 Plataformas flotantes

Plataforma semisumergibles:

Es el tipo más frecuentes de plataformas flotantes que constan con un tipo de estructuras parcialmente sumergidas y que aporta estabilidad a la estructura total. Estas plataformas tienen un equipo de propulsión que les permiten desplazarse sin límite de distancia, únicamente limitada por la profundidad. (Sector marítimo, Ingeniería Naval, 2015)



Figura 37. Plataforma semisumergible “Maersk Drilling” haciendo escala en el puerto de Algeciras el 4 de agosto del 2020. Fuente: (El Estrecho Digital, 2020)

Barcos perforadores:

Son básicamente unos barcos de grandes dimensiones equipados con equipos de perforación similares a las plataformas convencionales que pueden operar en aguas de hasta 3000 metros de profundidad realizando pozos de hasta 10000 metros. Son fácilmente identificables por la torre de perforación que se encuentra en el centro del barco y con una apertura en la zona inferior, esta torre puede alcanzar una altura de hasta 90 metros y pueden levantar cientos de toneladas de carga. (Gema, 2021)

La principal ventaja de ese sistema de perforación es la movilidad que tienen frente a otras plataformas, que les permiten llegar a lugares de más difícil acceso.



Figura 38. Barco perforador de REPSOL “Rowan Renaissance” en tareas de prospección (Las Palmas de Gran Canaria, 2014). Fuente: (Lancelot Digital, 2015)

6.2 Plataformas fijas marinas

Este tipo de plataformas son las más usadas en España debido a las características de profundidad y distancia de los yacimientos a tierra firme. Son estructuras de muy grandes dimensiones fijadas al suelo marino construidas de acero y hormigón que se instalan cuando hay un yacimiento verificado, están dotadas de equipos para abrir nuevos pozos, para la extracción del petróleo, para

separar el petróleo el agua y quemar el exceso de gas siendo además la residencia permanente para un grupo elevado de personal.

Se suelen construir y pre ensamblar en tierra, son transportadas por varios remolcadores y son terminadas en la ubicación final donde se terminan de construir. Hecho esto, se instala la broca y lo que se conoce como “Árbol de Navidad”, que es el conjunto de tuberías y válvulas que regulan la presión del pozo y el flujo del petróleo. (Potter, 1979).

La primera plataforma fija instalada, fue la de Amposta en 1973, frente a la costa de Tarragona llegando a producir 2 millones de toneladas, en la actualidad esta plataforma se utiliza para inyectar gas en el subsuelo a modo de almacén lo cual está generando problemas de aceptación local por los movimientos sísmicos que, supuestamente, son producidos por esta actividad (proyecto Castor). (Asprometal, 2021)



Figura 39. Izquierda: Plataforma de Amposta (en la fase del proyecto Castor). Fuente: (Cerrillo, 2013)

Derecha: Plataforma de prospección petrolífera de Amposta. Fuente: (Tour, de Leuch, & Valais, 1981)

Otra plataforma fija es la de Casablanca, que es ya un icono de la explotación petrolera en España, ya que es la que más producción de crudo ha proporcionado, anclada al suelo marino a 161 metros de profundidad empezó a funcionar en 1981 y en ella hubo varios pozos funcionando llegando a producir 7200 barriles diarios. (REPSOL, s.f.)

Esta plataforma fue la última explotación petrolífera de España y representa el final a la larga historia de extracción de petróleo desde que se abandonase la instalación en junio de 2021 debido a bajada de la producción que hacía ya muy difícil su mantenimiento. (Europapress, 2021)



Figura 40. Plataforma de Casablanca. Fuente: (Vilfer electric, 2016)

7. MECANISMOS DE EXTRACCIÓN. GENERALIDADES

Cuando en un sondeo se consigue llegar a la capa donde se encuentra el petróleo lo normal es que por la alta presión al que este se encuentra, brote por sí solo, esto es debido a que el petróleo se encuentra inmerso entre una capa de agua y otra de gas el cual empuja al petróleo en contacto con el tubo de descarga hacia el exterior. La duración de esta situación depende del tamaño de la capa de gas y de si también se está extrayendo el mismo gas. (Asimov, 1984)

Cuando la presión deja de ser lo suficiente como para que el petróleo salga por sí solo se emplean mecanismos de extracción para poder llevar el petróleo a la superficie.

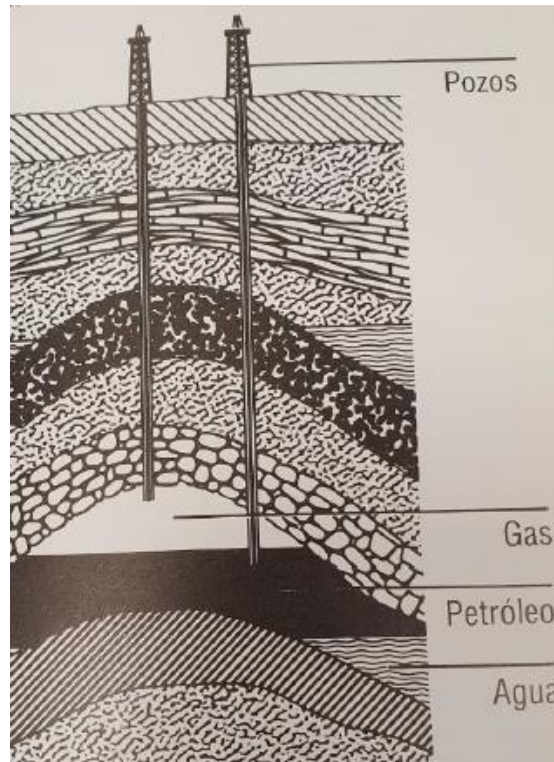


Figura 41. Esquema de las capas presentes en un yacimiento de petróleo. Fuente: (Asimov, 1984)

Existen varios tipos de estos mecanismos siendo el de balancín el usado en la única explotación en tierra firme en España y por otra parte es el más común, hecho que le otorga el nombre “mecanismo convencional de bombeo”, comúnmente llamado caballito en la explotación española.

7.1 Evolución de los mecanismos de extracción

En 1859, en Titusville (Pensilvania) el "Coronel" Edwin Drake usó una bomba manual de pozo de agua común para extraer petróleo de 210 metros de profundidad, no pasó mucho tiempo antes de que la necesidad y el ingenio se combinaran para encontrar algo más eficiente. En esa época con las tecnologías más avanzadas de extracción la mitad del crudo encontrado se quedaba atrapado en el subsuelo.

Una de las primeras innovaciones en el bombeo de petróleo provino de una patente de 1875 en el que se pretendía el bombeo de dos o más pozos con un motor acoplado a un mecanismo que producía un movimiento excéntrico y movía de forma alterna diferentes sistemas de bombeo.

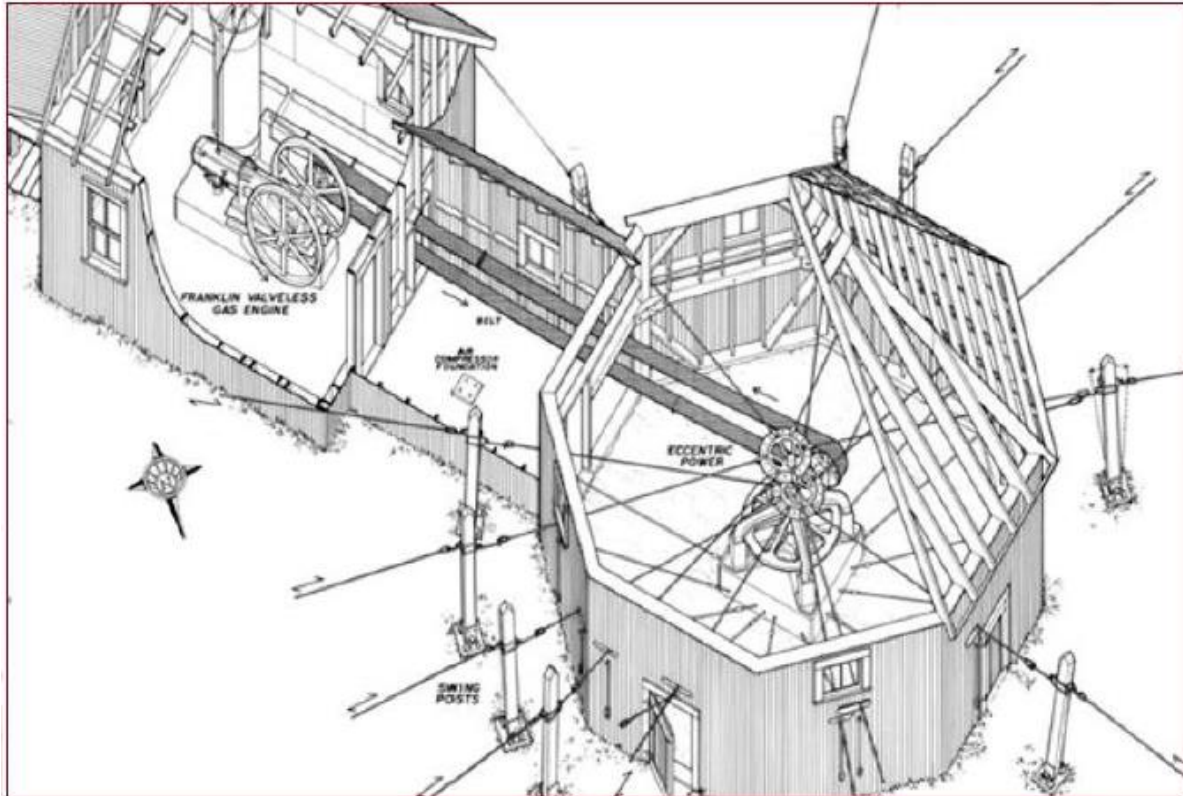


Figura 42. Ilustración del mecanismo con movimiento excéntrico. Se aprecia que una correa transmite la potencia del motor a las levas excéntricas, que alternativamente empujan y tiran de las líneas de las varillas a las palancas de las bombas en la periferia. Fuente: (The American Oil & Gas Historical Society, 2006)

Los ingenios mecánicos utilizados para la extracción del petróleo eran impulsados inicialmente por vapor, pero con el tiempo los motores que movían estas máquinas fueron sustituidos por otros que empleaban el propio petróleo o el gas de los pozos como fuente de energía.



Figura 43. Foto de unidad de energía central de movimiento excéntrico. Se conserva en el museo Drake Well en Titusville, Pensilvania. Fuente: (The American Oil & Gas Historical Society, 2006)

Sobre este mismo concepto, aprovechando el movimiento que proporcionaban los anillos excéntricos y que era transmitido fuera de la caseta principal del mecanismo, se experimentó con conectar varios mecanismos mediante diversas poleas y balancines lo que proporciona más puntos de extracción. Este diseño fue llevado a la práctica sin mucho éxito por las grandes dimensiones de la maquinaria de vapor que era necesaria para transmitir todo este movimiento.

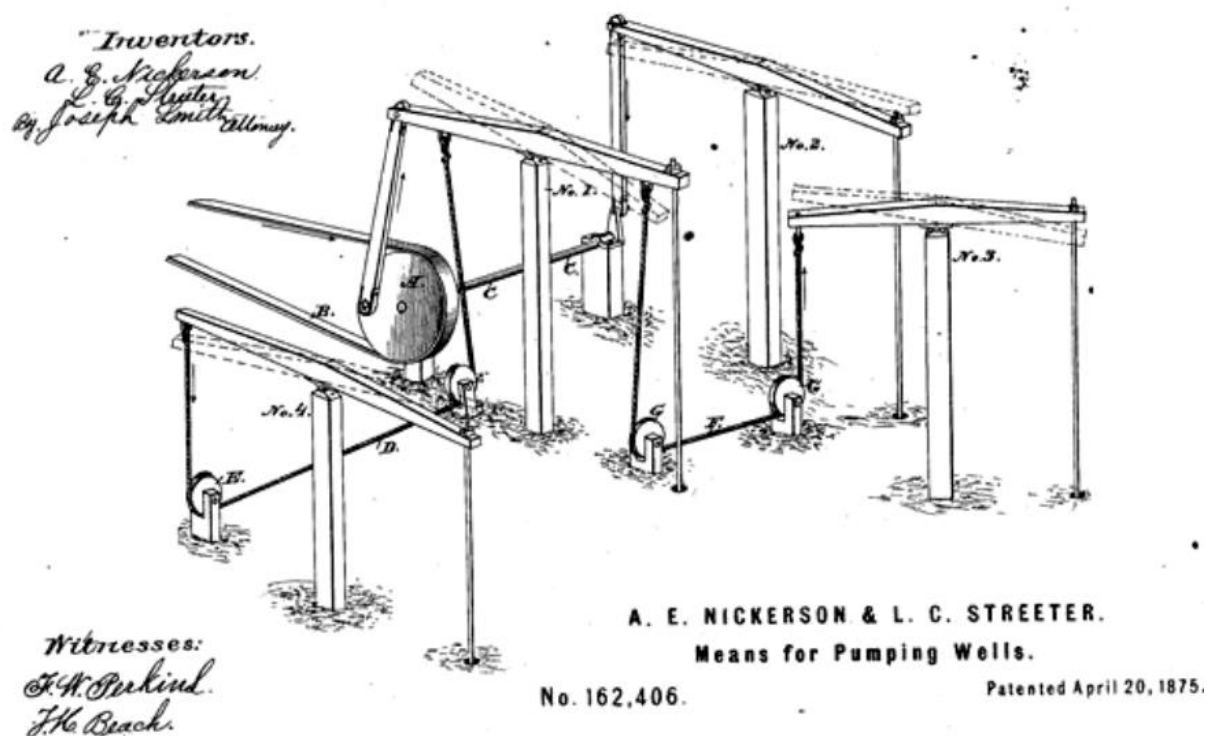


Figura 44. Ilustración del diseño de mecanismo de propagación de movimiento excéntrico.

Fuente: (The American Oil & Gas Historical Society, 2006)

La idea de bombear varios pozos simultáneamente, bajo el punto de vista de la rentabilidad es la mejor opción y aparecieron varias patentes con este propósito, la que parecía más factible (propiedad The Norton Oil Well Revolving Pumping Powers, una compañía de Nueva York) se llevó a la práctica, es un mecanismo de bombas accionadas con un carro externo, más tarde se comprobó que no era rentable por el mantenimiento excesivo requerido junto con una capacidad de producción que no excedía las bombas individuales ocupando una superficie similar.

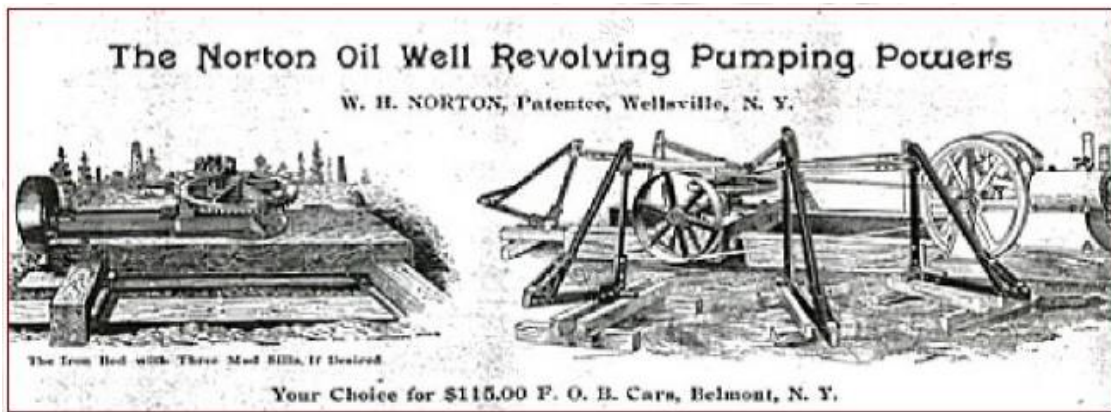


Figura 45. Mecanismo de carro excéntrico patentado por “The Norton Oil Well Revolving Pumping Powers”. (The American Oil & Gas Historical Society, 2006)

Apareció un nuevo ícono del éxito en los campos petrolíferos que pronto fue conocido con muchos nombres: burro, saltamontes, cabeza de caballo, pájaro sediento y gato bomba, entre otros. Walter W. Trout estaba trabajando en Texas para Lufkin Foundry & Machine Company en 1925 cuando esbozó su idea para el ahora familiar gato de bomba con contrapesos cuya función era la de evitar que el motor tuviese que proporcionar toda la energía necesaria para la fase de extracción de crudo del pozo sumando la energía para levantar la cabeza de la bomba.

Antes de fin de año, el prototipo se instaló y estaba funcionando cerca de Hull, Texas, en un campo de Humble Oil Co. En palabras del mismo Walter W. Trout.

“El pozo estaba perfectamente equilibrado, pero incluso con este resultado, tenía un aspecto tan extraño que fue objeto de burlas y críticas, y pasó mucho tiempo, casi un año, antes de que pudiéramos convencer a muchos de que era una buena idea”.

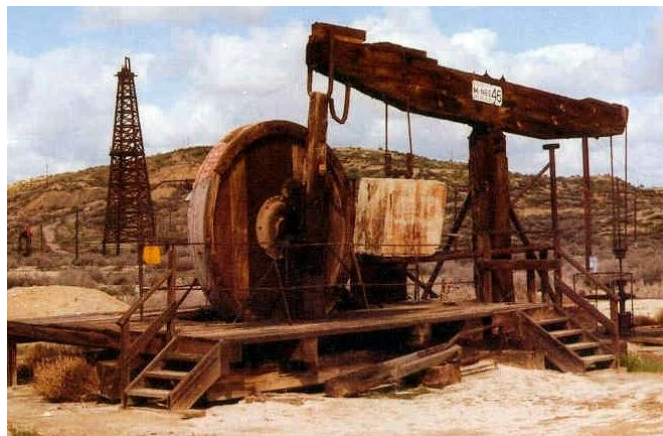


Figura 46. Foto de primer prototipo de mecanismo de bombeo. Instalado en Midway Road en Taft (California). Actualmente expuesto en el museo de San Joaquín Valley. Fuente: (San Joaquín Valley Geology, s.f.)

Los pozos de extracción de hoy en día todavía se parecen mucho al original de Walter Trout, pero con una mejora de la eficiencia que han producido 80 años de evolución tecnológica. El producto de esta evolución es la mejora del diseño de Trout, pero también otras modificaciones dando lugar a los diferentes tipos de mecanismos de extracción con diferentes características, desde el punto de vista de la eficiencia, pero también económicas y de durabilidad.

Siguiendo la cronología, la evolución directa del primer boceto de la bomba de contrapesos es la conocida bomba de balancín con una geometría más equilibrada.

El Departamento de Energía de EE. UU., La Universidad Estatal de Pensilvania y la Universidad de Tulsa operan hoy el “Consorcio de Pozos”, para lograr mejores resultados de los que podrían lograr las empresas de forma individual y para la colaboración en identificación y financiación de pequeños proyectos de I+D, de esta manera la evolución de los mecanismos de producción no se encuentra estancada. (The American Oil & Gas Historical Society, 2006)

7.2 Clasificación de los mecanismos de extracción

UNIDAD DE BOMBEO CONVENCIONAL

Estas unidades utilizan el movimiento de vaivén de las varillas para accionar la bomba sumergida en el pozo, es la más usada en la industria de extracción de petróleo.



Figura 47. Unidad de bombeo convencional, llamada bomba de balancín. Unidad expuesta en el museo del petróleo de Sargentos de la Lora. Fuente: (Lora, 2022).

UNIDAD DE BOMBEO CONVENCIONAL AEROBALANCEADA

Usada desde 1920, emplea la presión de un cilindro para generar el contrapeso necesario para elevar la masa de petróleo del pozo, de este modo se puede prescindir de los pesados contrapesos aunque requiere mayor mantenimiento. (Serrano & Catherine Suárez, 2018)



Figura 48. Unidad de bombeo balanceada por aire. Fuente: (Escalante, 2016)

UNIDAD DE BOMBEO MARK II

Este diseño permite elevar más carga empleando la misma cantidad de energía siendo el propósito inicial de estas unidades el poder trabajar con motores más pequeños (Serrano & Catherine Suárez, 2018)



Figura 49. Unidad de bombeo Mark II. Fuente: (Partidas, 2003)

UNIDAD DE BOMBEO REVERSE MARK

En apariencia es similar a la unidad de bombeo convencional siendo utilizada como unidad de bajo consumo y apta para elevar petróleo de alta densidad. (Jack Artificial Lift Machinery Co., 2016)

UNIDAD DE BOMBEO DE BAJO PERFIL

Están concebidas para aquellos lugares en donde la altura de la bomba es un hándicap, como el ser demasiado visibles si están colocadas cerca de zonas habitadas o por otras razones. (Schlumberger, 2019)

UNIDAD HIDRAÚLICA DE BOMBEO

Es un sistema de bombeo, que sirve para extraer petróleo como gas, el sistema hidráulico reduce la fluctuación de la carga y presión sobre el motor. Dispone de una capacidad de elevación de 1814 Kg y una longitud de carrera de 3.6 metros. El contrabalanceo de estas unidades se consigue mediante acumuladores de nitrógeno que proporcionan energía extra al fluido, normalmente aceite, y que reducen el consumo de energía eléctrica debido a que los picos que producen los cambios de recorrido son asumidos por los acumuladores de nitrógeno. (Serrano & Catherine Suárez, 2018)

UNIDAD HIDRAÚLICA DE BOMBEO CORLIFT

Es una generación de sistemas de bombeo con menores costes de instalación ya que son máquinas más sencillas, además producen un menor impacto en el terreno ya que el área requerida para la instalación es menor. (Ponce, 2012)



Figura 50. Unidad de bombeo Corlift. Fuente: (Completion & Production solutions, 2015)

UNIDAD HIDRAÚLICA DE BOMBEO ROTAFLEX

Es un tipo de bomba de carrera larga aptos para pozos de gran caudal, la principal ventaja respecto al mecanismo de bombeo convencional es que puede elevar más litros de petróleo con menos ciclos y particularmente es una de las más aptas para petróleo pesado.

También tienen ventaja de poder trabajar en pozos inclinados y es uno de los mecanismos con más alta eficiencia de la variedad de lo que existen.

(Gonzalez, 2018)

UNIDAD DE BOMBEO DYNAPUMP

Es un sistema de bombeo controlado por ordenador que consta de un circuito hidráulico para mover un cilindro arriba y abajo conectado a una varilla que a su vez está conectada a una polea. Todo el conjunto está ayudado por un sistema de contrapeso para extraer el petróleo de manera eficiente en pozos de gran profundidad. (Pena & Lynn Rowlan, 2003)



Figura 51. Izquierda: Unidad de bombeo Rotaflex. Fuente: (Salvex Global Marketplace, s.f.)

Derecha: Unidad de bombeo Dynapump. Fuente: (Dokumen.tips, s.f.)

UNIDAD DE BOMBEO LINEAR ROAD PUMP

Consta de una caja de engranajes movida por un motor de inducción controlado por un software inteligente que gestiona la unidad para reducir el consumo de energía eléctrica. Se emplea este tipo de sistema cuando se persigue prolongar la vida útil de la instalación de bombeo. (Serrano & Catherine Suárez, 2018)

8. UNIDAD DE BOMBEO UTILIZADA EN ESPAÑA

8.1. Unidad de bombeo convencional.

Estas unidades convierten el movimiento circular de un motor en un movimiento alternativo de la varilla para accionar una bomba sumergible de desplazamiento positivo y extraer el fluido, la cantidad de petróleo está condicionado por la carrera vertical de la varilla exterior y esta a su vez depende del ángulo de rotación de la cabeza del balancín. A medida que giran las manivelas los largueros hacen que la viga móvil pivote sobre un cojinete central, moviendo la varilla y cuantos más grados rote, mayor es la carrera de la varilla.

Este es el tipo de unidad de bombeo más común, debido a su relativa simplicidad de funcionamiento y a la adaptabilidad a una amplia gama de aplicaciones de campo, siendo máquinas que partiendo de la misma base de diseño son configurables en tamaño y altura, existiendo catálogos de bombas de varilla con todas alternativas en función de las necesidades.

La unidad de bombeo convencional es una versión moderna de la unidad de bombeo de viga construida por primera vez en 1926 con la invención del contrapeso de manivela en la parte trasera. Normalmente estas unidades tienen montados unos cojinetes de asiento de alta capacidad⁶ (punto principal donde pivota la máquina) que son un tipo de cojinete que procede del sector ferroviario, y unos cojinetes impulsores autocentrantes (situados en el eje de salida del motor).

Tiene el punto de apoyo en mitad de la varilla y puede rotar en sentido horario o anti horario, son aptas para profundidades de entre 100 y 3.000 metros y con una temperatura máxima de trabajo de 280°C.

Con respecto a otras unidades no convencionales de bombeo tiene el factor limitante de que la distancia de la carrera de la varilla es más corta, si comparamos esta carrera con la de algunas unidades descritas en el epígrafe 7.2 como las unidades Rotaflex, Dynapump o Corlift, el volumen de fluido extraído es menor con

⁶ Cojinetes de alta capacidad: Son cojinetes para soportar grandes cargas y/o velocidades, normalmente de rodillos.

cada ciclo debido a longitud de esta carrera y por tanto se considera que son menos eficientes.

Se fabrica en una amplia variedad de tamaños y puede equiparse con muchos tipos de bases de motor primario que se adhieren a la base de la unidad normal.

(Serrano & Catherine Suárez, 2018), (Schlumberger, 2019)



Figura 52. Muestra de una unidad convencional de bombeo en el campo de Ayoluengo, pozo nº15. Fuente: (Lora, 2022)

A pesar de que esta variedad de bombas pose excelentes propiedades mecánicas hay otras cuyo funcionamiento es más eficiente, esto lo muestra el diagrama cinemático típico de la bomba de varilla convencional donde el periodo de trabajo de bombeo es el mismo que el de retorno. Hecho que se puede comprobar en el diagrama de la figura 53 obtenido para esta máquina. (Obtención del diagrama; ANEXO 3).

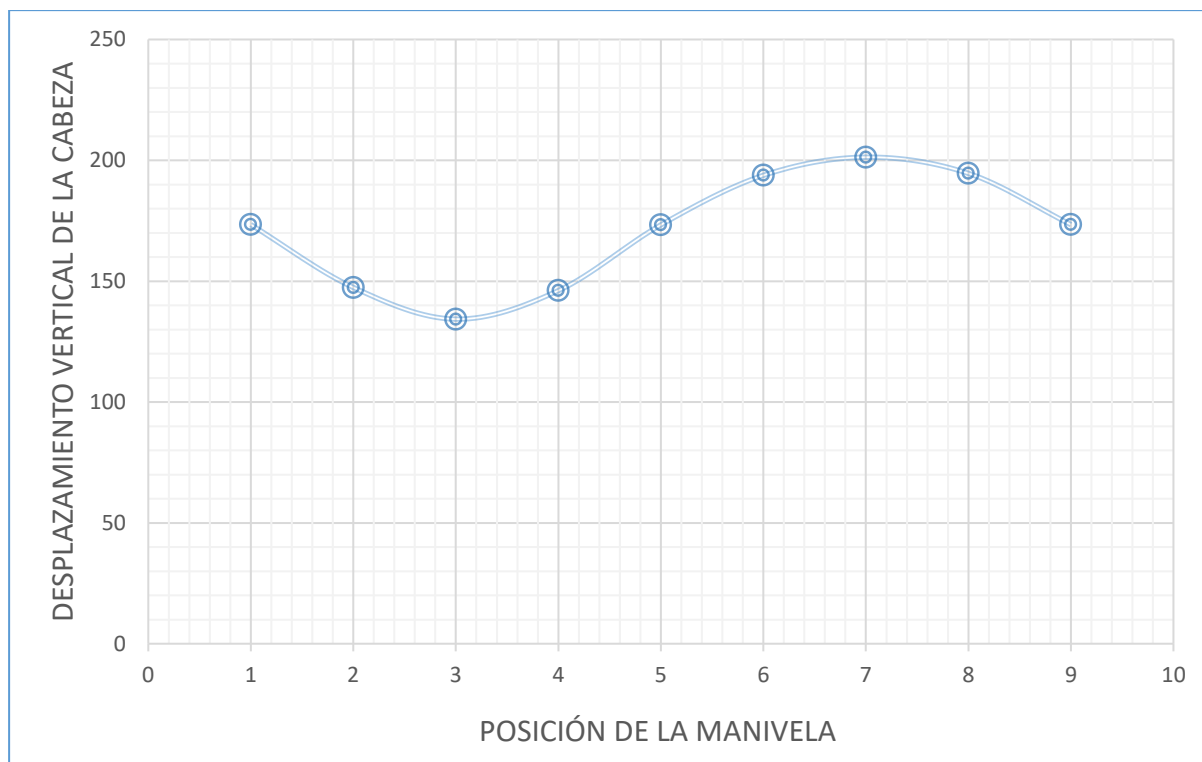


Figura 53. Diagrama cinemático calculado para el modelo considerado

En otros tipos de bombas de extracción este diagrama no es simétrico, sino que presentan, según el tipo de bomba, una forma en la que en mayor o menor grado, el tiempo de trabajo es mayor al de retorno.

La elección de las unidades convencionales en la explotación de Ayoluengo se debe a que, si bien es cierto que por la época en la que se construyó el campo de petróleo la variedad de sistemas de extracción era menor, también es cierto que las bombas de varilla convencionales son más compactas, tienen una fácil puesta en marcha, mantenimiento económico, requiere de personal técnico menos especializado y que los costes de traslado desde su ubicación original son más bajos.

Las bombas instaladas en la explotación de Lora tomaban como fuente de energía el propio gas que se obtenían de los pozos, el cual era transportado a una pequeña planta para eliminar impurezas y retornado posteriormente para hacer funcionar el motor situado en la parte posterior. Esto se muestra en las siguientes fotos tomadas del pozo nº15 de Ayoluengo.



Figura 54. Izquierda: Depósito de gas situado en el exterior de la máquina para la estabilización de la presión antes de alimentar el motor. Derecha: Indicación en el campo del paso de la línea de gas desde el depósito hasta la planta. Fuente: (Lora, 2022)



Figura 55. Izquierda: Detalle del motor de gas situado en la parte posterior de la máquina. Derecha: Detalle de la correa que conecta el motor con el mecanismo reductor. Fuente: (Lora, 2022)

Desde que la concesión de los contratos de explotación de Ayoluengo expirase en 2017, la empresa Columbus Energy Resources inició el proceso de desmantelación definitivo del campo petrolífero, tras haber recibido la notificación del Ministerio de Energía que le obliga a desmantelar de forma definitiva las instalaciones. (Cincodías/El País Economía, 2018)



Figura 56. Doce unidades de bombeo parcialmente desmanteladas en un terreno propiedad de la empresa Columbus Energy Resources. Fuente: (Brunat, El Confidencial, 2018)



Figura 57. Piezas de bombas extractoras convencionales en proceso de desmantelamiento (bancada para motor y polea). Fuente: (El Correo de Burgos, 2019)

Unidades similares a estas en desmantelamiento fueron el símbolo del desarrollo en el campo burgalés, siendo utilizadas por el NODO como una forma muy efectiva de propaganda para mostrar los avances en la industria española.



Figura 58. Altos cargos del franquismo visitando la explotación en los campos de Lora en sus inicios, cuando la apodaban “*El Texas Español*”. Fuente: (Lora, 2022)

Como parte de este TFG, es el análisis y reconstrucción de la unidad de bombeo convencional, que fue un hito en la industria minera española de la segunda mitad del siglo XX y que aún hoy sigue siéndolo ya que no hay una imagen similar de campos de extracción de petróleo en ninguna otra zona de España.

ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA BOMBA DE VARILLA**8.1.1 Componentes de una bomba de varilla: Modelado.**

Como modelo para realizar la reproducción 3D de los componentes y posterior ensamblaje se ha considerado la unidad de extracción empleada en los primeros años de la explotación en los campos de Lora, tomada de la imagen 58.

En la foto se pueden apreciar los componentes indicados en la página anterior pudiendo servir para realizar una construcción en 3D de cada uno de ellos. El diseño se ha realizado adoptando medidas estimadas de la fotografía y aplicando una escala 1:20.

En estos mecanismos, aunque tienen dimensiones parecidas, al ser dimensionados particularmente para cada explotación no tienen unas medidas estándar, aunque si existen catálogos de unidades convencionales de bombeo con medidas diferentes en función del volumen de la explotación, estas dimensiones también varían en función del fabricante.

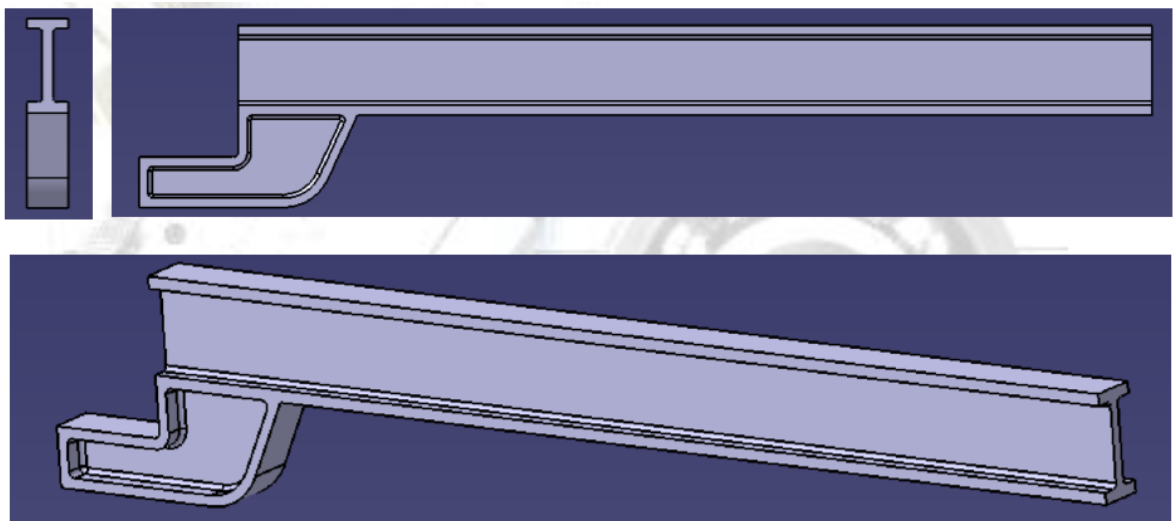
Para realizar el modelo se ha tomado como referencia una altura de 180cm del operario que se ve en la foto realizando un trabajo de ajuste o mantenimiento, con esto se estima una dimensión de la viga del balancín de 460cm aproximadamente, dato que es usado para realizar el diseño y dimensionado del resto de componentes.



Figura 59. Operario realizando tarea de mantenimiento o ajuste de componentes.

El software utilizado para realizar el modelado de los distintos elementos que conforman la unidad convencional de bombeo es CATIA V5 R19, utilizándose bajo licencia de estudiante.

VIGA BALANCÍN



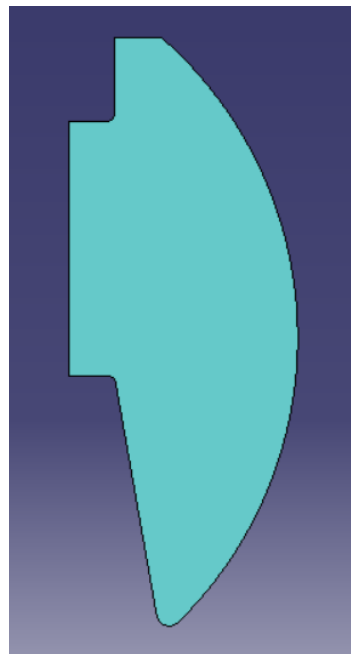
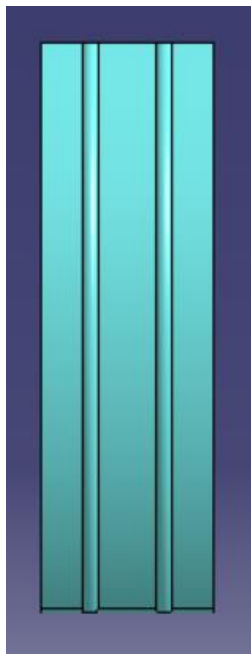
Esta pieza diseñada a escala está compuesta por un perfil (estimado) IPE 450 soldado a otro perfil producido a medida para sostener el ecualizador.

Detalle de viga balancín en unidad real



CABEZA

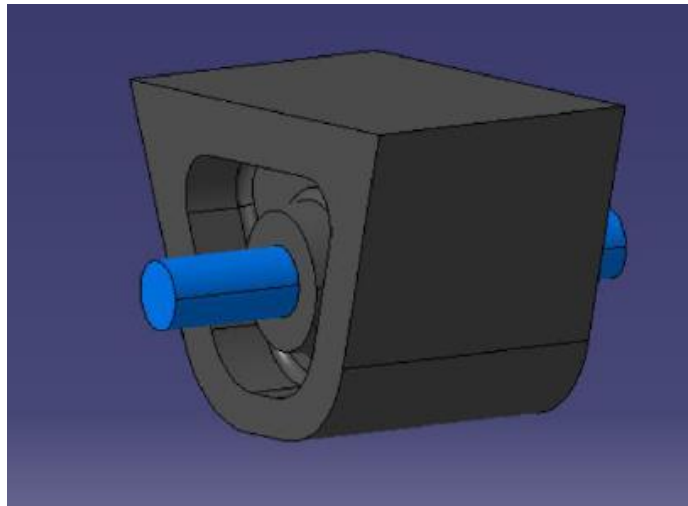
En la cabeza se han introducido unos salientes para poder amarrar los alambres del estrobo y se han realizado unos surcos para conducir los mismos en el movimiento de vaivén.



COJINETE CENTRAL

El cojinete central es el elemento que une la base donde se anclan los tres postes maestros y la viga principal, este se ha diseñado en varias partes, la primera es solidaria a la viga balancín y por la cual se hace pasar el eje principal que es solidario a la misma pieza.

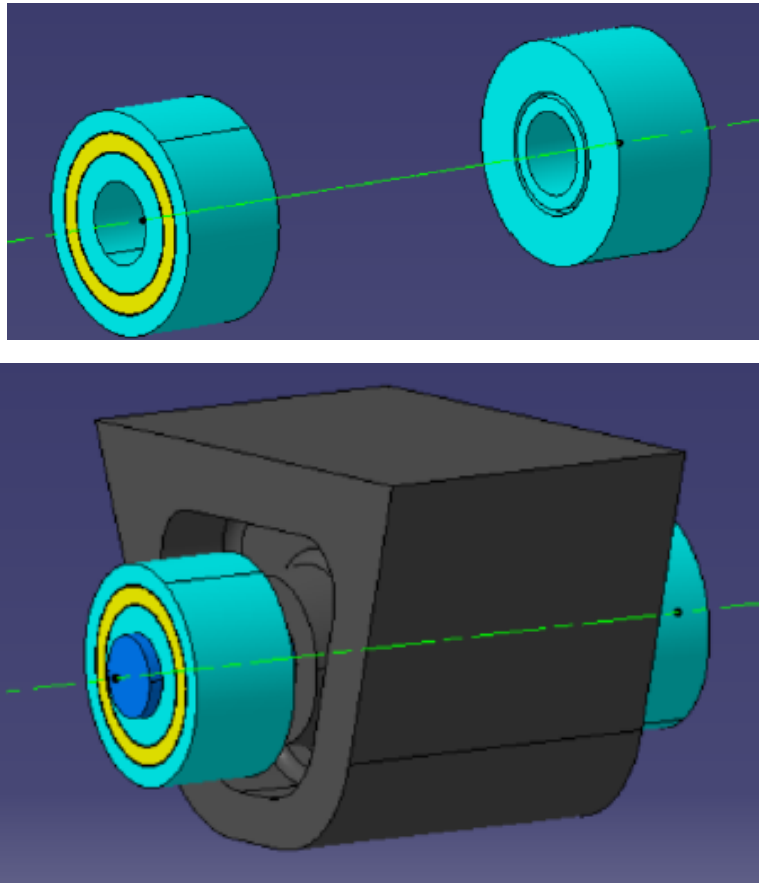
Este elemento podría ser parte de la misma pieza de la viga, en el caso del mecanismo real realizado mediante soldadura, o parte independiente ensamblado a la viga, opción escogida para facilitar el montaje del conjunto y posteriores ajustes debido a las tolerancias de las piezas.



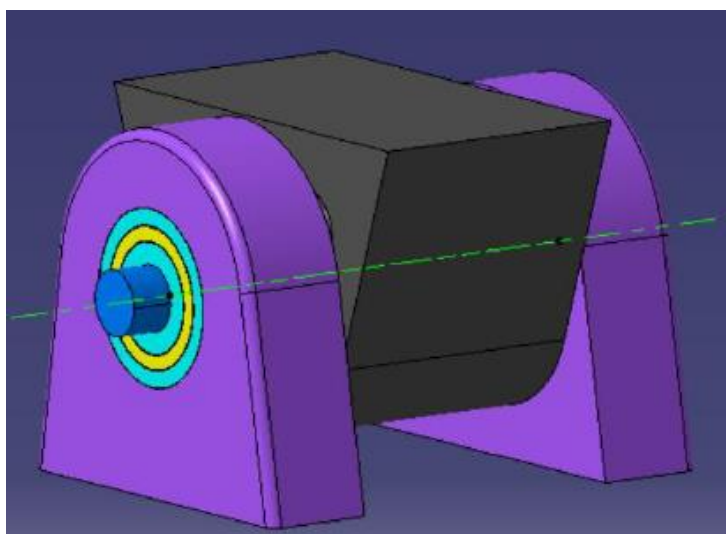
El segundo elemento son los propios cojinetes, que se han seleccionado unos comerciales de diámetro interior 3mm y exterior de 8mm



**Cojinetes de bolas de ranura profunda,
Rodamientos de bolas miniatura doble
blindado realizados en acero.
Marca: Lantro JS 3x8x4**

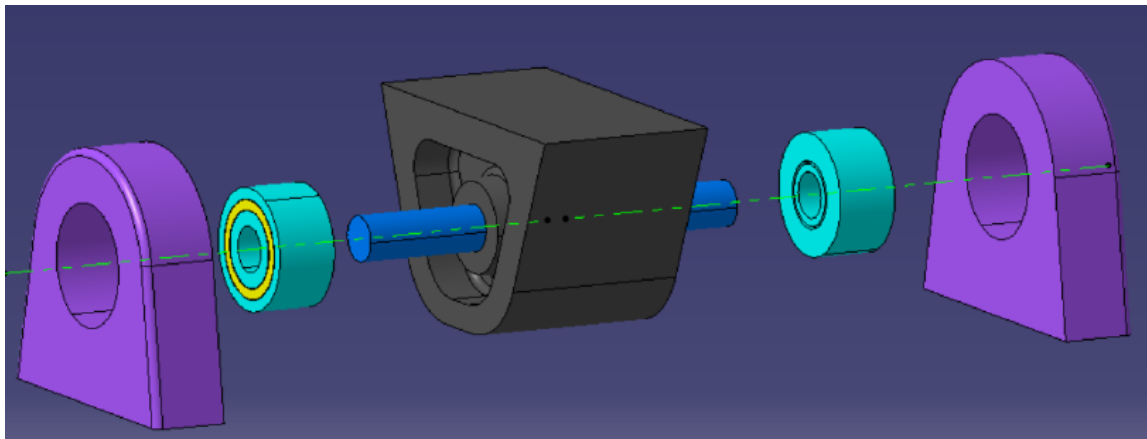


El tercer elemento son los pivotes de las patas del mecanismo. Estas piezas son las que conectan la viga principal con la base de los postes, las cuales se han realizado también como piezas de montaje independiente para posterior ensamblaje y ajuste.



**Montaje del conjunto de
Cojinete central con eje de
latón de 3mm de diámetro**

El montaje del cojinete central es como se muestra en la imagen.

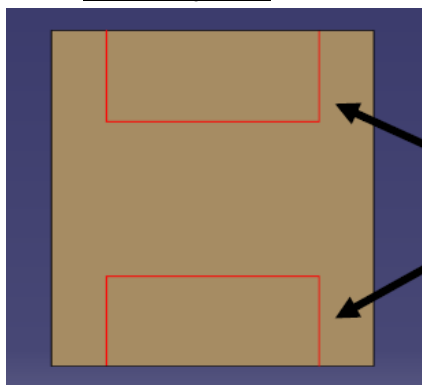


BASE CENTRAL

Es la pieza en la que apoya el cojinete central y a su vez descansa sobre las vigas de sujeción o postes maestros transmitiendo el peso de los elementos anteriores y la carga del fluido extraído la base de la máquina.

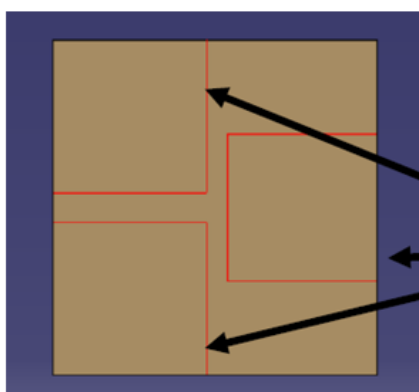
Por ausencia de soldaduras en el diseño, se han añadido ranuras de ensamblaje para asegurar la transmisión de las cargas.

Vista superior

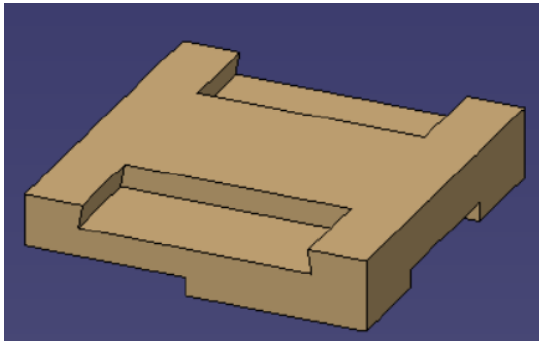


Ranuras para el
montaje del cojinete
central.

Vista inferior

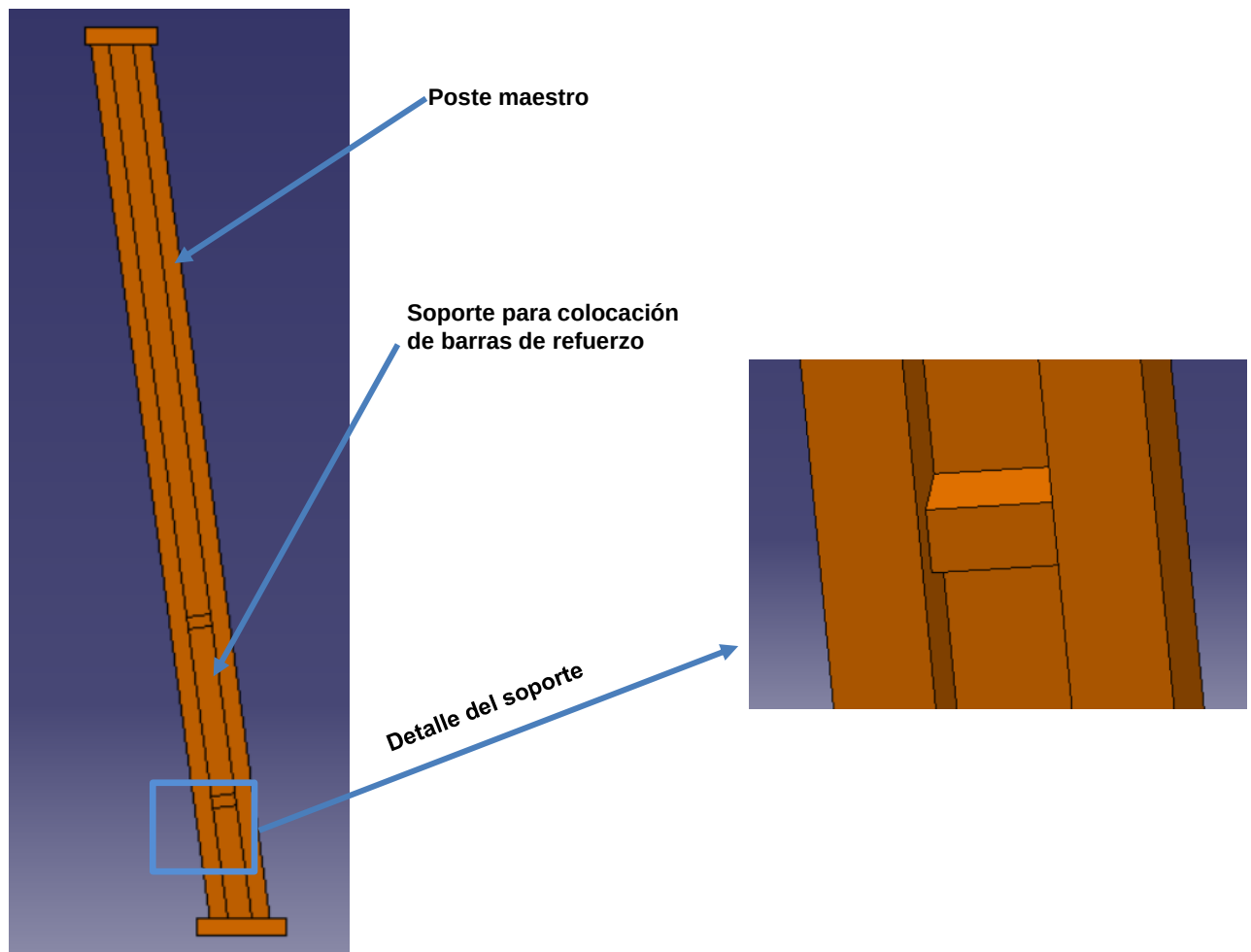


Ranuras para el montaje
de los postes maestros.

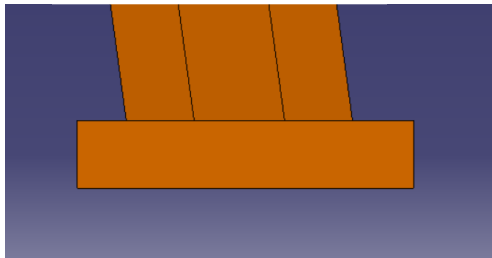
Vista isométrica**POSTES MAESTROS**

Son los elementos que soportan el peso del mecanismo descontando el peso que recae sobre el eje del motor.

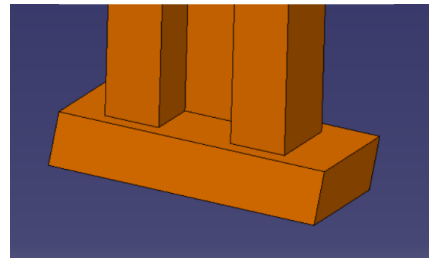
Estas barras se han diseñado con un perfil en U para ser lo más parecido posible al modelo que se ha tomado de los primeros sistemas de bombeo usados en los pozos de Ayoluengo, así mismo permiten un posterior montaje de barras de refuerzo gracias a la facilidad de colocación de soportes soldados.



**Detalle de conformado
rectangular para montaje**



**Detalle isométrico del
conformado rectangular**



**Detalle isométrico de la disposición de los tres
postes maestros con las barras de refuerzo**

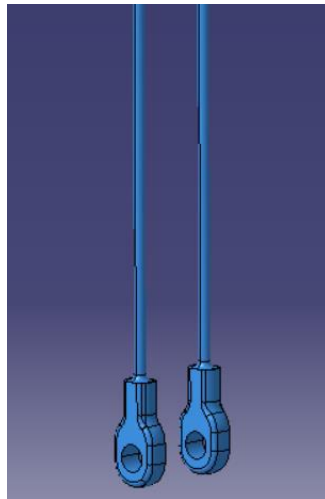


**Disposición y montaje
originales de las vigas**



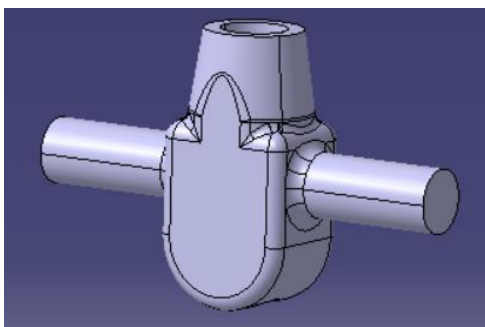
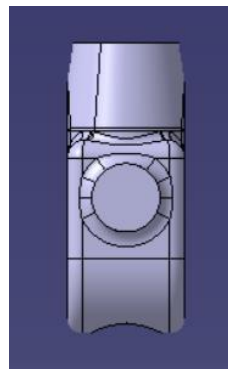
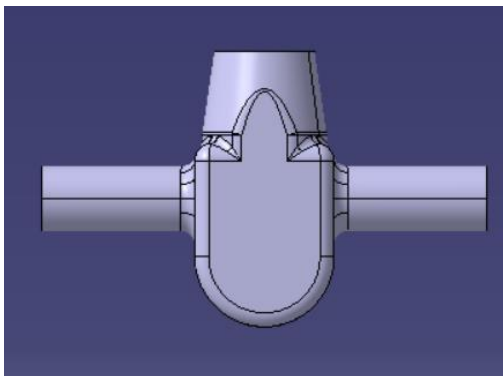
CABLES

Los cables conectan la cabeza del balancín con la cruceta del estrobo. El uso de cables flexibles en lugar de barras rígidas es debido al enorme peso del pistón de la unidad de bombeo, que tira de la cabeza hacia abajo sin tener que forzar al motor a realizar un sobre esfuerzo.



CRUCETA PORTAVÁSTAGO O CRUCETA DEL ESTROBO

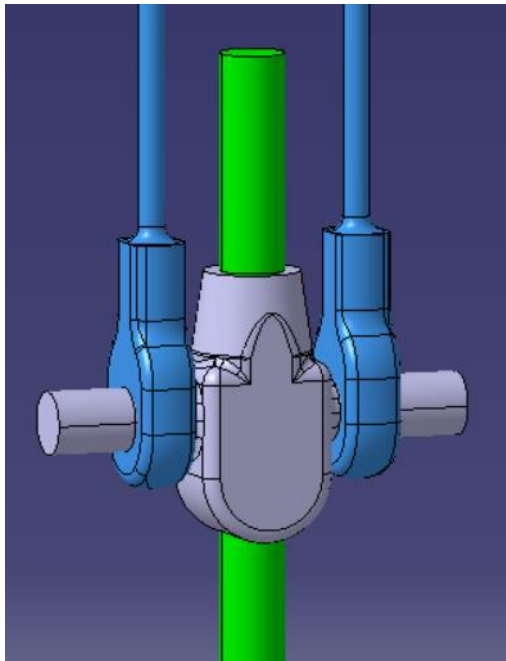
Elemento de unión de cables y estrobo



Detalle isométrico

ESTROBO

También llamado “vástago” y en algunos casos “sarta” por su similitud con la sarta de las torres de perforación. Es el elemento que unido a la cruceta se encarga del empuje del embolo en el pozo para la sustracción del petróleo.



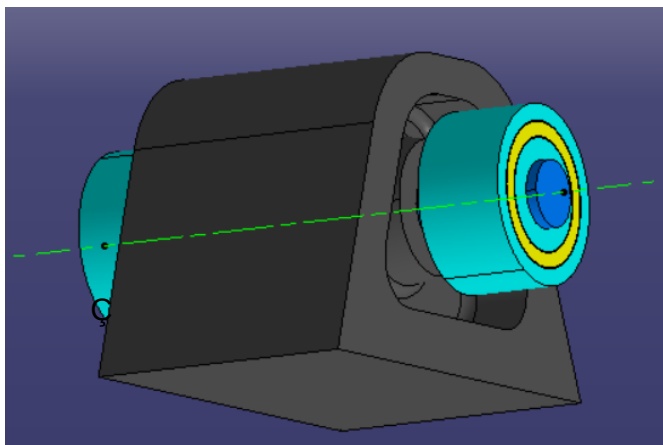
Detalle isométrico del montaje
cables – cruceta - estrobo



Detalle de conjunto
original

COJINETE DEL ECUALIZADOR

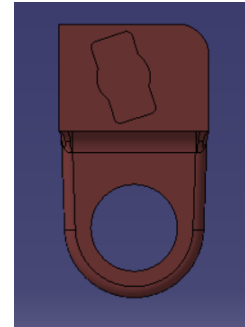
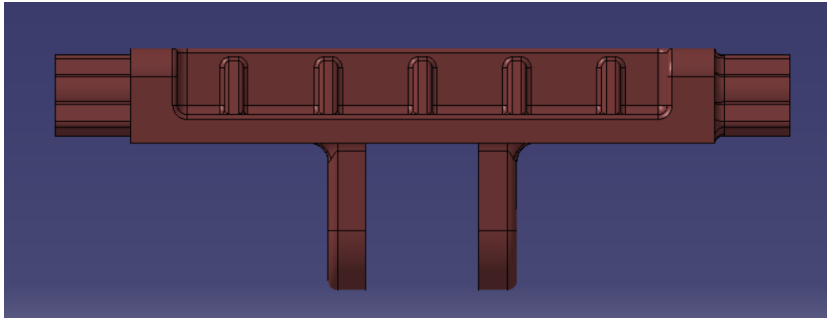
El cojinete del ecualizador consta de las mismas piezas y el mismo montaje que el cojinete central colocados en la parte trasera de la viga balancín y conectado al ecualizador.



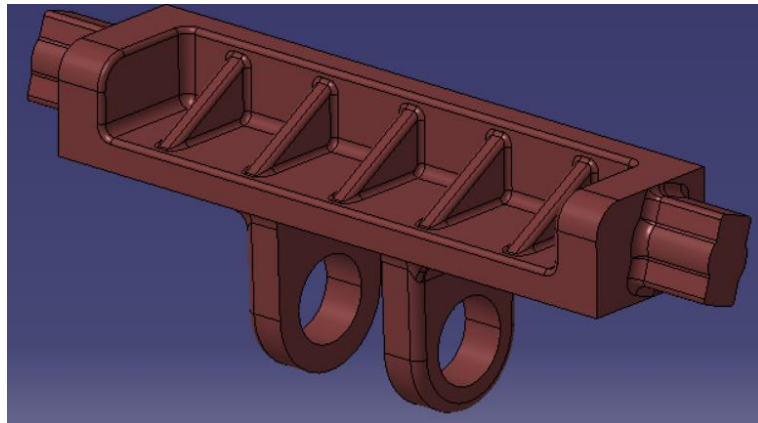
Detalle
isométrico

ECUALIZADOR

Es una de las piezas claves del diseño de esta unidad de bombeo ya que es el elemento que permite el empuje y rotación entre la viga principal y las vigas transmisoras conectadas al motor.



Nuevamente debido a la diferencia de resistencia de las piezas a escala respecto al acero de la unidad real se han introducido unos refuerzos adicionales transversales al ecualizador



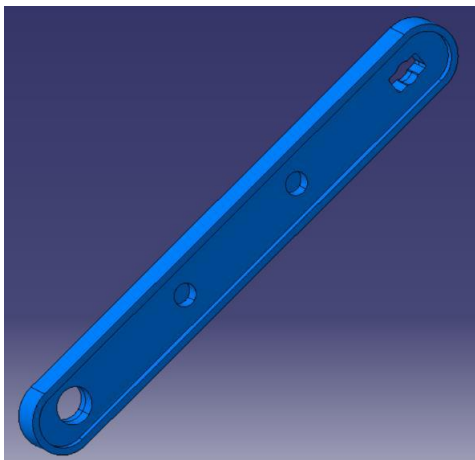
Detalle del
ecualizador del
modelo

BIELAS

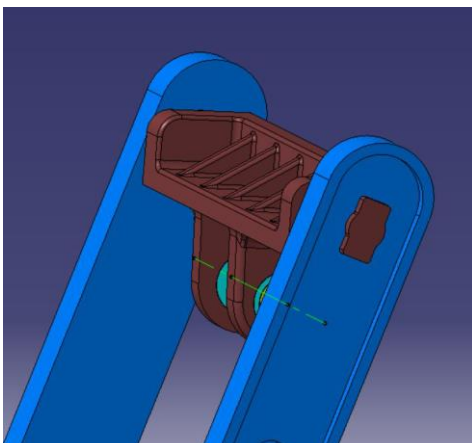
Son dos barras que transmiten el movimiento desde el eje del motor al ecualizador aportando directamente el movimiento de vaivén al sistema completo.

Estas barras son bastante largas y por ello se han tenido que hacer con una sección en I en lugar de sección circular, como se aprecia en el modelo tomado, para evitar pandeo debido a la esbeltez mecánica en la dirección perpendicular a l movimiento.

La longitud de estas dos barras son uno de los parámetros fundamentales del mecanismo porque definen el rango de movimiento vertical de la cabeza y por lo tanto de la capacidad de m3 bombeados en cada vuelta del motor.



Detalle isométrico de una de las barras.

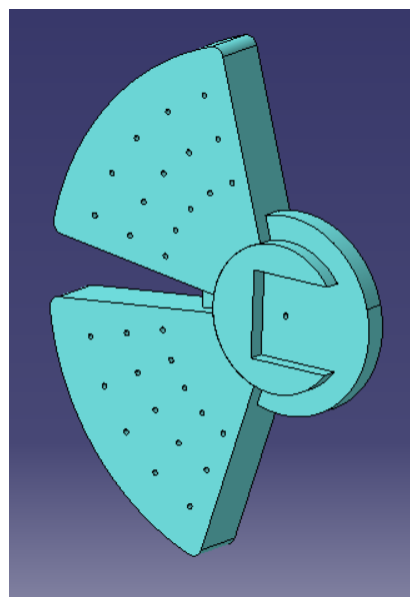
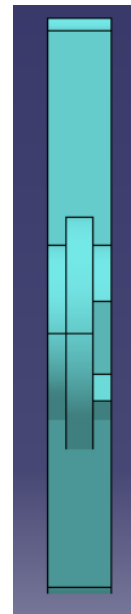
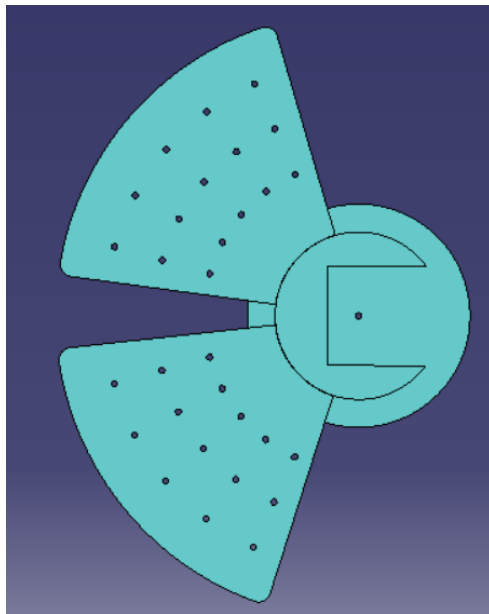


Detalle isométrico del montaje de las bielas con el ecualizador al que tiene que ser solidario.

CONTRAPESOS

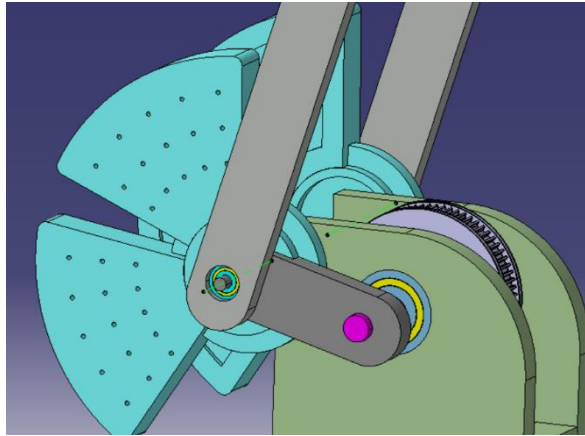
Los contrapesos son uno de los elementos más característicos de este tipo de mecanismos, es el elemento mecánico que se encarga de ayudar al motor a realizar el ciclo completo sin tener que aportar un trabajo adicional en cada ciclo superando de esta manera los esfuerzos cíclicos sin riesgo de dañar al motor y sin un consumo de energía excesivo.

Normalmente estos contrapesos tienen formas muy diversas en los distintos mecanismos, pero siempre recuerda a una forma de martillo. En este caso se han diseñado unos contrapesos con forma trapezoidal imitando el modelo del diseño original.



**Detalle isométrico
de un contrapeso**

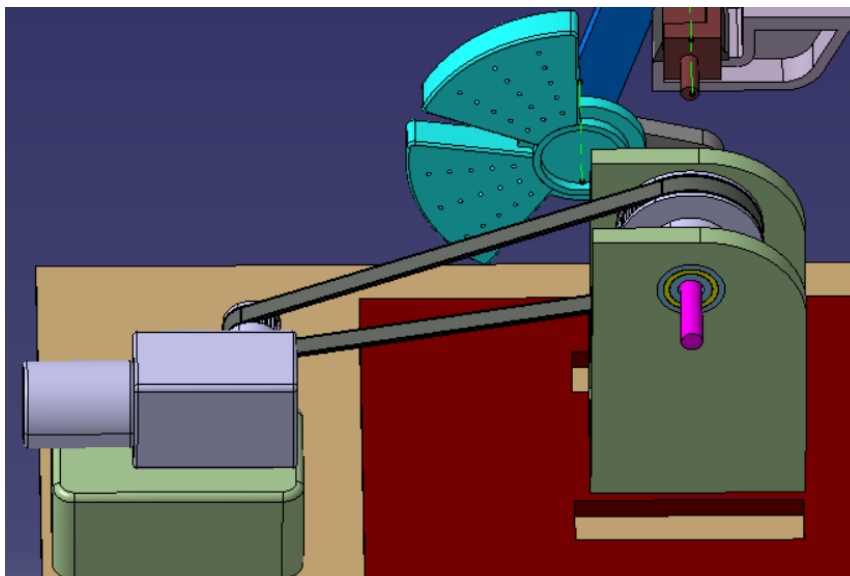
El contrapeso siempre se monta a juego con las barras transmisoras cuyo movimiento es proporcionado por el motor, estas barras transmisoras son las que mueven tanto los contrapesos como las bielas.



CONJUNTO MOTOR - POLEA

La polea se ha colocado entre los contrapesos en una posición elevada debido a que el mecanismo reductor se encuentra acoplado en línea con el eje de salida. En el diseño original no se aprecia que hay detrás de los contrapesos, lugar en donde normalmente se coloca el motor, pero si se ve una caja cerrada que supuestamente tiene que ser la caja reductora.

En el modelado el juego de poleas tiene una relación de reducción 1/3 por lo que hace la función de caja reductora colocándose la polea pequeña acoplada al motor en la parte trasera, de este modo se ha intentado mantener una disposición similar a la del modelo de la foto.

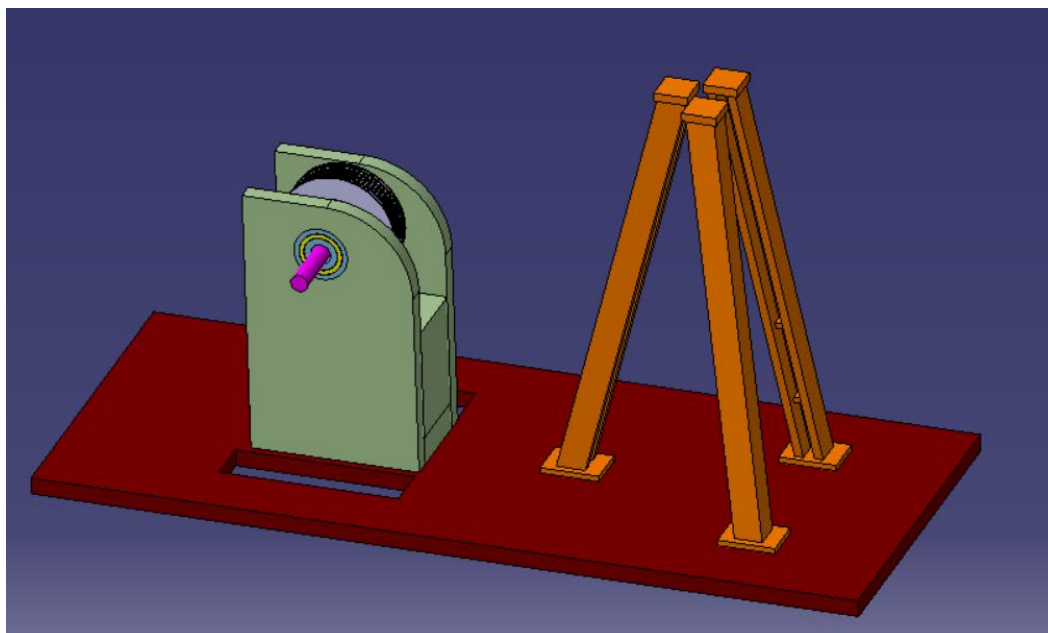
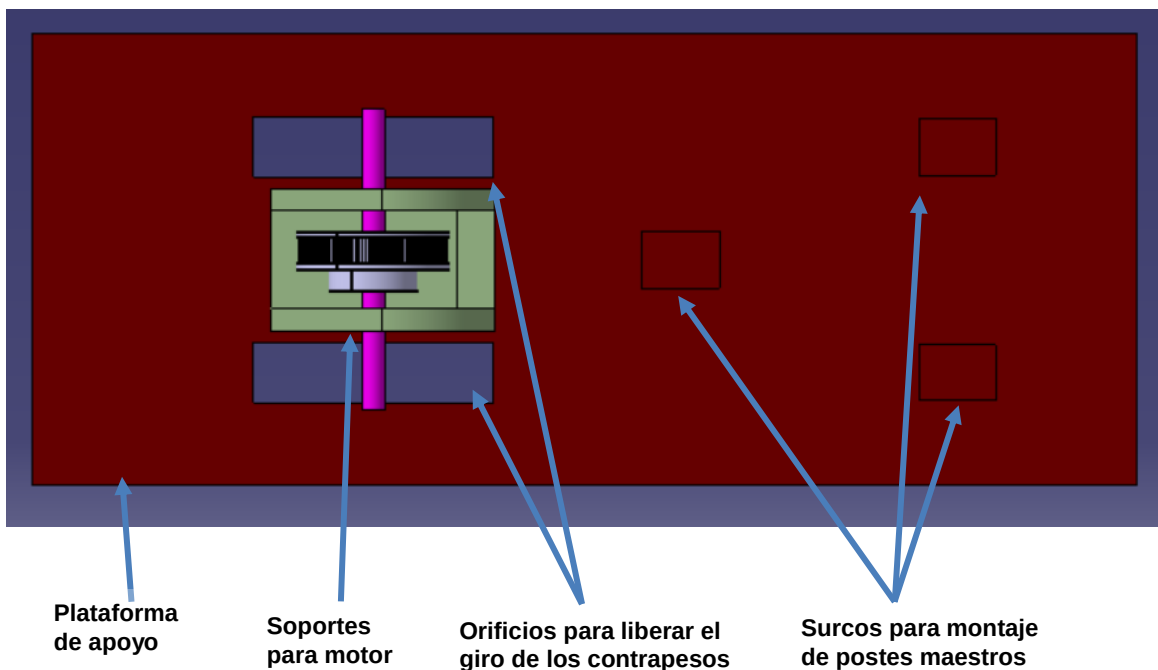


Detalle de la
disposición del
conjunto
polea-motor

BASE SOPORTE DE MOTOR

La base es el área donde se apoya todo el mecanismo incluido el soporte para el motor o la caja reductora, normalmente está realizada de hormigón con los anclajes pertinentes para la colocación y fijación de los postes maestros y otros mecanismos.

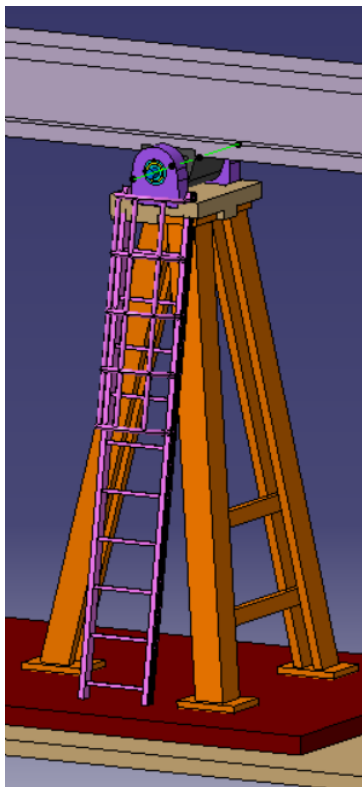
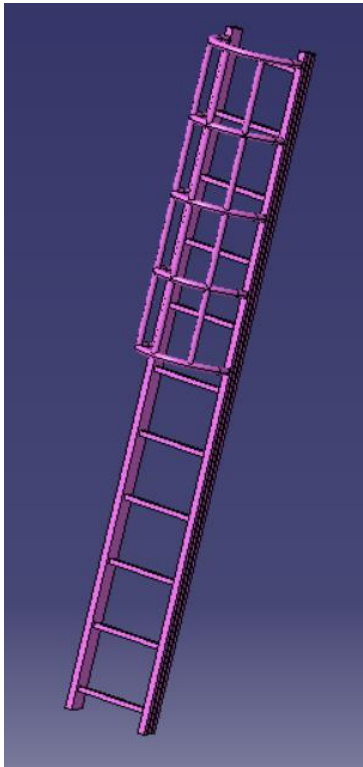
En el diseño a escala se han dejado surcos rectangulares para la correcta colocación de los postes y orificios a ambos lados del soporte del motor con el tamaño suficiente para evitar la colisión en el giro de los mismos.



Detalle isométrico de la plataforma con el montaje de los postes maestros en los surcos

ESCALERAS

Las escaleras son necesarias para labores de mantenimiento, estas tienen que ser capaces de dar acceso a la parte más alta del mecanismo.

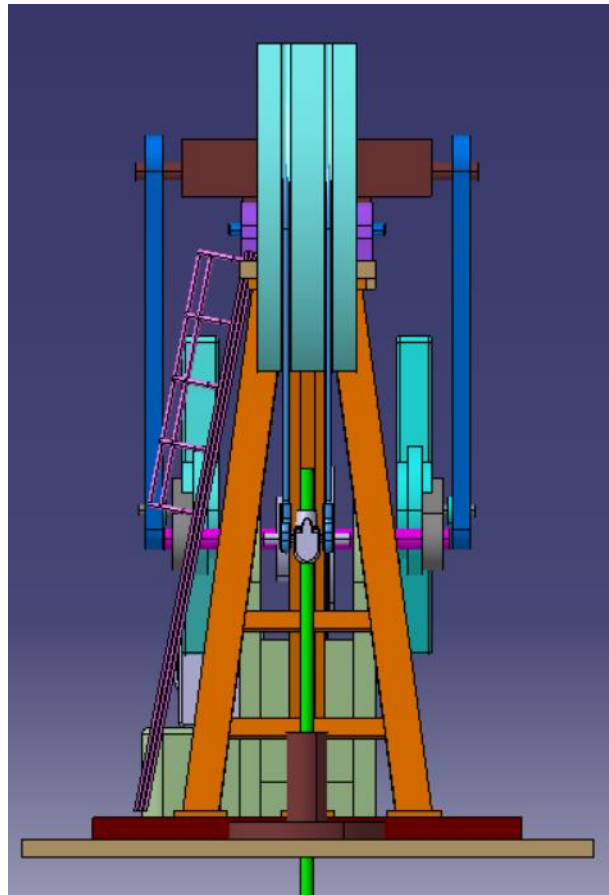


Detalle de la
escalera del
modelo real

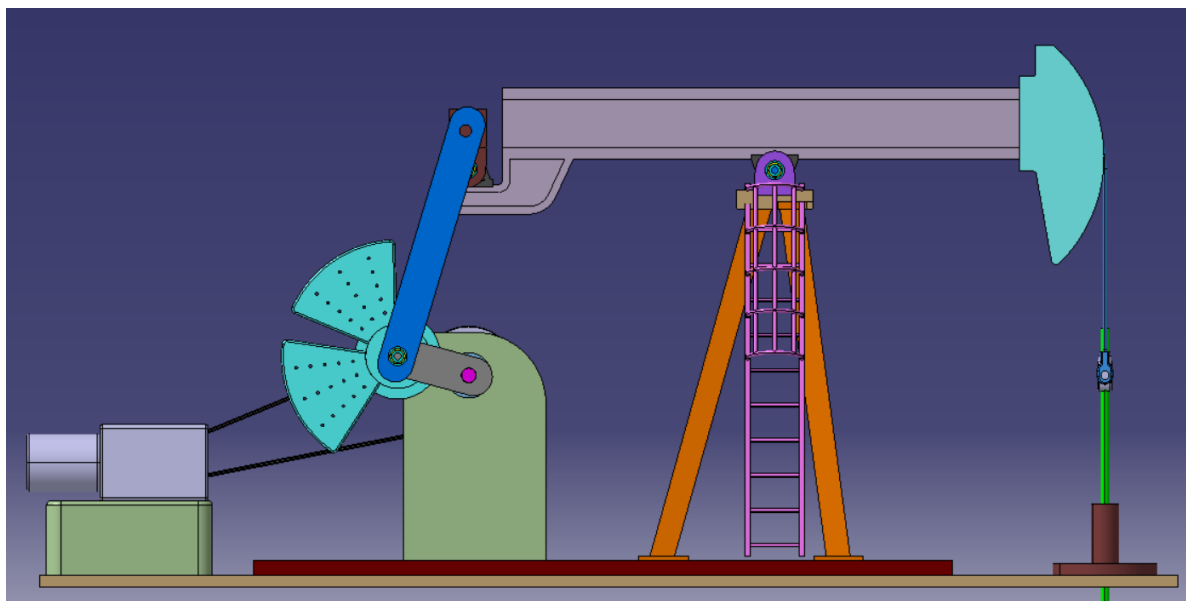


8.1.2 Perspectiva de conjunto

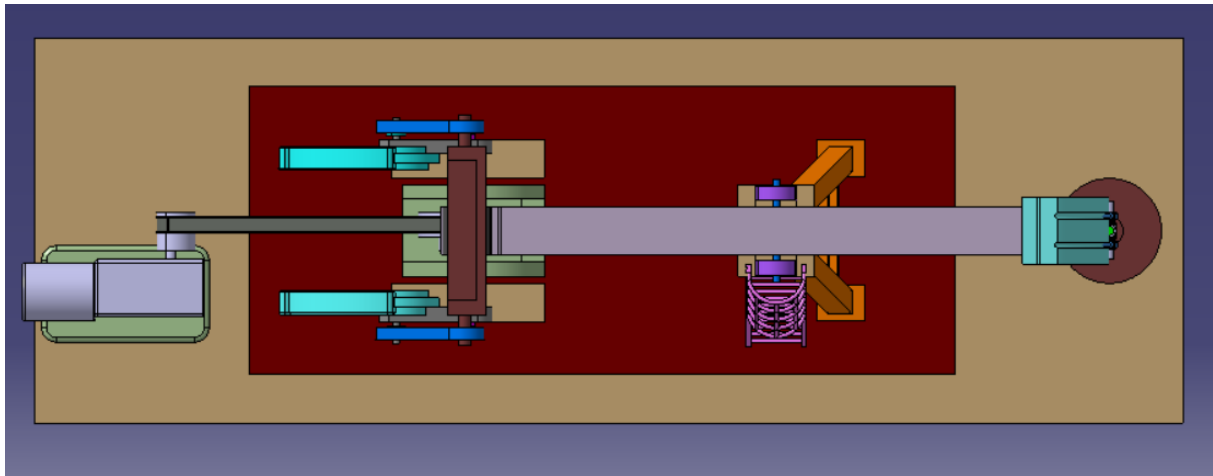
VISTA FRONTAL



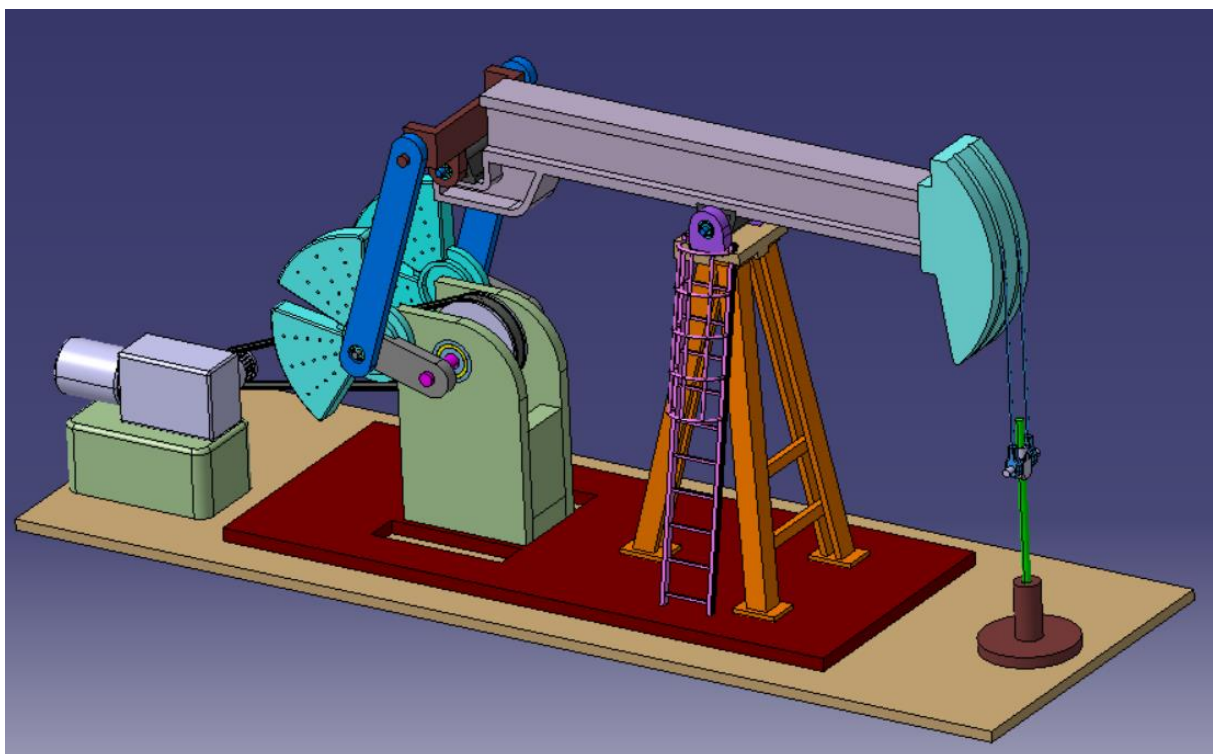
VISTA LATERAL



VISTA EN PLANTA



PERSPECTIVA ISOMÉTRICA



9. MAQUETADO

9.1. Introducción del proceso de maquetado.

Para la construcción de la maqueta se ha empleado la metodología convencional en cualquier proceso ingenieril tomando como punto de partida un diseño en formato 3D, si bien el paso previo a este diseño hubiera sido saber que quiero construir y que peculiaridades tendría que tener en función a unas especificaciones previas como pueden ser, tamaño, capacidad de extracción, potencia, caudal, coste, entre otros.

Dado a que el objeto de este bloque del TFG es replicar la máquina, en este caso la unidad de bombeo convencional que se utilizó en los comienzos de la explotación de Ayoluengo, omito este paso previo y comienzo tomando como datos iniciales los modelos 3D que se han realizado.

Hay que puntualizar que tomando como base el diseño presentado, he tenido que realizar modificaciones y ajustes sobre la marcha en la construcción de algunas piezas debido a la dificultad de conformar algunas de ellas en madera, a la debilidad de las mismas o a que simplemente puedo usar piezas de madera con espesor comercial.

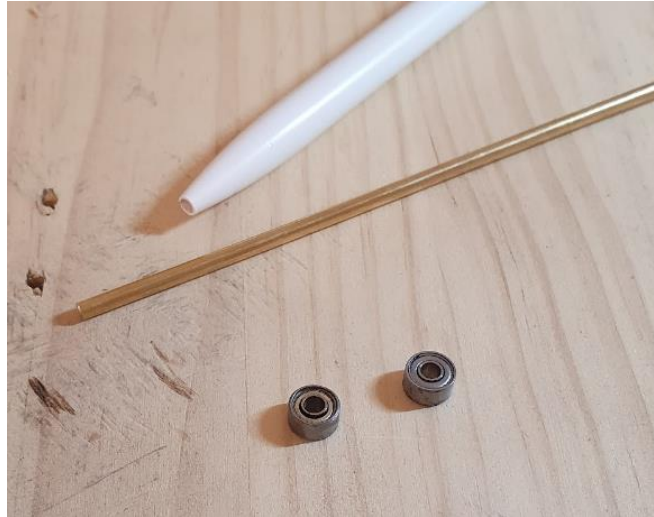
Siguiendo la metodología, una vez definidas las piezas se han realizado unos planos de fabricación con las cotas necesarias para poder replicarlas (ANEXO I). También se han realizado planos de montaje de las distintas piezas (ANEXO II) aunque tengo que puntualizar que la tornillería no está incluida en estos planos de montaje debido a que en un principio estaba contemplado unir las mediante adhesivo pero debido a los esfuerzos a los que van a estar sometidas las piezas por el resorte instalado en la bomba del pozo he optado por el atornillado después de aplicar el adhesivo.

Una vez teniendo las piezas pintadas, barnizadas y montadas, se ha procedido a un proceso de ajuste fino para el correcto funcionamiento, dicho ajuste está justificado por las pequeñas desviaciones de cada una de las piezas al construirlas y la suma de estas desviaciones produciendo al final un resultado no deseado en el movimiento, principalmente por la falta de alineación de algunas piezas.

9.2. Materiales utilizados

Cabeza y viga balancín: Madera de pino, tabla de espesor 28mm.

Cojinete central y del ecualizador: Madera de pino de tabla de 28mm de espesor, rodamientos de bola de 3mm de radio interior y 8mm exterior y eje de latón de 3mm de diámetro.



Base central: Madera de pino, tabla de espesor 10mm para el bloque principal, aglomerado de 6mm de espesor para los soportes de los rodamientos, dos rodamientos de bola de 3mm de radio interior y 8mm exterior y cuatro tornillos autoroscantes para fijar los soportes de los rodamientos.



Postes maestros: Madera de pino de sección 10x10 para los postes principales, palillería de 2.5mm de espesor para los refuerzos, aglomerado para colocar en la base de los postes y agarraderas metálicas para las fijaciones.



Cables: Se ha empleado cable de acero, comúnmente usado para frenos de bicicletas, porta lazos de aluminio y retenedores de cables de acero.



Cruceta del estrobo: Se ha empleado una pieza plástica con forma de cruz, es una bifurcación para sistemas de riego por goteo.



Estrobo: Pieza de latón de sección tubular de 5mm de diámetro interior y 6mm exterior con una varilla roscada de acero de métrica 4, la cual en su otro extremo está conectada al pistón de la bomba de pozo.



Ecualizador: Madera de pino, tabla de espesor 18mm, tabla de aglomerado de espesor 6mm, rodamientos de bola de 3mm de diámetro interior y 8mm exterior, eje pasante de sección tubular, de latón, de 5mm de diámetro interior y 6mm exterior con una varilla roscada de acero de métrica 4, dos tuercas de métrica 4 y arandelas correspondientes y cuatro tornillos autoroscantes para fijar las distintas partes

Bielas: Aglomerado de 6mm de espesor con rodamientos de bola de 3mm de diámetro interior y 8mm exterior



Contrapeso: Madera de pino, tabla de espesor 10mm para los pesos, aglomerado de 6mm de espesor para las conexiones a las bielas y eje de latón de 3mm de diámetro.

Motor: Motor eléctrico de alto par de 12V cc. Con su tensión nominal de funcionamiento, proporciona 20rpm.



Polea reductora: Conjunto de ruedas sincrónicas empleadas comúnmente en impresoras, hechas de aluminio y con tratamiento superficial antioxidante y anticorrosión, la correa de transmisión de caucho de 250mm de longitud. El conjunto se monta para obtener una relación de reducción 1/3. Diámetro primitivo de la polea pequeña 12mm, diámetro primitivo de la rueda grande 36mm.



Soporte de la polea: Madera de pino, tabla de espesor 10mm para las paredes verticales y horizontales, tornillos autoroscantes tor 5, rodamientos de bola de diámetro interior 6mm y 19mm exterior, eje con redondo de latón de sección 5x6 y varilla de acero roscada de métrica 4, tuercas de métrica 4 y arandelas correspondientes. El redondo de latón y la varilla roscada se hacen solidarias mediante adhesivo de alta resistencia.

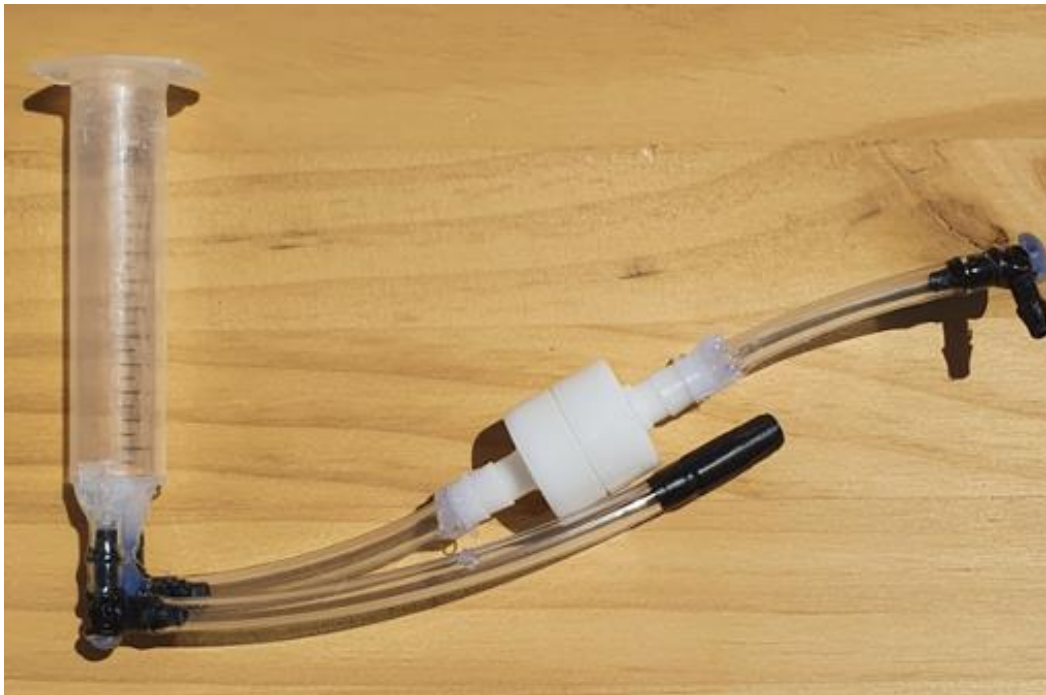


Base principal: Aglomerado de 6mm de espesor sobre el que se colocan los elementos principales de la máquina.

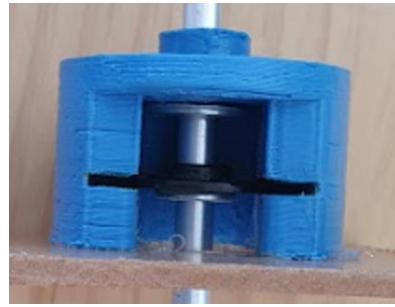


Base tablero: Madera de pino de 18mm de espesor para colocar la base principal + motor + acceso a pozo.

Bomba sumergible: Jeringuillas recortadas de 10ml de capacidad, tubos de 6mm de diámetro, dos válvulas antirretorno, tubo de sección circular de acero galvanizado, boca de entrada estereotipada con resina, arandelas de policarbonato negro y acero de métrica 6 y un rosorte de acero inoxidable de 10mm de diámetro y 0.8 de espesor de alambre.



Elementos auxiliares de para elevar fluido: Pistón depósito y boca de entrada de la varilla, esta última además sirve de tope para el muelle que empuja el pistón hasta el fondo del émbolo.



Fuente de alimentación: Puesto que el motor es cc de 12V y no existen pilas que funcionen con este voltaje, se han usado tres pilas de petaca de 4.5V conectadas en serie.

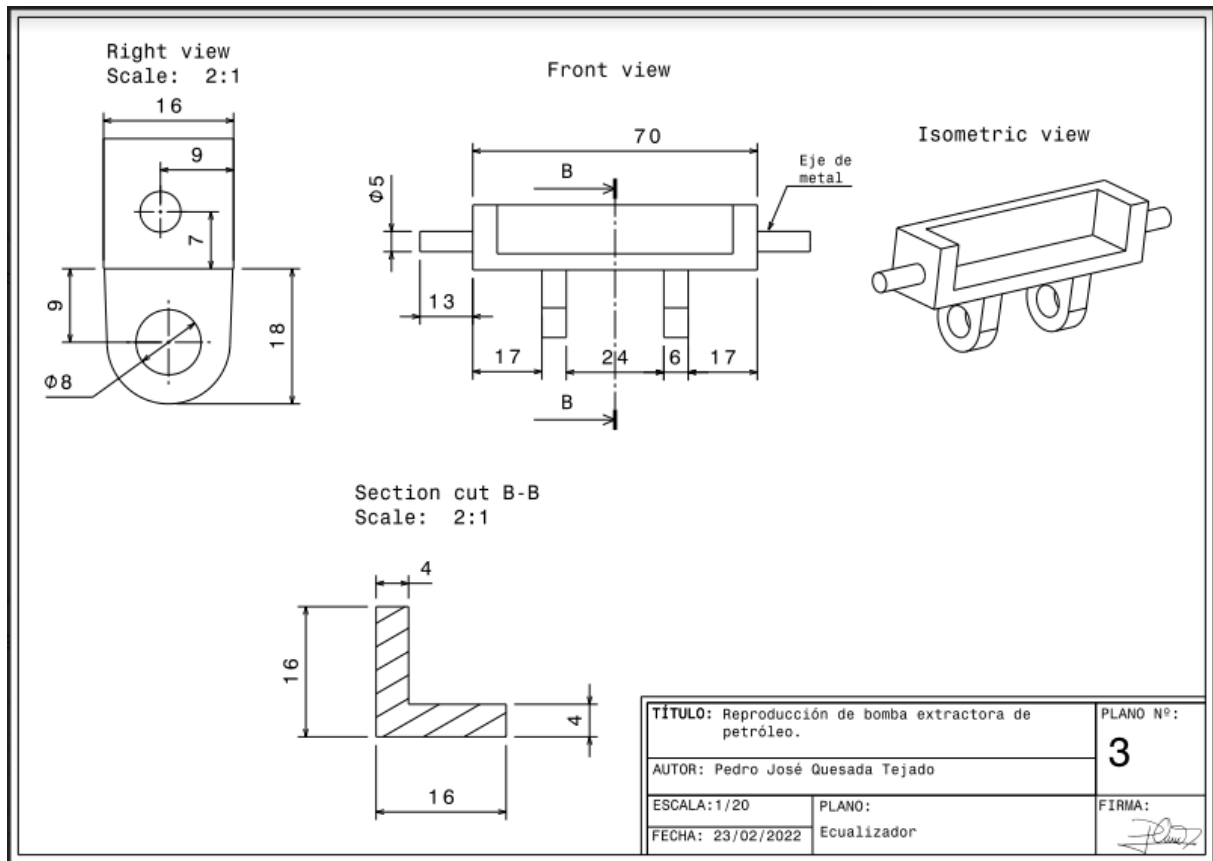
9.3 Construcción de piezas y subconjuntos.

Se han empleado muy diversas herramientas tanto manuales como mecánicas con el objetivo de reproducir fielmente las piezas diseñadas y cuya información geométrica ha sido trasladada a 2D en formato A4 (empleando escalas cuando ha sido necesario) para poder manejar con facilidad los planos sobre la mesa de trabajo.

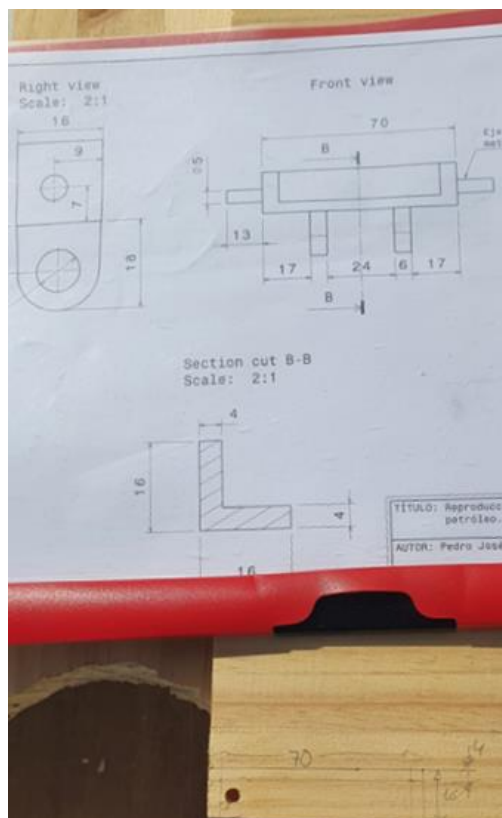
9.3.1 Planos pieza y plantillas

Se han realizado los planos de todos y cada uno de los elementos que se han diseñado y son necesarios ensamblar, estos planos se han hecho añadiendo las cotas y secciones necesarias para poder copiar la pieza, si bien es cierto que en algunos he añadido cotas redundantes para evitar el uso de la calculadora y poder agilizar los trabajos.

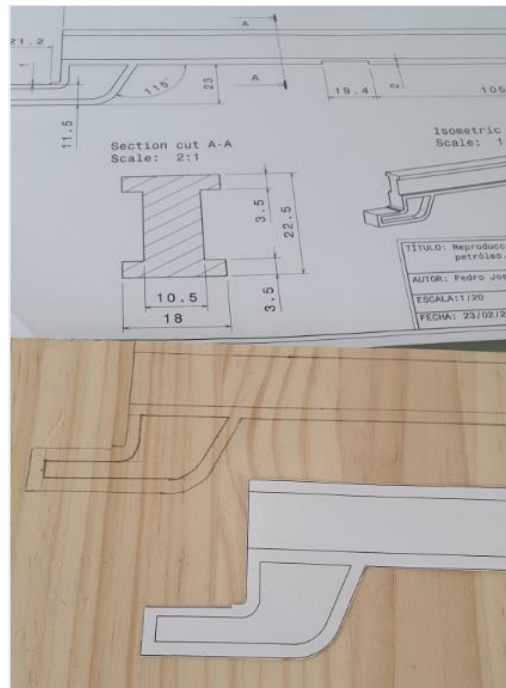
A modo de ejemplo se muestra el plano del ecualizador



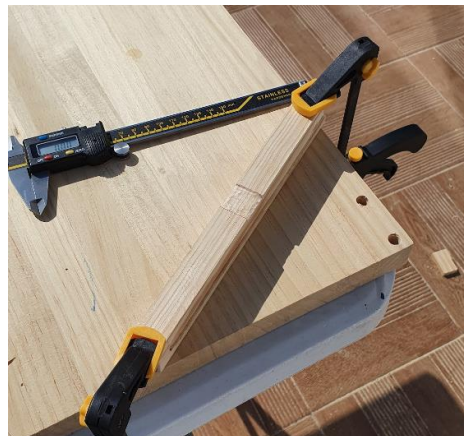
Usando los planos se han reproducido las piezas sobre la madera



En algunos casos, para la reproducción de las piezas, debido a la presencia de formas curvas se han obtenido plantillas a escala 1.1 con la finalidad de recortarlas y repasar a lápiz la forma sobre la madera. Ejemplo de esto es la viga principal.



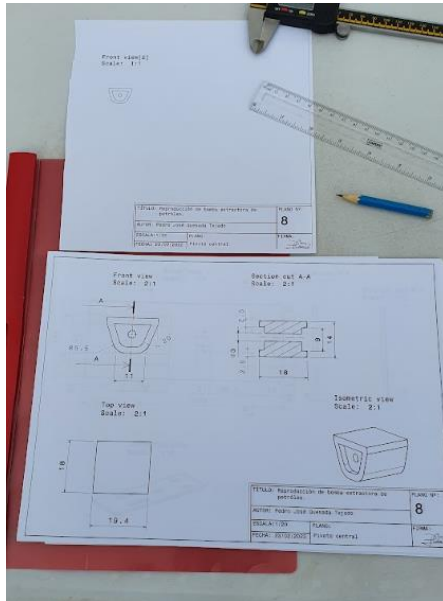
Corte de la plantilla



En el caso de la viga principal o viga balancín se ha realizado en dos partes.



Para hacer las piezas sobre las que pivotan las demás, así como los contrapesos, también se han usado plantillas.



Los planos de las piezas se han añadido al TFG como ANEXO I

9.3.2 Lijado, pintado y barnizado de piezas

Todas las piezas una vez cortadas a medida han pasado por un proceso de lijado grueso para eliminar bordes afilados, rebabas, desigualdades y astillas. Posteriormente se les ha dado un lijado con grano fino para suavizar las superficies y dejarlas aptas para absorber la pintura.

Para el lijado se han empleado en primera instancia una herramienta rotatoria para hacer el trabajo basto y finalmente se ha empleado papel de lija con diferentes tamices.

La pintura utilizada es de espray de base al agua, con acabado mate especial para interiores y el barniz es de tipo hidrofugante especial para maderas previamente tratadas como en este caso que han sido pintadas.

En la imagen siguiente se presentan algunas piezas en proceso de secado del barniz.

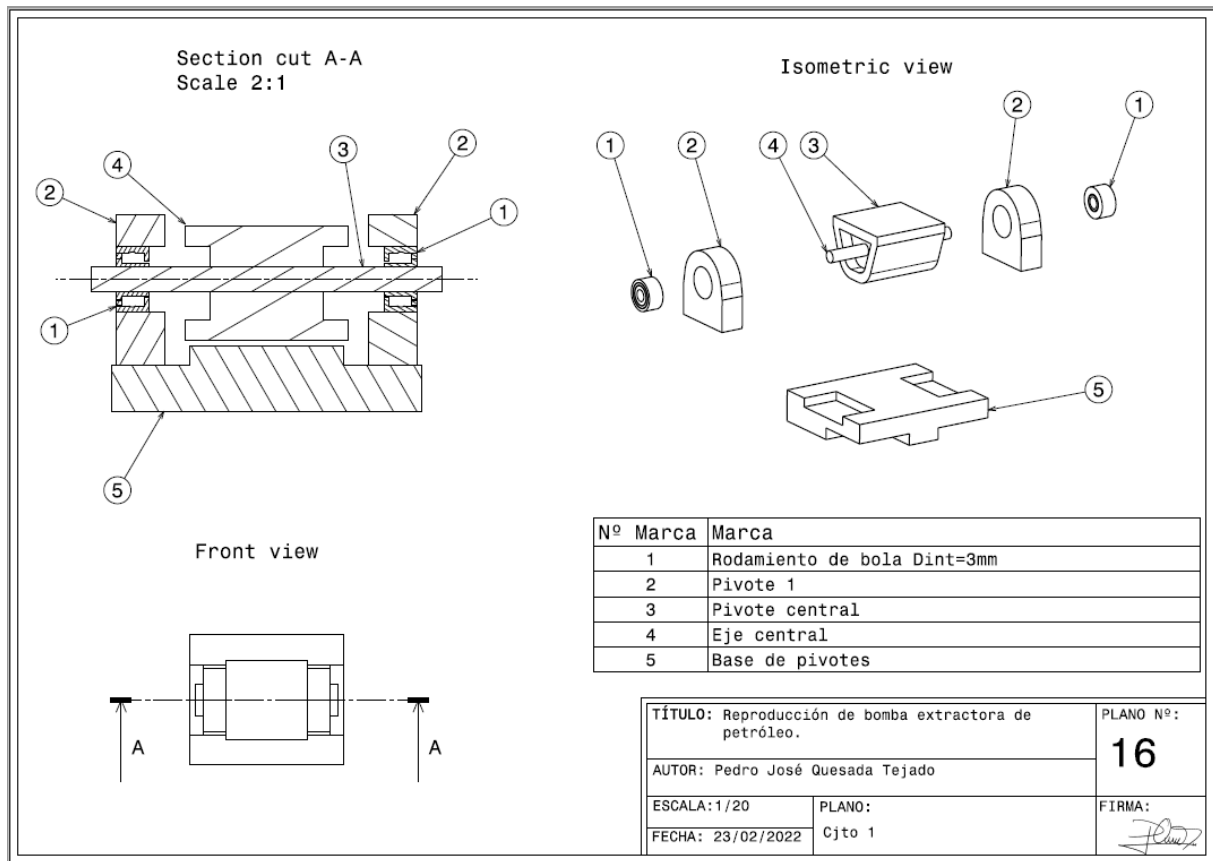


Algunas piezas como la base principal solo han sido barnizadas para realzar el contraste con la máquina.

9.3.3 Planos de conjunto. Ensamblaje de piezas

Para ensamblar las distintas piezas se han realizado planos de conjunto, estos planos se limitan a indicar que piezas se unen y en qué dirección y para unirlos se han improvisado diferentes sistemas en función de cómo de rígidas y fiables estaban quedando las uniones.

A modo de ejemplo de estos planos es el subconjunto 1



Las uniones más importantes son las siguientes:

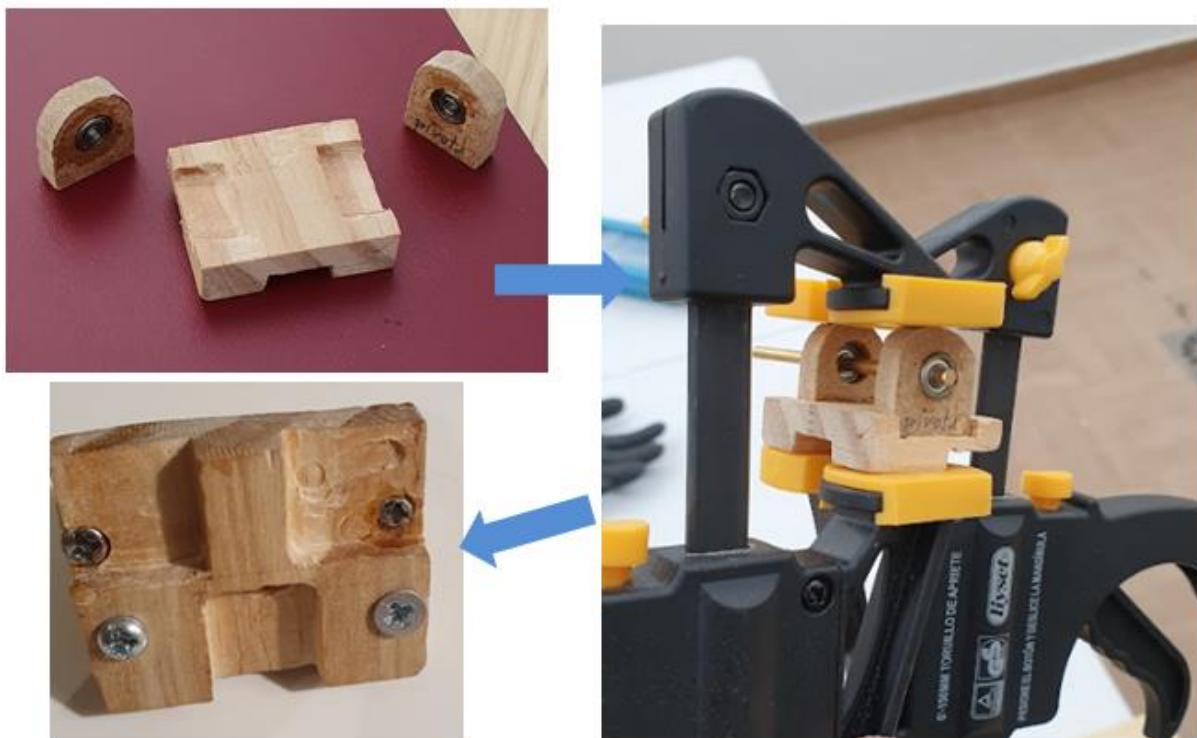
Unión entre viga principal, pivote central y cabeza. En este caso es la unión de dos subconjuntos; pivote central + rodamientos + ejes y el subconjunto formado por la viga principal o balancín y cabeza. Se ha realizado mediante encolado y atornillado.



Unión entre conjunto anterior y pivote del ecualizador. Encolado y atornillado



Unión entre la base de los pivotes y pivotes. Primero encolado y finalmente atornillado.



Conjunto soporte de la polea. Las tablas se han encolado y atornillado y los rodamientos van encajados en su alojamiento con una gota de pegamento.



Conjunto de la base, postes maestros, refuerzos y base de los pivotes. En este caso la unión entre los postes maestros y la base de los pivotes se ha realizado con adhesivo de alta resistencia, no pudiendo introducir tornillos por falta de espacio y riesgo de agrietar las piezas.

La unión entre los postes maestros y la base se ha encolado en un surco tallado en la base de profundidad 3mm y copiando la forma de los pies de los postes.



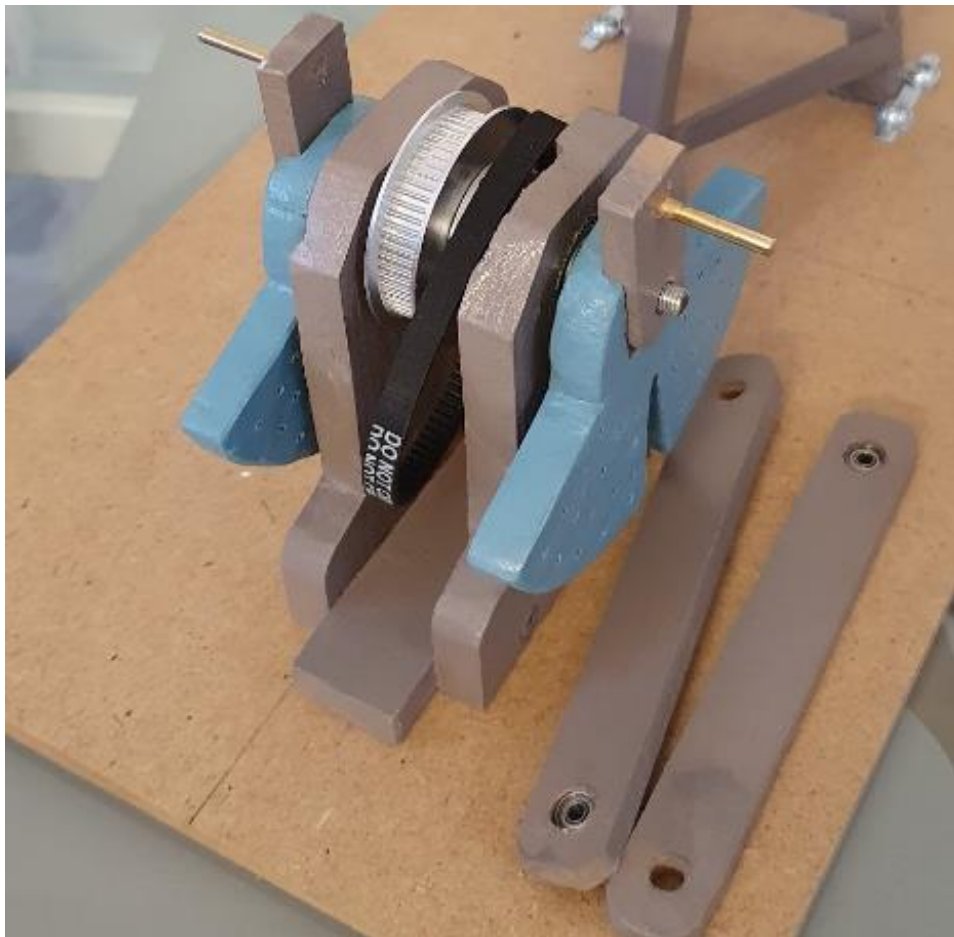
Los planos de las piezas se han añadido al TFG como ANEXO I y los planos de ensamblaje en el ANEXO II.

9.4 Ensamblaje de los conjuntos principales

Ensamblaje de conjunto soporte + palea y el conjunto de los contrapesos:

Es la parte más difícil de ensamblar porque el juego entre piezas es muy pequeño y es muy importante evitar el roce entre piezas.

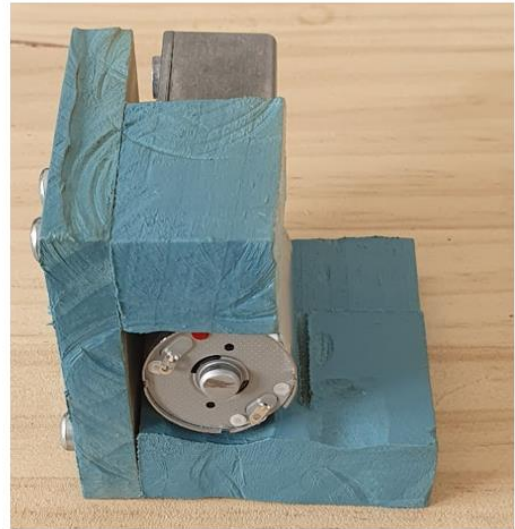
Una vez se fijen los contrapesos con las tuercas en la varilla roscada el movimiento relativo entre piezas desaparece quedando fijadas una equidistancia entre ellas.



Ensamblaje de conjunto motor:

En este ensamblaje se han restringido todos los movimientos del motor para evitar el giro que se pueda producir cuando ejerza fuerza y mantener el paralelismo

con el eje de la polea, en este ensamblaje se encuentra fijado la polea pequeña con tornillería perforante.



Conjunto viga balancín + base y postes maestros:

Este ensamblaje se realiza simplemente montando el eje de latón por los rodamientos y comprobando que durante el movimiento de vaivén no hay ningún roce entre piezas.



Conjunto viga balancín + ecualizador:

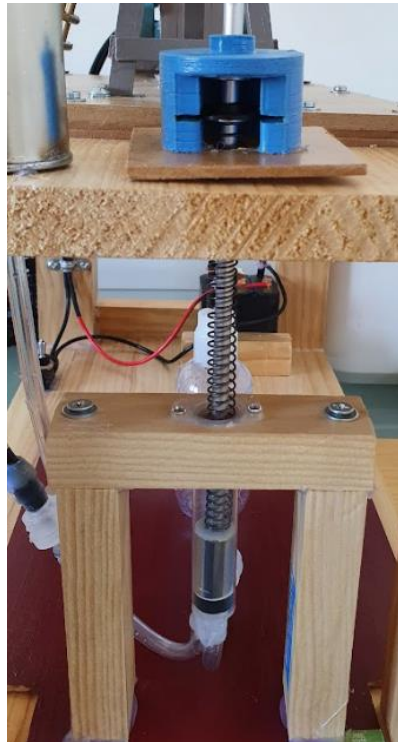


Conjunto cables + estrobo + cruceta del estrobo:



Conjunto bomba de pozo:

Este conjunto se encarga de impulsar el líquido desde un depósito hasta el exterior. Consta de un émbolo en el interior de un cilindro, dicho émbolo es movido arriba y abajo por la varilla conectada a la bomba de balancín. Para que el émbolo vuelva a su posición original se ha instalado un muelle de 10mm de diámetro interior.



El circuito de absorción e impulsión del fluido es conducido por dos válvulas antirretorno a la entrada y a la salida. El fluido es recuperado en el mismo depósito de donde se toma inicialmente mediante un tubo conectado en la parte superior.



9.5 Ensamblaje final y funcionamiento.

La bomba de balancín se ha instalado en una estructura de madera de dos plataformas con una altura entre ellas de 20cm. El conjunto de extracción se ha instalado en la zona inferior usando para ello una base de contrachapado rojo atornillado con tuercas de mariposa a la base inferior para facilitar el mantenimiento.



Maqueta Bomba de
Varilla Extractora.mq

10. CONCLUSIONES

Los hidrocarburos y concretamente el petróleo han sido bien conocidos por el ser humano desde hace muchos siglos dándole una importancia y unos usos que todavía perduran hoy en día con la gran diferencia del tratamiento tecnológico que recibe para obtener el mayor partido posible a este recurso.

Parece que este papel se ha invertido en el sentido en el que gran parte de la tecnología actual, que se emplea en el desarrollo de muchos campos industriales funcionan tomando como fuente energía algún derivado del petróleo lo cual ha provocado la dependencia actual de muchos países que no producen la cantidad de petróleo que se consume, entre los cuales se encuentra España, a las fluctuaciones del mercado del petróleo y la vulnerabilidad de estos países a las crisis internacionales que pueden hacer subir bruscamente el precio del petróleo.

En España son escasos y poco conocidos los lugares en donde se ha conseguido extraer petróleo, pero es aún menos conocido el camino llevado a cabo a lo largo de toda la geografía para lograr encontrar esas explotaciones.

Personalmente he descubierto y aprendido un aspecto de la historia de España que me era totalmente desconocida y que creo que también lo es para la mayoría de la población española, consiguiendo que la búsqueda de información haya estado motivada por saber cuál y dónde fue el siguiente paso dado y con qué resultados, esto junto con los conocimientos adquiridos acerca de las máquinas involucradas para la obtención de petróleo, ya sea tipología, partes individuales de las máquinas, funcionalidad de las mismas y casos concretos de la maquinaria usada en España ha hecho que la redacción de este TFG haya sido una experiencia muy positiva y académicamente productiva, puedo decir por tanto que la elaboración de este trabajo ha contribuido a despertar un interés que antes no tenía por la maquinaria de este tipo de industria y a completar mi formación.

El número de prospecciones, estudios, sondeos y, expresado de una forma más amplia, de “intentos” por encontrar petróleo es abrumadora, remontándose esta actividad en el tiempo hasta casi 150 años tras los cuales la historia no ha sido justa con la determinación con la que se ha intentado, desde el ámbito público y privado,

que España fuera autosuficiente en el consumo de petróleo u otro tipo de hidrocarburos o por lo menos que parte de este consumo estuviera cubierto por nuestra propia producción.

Debido al tipo de actividad que se ha llevado en tal empresa deriva el despliegue de medios de los que se han dispuesto sobre el terreno, siendo el más utilizado las torres de perforación y equipos de sondeo. Pero el yacimiento de Ayoluengo, en los campos de Lora, nos ha permitido poder ver en una pequeña fracción de terreno un campo de extracción de petróleo como puede ser en cualquier otra parte.

En este yacimiento se ha podido contemplar el tipo de maquinaria que se usaba para la extracción de petróleo quedando hoy en día escasas bombas de balancín que se mantienen para que, el que lo desee, pueda conocer a un testigo de lo que fue la edad de oro del petróleo en España, si bien es cierto que no se encuentran operativas.

Estas máquinas, las bombas de extracción, comúnmente conocidas en la región de Lora como “caballitos” son un símbolo de la bonanza económica que vivieron aquellos pioneros de las explotaciones petrolíferas en nuestro país y a la vez unos testigos del abandono de dicha actividad y de la decadencia que estas mismas tierras sufrieron al adaptarse a esta actividad económica que posteriormente desapareció por completo.

Como se ha comentado en epígrafes anteriores, como homenaje a estos “caballitos” en el trabajo de realización de la maqueta se ha pretendido reproducir una de las primeras bombas que se instalaron y cuya foto se encuentra expuesta en el museo del petróleo. Después de analizar muchos de estos mecanismos durante la redacción del TFG he observado que el diseño de esta máquina no es algo convencional, tanto por la posición del eje principal como por la forma y posición del ecualizador.

En este caso el ecualizador está colocado en la parte superior de la viga de balancín y a su vez sobre una especie de voladizo que está situado en la parte trasera. Este diseño ha complicado notablemente la construcción de la maqueta,

pero no en la elaboración sino en la forma de inferir las dimensiones de las bielas y las distancias entre los ejes de estas y el ecualizador por la repercusión que tiene en movimiento para poder conseguir un recorrido de la cabeza del “caballito” adecuado sin que se produjeran interferencias durante el movimiento.

Un diseño con un ecualizador en donde normalmente se colocan habría simplificado mucho la elaboración del diseño 3D pero sin duda alguna esta dificultad ha sido otro paso más en el proceso de aprendizaje y otro punto positivo que este TFG me ha aportado.

Bibliografía

25 de octubre de 2014). Obtenido de Slideshare.net:

<https://es.slideshare.net/magnusgabrielhuertafernandez/componentes-del-equipo-de-perforacion>

Abenaxara. (19 de abril de 2020). *Historia Local y Social*. Obtenido de

<http://abenaxara.com/1957-petroleo-puerta-de-segura>

Antón, D. (6 de marzo de 2018). *daniloanton.blogspot.com*. Recuperado el 14 de octubre de 2021, de <http://daniloanton.blogspot.com/2018/03/el-campo-petrolifero-mas-grande-del.html>

AOP. (2010). *www.aop.es*. (A. E. Petrolíferos, Ed.) Obtenido de

https://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/nonIndexed/petroleo/secciones/pdf/caps_todos/AOP%20FICHAS%20DIDACTICAS.pdf

Asimov, I. (1984). Como descubrimos el petróleo.

Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos. (2002). *www.aop.es*.

Obtenido de

https://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/nonIndexed/petroleo/secciones/pdf/caps_todos/AOP%20FICHAS%20DIDACTICAS.pdf

Asprometal. (27 de mayo de 2021). Obtenido de

https://www.asprometal.es/index.php?sec=mostrar_noticia&id=1150

Baqueda, K. (2007). *La Búsqueda de petróleo en Álava*. Eusko Ikaskuntza.

BBVA/Sostenibilidad. (30 de abril de 2021). Recuperado el 8 de octubre de 2021, de

<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/cual-es-el-origen-la-historia-y-el-impacto-del-petroleo-en-el-medioambiente/>

Bermejo, V. (1996). *La minería en al-Andalus. Actas de las I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media Peninsular*.

BP Global Corporate. (2021). *Statistical Review of World Energy*. Obtenido de

<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Brunat, D. (8 de abril de 2018). *El Confidencial*. Obtenido de

https://www.elconfidencial.com/economia/2018-04-07/petroleo-gas-espana-ayoluengo-lora-texas_1545820/

Brunat, D. (8 de noviembre de 2018). *El Confidencial*. Obtenido de

<http://ayterra.com/ayoluengo/>

Butano 24 Blog. (14 de marzo de 2017). Obtenido de <https://butano24.com/blog/el-butano-en-espana-una-historia-de-60-anos/>

Cerrillo, A. (4 de octubre de 2013). *Lavanguardia.com*. Obtenido de

<https://www.lavanguardia.com/vida/20131004/54390433679/geologos-inyeccion-gas-despertado-falla-amposta.html>

Cincodías/El País Economía. (5 de noviembre de 2018). Obtenido de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2018/11/05/companias/1541420128_096144.html

CLH, Archivo Histórico de CAMPSA. (s.f.). *Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia*. Obtenido de <https://campsa.cnmc.es/galeria/transporte-terrestre-camiones-ferrocarril-y-cargaderos>

CNMG. (18 de diciembre de 2020). *Blog CNMG*. Obtenido de <https://blog.cnmc.es/2020/12/18/el-mapa-de-la-logistica-del-petroleo-en-espana-a-un-clic-en-la-web-de-la-cnmc/>

Comet, J. N. (abril de 2016). *Museo del petróleo*. (F. G. Pardo, Ed.) Obtenido de <https://sargenteshalora.com/wp-content/uploads/2017/02/libro-50-aniversario.pdf>

Completion & Production solutions. (2015). *Oilproduction.net*. Obtenido de <http://oilproduction.net/files/ALS/NOV%20-%20ROD%20PUMP%20SYSTEMS%20BROCHURE.pdf>

CORES. (12 de 11 de 2021). *Corporación de reservas energéticas de productos petrolíferos*. Obtenido de <https://www.cores.es/es/estadisticas>

Departamento de Humanidades Contemporáneas, Univ de Alicante. (1987-88). *Anales de la Universidad de Alicante, Historia Contemporánea*. Alicante: Publicaciones Universidad de Alicante.

Diari de Tarragona. (18 de diciembre de 2018). Obtenido de <https://www.diaridetarragona.com/tarragona/El-Gobierno-decide-este-viernes-si-paraliza-la-plataforma-Casablanca-20181217-0079.html>

Diari Mes Digital. (2 de febrero de 2022). Obtenido de https://www.diarimes.com/es/noticias/camp_tarragona/2021/05/26/repsol_deixara_produir_petrol_i_plataforma_casablanca_mitjan_juny_per_tancar_explotacio_105074_1093.html

Diario de Burgos. (7 de junio de 1964). *Petróleo en Burgos*. Obtenido de https://prensahistorica.mcu.es/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=2000938006

DIARIO DIGITAL CONCLUSIÓN. (18 de septiembre de 2018). Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://www.conclusion.com.ar/info-general/conocian-el-petroleo-en-la-antiguedad-los-increibles-usos-que-tenia/09/2018/>

Diputación de Burgos. (s.f.). *Museo del Petróleo*. Obtenido de <https://sargenteshalora.com/presentacion-museo-del-petroleo/>

Dokumen.tips. (s.f.). Obtenido de <https://dokumen.tips/documents/dp-brochure-v040405-espanol.html>

ECOLOGÍA VERDE. (23 de junio de 2020). Recuperado el 22 de septiembre de 2021, de <https://www.ecologiaverde.com/como-se-forma-el-petroleo-2814.html>

Eguino, K. R. (2011). *Salvatierra-Eguarín*. Obtenido de http://www.salvatierra-agurain.es/petroleo_en_agurain.html

El Correo de Burgos. (12 de noviembre de 2019). Obtenido de <https://elcorreodeburgos.elmundo.es/articulo/provincia/ayoluengo-pelea-bic-mientras-piezas-esperan-chatarra/20191112063600346958.html>

El Estrecho Digital. (5 de agosto de 2020). Obtenido de <https://www.elestrechodigital.com/2020/08/05/una-imponente-plataforma-perforadora-semisumergible-fondea-en-aguas-de-algeciras/>

EL Liberal. (9 de enero de 1908). Villamartín y el petróleo. *El Liberal*.

Elbolintxies. (18 de junio de 2019). *Revista digital de las bibliotecas de Santurtzi*. Obtenido de <https://elbolintxies.wordpress.com/2019/06/18/instalaciones-de-campsa-en-el-puerto-1958/>

Enciclopedia ESPASA. (1989). 19, 21. Madrid: Espasa - Calipse, S.A.

Epdata. (9 de diciembre de 2021). Obtenido de <https://www.epdata.es/datos/mercado-gas-espana-graficos/614>

Escalante, S. (julio de 2016). *Docplayer*. Obtenido de <https://docplayer.es/79827837-Modulo-iii-bombeo-mecanico.html>

Esteller, R. (26 de mayo de 2021). *El Economista*. Obtenido de <https://www.eleconomista.es/energia/noticias/11237405/05/21/Repsol-y-Cepsa-dejan-de-producir-petroleo-en-Espana-con-el-cierre-de-Casablanca.html>

Europapress. (26 de mayo de 2021). Obtenido de <https://www.europapress.es/economia/energia-00341/noticia-casablanca-ultima-plataforma-petrolifera-espana-cesara-produccion-junio-20210526150240.html>

Fede. (9 de junio de 1964). Gran sensación en toda España ante la aparición de petróleo en Valdeajos. *Diario de burgos*. Obtenido de https://prensahistorica.mcu.es/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=2000938007

Ferrocarril siglo XX. (s.f.). (C. y. Ministerio de Industria, Productor) Obtenido de http://historico.oepm.es/museovirtual/lib/slider/slider_ferro.php?id=xx#prettyPhoto

Gema, I. (18 de mayo de 2021). *Global Energy*. Obtenido de <https://globalenergy.mx/noticias/hidrocarburos/refuerza-petrobras-su-flota-de-buques-de-perforacion/>

Geoproductos.es. (3 de enero de 2014). Obtenido de <https://geoproductos.es/que-es-una-barrena-de-perforacion/>

Gonzalez, K. S. (2018). *Studcu*. Obtenido de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-estatal-peninsula-de-santa-elena/produccion-petrolera/bombeo-mecanico-rotaflex/8512298>

González, L. G. (2001). *Historia de la minería andaluza*. Sarriá.

Hipertextual.com. (3 de abril de 2015). Recuperado el 5 de octubre de 2021, de <https://hipertextual.com/2015/04/torre-de-extraccion-historia>

Iñesta Burgos, J., & García Fernandez, P. (2002). *Fenercom*. Obtenido de <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/05/recorrido-de-la-energia-el-petroleo.pdf>

Itsosupeteko Ondarea Bermeo. (25 de agosto de 2021). Obtenido de <https://www.itsosupetekondarea.eus/2021/08/la-plataforma-gaviota-una-breve-historia.html>

Jack Artificial Lift Machinery Co. (20 de diciembre de 2016). *Pumpjk.com*. Obtenido de <http://www.pumpjk.com/ProductShow.asp?ID=68>

Láminas y aceros. Blog. (22 de junio de 2021). Obtenido de <https://blog.laminasyaceros.com/blog/qu%C3%A9-es-un-malacate>

Lancelot Digital. (7 de enero de 2015). Obtenido de <https://www.lancelotdigital.com/lanzarote/repso-terminara-de-perforar-en-canarias-el-12-de-enero>

Lopera, J. M. (2007). *Teoría sobre el origen y formación del petróleo*. s.l. : s.n., D.L.

López, A. E., & Recuero Forniés, A. (12 de abril de 1999).

López, R. P., & J.L. Giner-Robles. (2018). *Eprints.ucm*. Obtenido de https://eprints.ucm.es/id/eprint/59775/1/PerezLopez3_Iberfault_2018.pdf

Lora, G. d. (2022). Visita al Museo del Petróleo. Sargentos de Lora, Burgos, España.

Ministerio de Hacienda y Función Pública. (s.f.). *SEPI*. Obtenido de <http://154.58.19.200/default.aspx?cmd=0004&IdContent=346&lang=&idLanguage=&idContraste=>

Molinos, G. M. (1987). *El suministro de petróleo*. Madrid. Obtenido de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/54612/1/Anales-Historia-Contemporanea_06_05.pdf

Museo del Ferrocarril de Asturias, G. (Ed.). (s.f.). *Patrimonio Industrial.com*. Obtenido de <https://patrimoniuiindustrial.com/fichas/locomotoras-diesel/>

Museo del p. (s.f.).

Naturgy. (s.f.). *Proyecto Viura*. Obtenido de https://www.naturgy.com/conocenos/la_energia/gas/proyecto_viura

Navarro, J., & Puche Riat, O. (2019). Una historia de la exploración y producción de hidrocarburos en España. *Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero*.

Ostolanza, D. C. (2012). *Lurraldea - blogspot*. Obtenido de <http://lurraldea.blogspot.com/2012/02/poligono-zumaia-1959-poligono-aitamari.html>

Palmer, R., & Colton, J. (1980). *Historia Contemporanea*. Akal editor.

Partídas, H. (17 de noviembre de 2003). *Christian3306.wordpress*. Obtenido de <https://christian3306.files.wordpress.com/2010/10/bombeo-mecanico-optimizacion-diagnostico-y-operacion.pdf>

Peláez, J. (22 de septiembre de 2018). *Conclusión*. Recuperado el 5 de septiembre de 2021, de Conclusión: <https://www.conclusion.com.ar/info-general/conocian-el-petroleo-en-la-antiguedad-los-increibles-usos-que-tenia/09/2018/>

Pena, A. R., & Lynn Rowlan. (2003). *DynaPump Field Evaluation*. SOUTHWESTERN PETROLEUM.

Ponce, A. C. (2012). Explotación de campos empleando sistemas artificiales de producción. Mexico, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Potter, N. (1979). *Plataformas petrolíferas*. Barcelona: Molino.

Prado, L. A. (1963). *Prospecciones petrolíferas*. Madrid: Publicaciones Españolas.

Recursosccss.wordpress. (s.f.). Obtenido de <http://perseo.sabuco.com/historia/revolucionesindustriales.pdf>

REPSOL. (s.f.). *Repsol, Global*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/conocenos/historia/origenes/index.cshtml>

RepsolGlobal. (s.f.). *Historia y evolución de Repsol*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/conocenos/historia/origenes/index.cshtml>

Revilla, B. (3 de mayo de 2009). *Diario de Sevilla*. Obtenido de https://www.diariodesevilla.es/andalucia/Repsol-yacimiento-submarino-Golfo-Cadiz_0_255875121.html

Roca, R. (25 de julio de 2021). *El periódico de la energía*. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/espana-dice-adios-a-casi-60-anos-de-produccion-de-petroleo-una-historia-de-auge-y-decadencia/>

Salvex Global Marketplace. (s.f.). Obtenido de Salvex: https://www.salvex.com/listings/listing_detail.cfm?aucID=182967344

San Joaquín Valley Geology. (s.f.). Obtenido de http://www.sjvgeology.org/old_stuff/pumpjacks.html

Sargentessdelalora/Museo-del-petroleo. (s.f.). Obtenido de <https://sargentessdelalora.com/presentacion-museo-del-petroleo/>

SCRIBD. (sf). Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/368294726/Bop-Anular>

Schlumberger. (2019). *Slb*. Obtenido de <https://www.slb.com/-/media/files/al/product-sheet/conventional-pumping-unit-ps.ashx>

Schlumberger. (2019). *Slb (FlexLift)*. Obtenido de <https://www.slb.com/-/media/files/al/catalog/sucker-rod-pump-surface-units-catalog.ashx>

Sector marítimo, Ingeniería Naval. (12 de junio de 2015). Obtenido de <https://www.elestrechodigital.com/2020/08/05/una-imponente-plataforma-perforadora-semisumergible-fondea-en-aguas-de-algeciras/>

Serrano, D. S., & Catherine Suárez, I. (2018). *Biblioteca Universidad Industrial de Santander*. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/172336.pdf>

Sevilla ABC. (18 de junio de 2017). Obtenido de https://sevilla.abc.es/economia/sevi-ecologistas-no-cuentan-proyecto-marismas-201706180827_noticia.html

Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León. (2009). *Siemcalsa*. Obtenido de <https://www.siemcalsa.com/images/pdf/Hidrocarburos.pdf>

Sociedad Explotadora y Exploradora de las Minas de Sigüenza. (6 de noviembre de 1882). *Instituto Geológico y Minero de España*. Obtenido de <http://i10331uk.eos-intl.eu/I10331UK/OPAC/Details/Record.aspx?BibCode=4126014&SearchType=3&BrowseSetxtSearch=sig%c3%bcenza&BrowseIstIndex=3&BrowseSearchMethod=Contains&BrowseIstSingleSelected=1&BrowsePageNumber=1>

Sociedad Explotadora y Exploradora de las Minas de Sigüenza. (enero de 1934). *Instituto Geológico y Minero de España*. Obtenido de <http://i10331uk.eos-intl.eu/I10331UK/OPAC/Details/Record.aspx?BibCode=4126014&SearchType=3&BrowseSetxtSearch=sig%c3%bcenza&BrowseIstIndex=3&BrowseSearchMethod=Contains&BrowseIstSingleSelected=1&BrowsePageNumber=1>

Sociedad Geológica de España. (9 de mayo de 2015). *Sociedad Geológica Española*. (SGE, & IGME, Edits.) Obtenido de https://sge.usal.es/archivos_pdf/geolodia15/geogu%C3%ADas%20geolod%C3%ADa%2015/gdia15gui_burgos.pdf

The American Oil & Gas Historical Society. (3 de septiembre de 2006). *The Petroleum Ege. Evolution of Oilfield Technology*.

Toca, J. S. (s.f.). El petróleo como artículo de primera necesidad para nuestra economía nacional.

Tour, X. B., de Leuch, H., & Valais, M. (1981). *El Petróleo*. Madrid: Everest.

Universidad de Aquino. (sf). Obtenido de <file:///C:/Users/Pedro/Downloads/02%20INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LOS%20FLUIDOS%20DE%20PERFORACI%C3%93N.pdf>

Universidad Nacional de Piura. (s.f.). *pdfslide*. Obtenido de <https://pdfslide.net/documents/sistema-de-seguridad-boptrabajo-de-perforacion.html>

Velasco, J. G. (2009). *Energías renovables*. Editorial Reverte.

Vidal, J. J. (2009). *La Otra pennsylvania*. Villamartín (Cádiz): Iltno. Ayuntamiento de Villamartín.

Vilfer electric. (2 de marzo de 2016). Obtenido de <http://www.vilferelectric.com/es/2016/03/02/plataforma-petrolifera-casablanca/>

Villieda, E. D. (1937). *Investigaciones de petróleo en España*. Madrid: Boletín IGME.

Zuloaga, J. M. (Noviembre de 1952). *Marcilla City la ciudad del petróleo*. Obtenido de http://www.marcillainfo.es/marcillacity_004.htm