

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO PARA DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE EL TIPO DE
BOMBA DE COMBUSTIBLE Y LAS FUGAS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR LUIS PEDRO ZEA GONZALEZ
PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA
MECÁNICA

GUATEMALA

2005

ESTUDIO PARA DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE EL TIPO DE
BOMBA DE COMBUSTIBLE Y LAS FUGAS

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO PARA DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE EL TIPO DE
BOMBA DE COMBUSTIBLE Y LAS FUGAS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR LUIS PEDRO ZEA GONZALEZ
PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA
MECÁNICA

GUATEMALA

2005

PREFACIO

LA FUGA DE COMBUSTIBLE AL SUELO ES UN TEMA MUY SERIO DESDE EL PUNTO DE VISTA MEDIO AMBIENTAL Y DE RELACIONES PÚBLICAS DEL OPARARIO DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO. DEBIDO A ESTO LA MAYOR PARTE DE INFORMACIÓN RELACIONADA CON ESTE TEMA ES GUARDADA CON RECELO YA QUE ASÍ COMO SIRVE PARA ANALIZAR EL CASO PARA APRENDER Y EVITAR QUE SE REPITA, PUEDE SER USADA EN CONTRA DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA GASOLINERA. DEBIDO A ESTO CONSEGUIR INFORMACIÓN NO SOLAMENTE PRECISA SINO DE LA QUE SE TUVIERA PERMISO DE PUBLICAR FUE UNA TAREA ARDUA.

INICIALMENTE SE RECURRIÓ A LOS DEPARTAMENTOS DE INGENIERÍA DE DISTINTAS COMPAÑIAS PETROLERAS QUE ATENDIERON LOS CASOS, PERO LA INFORMACIÓN AQUÍ RECOPIADA FUE ESCASA POR LO QUE SE PROCEDIÓ A ACUDIR A LAS PERSONAS INVOLUCRADAS INDIVIDUALMENTE.

LOS DATOS QUE SÍ SE PUDIERON RECOPIAR Y PUBLICAR FUERON EN GRAN PARTE FACILITADOS POR GENTE QUE NO ESTABA DIRECTAMENTE INVOLUCRADA EN LOS CASOS, PERO QUE SÍ TIENEN EXPERIENCIA EN EL CAMPO, COMO SON LOS INGENIEROS JOSÉ HERNÁNDEZ Y RODRIGO TIZÓN, A QUIENES SE LES AGRADECE SU COOPERACIÓN.

SINOPSIS

LAS BOMBAS, QUE SON EL CORAZÓN DE UNA ESTACIÓN DE SERVICIO PUEDEN ESTAR COLOCADAS EN DOS DISTINTOS PUNTOS: EN EL SURTIDOR (PROVOCANDO ASÍ EL FLUJO DE COMBUSTIBLE POR MEDIO DE SUCCIÓN) O DENTRO DE LOS TANQUES (CREANDO EL FLUJO POR MEDIO DE IMPULSIÓN O PRESIÓN).

ES SABIDO POR PERSONAS QUE HAN TRABAJADO EN EL CAMPO, QUE CUANDO SE UTILIZA UNA BOMBA DE PRESIÓN (LAS QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DEL TANQUE) Y HAY UNA FUGA EN ALGUNA TUBERÍA LAS PÉRDIDAS DE COMBUSTIBLE SON MÁS VOLUMINOSAS QUE SI SE HUBIESE TENIDO UNA DE SUCCIÓN. PARA ESTA INVESTIGACIÓN SE TOMARON DOS CASOS DE ESCAPE DE COMBUSTIBLE POR TUBERÍAS CON FALLAS QUE TIENEN MUCHAS SEMEJANZAS ENTRE SÍ, COMO POR EJEMPLO EL TIPO DE FALLA EN LA TUBERÍA, EL TIEMPO EN EL QUE SE ESTUVO DESPACHANDO PRODUCTO, ETC.

POR MEDIO DE EXPLICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS SE INTRODUCE AL LECTOR AL TEMA. UNA VEZ ESTO HA SIDO HECHO SE ESTUDIA CADA UNO DE LOS CASOS PARA LUEGO HACER UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE ESTOS. EL PRINCIPAL PARÁMETRO DE COMPARACIÓN ES LA VARIACIÓN PORCENTUAL DIARIA, QUE DEMUESTRA QUE EN EL CASO DE LA BOMBA DE PRESIÓN LA PÉRDIDA DE COMBUSTIBLE ES CADA VEZ MAYOR (DEBIDO A LA PRESIÓN) MIENTRAS QUE EN LA DE SUCCIÓN SE MANTIENE CASI CONSTANTE.

LISTA DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	DIP BOOK DEL CASO 1	21
2	CARACTERÍSTICAS DEL CASO 1	23
3	DIP BOOK DEL CASO 2	26
4	CARACTERÍSTICAS DEL CASO 2	27
5	COEFICIENTES DE PÉRDIDA	37

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN	PÁGINA
1 GRÁFICO DEL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN	4
2 TANQUES SIFONEADOS	4
3 SHEAR VALVE	6
4 TUBERÍAS FLEXIBLE Y SURTIDORES	8
5 UNIONES DE TUBERÍAS Y VÁLVULAS	9
6 SURTIDOR BO5	9
7 DETALLES DE POSIBLES CONFIGURACIONES DEL SURITODR BO5	10
8 RADIO PROMEDIO MÍNIMO DE DOBLEZ DE UNA TUBERÍA FLEXIBLE ...	23
9 EFECTO DE UTILIZAR UN RADIO MENOR AL MÍNIMO PERMISIBLE Y PUNTO DE LA FALLA	24
10 PÉRDIDA PORCENTUAL DEL CASO 1	30
11 PÉRDIDA PORCENTUAL DEL CASO 2	30
12 PÉRDIDA PORCENTUAL DE AMBOS CASOS EN LA MISMA ESCALA	31
13 CURVA DE RENDIMIENTO BOMBA DE 1.5 HP.....	35
14 GRÁFICA DEL SISTEMA	36
15 CURVA ESPECIFICA DE LA BOMBA	39
16 PENACHO: DESCRIPCIÓN DE LA DISPERSIÓN DEL COMBUSTIBLE	43
DIAGRAMA	
1 DIAGRAMA DE TIPOS DE TUBERÍAS	6
2 TANQUES SIFONEADOS CON UNA BOMBA DE PRESIÓN CADA UNO ...	19
3 PRESIONES EN EL TANQUE	32
4 ANÁLISIS DE PRESIONES EN UN SISTEMA CON BOMBA DE SUCCIÓN	33
5 ANÁLISIS DE PRESIONES EN UN SISTEMA CON BOMBA DE PRESIÓN	34
FOTO	
1 LIBERACIÓN DE PRESIÓN DE LA CHECK VALVE	16
2 SISTEMA DE SIFÓN DEL SENSOR DE VACÍO	17
3 CAPACITOR Y OTRAS CONECCIONES ELÉCTRICAS	17
4 BOMBA DE PRESIÓN RED JACKET STP	25
5 IMAGEN DE MAQUINARIA BAJO EL CASCARÓN DE UN SURTIDOR BO5 CON BOMBAS	28

ÍNDICE

	PÁGINA
PREFACIO	VI
SINOPSIS	VII
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE ILUSTRACIONES	IX
CAPÍTULOS	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. DISEÑO DE LOS TANQUES Y TUBERÍAS DE UNA ESTACIÓN	3
A. TIPOS DE TUBERÍAS	5
B. FLUJO DE COMBUSTIBLE	8
C. FORMAS DE DESPACHO	9
IV. BOMBAS UTILIZADAS EN LAS ESTACIONES	13
A. ¿CÓMO FUNCIONA UNA BOMBA?	13
B. BOMBAS UTILIZADAS	15
C. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BOMBAS DE PRESIÓN	19
D. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BOMBAS DE SUCCIÓN	20
V. CASOS CON FUGA EN TUBERÍA	21
A. CASO 1	21
1. SOBRE LA FALLA EN LA TUBERÍA	23
2. SOBRE LA BOMBA UTILIZADA	24
B. CASO 2	26
1. SOBRE LA FALLA EN LA TUBERÍA	27
2. SOBRE LA BOMBA UTILIZADA	27
C. ANÁLISIS COMPARATIVO	29
VI. ANÁLISIS DE FLUIDOS	35
VII. CONTAMINACIÓN DEL SUBSUELO	42
A. DISPERSIÓN DEL COMBUSTIBLE EN EL SUBSUELO	42
B. CONTAMINACIÓN DE RESERVAS SUBTERRANEAS DE AGUA	43
VIII. CONCLUSIONES	45
IX. RECOMENDACIONES	47
X. REFERENCIAS	48

I. INTRODUCCIÓN

LAS ESTACIONES DE SERVICIO DESPACHAN COMBUSTIBLES UTILIZANDO BOMBAS DE PRESIÓN O DE SUCCIÓN. EN ALGUNOS CASOS SE HAN DETECTADO FUGAS DE PRODUCTO DEBIDO A ALGUNA FALLA EN ALGUNA TUBERÍA Y LAS PERSONAS QUE TRABAJAN EN ESTE CAMPO COMENTAN QUE HAN NOTADO QUE ESTOS FALTANTES SON MAYORES CUANDO SE TRABAJA CON UNA BOMBA DE PRESIÓN. UTILIZANDO DOS CASOS PUNTUALES CON GRANDES SIMILITUDES SE PRETENDE DEMOSTRAR QUE ESTO ES UNA REALIDAD.

PARA MANTENER LA OBJETIVIDAD, ESTE ANÁLISIS SE LIMITA A ESTUDIAR LOS PARÁMETROS QUE INFLUYERON EN LAS PÉRDIDAS DE PRODUCTO QUE ESTAS ESTACIONES SUFRIERON QUE TIENEN RELACIÓN CON EL TIPO DE TURBOMAQUINARIA UTILIZADO.

LAS PRINCIPALES FUENTES DE INFORMACIÓN FUERON LAS ESTACIONES MISMAS Y LOS DEPARTAMENTOS DE MANTENIMIENTO E INGENIERÍA QUE ATENDIERON LOS CASOS. PARA PODER ENTENDER CÓMO UNA PEQUEÑA FALLA PUEDE IMPLICAR LA PÉRDIDA DE GRANDES CANTIDADES DE PRODUCTO SE INTRODUCE AL LECTOR AL TEMA POR MEDIO DE CONCISAS EXPLICACIONES DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA DE FLUJO DE COMBUSTIBLE.

LA RAZÓN POR LA QUE SE DIERON LAS FALLAS EN LAS TUBERÍAS FUE NEGLIGENCIA DEL EQUIPO ENCARGADO DE SU INSTALACIÓN AL NO SEGUIR LAS INDICACIONES DEL FABRICANTE Y EFECTIVAMENTE SE LOGRÓ COMPROBAR, POR MEDIO DE ANÁLISIS DE VARIACIONES, QUE LAS BOMBAS DE PRESIÓN IMPLICAN UNA MAYOR PÉRDIDA DE COMBUSTIBLE CON RELACIÓN A LAS DE SUCCIÓN.

II. OBJETIVOS

A. GENERALES

1. DEMOSTRAR QUE LAS BOMBAS DE PRESIÓN AUMENTAN LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE PERDIDO AL TENER UNA FUGA EN UNA TUBERÍA CON RELACIÓN A LAS DE SUCCIÓN.
2. HACER CONCIENCIA EN LAS COMPAÑÍAS QUE VENDEN COMBUSTIBLES DE LAS IMPLICACIONES QUE PUEDE TENER, EN CUANTO A PÉRDIDAS POR FUGAS EN TUBERÍAS, EL TIPO DE BOMBA QUE SE ESCOJA EN EL DISEÑO DE LAS ESTACIONES.
3. AUMENTAR LA FRECUENCIA DE REVISIÓN DE LAS TUBERÍAS EN LAS ESTACIONES CON BOMBAS DE PRESIÓN.

B. ESPECÍFICOS

1. HACER UNA DESCRIPCIÓN COMPLETA DEL SISTEMA DE TUBERÍAS DE LOS CENTROS DE SERVICIO.
2. PRESENTAR UNA PROPUESTA DE UNA MEJORA A NIVEL DE INGENIERÍA QUE HABRÍA DE LLEVAR A UNA REDUCCIÓN DE DERRAMES DE COMBUSTIBLE.
3. DEMOSTRAR QUE EL PERSONAL DE NUESTRO PAÍS NO SE LIMITA A HACER EL TRABAJO DIARIO SINO INVESTIGA PARA OPTIMIZAR LOS SISTEMAS.

III. DISEÑO DE LOS TANQUES Y TUBERÍAS DE UNA ESTACIÓN

ALGUNAS DE LAS COSAS QUE SE TIENEN EN MENTE A LA HORA DE DISEÑAR UNA ESTACIÓN DE SERVICIO SON:

- ⊕ FLUJO DEL TRÁFICO.
- ⊕ EN DÓNDE SE COLOCARÁ LA TIENDA.
- ⊕ REDUCIR LA LONGITUD DE TUBERÍAS NECESARIAS .
- ⊕ COLOCAR LOS SURTIDORES EN POSICIONES QUE ASEGUREN LA SEGURIDAD Y COMODIDAD DE LOS CLIENTES.
- ⊕ INSTALAR LOS SURTIDORES DE UNA MISMA ISLA A AL MENOS METRO Y MEDIO ENTRE SÍ.
- ⊕ TENER, AL MENOS METRO Y MEDIO, DE ÁREA DESPEJADA A TODA DIRECCIÓN DE CADA SURTIDOR PARA QUE EL USUARIO TENGA ACCESO A CUALQUIER PARTE DEL APARATO.
- ⊕ INSTALAR POSTES DE SEGURIDAD PARA ASEGURAR LOS SURTIDORES CONTRA COLISIONES. ÉSTOS POSTES NO DEBEN ESTORBAR EL DESPACHO DE COMBUSTIBLE.

EN EL GRÁFICO A CONTINUACIÓN SE PUEDE OBSERVAR CÓMO SON LAS CONECCIONES DE TUBERÍAS DE UNA ESTACIÓN. LAS TUBERÍAS FLEXIBLES SALEN DESDE LOS TANQUES (TUBERÍAS VERDES) Y LLEGAN HASTA UN PUNTO DONDE SE CONECTA CON VARIAS TUBERÍAS MÁS PEQUEÑAS, CADA UNA DE ÉSTAS VA PARA CADA SURTIDOR. UNA VEZ DENTRO DEL SURTIDOR EL COMBUSTIBLE DEBE PASAR POR UN PAR DE VÁLVULAS PARA PODER SALIR POR EL PICO DE LA MANGUERA. LOS TANQUES, A SU VEZ, TIENEN OTRO JUEGO DE TUBERÍAS MENORES QUE LLEVAN EL VAPOR FUERA DE LOS TANQUES (TUBERÍA AMARILLA). TODAS LAS TUBERÍAS ESTÁN PUESTAS AL MENOS, 65 CM BAJO EL SUELO Y CON CIERTO DECLIVE HACIA LOS

TANQUES. ESTO AYUDA A QUE, SI HAY ALGUNA FUGA DE COMBUSTIBLE EN ALGUNA TUBERÍA (DE DOBLE PARED), ÉSTE DEBE VIAJAR HACIA ABAJO HASTA LLEGAR DE REGRESO AL TANQUE VIA LOS SUMPS. ÉSTOS SON RECIPIENTES DE ALMACENAJE PARA ASEGURARSE QUE AL TENER ALGUNA FUGA LA GASOLINA NO SE VAYA AL SUELO.

GRÁFICA # 1

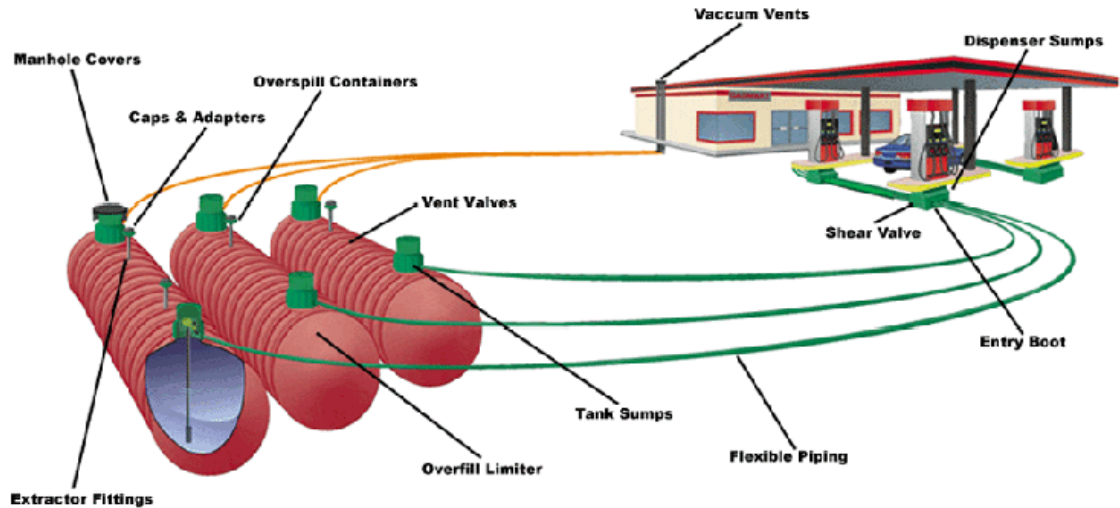
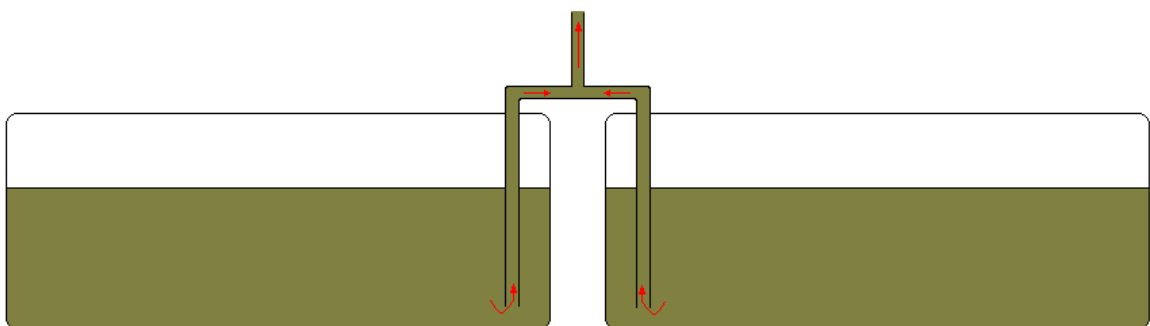


GRÁFICO DEL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN. IMAGEN ENVIRON.

LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE SE PUEDEN UTILIZAR INDIVIDUALMENTE O UNIRLOS O “SIFONEARLOS” O “MANIFOLEARLOS” (TÉRMINOS DE LA INDUSTRIA) COMO SE INDICA EN EL GRÁFICO:

GRÁFICA # 2



TANQUES SIFONEADOS.

EL FIN DE HACER ESTO ES PERMITIR AL OPERARIO DE LA ESTACIÓN OLVIDARSE DE LA LOGÍSTICA DE CUÁNTO PRODUCTO DEBE INGRESAR A CADA TANQUE TENIENDO EN CUENTA CUÁNTO VENDE CADA UNO, YA QUE ALGUNOS SURTIDORES DESPACHAN MÁS (UNA PERSONA AL VENIR DEL TRÁFICO BUSCA EL SURTIDOR QUE LE QUEDE EN CAMINO, ES DECIR QUE LE EVITE TENER QUE CRUZAR PARA ENTRAR Y LUEGO PARA SALIR) Y DE AQUÍ QUE EL TANQUE QUE ESTÉ CONECTADO A ESTOS SURTIDORES SE VACIARÁ ANTES. AL TENERLOS SIFONEADOS ESTOS SE VERÁN EQUILIBRADOS YA QUE LOS TANQUES TIENE UNA PEQUEÑA SALIDA DE VAPOR QUE HACE QUE LA PRESIÓN SOBRE EL LÍQUIDO SEA LA ATMOSFÉRICA.

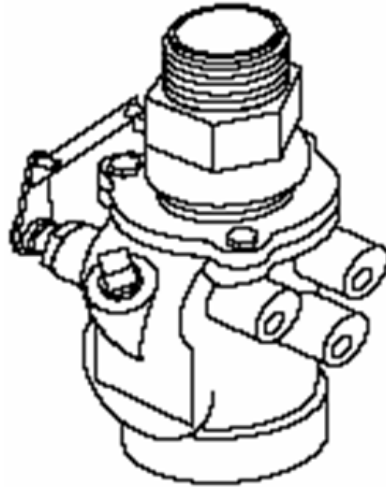
A. TIPOS DE TUBERÍAS

EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DEPENDE DEL NÚMERO DE MANGUERAS QUE ESTARÁN CONECTADAS, EL FLUJO QUE DESPACHAN Y LA DISTANCIA QUE LAS TUBERÍAS DEBEN RECORRER. POR EJEMPLO, UNA SURTIDOR PROMEDIO CONECTADO EN SOLITARIO A UNA BOMBA A UNA DISTANCIA DE 50 PIES NECESITA UNA TUBERÍA ENTRE 2 Y 3 PULGADAS.

LAS VÁLVULAS DE CHOQUE SE DEBEN INSTALAR TAN CERCA DE LA UNIDAD DE SUCCIÓN COMO SEA POSIBLE, Y DEBERÍA SER ACTIVADA POR GRAVEDAD. SOLAMENTE SE DEBE COLOCAR UNA POR LÍNEA, DE LO CONTRARIO SE PUEDE ESTAR RESTRINGIENDO EL FLUJO E INCLUSIVE CAUSAR CAVITACIÓN QUE, A SU VEZ, RESULTA EN UNA REDUCCIÓN DE LA TASA DE FLUJO DE COMBUSTIBLE.

UNA DE LAS VÁLVULAS MÁS IMPORTANTES ES LA *SHEAR VALVE*. ÉSTA DETIENE EL FLUJO DE COMBUSTIBLE CERRÁNDOSE AUTOMÁTICAMENTE EN CASO EL SURTIDOR SEA ARRANCADO DE LA ISLA (POR UNA COLISIÓN POR EJEMPLO) O SI UN INCENDIO LLEGARA A SUCEDER. SUELEN SER DE UNA ALEACIÓN CON ALUMINIO PARA ASEGURARSE QUE NO SE CREARÁN CHISPAS EN EL CASO QUE AL HABER UNA COLISIÓN ROCE CON OTRO METAL.

GRÁFICA # 3



SHEAR VALVE. IMAGEN DE GILBARCO.

LAS TUBERÍAS UTILIZADAS EN LAS ESTACIONES DE SERVICIO PUEDEN SER DE LOS SIGUIENTES TIPOS:

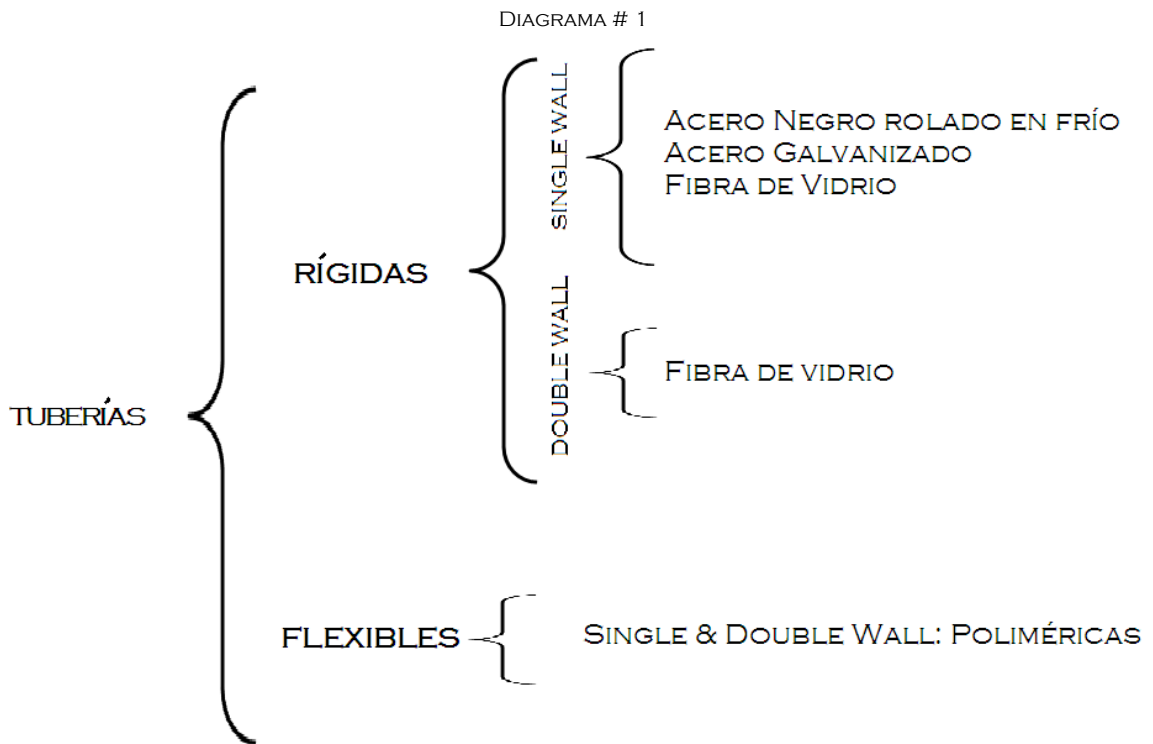


DIAGRAMA DE TIPOS DE TUBERÍAS.

LAS TUBERÍAS RÍGIDAS DE UNA SOLA PARED YA NO SON UTILIZADAS TANTO COMO ALGUNA VEZ LO FUERON. LAS TUBERÍAS DE ACERO NEGRO

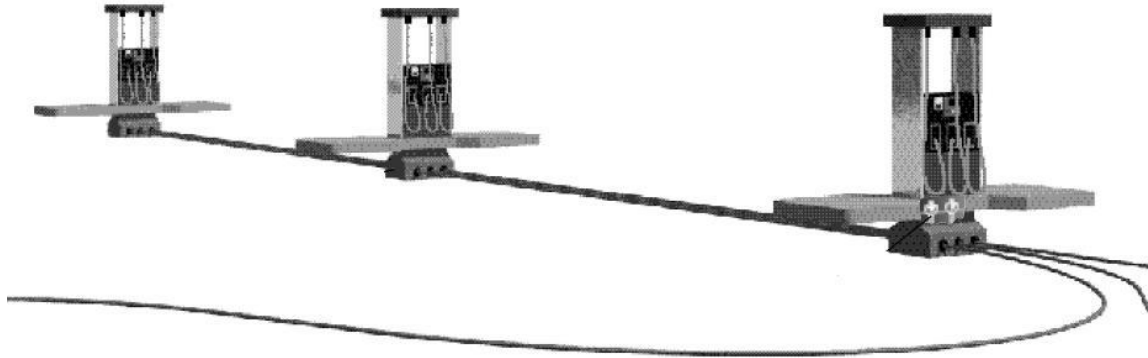
ROLADO EN FRÍO FUERON LAS MÁS COMUNES, PERO PRESENTABAN FALLAS QUE NORMALMENTE SE DEBÍAN A LA CORROSIÓN. ESTE PROBLEMA, LUEGO FUE REDUCIDO AL SER INTRODUCIDA LA TUBERÍA DE ACERO GALVANIZADO. POSTERIORMENTE FUE CASI OMITIDO AL UTILIZAR TUBERÍAS DE FIBRA DE VIDRIO, PERO ÉSTAS PRESENTARON UN NUEVO PROBLEMA: EN EL CASO DE MOVIMIENTOS TELÚRICOS RESULTABAN FRÁGILES O EN SITUACIONES MÁS PROBABLES COMO POR EJEMPLO QUE ALGÚN OBJETO DE GRAN PESO SE DEJARA CAER SOBRE LA PLANCHA DE CEMENTO, ÉSTAS SE DAÑABAN SI NO SE ENCONTRABAN A UNA PROFUNDIDAD APRECIABLE (ESTO NO SIEMPRE ERA EL CASO, COMO POR EJEMPLO EN SITUACIONES EN QUE EL CONTRATISTA ENCARGADO DE LA INSTALACIÓN NO REALIZARA LOS PROCEDIMIENTOS COMO DEBERÍA DE SER).

LAS TUBERÍAS RÍGIDAS DE DOBLE PARED PRESENTARON UN GRAN PROGRESO EN EL CONTROL DE FUGAS Y DERRAMES AL SUELO. PARA QUE EL COMBUSTIBLE LLEGARA AL SUELO SE NECESITARÍA QUE AMBAS TUBERÍAS SE DAÑARAN. NORMALMENTE EL ESPACIO INTERSTICIAL SE LLENA CON ARENA DE FIBRA DE VIDRIO, AIRE O ARENA. ÉSTOS SISTEMAS SON INSTALADOS DE TAL FORMA QUE TODAS LAS TUBERÍAS ESTÁN CON CIERTO DECLIVE QUE HACE QUE EN CASO DE UNA FUGA (SIN IMPORTAR EN QUE PUNTO DE LA INFRAESTRUCTURA) EL PRODUCTO CORRA POR GRAVEDAD EN EL ESPACIO INTERSTICIAL HASTA LLEGAR A UNOS DEPÓSITOS LLAMADOS SUMPS, DONDE SE CUENTA CON SENSORES QUE, AL DETECTAR QUE HAY ALGUN LÍQUIDO, LEVANTA UNA ALERTAS SONORA Y LUMÍNICA EN LA ESTACIÓN.

LAS TUBERÍAS FLEXIBLES SON LAS MÁS RECIENTES. ÉSTAS FACILITAN EL PROCESO DE INSTALACIÓN, PERMITE CONCECCIONES MÁS VERSÁTILES Y REDUCE ENORMEMENTE LOS PROBLEMAS QUE PRESENTABAN LOS OTROS TIPOS COMO FALLAS POR CORROSIÓN, POR MOVIMIENTOS TELÚRICOS O POR GOLPES AL SUELO DE LA PISTA. LA ÚNICA FALLA QUE SE HA ENCONTRADO EN ESTE TIPO HASTA EL MOMENTO ES CUANDO SE INSTALAN

DE UNA FORMA QUE PRODUZCA DOBLECES MAYORES A LOS QUE LA TUBERÍA PUEDE SOPORTAR.

GRÁFICA # 4



TUBERÍAS FLEXIBLE Y SURTIDORES. MAGEN ENVIRON.

INDEPENDIEMENTE DEL TIPO DE TUBERÍA QUE SE ESCOGA ÉSTA DEBE SOPORTAR MÁS DE 60 PSI.

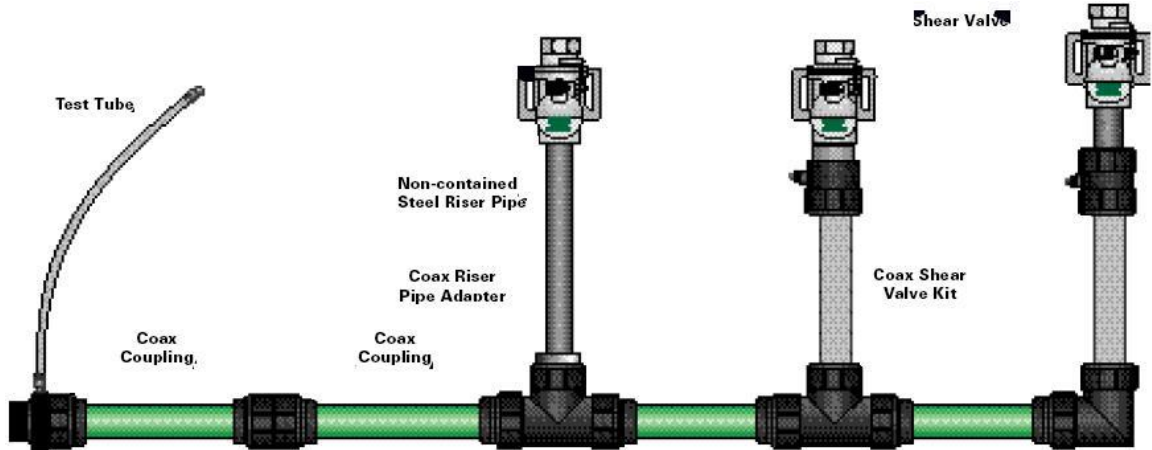
B. FLUJO DEL COMBUSTIBLE

LAS PRINCIPALES PÉRDIDAS DE CARGA QUE SUFRE EL FLUJO DE COMBUSTIBLE EN UN SISTEMA DE TANQUES/TUBERÍAS DE UNA ESTACIÓN SON DEBIDO A LA LONGITUD RECORRIDA DE TUBERÍA, LAS CONECCIONES EN T, LOS CODOS Y, EN GRAN PARTE, POR LAS VÁLVULAS. EL RECORRIDO DEL COMBUSIBLE ES EL SIGUIENTE:

ES EXTRAÍDO DEL TANQUE DEBIDO A LA SUCCIÓN DE UNA BOMBA EN LOS SURTIDORES O POR UNA BOMBA SUMERGIDA (EN EL SEGUNDO CASO LA GASOLINA PASA POR LA BOMBA DONDE SU VELOCIDAD ES AUMENTADA) PARA LUEGO PASAR POR LA TUBERÍA PRINCIPAL HASTA LLEGAR A ALGUNA BIFURCACIÓN (YA QUE EL MISMO TANQUE SUELE SUPLIR A VARIOS SURTIDORES). ESTAS BIFURCACIONES SON CONECCIONES EN T. CUANDO UNA MANGUERA SE ACCIONA PARA QUE DESPACHE SE ESTÁN ABRIENDO LAS VÁLVULAS QUE RESTRINGÍAN EL FLUJO DEL PRODUCTO.

EN AMBOS CASOS DE LOS INVESTIGADOS EL TIPO DE TUBERÍAS ERAN FLEXIBLES, LO QUE REDUCE EL NÚMERO DE CODOS Y CONCECCIONES UTILIZADOS EN RELACIÓN A UNA INSTALACIÓN DE TUBERÍA RÍGIDA.

GRÁFICA # 5



UNIONES DE TUBERÍAS Y VÁLVULAS. IMAGEN ENVIRON.

C. FORMAS DE DESPACHO

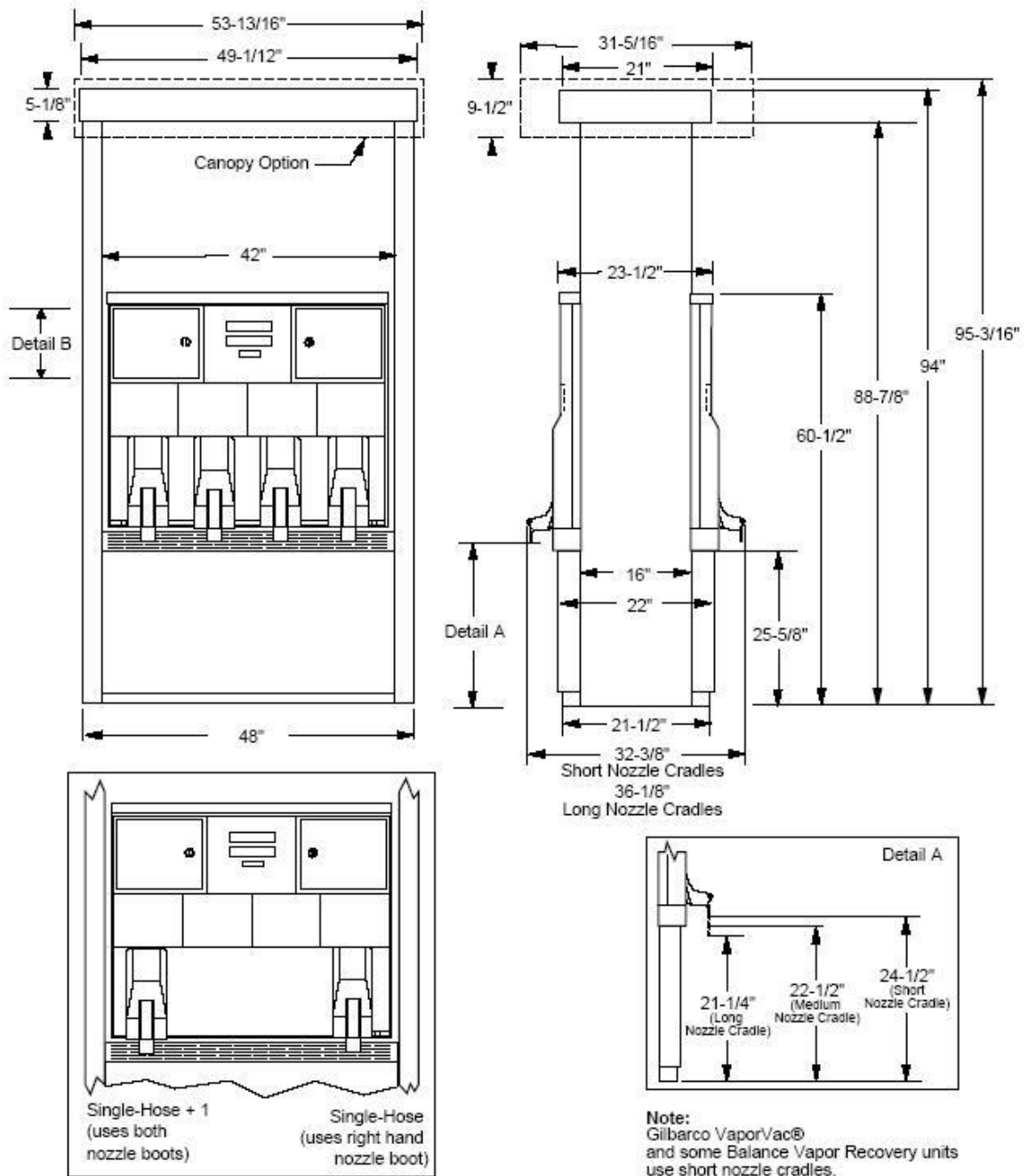
EN AMBOS CASOS EL SURTIDOR UTILIZADO FUE EL GILBARCO B05 (UNO CON BOMBA INCORPORADA, OTRO NO):

GRÁFICA # 6



SURTIDOR B05. IMAGEN GILBARCO.

GRÁFICA # 7



DETALLES DE POSIBLES CONFIGURACIONES DEL SURITODR B05. IMAGEN GILBARCO.

ESTE SURTIDOR TIENE SEIS MANGUERAS Y LA CAPACIDAD DE TRABAJAR HASTA CUATRO PRODUCTOS. OTRA CARACTERÍSTICA DE ESTE APARATO ES QUE SE PUEDE CONFIGURAR PARA QUE DESPACHE PRODUCTO BLENDER (PRODUCTO BLENDER ES AQUEL QUE NO TIENE UN TANQUE QUE LO ALMACENA SINO ES EL RESULTADO DE MEZCLAR DOS PRODUCTOS

DISTINTOS JUSTO ANTES DE SER DESPACHADO. COMO FUNCIONA ESTO ES QUE UNA VÁLVULA TIENE DOS MANGUERAS DE ENTRADA, PERO SOLAMENTE UNA DE SALIDA, Y TIENE UN PORCENTAJE PREESTABLECIDO DE CUÁNTO DE CADA PRODUCTO HA DE DESPACHAR).

ESTE SURTIDOR TAMBIÉN SE CONOCE COMO EL MPD-3. TIENE 48 PULGADAS DE ANCHO, LOS DISPENSADORES ESTAN COLOCADOS EN LO ALTO Y POSEE PANTALLAS LCD. OTRAS DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES SON:

- ⊕ OCHO DISTINTAS CONFIGURACIONES DE BLENDING.
- ⊕ VÁLVULA DEDICADA PARA EL BLENDING EN CADA CARA.
- ⊕ FILTROS INTERNOS.
- ⊕ TOTALIZADORES ELECTRÓNICOS.
- ⊕ PANTALLAS DE PRECIO POR UNIDAD (PPU) PARA UN NIVEL.
- ⊕ BOTAS DE MANGUERA CON ORIENTACION LINEAL PARA LA RECUPERACIÓN DE VAPOR.
- ⊕ TOTALIZADORES MECÁNICOS EXTERNOS Y VISIBLES.
- ⊕ BATERÍA DE REPUESTO (BACKUP).

DESDE EL PUNTO DE VISTA ELECTRÓNICO SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS SON:

- ⊕ 115 VAC
- ⊕ 60 CICLOS
- ⊕ SINGLE PHASE (FASE SENCILLA)

TANTO PARA EL CASO 1 COMO PARA EL 2 ESTOS SURTIDORES FUERON SOLICITADOS CON CARACTERÍSTICAS EXTRAS QUE SON LAS SIGUIENTES:

- ⊕ PANEL DE ENVOLVIMIENTO PARA EL MODULO DE LA COMPUTADORA Y PANTALLA
- ⊕ CAPACIDAD DE TRABAJAR CON DOS NIVELES DE PRECIOS
- ⊕ TOLDO DE ACERO INOXIDABLE

- ⊕ EL PESO DE ESTE APARATO ES DE 1070 LBS.

AMBIENTE DE TRABAJO:

- ⊕ HUMEDAD RELATIVA, 20 AL 95%
- ⊕ TEMPERATURA AMBIENTE MÍNIMA : -30° C
- ⊕ TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA : 55° C

UNA ESTACIÓN TIENE MÁS DE UN NIVEL DE PRECIO CUANDO VENDE EL MISMO PRODUCTO A DISTINTOS PRECIOS. UN EJEMPLO SENCILLO DE ESTO ES EL AUTOSERVICIO, UNA CANTIDAD DADA DE CIERTO PRODUCTO EN AUTOSERVICIO TIENE UN PRECIO MENOR A ESA MISMA CANTIDAD DEL MISMO PRODUCTO EN SERVICIO COMPLETO. EN ESTE CASO HAY DOS NIVELES DE PRECIOS, EL PRIMERO QUE ES EL SERVICIO COMPLETO Y EL SEGUNDO QUE ES AUTOSERVICIO. ÉSTE SURTIDOR TIENE LA CAPACIDAD DE TRABAJAR CON DOS NIVELES DE PRECIOS, LO CUAL AÚN NO ES INDISPENSABLE YA QUE EN AMÉRICA LATINA AÚN NO ES TAN COMÚN EL AUTOSERVICIO (DE HECHO GUATEMALA SE TOMO COMO MERCADO PILOTO PARA ESTUDIAR LA ACEPTACIÓN DE ESTE SERVICIO, Y DE AQUÍ QUE HAY MAS ESTACIONES QUE TRABAJAN ASÍ QUE EN EL RESTO DE PAISES DE LA LATINOAMÉRICA).

PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS SE UTILIZA UN ATG (AUTOMATIC GAUGE READING O LECTURA AUTOMÁTICA DE MEDIDA) QUE ES UN APARATO CON DOS BOYAS. ÉSTAS TIENEN LA LIBERTAD DE MOVERSE POR UNA VARA COLOCADA VERTICALMENTE DENTRO DEL TANQUE, UNA TIENE LA DENSIDAD NECESARIA PARA FLOTAR SOBRE EL AGUA Y LA OTRA SOBRE LA GASOLINA. SENSORES EN LA VARA INDICAN EN QUÉ POSICIÓN ESTÁN ESTAS BOYAS Y EN FUNCIÓN DE ESTO INDICAN CUÁNTO COMBUSTIBLE Y CUÁNTA AGUA HAY EN EL TANQUE. EL CONTROL DEL AGUA ES DE ESPECIAL IMPORTANCIA YA QUE SE DEBE TENER LA CERTEZA QUE NO SE PERMITIRÁ QUE LA BOMBA TOME AGUA Y LUEGO ÉSTA SEA DESPACHADA. AL ALCANZAR DOS PULGADAS ÉSTA DEBE SER REMOVIDA UTILIZANDO UNA BOMBA AUXILIAR.

IV. BOMBAS UTILIZADAS EN LAS ESTACIONES

A. ¿CÓMO FUNCIONA UNA BOMBA?

LAS BOMBAS SON TURBOMAQUINARIAS QUE AGREGAN ENERGÍA A UN FLUIDO Y REALIZAN TRABAJO SOBRE ÉSTE COMO RESULTADO DE INTERACCIONES DINÁMICAS. ÉSTE TRASPASO DE ENERGÍA AL FLUIDO SE DA POR MEDIO DE LAS ASPAS QUE ESTÁN EN MOVIMIENTO GRACIAS A QUE EL EJE GIRA DEBIDO A UN MOTOR. LAS DOS PRINCIPALES CATEGORÍAS DE LAS MÁQUINAS DE FLUIDOS SON:

- ⊕ MÁQUINAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO
- ⊕ TURBOMÁQUINAS

ALGUNOS EJEMPLOS DE LA PRIMER CATEGORÍA SON EL CORAZÓN Y EL INFLADOR MANUAL, DONDE SE PUEDE OBSERVAR QUE SON ARTEFACTOS QUE OBLIGAN AL FLUIDO A MOVERSE DEBIDO A UN CAMBIO DE VOLUMEN. LAS TURBOMAQUINARIAS POSEEN ALABES (FIJOS O MÓVILES) ALREDEDOR DE UN EJE DISPUESTOS EN FORMA DE ROTOR.

LAS BOMBAS PUEDEN SER:

1. RADIALES: EL FLUIDO A TRAVÉS DE LAS ASPAS INCLUYE UNA COMPONENTE SUSTANCIAL DE FLUJO RADIAL EN LA ENTRADA O SALIDA DE LA BOMBA.
2. AXIALES: EL FLUIDO MANTIENE UNA COMPONENTE IMPORTANTE EN LA DIRECCIÓN DEL FLUJO AXIAL DESDE LA ENTRADA HASTA LA SALIDA.
3. MIXTAS: ES UNA COMBINACIÓN DE LAS OTRAS DOS.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DE LAS BOMBAS SON:

- ⊕ LA EFICIENCIA HIDRÁULICA: EL COCIENTE ENTRE LA CABEZA NETA DISPONIBLE Y LA CABEZA QUE EL ROTOR TRANSMITE AL FLUIDO.

- ⊕ EFICIENCIA VOLUMÉTRICA: ES EL COCIENTE QUE SE OBTIENE AL DIVIDIR EL CAUDAL DE LÍQUIDO QUE COMPRIME LA BOMBA Y EL QUE TEÓRICAMENTE DEBERÍA COMPRIMIR, CONFORME A SU GEOMETRÍA Y A SUS DIMENSIONES. EXPRESA LAS FUGAS DE LÍQUIDO QUE HAY EN LA BOMBA DURANTE EL PROCESO DE COMPRESIÓN, FUGAS QUE SE DEBEN A LAS HOLGURAS EXISTENTES EN EL INTERIOR DE LOS COMPONENTES DE LA BOMBA.

$$\eta_v = \frac{Q}{Q + Q_L}$$

DONDE Q ES EL CAUDAL ACTUAL Y Q_L REPRESENTA LAS FUGAS.

- ⊕ EFICIENCIA MECÁNICA: MIDE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA MECÁNICA QUE SE PRODUCEN EN LA BOMBA DEBIDAS AL ROZAMIENTO Y A LA FRICCIÓN DE LOS MECANISMOS INTERNOS.

UNA DE LAS PRINCIPALES PREOCUPACIONES ES EVITAR LA FRICCIÓN Y EL ROZAMIENTO EN EL INTERIOR DE LA BOMBA, DE TAL MANERA QUE LA ENERGÍA QUE SE COMUNICA AL EJE DE LA BOMBA SE INVIERTA, EN EL MAYOR GRADO POSIBLE EN AUMENTAR LA PRESIÓN DEL LIQUIDO Y NO EN VENCER ROZAMIENTOS Y FRICCIONES EXCESIVAS ENTRE LAS PARTES MECÁNICAS DE LA BOMBA. ES DECIR QUE LA LUBRICACIÓN ES DE GRAN IMPORTANCIA, Y EN EL CASO DE LAS BOMBAS UTILIZADAS PARA EL FLUJO DE COMBUSTIBLE, ÉSTA ES DADA POR EL HIDROCARBURO MISMO.

- ⊕ EFICIENCIA TOTAL O GLOBAL: ÉSTA ES EL COCIENTE DE LA POTENCIA TRANSMITIDA AL FLUIDO ENTRE LA DISPONIBLE EN EL ASPA,

POTENCIA TRANSMITIDA AL FLUIDO

POTENCIA DISPONIBLE EN EL ASPA

B. BOMBAS UTILIZADAS

EN LAS ESTACIONES DE SERVICIO SE PUEDEN COLOCAR DOS TIPOS DE BOMBAS: DE PRESIÓN Y DE SUCCIÓN (LAS BOMBAS DE PRESIÓN TAMBIÉN SON CONOCIDAS COMO BOMBAS SUMERGIBLES YA QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS TANQUES CON COMBUSTIBLE). EN EL PRIMER CASO SE COLOCA LA BOMBA DENTRO DEL TANQUE Y ÉSTE SE ENCARGA DEL FLUJO DEL COMBUSTIBLE ENVIÁNDOLO AL SURTIDOR EN FUNCIÓN DE CUÁNTO SE LE SOLICITA. EN EL SEGUNDO, LA BOMBA SE ENCUENTRA EN EL SURTIDOR Y ÉSTE ES EL ENCARGADO QUE LA GASOLINA FLUYA SUCCIONÁNDOLA SEGÚN SE NECESITE. AMBOS CASOS SON BOMBAS AXIALES. DE AQUÍ QUE LA PRINCIPAL DIFERENCIA ENTRE ÉSTAS ES LA POSICIÓN EN LA QUE SE LE COLOQUE.

INDEPENDIEMENTE DEL TIPO DE BOMBA, EL SURTIDOR INFORMA QUE SE TIENE UNA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE A DESPECHAR PREESTABLECIDA O SI ESTÁ EN FLUJO LIBRE. EL INYECTOR O PISTOLA TIENE UN SENSOR DE VAPOR EN LA PUNTA QUE LE INDICA CUANDO EL TANQUE ESTÁ A PUNTO DE LLENARSE, EN ESE MOMENTO REDUCE LA VELOCIDAD DEL FLUJO.

LA BOMBA SE SELECCIONA EN FUNCIÓN DE:

- ⊕ LAS PÉRDIDAS ESTIMADAS DE CARGA QUE TENDRÁ EL FLUIDO AL RECORRER LAS TUBERÍAS: LONGITUD A VIAJAR, SI ES FLEXIBLE O RÍGIDA (SI ES EL SEGUNDO CASO SE TOMA EN CUENTA CODOS, UNIONES, ETC).
- ⊕ CANTIDAD ESTIMADA DE COMBUSTIBLE QUE HABRÁ DE FLUIR EN CIERTO PERÍODO DE TIEMPO.
- ⊕ CADA CUÁNTO SE LE QUIERE DAR MANTENIMIENTO (COSTO/BENEFICIO DEL PRECIO DE COMPRA Y ACCESO A REPUESTOS Y MANO DE OBRA).

NORMALMENTE LAS BOMBAS UTILIZADAS VARÍAN ENTRE 0.5 Y 2 HP DE PORTENCIA, PERO TAMBIÉN LAS HAY DE UN TERCIO O 2.5 HP.

PARA TENER UNA MEJOR IDEA DEL EFECTO QUE TIENE EL CABALLAJE DE LA BOMBA EN EL DESPACHO DE COMBUSTIBLE SE DA EL SIGUIENTE EJEMPLO DE UNA BOMBA DE PRESIÓN:

EN UN CASO DE 8 MANGUERAS CONECTADAS A UN TANQUE SE PUEDE OBSERVAR UN AUMENTO DEL 22% DEL FLUJO DE GASOLINA AL CAMBIAR UNA BOMBA DE 1.5 HP POR UNA DE 2 HP. ÉSTO EN UN PERÍODO DE 3 HORAS DURANTE VENTAS PICO SE TRADUCE EN MÁS DE 1400 LITROS ADICIONALES DE PRODUCTO DESPACHADO.

FOTO # 1



LIBERACIÓN DE PRESIÓN DE LA CHECK VALVE. IMAGEN RED JACKET.

ÉSTAS BOMBAS CUENTAN CON SENSORES DE VACÍO QUE PERMITEN SU MONITOREO Y TRABAJO CONJUNTO CON OTROS EQUIPOS COMO POR EJEMPLO EL ATG.

FOTO # 2



10. SISTEMA DE SIFON DEL SENSOR DE VACÍO. IMAGEN RED JACKET.

TODAS LAS CONECCIONES ELÉCTRICAS ESTÁN APROPIADAMENTE SEPARADAS DEL FLUJO DE COMBUSTIBLE, PERO DE FÁCIL ACCESO PARA CUANDO SE REALIZA EL MANTENIMIENTO DE LA TURBOMAQUINARIA.

Foto # 3



CAPACITOR Y OTRAS CONECCIONES ELÉCTRICAS. IMAGEN RED JACKET.

EN EL CASO DE LAS BOMBAS QUE IMPULSAN EL FLUJO DE COMBUSTIBLES LA LUBRICACIÓN TIENE UNA PRIORIDAD MUY BAJA YA QUE EL MISMO FLUIDO SE ENCARGA DE ESO.

CUANDO UNA ESTACIÓN TRABAJA CON UNA BOMBA DE PRESIÓN NORMALMENTE TIENE UN SISTEMA PARECIDO AL SIGUIENTE:

UN TANQUE DE UN PRODUCTO DESPACHA A DOS O TRES SURTIDORES. CADA UNO DE ESTOS SURTIDORES TIENE DOS MANGUERAS DE ESTE MISMO PRODUCTO. INDEPENDIEMENTE SI UNA, DOS O VARIAS MANGUERAS DE ESTE COMBUSTIBLE ESTÁN DESPACHANDO AL MISMO TIEMPO, LA BOMBA ESTÁ FUNCIONANDO AL MISMO RITMO (A MENOS QUE SE TENGA UNA BOMBA DE VELOCIDAD VARIABLE, SITUACIÓN PROPIA SOLAMENTE DE LAS ESTACIONES DE ALTA TECNOLOGÍA). DE AQUÍ QUE DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONSUMO ELÉCTRICO ESTO NO ES APETECIBLE PARA EL OPERARIO DE LA ESTACIÓN. ADEMÁS LAS BOMBAS DE PRESIÓN NECESITAN DE SISTEMAS DE CONTROL DE VOLTAJE PARA ASEGURARSE QUE NO SUFRIRAN DAÑOS POR PICOS VOLTÁICOS EN EL FLUJO ELÉCTRICO. UNA BOMBA DE PRESIÓN UTILIZADA EN UNA ESTACIÓN COMÚN PUEDE LLEGAR A COSTAR HASTA US\$ 15000 CON EL SISTEMA DE CONTROL DE VOLTAJE.

PARA PODER TENER UNA MEJOR IDEA DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS TIPOS DE BOMBAS SE TOMARÁ EL MISMO CASO, PERO UTILIZANDO BOMBAS DE SUCCIÓN. SUPONGAMOS QUE LOS SURTIDORES SON COMO LOS UTILIZADOS EN LOS DOS CASOS ANALIZADOS EN ESTE ESTUDIO (GILBARCO B05) Y TIENEN 6 MANGUERAS (DESPACHANDO TRES PRODUCTOS DISTINTOS). CADA SURTIDOR NECESITARÁ 3 BOMBAS DE SUCCIÓN (UNA POR CADA PRODUCTO). SI LA ESTACIÓN TIENE 8 SURTIDORES NECESITARÁ ENTONCES 24 BOMBAS DE SUCCIÓN. ESTAS BOMBAS SUELEN SER DE 1/3 O 1/2 HP Y TIENEN UN COSTO ESTRE \$2000 Y \$3000, LO QUE HACE UN COSTO TOTAL EN BOMBAS ENTRE \$48000 Y \$72000 (VERSUS \$45000 QUE COSTARÍA TENER 3 BOMBAS DE PRESIÓN PARA ESTOS TRES PRODUCTOS). POR OTRO LADO, ESTAS BOMBAS NO REQUIEREN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VOLTAJE. EL PRINCIPAL ATRACTIVO DE ESTAS BOMBAS ES QUE SI HAY ALGUNA FALLA O SE LE HACE MANTENIMIENTO SOLAMENTE SE DETENDRÁN VENTAS DEL PRODUCTO QUE ESA BOMBA MOVÍA PARA ESE ÚNICO SURTIDOR. POR ESTA RAZÓN LAS PRINCIPALES ESTACIONES QUE UTILIZAN ESTE TIPO DE BOMBAS SON AQUELLAS QUE SE

ENCUENTRAN EN LUGARES REMOTOS Y DE DIFÍCIL ACCESO PARA EL MANTENIMIENTOS DE LA BOMBAS.

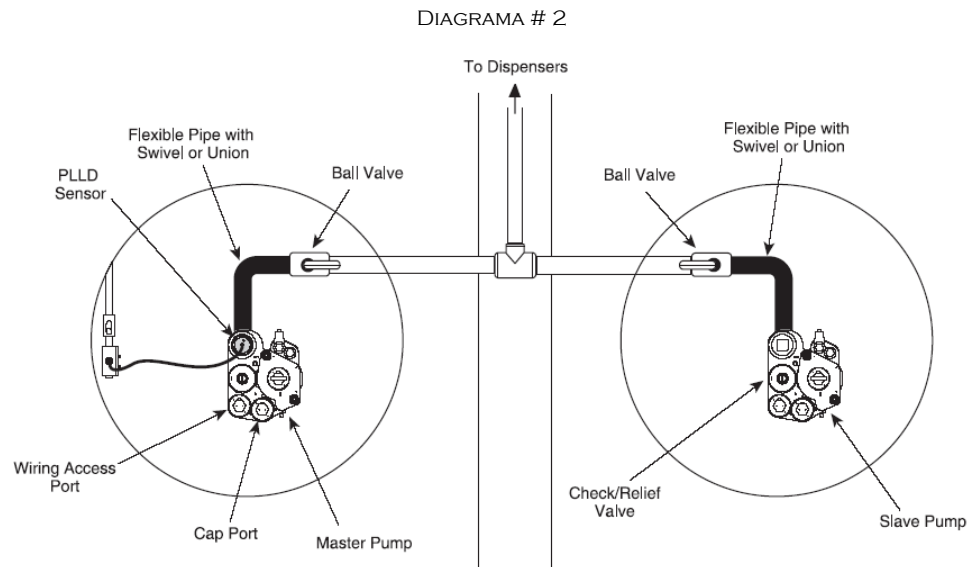
C. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BOMBAS DE PRESIÓN

ENTRE LAS VENTAJAS PRINCIPALES ESTÁN:

- ✦ FACILITA EL DESPACHO DE COMBUSTIBLE PROVENIENTE DE TANQUES MANIFOLEADOS O INTERCONECTADOS (SE COLOCA UNA BOMBA POR TANQUE, ESTO TAMBIÉN AYUDA A QUE SE PUEDA DAR MANTENIMIENTO A LAS BOMBAS SIN TENER QUE DETENER LAS SALIDAS DE AMBOS TANQUES).
- ✦ REDUCE LOS DAÑOS AL MOMENTO DE TENER UNA COLISIÓN DE UN VEHÍCULO CON UNO O VARIOS SURTIDORES.
- ✦ MANTENIMIENTO ES NECESARIO CON MENOR FRECUENCIA.

ENTRE LAS DESVENTAJAS PRINCIPALES SE ENCUENTRAN:

- ✦ ACCESO MÁS DIFÍCIL.
- ✦ MAYOR CONSUMO ELÉCTRICO (A MENOS QUE SE TENGA DE VELOCIDAD VARIABLE).
- ✦ PRECISA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VOLTAJE.



TANQUES SIFONEADOS CON UNA BOMBA DE PRESIÓN CADA UNO. IMAGEN RED JACKET.

D. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BOMBAS DE SUCCIÓN

ENTRE LAS VENTAJAS PRINCIPALES SE ENCUENTRAN:

- ⊕ INSTALACIÓN MÁS SENCILLA Y BARATA.
- ⊕ ACCESO MÁS FÁCIL A LA BOMBA.
- ⊕ AL HACER MANTENIMIENTO DE UNA BOMBA SOLAMENTE SE DETIENE EL DESPACHO DE UN PRODUCTO DE UN SURTIDOR.

ENTRE LAS DESVENTAJAS PRINCIPALES ESTÁN:

- ⊕ AL TENER MUCHOS SURTIDORES RESULTA MÁS COSTOSO QUE TENER UNA SOLA BOMBA DE PRESIÓN.
- ⊕ AUMENTA LOS DAÑOS OCASIONADOS EN CASO DE COLISIÓN DE ALGÚN AUTOMOTOR.

V. CASOS CON FUGA EN TUBERÍA

DEBIDO A OBVIOS TEMAS DE CONFIDENCIALIDAD LOS NOMBRES DE LAS ESTACIONES AQUÍ ANALIZADAS NO PUEDEN SER PUBLICADOS. POR ESTO SE LES LLAMARÁ CASO 1 Y CASO 2. LAS FECHAS EN LAS QUE ACONTECIERON LAS FUGAS SON OBLVIADAS POR LA MISMA RAZÓN.

A. CASO 1

EL PRIMER CASO ES EL DE LA ESTACIÓN CON BOMBA DE PRESIÓN (SUMERGIDA). SE PUEDE ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LA FUGA DURANTE 6 DÍAS, TIEMPO QUE TRANSCURRIÓ DESDE EL MOMENTO DE LA FALLA HASTA QUE LAS VENTAS FUERON DETENIDAS.

A CONTINUACIÓN SE PUEDE OBSERVAR EL CUADRO UTILIZADO PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS DE COMBUSTIBLE.

CUADRO # 1

DIP BOOK Report for CASO 1 from DAY -7 to DAY 7
Delivery type(s): Reported Throughput : TPTP

TnkG 4 (UL93)

Capacity of Tank 4 : 21,000 L

Date	Opening Stock (Dip)	Reported Delivery (RD)	Pump Tests Returns / Adjustments	Throughput ToPrevious Volume (TPTP)	Closing Stock (Dip)	Daily Gain / (Loss) Volume (RD) , (TPTP)	Daily Gain / (Loss) % (RD) , (TPTP)
-7	6,238			1,340	4,921	23	1.72%
-6	4,921	5,000		939	8,966	-16	-1.70%
-5	8,966			1,439	7,538	11	0.76%
-4	7,538	4,200		1,901	9,823	-14	-0.74%
-3	9,823			1,141	8,686	4	0.35%
-2	8,686			1,050	7,616	-20	-1.90%
-1	7,616			999	6,629	12	1.20%
0	6,629			461	6,150	-18	-3.90%
1	6,150	6,000		988	11,123	-39	-3.95%
2	11,123			1,652	9,395	-76	-4.60%
3	9,395			1,064	8,282	-49	-4.61%
4	8,282			676	7,574	-32	-4.73%
5	7,574			1,149	6,370	-55	-4.79%
6	6,370			941	5,380	-49	-5.21%
7	5,380			0	5,380	0	0.00%
TOTAL	6,238	15,200		15,740	5,380	-318	-0.91%

DIP BOOK DEL CASO 1.

EN LA PRIMER COLUMNA (DATE) SE OBSERVA A QUÉ DÍA CORRESPONDE LA INFORMACIÓN DE ESA FILA. EN LA SEGUNDA (OPENING STOCK) ES LA MEDIDA QUE EL VEEDER ROOT (ATG) DETECTÓ EN EL TANQUE AL INICIO DEL DÍA. LA TERCERA (REPORTED DELIVERIES) ES LA CANTIDAD DE PRODUCTO QUE SE ENTREGÓ AL TANQUE. ESTA INFORMACIÓN PROVIENE DEL SISTEMA CONTABLE DE LA COMPAÑIA. LAS SIGUIENTES SON LAS PRUEBAS DE SURTIDORES (PUMP TESTS) QUE SON REALIZADAS CON CIERTA FRECUENCIA PARA ASEGURARSE QUE LA CANTIDAD DE PRODUCTO QUE SE VENDE SEA LA CORRECTA (NO VENDER NI MÁS NI MENOS DE LO QUE DESPLIEGA EL SURTIDOR). ESTAS PRUEBAS SON HECHAS CON PRECISIÓN DE CÉNTIMOS DE LITRO.

LA PRÓXIMA COLUMNA ES EL THROUGHPUT TO PREVIOUS, QUE SON LAS VENTAS REALIZADAS DURANTE EL DÍA. ÉSTAS SON CONTABILIZADAS POR DIFERENCIAS DE TOTALIZADORES, LA VENTA ES LA DIFERENCIA DE LAS MEDIDAS ENTRE EL TOTALIZADOR AL FIN DEL DÍA Y EL DEL INICIO. A LA DERECHA SE OBSERVA LA COLUMNA CLOSING STOCK QUE ES LA MEDIDA REGISTRADA POR EL VEEDER ROOT A LA HORA DEL CIERRE. A CONTINUACIÓN SE APRECIA LA PRINCIPAL HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS, LA VARIACIÓN DIARIA (DAILY GAIN/LOSS). EL CÁLCULO REALIZADO PARA CONSEGUIR ÉSTA ES EL SIGUIENTE:

$$\text{CLOSING STOCK} - (\text{OPENING STOCK} + \text{DELIVERIES} - \text{THROUGHPUT})$$

LO QUE SE ENCUENTRA CON ESTE CÁLCULO ES LA DIFERENCIA ENTRE EL INVENTARIO DE CIERRE (CLOSING STOCK) TEÓRICO Y EL FÍSICO. LA SIGUIENTE COLUMNA DESPLIEGA LA VARIACIÓN DIARIA PORCENTUAL (ESTE PORCENTAJE ES RELATIVO A LA VENTA DEL DÍA). ESTA ÚLTIMA COLUMNA SERÁ LA PRINCIPAL HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE QUÉ PAPEL JUGÓ EL TIPO DE BOMBA UTILIZADA EN LA CANTIDAD DE PRODUCTO FUGADO DE LA TUBERÍA.

CARACTERÍSTICAS DEL CASO:

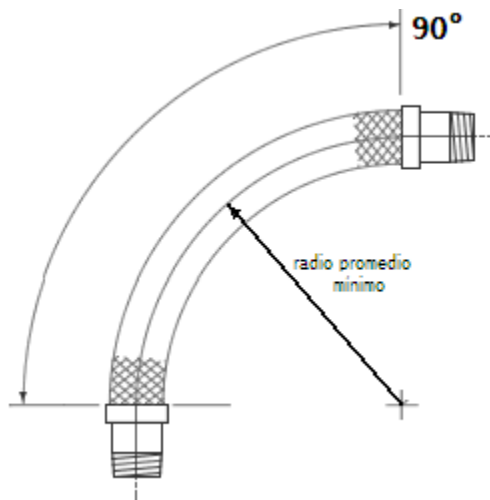
CUADRO # 2

Tubería	Doble Pared Flexible (Polimérica)
Bomba	Presión sumergida
Fuga estimada	318 lts
Producto recuperado	302 lts
Tiempo con ventas con la falla en la tubería	6 días
Producto transportado por esta tubería por día	990 lts

CARACTERÍSTICAS DEL CASO 1.

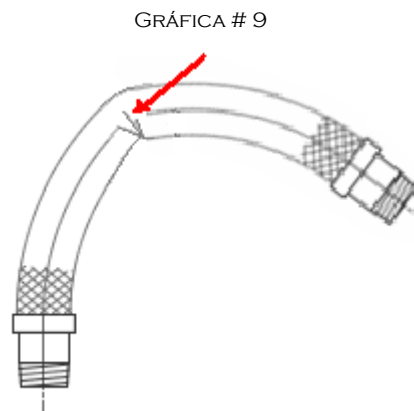
1. SOBRE LA FALLA EN LA TUBERÍA. A PESAR DE CONTAR CON TUBERÍAS FLEXIBLES, EN ESTE CASO HUBO UNA FALLA DEBIDO A LA FORMA EN LA QUE SE INSTALÓ EL SISTEMA DE TUBERÍAS. COMO SE EXPLICÓ ANTERIORMENTE, LA CARACTERÍSTICA PRINCIPAL DE ESTE TIPO DE TUBERÍAS ES QUE SU FLEXIBILIDAD PERMITE UNA INSTALACIÓN MUCHO MÁS VERSÁTIL Y REDUCE LOS RIESGOS QUE SE CORREN CON LOS OTROS TIPOS DE TUBERÍAS COMO RUPTURA A LA HORA DE UN SISMO O DAÑOS POR CORROSIÓN. HASTA EL MOMENTO LA ÚNICA RAZÓN QUE SE HA ENCONTRADO PARA QUE FALLE ESTE TIPO DE TUBERÍA ES QUE AL MOMENTO DE INSTALARLA NO SE RESPETE LAS INDICACIONES DADAS POR EL FABRICANTE. UNA DE LAS CONTRAINDICACIONES MÁS CRÍTICAS ES QUE SE DEBE RESPETAR EL RADIO PROMEDIO MÍNIMO DE DOBLEZ:

GRÁFICA # 8



RADIO PROMEDIO MÍNIMO DE DOBLEZ DE UNA TUBERÍA FLEXIBLE.

ESTE RADIO HA SIDO CALCULADO EN FUNCIÓN DE LOS MATERIALES QUE COMPONEN LA TUBERÍA Y LA FORMA EN QUE LAS CAPAS ESTAN DISPUESTAS PERMITIENDO UN FLUJO LAMINAR DE COMBUSTIBLE Y ASEGURANDOSE QUE EL MATERIAL NO ESTÁ SIENDO PUESTO BAJO TENSIONES O FLEXIONES QUE SOBREPASAN LAS CRÍTICAS. EL ERROR COMETIDO A LA HORA DE LA INSTALACIÓN FUE QUE SE DEJÓ UN CRUCE MAYOR A 90 GRADOS SIN RESPETAR EL RADIO MÍNIMO, DEJANDO UN DOBLEZ DE LA SIGUIENTE FORMA:



EFECTO DE UTILIZAR UN RADIO MENOR AL MÍNIMO PERMISIBLE Y PUNTO DE LA FALLA.

ESTO, NO SÓLO PRESENTABA UNA MAYOR RESISTENCIA PARA EL FLUIDO, SINO UN DESGASTE EN EL ÁREA DEL DOBLEZ. ESTE CREABA DOS EXTREMOS PUNTIAGUDOS (FLECHA ROJA), Y EN UNO DE ESTOS FUE EL LUGAR DONDE HUBO UN DESGASTE CON EL PASO DEL COMBUSTIBLE A LARGO PLAZO QUE TERMINÓ CONVIRTIÉNDOSE EN UN AGUJERO POR DONDE LA GASOLINA HABRÍA DE FUGARSE. OTRO PUNTO IMPORTANTE PARA QUE LA FALLA LLEGARA A EXISTIR FUE QUE EN, AL MENOS, UNA OCASIÓN SE LE DIO MANTENIMIENTO A ESTA TUBERÍA ESTIRÁNDOLA PARA LUEGO REGRESARLA A LA MISMA POSICIÓN COMO LA HABÍAN ENCONTRADO. LAS FOTOS Y GRÁFICOS DE LOS REPORTES DE INVESTIGACIÓN DEL CASO ESTÁN CLASIFICADOS COMO MATERIAL CONFIDENCIAL POR LO QUE NO SE PUEDEN PRESENTAR EN LA PRESENTE PUBLICACIÓN.

2. SOBRE LA BOMBA UTILIZADA LA BOMBA QUE SE USÓ EN ESTE CASO FUE UNA SUMERGIBLE O DE PRESIÓN DE LA CASA RED JACKET/

VEEDER ROOT/ LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA *SUBMERSIBLE TURBINE PUMP* SON LAS SIGUIENTES:

- ⊕ 1.5 HP DE POTENCIA
- ⊕ 60 HZ, 1-FASE
- ⊕ COMPATIBLE CON:
 - DIESEL
 - 100% GASOLINA
 - 80% GASOLINA CON TAME
 - 0-100% ETANOL
 - 0-100% METANOL

Foto # 4



BOMBA DE PRESIÓN RED JACKET STP. IMAGEN RED JACKET.

DEBIDO A QUE LA TUBERÍA ERA DE DOBLE PARED EL COMBUSTIBLE QUE SE FUGÓ CORRIÓ POR EL ESPACIO INTERSTICIAL HASTA LLEGAR AL SUMP, QUE ES UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO DISEÑADO CON LA IDEA DE CONTENER EL PRODUCTO FUGADO (HASTA 500 LTRS). ESTE TANQUE SE ENCUENTRA A UNA ALTURA INFERIOR QUE CUALQUIER PUNTO DE LA TUBERÍA PARA FORZAR A QUE, SI ALGUNA TUBERÍA TIENE ALGUNA FALLA,

EL COMBUSTIBLE SE MUEVA POR GRAVEDAD A EL. COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LA TABLA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE ESTE CASO LA PÉRDIDA ESTIMADA ES MENOR QUE LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE RECUPERADO, Y ESTO SE DEBE A QUE ESTE PRIMER NÚMERO ES LA SUMA DE LA FUGA REAL MÁS LA VARIACIÓN OPERATIVA POR ESTOS SEIS DÍAS.

B. CASO 2

EL SEGUNDO CASO ES EL DE LA ESTACIÓN CON BOMBA DE SUCCIÓN. SE PUEDE ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LA FUGA DURANTE CINCO DÍAS, TIEMPO QUE TRANSCURRIÓ DESDE EL MOMENTO DE LA FALLA HASTA QUE LAS VENTAS FUERON DETENIDAS.

A CONTINUACIÓN SE PUEDE OBSERVAR EL CUADRO UTILIZADO PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS DE COMBUSTIBLE.

CUADRO # 3
DIP BOOK Report for CASO 2 from DAY -7 to DAY 7
Delivery type(s): Reported Throughput : TPTP

TnkG 3 (UL 93) Capacity of Tank 3 : 21,000 L

Date	Opening Stock (Dip)	Reported Delivery (RD)	Pump Tests Returns / Adjustments	Throughput ToPrevious Volume (TPTP)	Closing Stock (Dip)	Daily Gain / (Loss) Volume (RD) , (TPTP)	Daily Gain / (Loss) % (RD) , (TPTP)
-7	1,476	7,000		2,957	5,466	-53	-1.79%
-6	5,466	9,200		2,391	12,312	37	1.55%
-5	12,312			2,429	9,823	-60	-2.47%
-4	9,823	6,800		2,458	14,228	63	5.26%
-3	14,228			3,045	11,156	-27	-0.89%
-2	11,156			3,674	7,499	17	0.46%
-1	7,499			2,795	4,709	5	0.18%
0	4,709	10,000		2,543	12,102	-64	-2.52%
1	12,102			2,361	9,681	-60	-2.54%
2	9,681			2,322	7,300	-59	-2.54%
3	7,300			2,275	5,032	-58	-2.55%
4	5,032	16,200		2,903	18,254	-75	-2.58%
5	18,254			3,514	14,649	-91	-2.59%
6	14,649			0	14,649	0	0.00%
7	14,649			0	14,649	0	0.00%
TOTAL	1,476	49,200		35,667	11,848	-425	-1.19%

CARACTERÍSTICAS DEL CASO:

CUADRO # 4

Tubería	Doble Pared Flexible (Polimérica)
Bomba	Succión
Fuga estimada	407 lts
Producto recuperado	398 lts
Tiempo con ventas con la falla en la tubería	5 días
Producto transportado por esta tubería por día	2653 lts

CARACTERÍSTICAS DEL CASO 2.

1. SOBRE LA FALLA EN LA TUBERÍA. LA RAZÓN PRINCIPAL POR LA QUE ESTOS DOS CASOS FUERON ESCOGIDOS COMO LAS ESTACIONES A ANALIZAR FUE EL HECHO QUE UTILIZABAN EL MISMO TIPO DE TUBERÍA Y LA FALLA ERA PRÁCTICAMENTE IGUAL. ESTE CASO, AL IGUAL QUE EL PRIMERO, SUFRIÓ DE FUGA DE COMBUSTIBLE POR UNA MALA INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS.

LA FALLA SE DIO EN EL MISMO LUGAR QUE EN LA DEL PRIMER CASO, ES DECIR EN UNA DE LAS DOS EXTREMIDADES PUNTIAGUDAS QUE SE HICIERON AL DOBLAR LA TUBERÍA CON UN RADIO MENOR AL MÍNIMO PERMISIBLE.

2. SOBRE LA BOMBA UTILIZADA. LA BOMBA UTILIZADA EN ESTE CASO FUE LA PROPIA DEL SURTIDOR GILBARCO B05 Y ÉSTAS SON ALGUNAS DE SUS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

- ⊕ 1/3 HP
- ⊕ VELOCIDAD FIJA
- ⊕ COMPATIBLE CON:
 - DIESEL
 - 100% GASOLINA
 - 80% GASOLINA CON TAME
 - 0-100% ETANOL
 - 0-100% METANOL

FOTO # 5

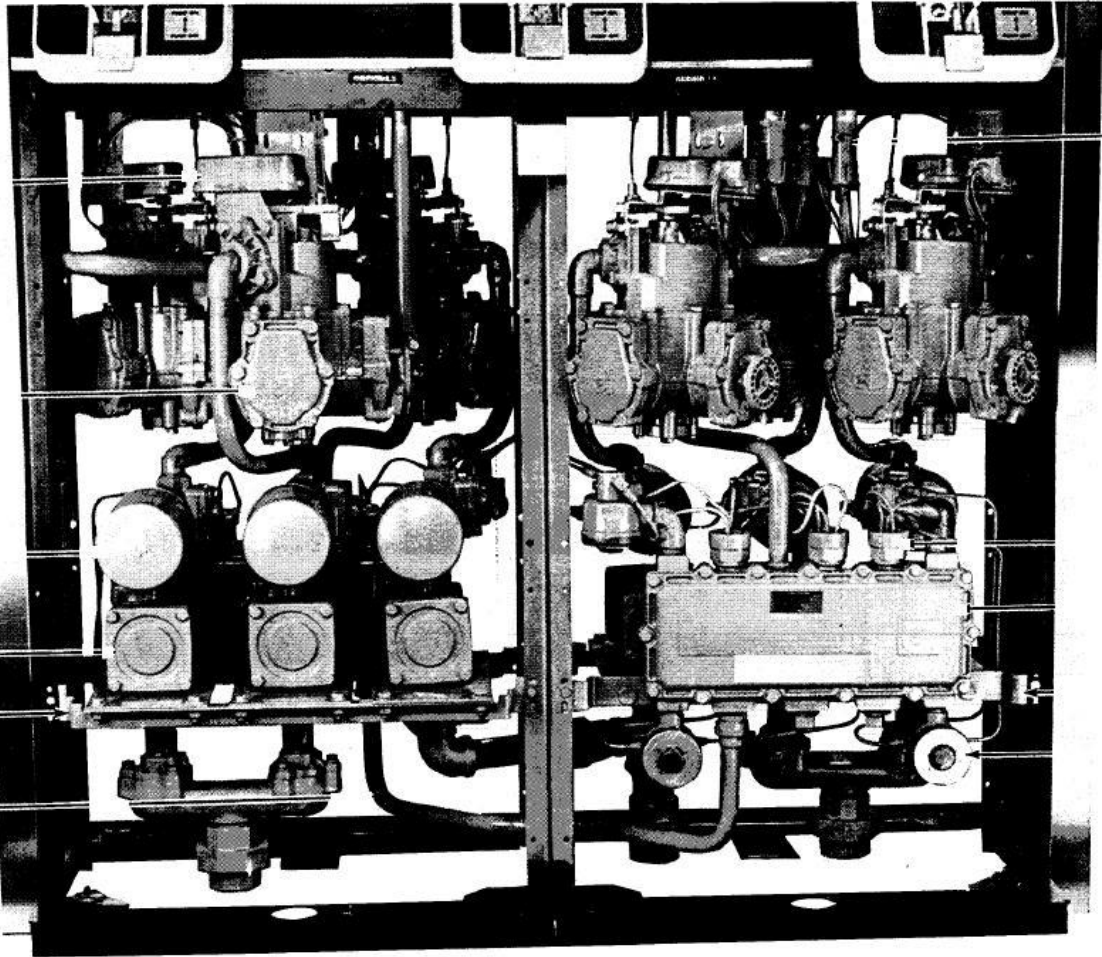


IMAGEN DE MAQUINARIA BAJO EL CASCARÓN DE UN SURTIDOR B05 CON BOMBAS. IMAGEN GILBARCO.

DE LA MISMA FORMA QUE EN EL CASO 1, LA TUBERÍA DE DOBLE PARED Y SISTEMA DE SUMPS PERMITIÓ QUE NADA DEL COMBUSTIBLE LLEGARA A ESTAR EN CONTACTO CON LA TIERRA, DE HECHO 398 LTRS FUERON RECUPERADOS. LA DIFERENCIA DE LO RECUPERADO CON LO ESTIMADO SE DEBE A PÉRDIDAS OPERACIONALES COMO EVAPORACIÓN Y MALA CALIBRACIÓN DE ALGUNA MANGUERA (SE DESPACHÓ MÁS PRODUCTO DEL QUE SE DEBÍA), PERO DE TODAS FORMAS ESTA DIFERENCIA (9LTS) ES INSIGNIFICANTE EN COMPARACIÓN A LOS APROXIMADAMENTE 13000LTS VENDIDOS DURANTE ESTE PERÍODO DE TIEMPO.

C. ANÁLISIS COMPARATIVO

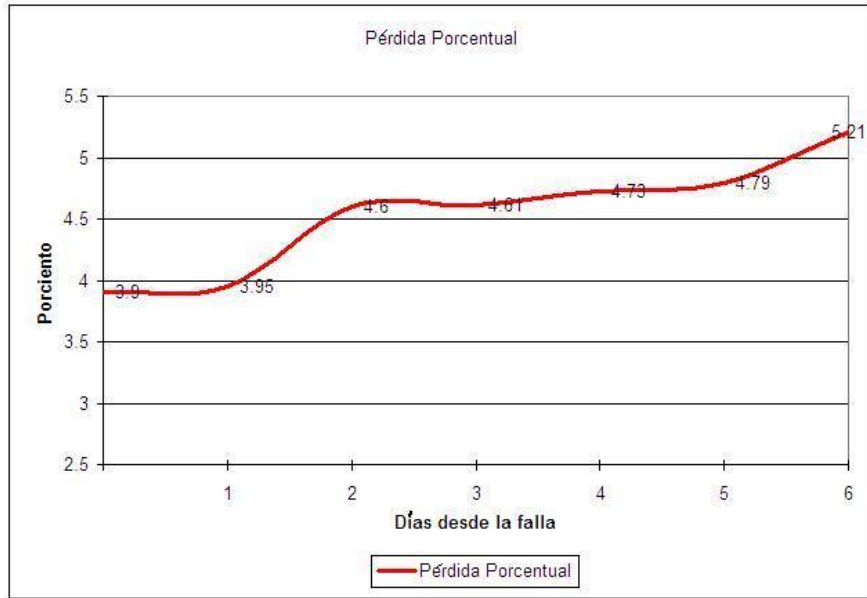
ENTRE VARIOS CASOS, ÉSTAS DOS ESTACIONES FUERON TOMADAS PARA EL ANÁLISIS DEBIDO PRINCIPALMENTE A LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- ⊕ AMBAS UTILIZABAN LA MISMA TUBERÍA (POLIMÉRICA, DE LA MISMA MARCA Y ANCHO).
- ⊕ LA FALLA EN LA TUBERÍA SE DEBÍA A LA MISMA RAZÓN Y TENÍAN DIMENSIONES SIMILARES.
- ⊕ UNA CONTABA CON BOMBA DE PRESIÓN Y OTRA DE SUCCIÓN.
- ⊕ COMBUSTIBLE SIGUIÓ FLUYENDO POR LA TUBERÍA CON FALLA POR CASI EL MISMO TIEMPO (5 VRS 6 DÍAS).

LA PRINCIPAL HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS ES LA PÉRDIDA PORCENTUAL (CON RESPECTO A LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE FLUYÓ POR LA TUBERÍA), LA CUAL INDICA CUÁNTO DEL COMBUSTIBLE QUE FLUYO POR LA TUBERÍA DAÑADA SE FUGÓ.

COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LA GRÁFICA ABAJO, EN EL CASO 1 (CASO CON BOMBA DE PRESIÓN) LA PÉRDIDA FUE AUMENTANDO CONFORME EL TIEMPO PASABA. MIENTRAS AL TRANSCURRIR DOS DÍAS LA PÉRDIDA AUMENTÓ DESDE UN 3.9 A UN 4.6% (AUMENTO DEL 18%) PARA EL CUARTO DÍA ERA DE 4.73% (INCREMENTO DEL 21% CON RESPECTO AL INICIAL). EN EL QUINTO DÍA ERA DE 4.79% (ALZA AL 22.8%) Y PARA EL SEXTO Y ÚLTIMO DÍA LA PÉRDIDA PORCENTUAL LLEGÓ A SER DEL 5.21% (I.E. 34% DE AUMENTO).

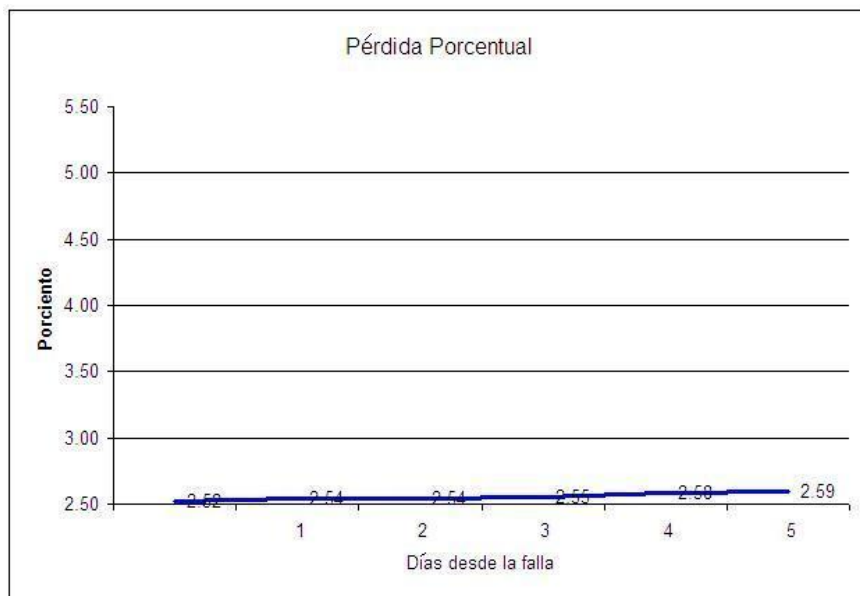
GRAFICA # 10



PÉRDIDA PORCENTUAL DEL CASO 1.

EN EL SEGUNDO CASO (BOMBA DE SUCCIÓN) EL AUMENTO DEL PORCENTAJE DE COMBUSTIBLE PERDIDO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO ES MENOS PRONUNCIADO. SE INICIA CON 2.52%, PARA EL SEGUNDO DÍA ESTE PORCENTAJE AUMENTA A 2.54 (MENOS DEL 1% DE AUMENTO). EN EL QUINTO Y ÚLTIMO DÍA LA PÉRDIDA PORCENTUAL SUBE A 2.59 (AUMENTO NETO CON RESPECTO AL INICIAL DEL 2.7%).

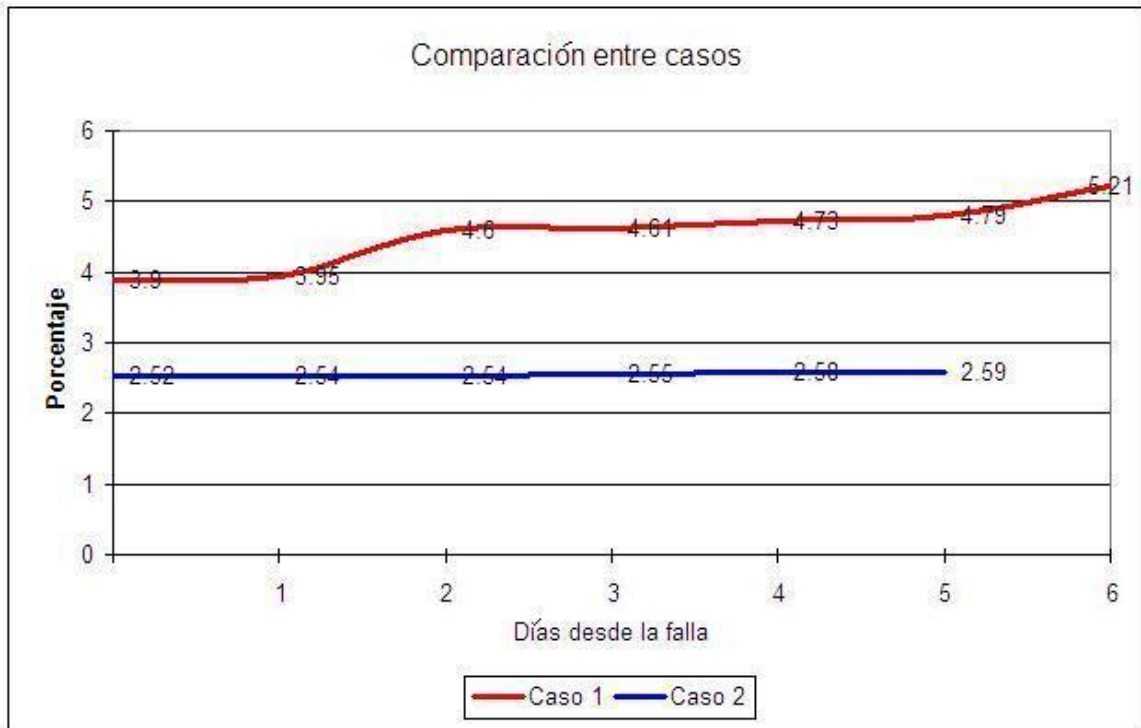
GRAFICA # 11



PÉRDIDA PORCENTUAL DEL CASO 2.

AL SOBREPONER ESTAS DOS GRÁFICAS EN UNA SOLA ESCALA SE OBSERVA QUE LA PENDIENTE DEL CASO 2 (GRÁFICA AZUL) ES MUCHO MENOR, ESTO SIGNIFICA QUE EL TAMAÑO DEL ORIFICIO CRECÍA A UNA TASA MUY PEQUEÑA (2.7% EN LOS PRIMEROS CINCO DÍAS) MIENTRAS QUE EN EL PRIMER CASO EN EL MISMO PERÍODO AUMENTO UN 22.8% (MÁS DE 8 VECES LO DEL CASO DE BOMBA DE SUCCIÓN).

GRAFICA # 12



PERDIDA PORCENTUAL DE AMBOS CASOS EN LA MISMA ESCALA.

TAMBIÉN ES IMPORTANTE HACER VER QUE EN EL CASO DE LA BOMBA DE SUCCIÓN (CASO 2) MUCHO MÁS COMBUSTIBLE FLUÍA POR DÍA (2653 VRS 990), HACIENDO QUE LA CANTIDAD FUGADA PUDIESE HABER SIDO PROPORCIONALMENTE MAYOR CUANDO EN REALIDAD EN EL SEGUNDO CASO 398 LTS SE FUGARON MIENTRAS EN EL PRIMERO FUERON 302LTS.

DE LOS PUNTOS ANTERIORMENTE MENCIONADOS SE PUEDE CONCLUIR SIN DIFICULTAD QUE EL HECHO DE UTILIZAR UNA BOMBA DE PRESIÓN AUMENTÓ LA CANTIDAD DE PRODUCTO QUE SE FUGABA YA QUE EL COMBUSTIBLE SIENDO EMPUJADO TRATABA DE ESCAPAR EN TODOS LOS

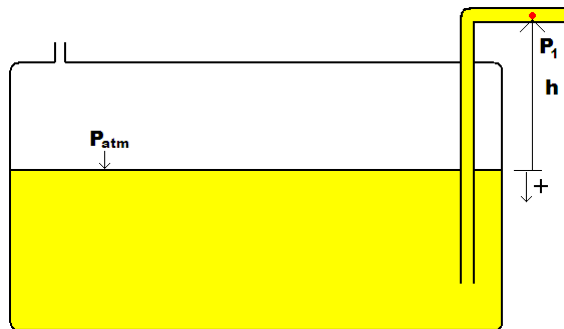
SENTIDOS (MENOS DE DONDE VENÍA EL EMPUJE) MIENTRAS EL COMBUSTIBLE QUE FLUÍA DEBIDO A UNA BOMBA DE SUCCIÓN TENDÍA A MOVERSE CON SENTIDO HACIA LA BOMBA.

UNA BOMBA DE SUCCIÓN CREA UN VACÍO QUE HALA EL FLUIDO HACIA SUS ASPAS. LLAMAREMOS A LA PRESIÓN DEL FLUIDO ANTES DE LLEGAR A LAS ASPAS DE LA BOMBA COMO P_2 . P_1 ES LA PRESIÓN QUE VIENE DEL TANQUE Y QUE ES FUNCIÓN DE LA ALTURA DE COMBUSTIBLE QUE HAYA EN EL TANQUE SEGÚN LA ECUACIÓN

$$P = \rho GH + P_{ATM}$$

DONDE ρ ES LA DENSIDAD DEL FLUIDO ($720\text{KG}/\text{M}^3$), G ES LA GRAVEDAD ($9.81 \text{ M}/\text{S}^2$), H RESPRESENTA LA DISTANCIA QUE HAY ENTRE EL PUNTO EN CUESTIÓN Y LA SUPERFICIE DEL LÍQUIDO (-1M , YA QUE ESTÁ ARRIBA DE LA SUPERFICIE) Y P_{ATM} ES LA PRESIÓN EN LA SUPERFICIE DEL LÍQUIDO, QUE EN ESTE CASO ES LA ATMOSFÉRICA (101300 PA).

DIAGRAMA # 3



PRESIONES EN EL TANQUE

LA PRESIÓN EN EL ORIFICIO DE LA TUBERÍA ES LA ATMOSFÉRICA. DEBIDO AL VACÍO GENERADO POR LA BOMBA DE SUCCIÓN SE PUEDE DECIR QUE $P_2 \ll P_{ATM}$. SI SE COMPARAN ESTAS TRES PRESIONES SE PUEDE ENUNCIAR QUE

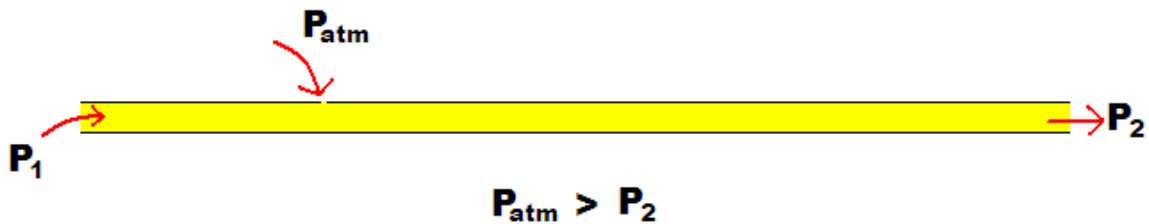
$$P_2 \ll P_1 < P_{ATM}$$

YA QUE CON LOS DATOS ANTERIORMENTE DADOS PODEMOS ENCONTRAR QUE

$$P_1 = (720\text{KG}/\text{M}^3) (9.81 \text{ M}/\text{S}^2)(-1\text{M}) + 101330 \text{ PA} = 94237 \text{ PA}$$

LO QUE ES 0.93 VECES LA P_{ATM} .

DIAGRAMA # 4



ANÁLISIS DE PRESIONES EN UN SISTEMA CON BOMBA DE SUCCIÓN.

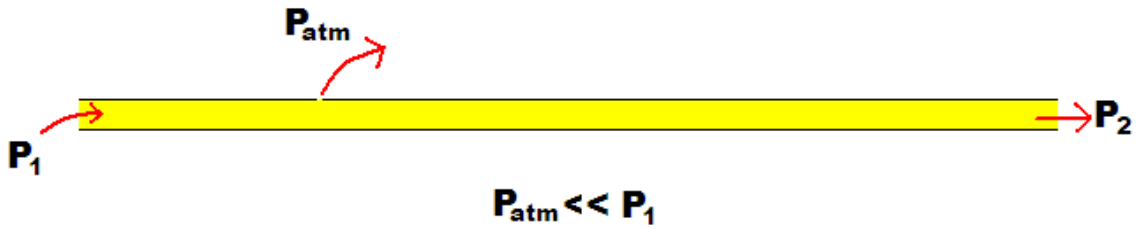
TENER UNA PRESIÓN MAYOR EN EL ORIFICIO HACE QUE AL ESTAR LA BOMBA DE SUCCIÓN FUNCIONANDO POR AQUÍ ENTRAN BURBUJAS DIMINUTAS DE AIRE EN VEZ DE DARSE UNA FUGA.

CON ESTA NUEVA INFORMACIÓN SE PUDE CONCLUIR QUE LA VERDADERA FUGA DE PRODUCTO SE DIÓ EN EL MOMENTO EN EL QUE LA BOMBA DEJABA DE FUNCIONAR Y EL COMBUSTIBLE VIAJABA DE REGRESO AL TANQUE. SEGÚN LOS DATOS DEL EQUIPO QUE ENCONTRÓ LA TUBERÍA ROTA DEL CASO QUE UTILIZABA BOMBA DE SUCCIÓN EL ORIFICIO SE ENCONTRABA EN LA CARA INFERIOR DE LA TUBERÍA (ES DECIR QUE LA MISMA GRAVEDAD AYUDÓ A QUE LA GASOLINA SE COLARA).

AHORA, AL ANALIZAR EL CASO DE LA BOMBA SUMERGIDA SE TIENE QUE LA P_1 ES LA PRESIÓN CON LA CUAL LA TURBOMAQUINARIA EXPULSA EL LÍQUIDO ($P_1 \gg P_{\text{ATM}}$). LA PRESIÓN EN EL ORIFICIO DE LA TUBERÍA, AL IGUAL QUE P_2 QUE ES LA PRESIÓN EN LA BOCA DE LAS MANGUERAS ES P_{ATM} . DE AQUÍ QUE

$$P_2 = P_{\text{ATM}} \ll P_1$$

DIAGRAMA # 5



ANÁLISIS DE PRESIONES EN UN SISTEMA CON BOMBA DE PRESIÓN.

UNA ANALOGÍA INTERESANTE QUE PUEDE AYUDAR A ENTENDER ESTO ES EL FLUJO DE UN LÍQUIDO POR UNA PAJÍLLA CON UN PEQUEÑO ORIFICIO. SI SE IMPULSA EL LÍQUIDO SE PUEDE OBSERVAR COMO EL FLUIDO ESCAPA POR EL ORIFICIO A UN CIERTO CAUDAL, MIENTRAS QUE AL HALAR LO QUE SUCEDÉ ES QUE CUESTA MÁS TRABAJO SUCCIONAR EL MISMO VOLUMEN DE FLUIDO PARA LA MAYORÍA DE ESCENARIOS.

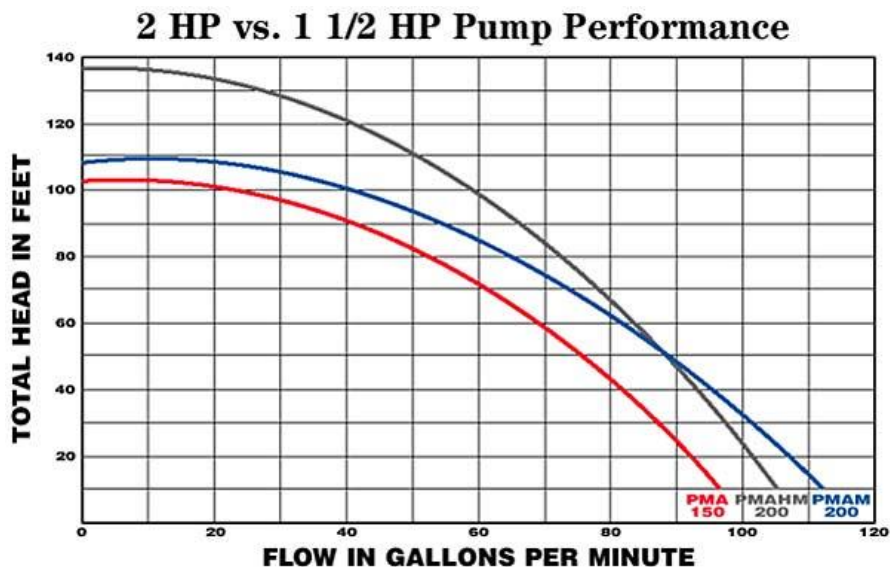
VI. ANÁLISIS DE FLUIDOS

LAS BOMBAS DE PRESIÓN TIENEN UN MAYOR CABALLAJE A LAS DE SUCCIÓN PORQUE ESTÁN PREPARADAS PARA SUPLIR A VARIAS MANGUERAS AL MISMO TIEMPO, EL PROBLEMA ES QUE COMO SUELEN SER DE VELOCIDAD CONSTANTE ÉSTAS ESTÁN FUNCIONANDO CON LA MISMA POTENCIA INDEPENDIENTEMENTE DE CUÁNTAS MANGUERAS ESTÉN DESPACHANDO. ESTO SE TRADUCE EN UN GASTO INNECESARIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA SI LA ESTACIÓN SUELE TENER SOLAMENTE UNA DE VARIAS MANGUERAS FUNCIONANDO EN UN MOMENTO DADO.

SI SE HACE UN ANÁLISIS DEL CABALLAJE NECESARIO PARA QUE UNA MANGUERA DESPACHE EL CAUDAL ESTABLECIDO TOMANDO EN CUENTA LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA QUE EL FLUIDO SUFRE (DEBIDO A LA FRICCIÓN A LO LARGO DE LA TUBERÍA COMO A PÉRDIDAS VARIAS COMO CODOS Y VÁLVULAS), SE PODRÁ SABER EL PORCENTAJE DE LA POTENCIA DE LA BOMBA QUE REALMENTE ESTÁ SIENDO UTILIZADO.

PARA PODER REALIZAR ESTO, PRIMERO SE DEBE ANALIZAR LA CURVA DE RENDIMIENTO DE LA BOMBA:

GRÁFICA # 13

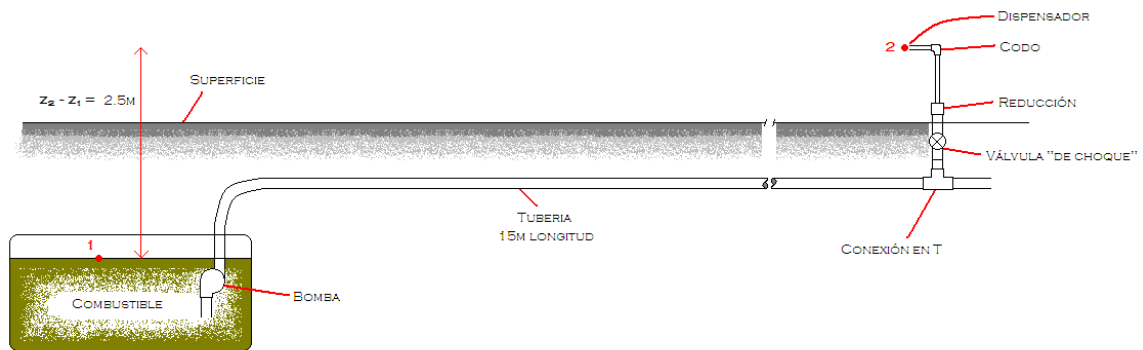


CURVA DE RENDIMIENTO BOMBA DE 1.5 HP. IMAGEN VEEDER ROOT.

EN ESTA GRÁFICA SE PUEDE OBSERVAR EN ROJO LA CURVA DE RENDIMIENTO DE LA BOMBA DE 1.5 HP (LA BOMBA DE PRESIÓN). A CONTINUACIÓN SE PROCEDERÁ CON UN ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TUBERÍAS.

SE TOMARÁN LOS PUNTOS 1 (SUPERFICIE DEL COMBUSTIBLE EN EL TANQUE) Y 2 (PUNTA DE LA MANGUERA DEL DISPENSADOR) PARA HACER EL ANÁLISIS.

GRÁFICA # 14



GRÁFICA DEL SISTEMA.

APLICANDO LA ECUACIÓN DE ENERGÍA ENTRE DOS SUPERFICIES LIBRES TENEMOS:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1}{2G} + z_1 + HP = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2G} + z_2 + f_L \frac{V^2}{D 2G} + \sum K_L \frac{V^2}{2G}$$

SE TIENEN DATOS BÁSICOS QUE SIMPLIFICAN LA ECUACIÓN. ESTOS DATOS SON:

$$P_1 = P_2 = 0 \text{ PA} = 0 \text{ LB/IN}^2$$

DEBIDO A QUE AMBOS PUNTOS SE ENCUENTRAN A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

$$V_1 = V_2 = 0 \text{ M/SEG} = 0 \text{ FT/SEG}$$

LAS VELOCIDADES EN ESTOS PUNTOS SE PUEDE TOMAR COMO CERO. LA DEL PRIMER PUNTO DEBIDO A QUE LA VELOCIDAD CON LA QUE BAJA EL NIVEL DE TANQUE ES DESPRECIABLE. LA DEL PUNTO DOS SE ASUME COMO CERO YA QUE SE TOMA EN LA SUPERFICIE DEL TANQUE DEL VEHÍCULO AL QUE SE ESTÁ DESPACHANDO.

$$z_1 = z_2 = 2.5 \text{ m} \approx 8.175 \text{ ft}$$

LA DIFERENCIA DE ALTURAS ENTRE ESTOS DOS PUNTOS ES 8.175 PIES. OTROS DATOS IMPORTANTES SON LA LONGITUD DE LA TUBERÍA, QUE ES APROXIMADAMENTE 15M (49 FT) Y SU DIÁMETRO (2.5 IN \approx 0.20833 FT) . SE TOMARÁ EL FACTOR DE FRICCIÓN PARA LA TUBERÍA CONSTANTE COMO 0.04 DEBIDO A LAS CURVAS DE LA TUBERÍA FLEXIBLE.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTAN LOS PRINCIPALES PUNTOS DE PÉRDIDA DE ENERGÍA DEL FLUIDO (A EXCEPCIÓN DE A LO LARGO DE LA TUBERÍA) Y SUS COEFICIENTES DE PÉRDIDA:

CUADRO # 5

PUNTO	COEF. PERDIDA
CONEXIÓN EN T (FLUJO DERIVADO 90°)	$K_L = 1.0$
VÁLVULA "DE CHOQUE" (DE BOLA TOTALMENTE ABIERTA)	$K_L = 0.05$
CONTRACCIÓN (PASO DE LA TUBERÍA PRINCIPAL A LA DE LA MANGUERA)	$K_L = 0.25$
CODO 90°	$K_L = 0.3$
SALIDA	$K_L = 1.0$

COEFICIENTES DE PERDIDA.

LAS ANTERIORES SERÁN CONSIDERADAS LAS PÉRDIDAS MENORES DEL SISTEMA CUYA SUMA ES

$$1.0 + 0.05 + 0.25 + 0.3 + 1.0 = 2.6$$

I.E.

$$\sum K_L = 2.6$$

CON TODOS ESTOS NUEVOS DATOS PODEMOS REESCRIBIR LA ECUACIÓN DE ENERGÍA DE LA SIGUIENTE FORMA:

$$H_P = (z_2 - z_1) + f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2G} + \sum K_L \frac{V^2}{2G}$$

LA INCÓGNITA QUE AÚN PERMANECE ES V, PERO SE SABE QUE

$$V = Q/A$$

SABIENDO EL DIÁMETRO SE PUEDE OBTENER EL ÁREA:

$$A = \pi R^2 = \pi (0.104165)^2 = 0.03408 \text{ FT}^2$$

ENTONCES

$$V = Q/(0.03408)$$

Y

$$V^2 = Q/(1.162 \times 10^{-3})$$

DE AQUÍ

$$H_P = 8.175 + \left[(0.04) \frac{49}{0.20833} + 2.6 \right] \frac{Q^2}{0.001162}$$

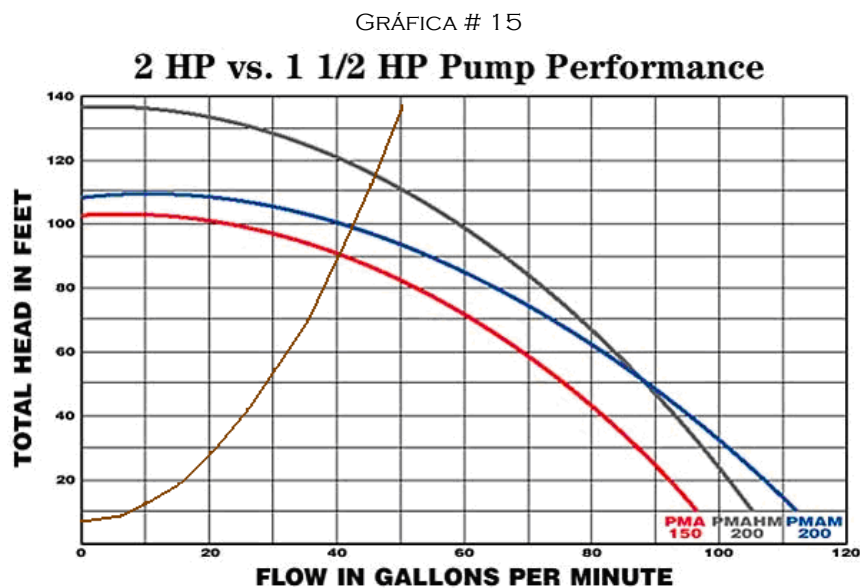
DE DONDE FINALMENTE LLEGAMOS A LA ECUACIÓN DE H_P QUE ES FUNCIÓN DEL CAUDAL Q ,

$$H_P = 8.175 + 10334 Q^2 \quad (\text{FT}^3/\text{SEC})$$

QUE DEBIDO AL FACTOR 448.88 (QUE EN ESTE CASO SE MULTIPLICA AL CUADRADO) SE PUEDE LLEVAR A GAL/MIN RESULTANDO

$$H_P = 8.175 + 5.13 \times 10^{-2} Q^2 \quad (\text{GAL}/\text{MIN})$$

ESTA NUEVA ECUACIÓN (ECUACIÓN DEL SISTEMA) SE PUEDE TRAZAR EN LA MISMA GRÁFICA DE LA CURVA DE RENDIMIENTO DE LA BOMBA PARA ENCONTRAR EL PUNTO DONDE SE INTERSECTA, ES DECIR, EL PUNTO DE OPERACIÓN.



25. CURVA ESPECÍFICA DE LA BOMBA.

LA CURVA CAFÉ REPRESENTA LA CURVA DEL SISTEMA. SE OBSERVA QUE LA INTERSECCIÓN SE DÁ EN EL PUNTO DE 40 GAL/MIN Y 90 FT. ESTO SE PUEDE CONFIRMAR AL SUSTITUIR EL CAUDAL ENCONTRADO EN LA ECUACIÓN DE H_P

$$H_P = 8.175 + 5.13 \times 10^{-2} (40)^2$$

$$H_P = 90.26 \text{ FT}$$

QUE ES LA CARGA REAL QUE LA BOMBA DA AL FLUIDO. SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE, LA EFICIENCIA DE LA BOMBA EN ESTE NIVEL DE CAUDAL ES DEL 85%.

DEBIDO A ESTE PORCENTAJE LA CARGA DE LA BOMBA NECESARIA EN EL EJE DE LA BOMBA ES

$$90/0.85 = 105.9 \text{ FT}$$

CON TODA LA INFORMACIÓN HASTA AHORA RECOLECTADA SE PUEDE ENCONTRAR CUÁL ES LA POTENCIA NECESARIA PARA ACCIONAR ESTA BOMBA SEGÚN LA ECUACIÓN

$$W'_{EJE} = (\gamma Q_{HA}) / \eta$$

DONDE

$$\gamma = \rho G \quad (\text{LB}/\text{FT}^3)$$

COMO

$$\rho = 720 \text{ (KG}/\text{M}^3) \approx 1.397 \text{ (SLUG}/\text{FT}^3)$$

SE OBTIENE QUE

$$\gamma = (1.397)(32.2) = 44.98 \approx 45 \text{ LB}/\text{FT}^3$$

AHORA SE PUEDEN SUSTITUIR LOS VALORES EN LA ECUACIÓN DE POTENCIA

$$W'_{EJE} = \frac{(45 \text{ LB}/\text{FT}^3) [(40 \text{ GAL}/\text{MIN}) / (7.48 \text{ GAL}/\text{FT}^3 * 60 \text{ S}/\text{MIN})] (90 \text{ FT})}{0.85}$$

RESULTANDO

$$W'_{EJE} = 424.66 \text{ FT LB/SEG} \approx 0.77 \text{ HP}$$

DE AQUÍ SE CONCLUYEN DOS CUESTIONES ESCENCIALES:

UNA BOMBA DE 1.5 HP TIENE EL DOBLE DE POTENCIA NECESARIO PARA SUPLIR EL FLUJO SOLICITADO POR UNA MANGUERA AL CAUDAL MÁXIMO.

UNA DE 1/3 HP NO PODRÁ SUPLIR EL MISMO CAUDAL SINO APROXIMADAMENTE UN EL 43% DE ESTE ($0.33/0.77 \approx 0.43$), ES DECIR, 17 GAL/MIN COMO MÁXIMO.

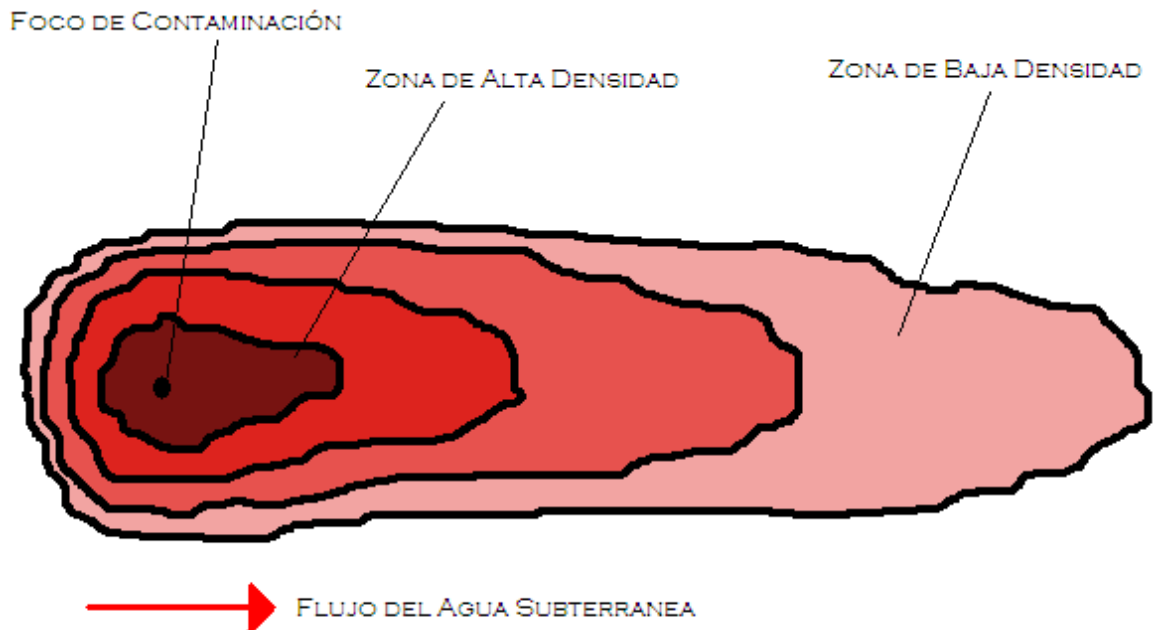
VII. CONTAMINACIÓN DEL SUBSUELO

LO MÁS DELICADO DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUBSUELO ES QUE EL COMBUSTIBLE LLEGUE HASTA ALGUNA RESERVA SUBTERRÁNEA DE AGUA. LA LIMPIEZA DE UNA DEPÓSITO SUBTERRÁNEO DE AGUA CONTAMINADO CON COMBUSTIBLE ES EXAGERADAMENTE CARO Y EN MUCHOS CASOS IMPOSIBLE DE REALIZAR DE FORMA COMPLETAMENTE EXITOSA. DEBIDO A ESTO Y A LAS REPERCUSIONES EN CUESTIÓN DE DEMANDAS Y EN RELACIONES PÚBLICAS LAS PRINCIPALES COMPAÑIAS QUE MANEJAN GASOLINA SUELEN INVERTIR EN LA PREVENCIÓN DE ESTE TIPO DE ACCIDENTES. LA PRINCIPAL HERRAMIENTA PARA LOGRAR ESTA PREVENCIÓN ES EL CONTROL DE INVENTARIOS POR TELEMEDICIÓN: INVIRTIENDO EN EQUIPO DE ALTA PRECISIÓN QUE PUEDEN DETECTAR MOVIMIENTOS DEL NIVEL DE COMBUSTIBLE EN UN TANQUE DE HASTA 1MM Y TUBERÍAS Y TANQUES DE DOBLE PARED ESTAS EMPRESAS TRATAN DE EVITAR LLEGAR A TENER CASOS EN LOS QUE EL SUELO EFECTIVAMENTE ABSORBA ALGÚN DERIVADO DEL PETROLEO.

A. DISPERSIÓN DEL COMBUSTIBLE EN EL SUBSUELO

EL PRINCIPAL PARÁMETRO DE LA DISPERSIÓN DEL COMBUSTIBLE EN EL SUBSUELO ES LA PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES QUE LO COMPONEN. OTRO PARÁMETRO IMPORTANTE ES EL FLUJO DE AGUA DEBAJO DE LA SUPERFICIE. ÉSTE FLUJO CREA UN PATRÓN DE CONCENTRACIÓN DE LA GASOLINA EN EL SUBSUELO AL QUE SE LE LLAMA PENACHO.

GRÁFICA # 16



26. PENACHO: DESCRIPCIÓN DE LA DISPERSIÓN DEL COMBUSTIBLE.

EL COMBUSTIBLE SE DISPERSARÁ EN SENTIDO DEL GRADIENTE HIDRÁULICO, ES DECIR CON EL MISMO SENTIDO QUE EL FLUJO DE AGUA SUBTERRANEA.

B. CONTAMINACIÓN DE RESERVAS SUBTERRÁNEAS DE AGUA

LA MAYORÍA DE GASOLINAS CONTIENEN ADITIVOS COMO EL ÉTER METHYL TERTIARY-BUTYL (MTBE) CUYA FUNCIÓN ES LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE INVERNADERO. EL PROBLEMA ES EN EL MOMENTO DE UNA FUGA DE COMBUSTIBLE AL SUELO, YA QUE ESTE ADITIVO ES UN ENTE CANCERÍGENO Y SI LLEGA A ENTRAR EN CONTACTO CON RESERVAS SUBTERRÁNEAS DE AGUA PUEDE AFECTAR A TODA PERSONA QUE TOMA DE ELLAS. EL PROBLEMA QUE PRESENTAN LOS MTBE A DIFERENCIA DE LOS DEMÁS HIDROCARBUROS DE PETRÓLEO ES QUE ES ALTAMENTE SOLUBLE EN AGUA, DIFÍCIL DE ABSORBER POR LA MAYORÍA DE TIPOS DE SUELOS Y RESISTENTE A LA BIODEGRADACIÓN. TODAS ESTAS PROPIEDADES HACEN

QUE ESTOS AGENTES QUÍMICOS PUEDAN VIAJAR GRANDES DISTANCIAS DESDE EL PUNTO DE FUGA Y ACUMULARSE. PARA ANALIZAR LAS REACCIONES EN EL SUELO QUE PUEDEN HABER LUEGO DE UN DERRAME HAY QUE TENER EN CUENTA QUE AQUÍ HAY MICROBIOS QUE DIGIEREN LOS HIDROCARBUROS DE PETRÓLEO. EL PROBLEMA ESTÁ EN QUE LA CONCENTRACIÓN DE ESTOS MICROORGANISMOS VARÍA DE LUGAR EN LUGAR AL IGUAL QUE EL NIVEL DE OXIGENACIÓN DE LOS MATERIALES QUE COMPONEN EL SUBSUELO, DE TAL FORMA QUE ENTRE MENOS BACTERIAS HAYAN MENOR LA CANTIDAD DE HIDROCARBUROS QUE PODRÁ SER TRANSFORMADO A MOLÉCULAS MENOS NOCIVAS. MIENTRAS QUE EN EL CAMPO ALGUNAS PERSONAS TIENEN COMO PARÁMETRO QUE MIENTRAS LA TIERRA CONTAMINADA NO GOTÉE COMBUSTIBLE SE CONSIDERA COMO PERMISIBLE, CON QUE TENGA MÁS DE 1200 PARTES POR MILLÓN DE GASOLINA ARDERÁ. EN ESTE TIPO DE CRITERIOS ES DONDE SUELEN DIFERIR LAS GRANDES COMPAÑIAS PETROLERAS DE AQUELLAS DE BANDERA BLANCA, EN LA CONCIENCIA AMBIENTAL Y SOCIAL Y EL MANEJO DE ESTE TIPO DE SITUACIONES. UN EJEMPLO DE ESTO ES QUE LOS CONTROLES MÁS ESTRUCTOS SON LLEVADOS EN LAS ESTACIONES PROPIEDAD DE ESTAS MULTINACIONALES.

DE TODO ESTO QUE HASTA EL MÁX MÍNIMO DE LOS ESFUERZOS VALE LA PENA PARA PREVENIR ESTE TIPO DE ACCIDENTES Y ASEGURARSE QUE CUANDO LLEGUEN A SUCEDER LA MENOR CANTIDAD DE PRODUCTO SE DERRAME. DE AQUÍ LA IMPORTANCIA DE DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE EL TIPO DE BOMBA UTILIZADA EN UNA ESTACIÓN QUE SUFRE UNA FUGA Y LA FUGA MISMA.

VIII. CONCLUSIONES

- ✦ UNA ESTACIÓN CON FALLA EN UNA TUBERÍA TENDRÁ MÁS PÉRDIDAS SI UTILIZA UNA BOMBA DE PRESIÓN QUE UNA DE SUCCIÓN.
- ✦ UTILIZAR UNA BOMBA DE PRESIÓN FUERZA A UN AGUJERO EN UNA TUBERÍA FLEXIBLE A CRECER Y DE AQUÍ QUE LA CANTIDAD DE PRODUCTO FUGADO TAMBIÉN AUMENTE.
- ✦ EL ORIGEN DE LA FALLA EN LAS TUBERÍAS FUE QUE SU INSTALACIÓN FUE REALIZADA SIN RESPETAR LAS INDICACIONES DEL FABRICANTE.
- ✦ EL MOMENTO EN EL QUE OCURRE LA MAYOR PÉRDIDA DE COMBUSTIBLE EN EL CASO DE BOMBA DE SUCCIÓN ES CUANDO LA BOMBA DEJA DE FUNCIONAR Y LA GASOLINA EMPIEZA SU VIAJE DE REGRESO AL TANQUE.
- ✦ SE PUEDE AGREGAR A LA LISTA DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BOMBAS DE PRESION Y SUCCIÓN QUE LAS ÚLTIMAS REDUCEN LAS PÉRDIDAS EN CASOS DE FALLAS EN TUBERÍAS.
- ✦ DEBIDO A QUE UTILIZAR BOMBAS DE SUCCIÓN SUELE SER MÁS COSTOSO, LO IDEAL ES UTILIZAR DE PRESIÓN, PERO PARA EVITAR FUGAS SE LE DEBE DAR MAYOR IMPORTANCIA A EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS TUBERÍAS. ESTO ES RESPONSABILIDAD DEL GERENTE DE TERRITORIO O AQUEL QUE ESTÉ ENCARGADO DE SUPERVISAR LAS OPERACIONES DE LAS ESTACIONES.
- ✦ LA BOMBA DE 1.5 HP TIENE EL DOBLE DE POTENCIA NECESARIO PARA SUPLIR EL FLUJO SOLICITADO POR UNA MANGUERA AL CAUDAL MÁXIMO.

⊕ LA BOMBA DE 1/3 HP NO PODRÁ SUPLIR EL MISMO CAUDAL QUE EL DE LA DE PRESIÓN SINO APROXIMADAMENTE EL 43% DE ÉSTE, ES DECIR, 17 GAL/MIN COMO MÁXIMO.

IX. RECOMENDACIONES

- ⊕ UNA BUENA CALENDARIZACIÓN DE DESARROLLO DE LA TESIS ES PLAUSIBLE. ES IMPORTANTE RESPETAR ESTE CRONOGRAMA PARA NO RETRASAR LA FINALIZACIÓN DEL TRABAJO.
- ⊕ SE RECOMIENDA QUE LUEGO DE LA INSTALACIÓN DE NUEVAS TUBERÍAS EN LAS ESTACIONES DE SERVICIO SE REALICEN PRUEBAS DE HERMETICIDAD PARA ASEGURARSE QUE NO HAYAN PUNTOS DE FUGA.
- ⊕ SE DEBE MANTENER UN CONTROL IMPECABLE DE LA INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS FLEXIBLES PARA ASEGURARSE QUE SE ESTEN RESPETANDO TODAS LAS INDICACIONES DEL FABRICANTE. SE RECOMIENDA QUE ESTE CONTROL SEA LLEVADO A CABO POR EL GERENTE DE TERRITORIO O AQUEL QUE ESTÉ ENCARGADO DE SUPERVISAR LAS OPERACIONES DE LAS ESTACIONES.

IX. REFERENCIAS

1. ENVIRON

[HTTP://WWW.ENVPRODUCT.COM/INFORMATION.HTML](http://www.envproduct.com/information.html)

2. MUNSON, BRUCE; T. OKIISHI Y D. YOUNG. 1999. *FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE FLUIDOS*. MÉXICO, EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V., 867 PÁGS

3. GILBARCO

[HTTP://DOCS.GILBARCO.COM:3636/GOLD/SITEPREP/MDE2833/@GENERIC_BOOKVIEW;COLLS=PUBLIC](http://docs.gilbarco.com:3636/GOLD/SITEPREP/MDE2833/@GENERIC_BOOKVIEW;COLLS=PUBLIC)

4. LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY

[HTTP://WWW.LLNL.GOV/](http://www.llnl.gov/)

5. VEEDER ROOT \ RED JACKET

[HTTP://WWW.VEEDER.COM](http://www.veeder.com)

TERNA DE EXAMEN DE TESIS DE
LUIS PEDRO ZEA GONZÁLEZ
INGENIERÍA MECÁNICA



ING. JOSÉ JOAQUÍN GAROZ



ING. MANUEL RUANO



ING. CARLOS POITEVAN

GUATEMALA, OCTUBRE 10, 2005