

TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO (TPI)

**“DIAGNOSTICO, PATOLOGÍA E INTERVENCIÓN DE TANQUES DE
ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO INTERVEREDAL DEL
MUNICIPIO DE TÁMARA DEPARTAMENTO DE CASANARE”**



Presentado por:

ING JUAN PABLO BARRERA CARDENAS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

VICERRECTORA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

ESPECIALIZACIÓN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

JULIO DE 2017

“DIAGNOSTICO, PATOLOGÍA E INTERVENCIÓN DE TANQUES DE
ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO INTERVEREDAL DEL
MUNICIPIO DE TÁMARA DEPARTAMENTO DE CASANARE”

Trabajo de Grado presentado para optar el Título de Especialista en Patología de
La Construcción.

Director de la Especialización Patología de la Construcción

ING JAIRO O. ZUÑIGA T.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VICERRECTORA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
ESPECIALIZACIÓN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
JULIO DE 2017

NOTA DE ACEPTACION

INGENIERO JAIRO OSWALDO ZUÑIGA TORRES

Presidente de Jurado

ARQUITECTO TITO VARELA

Jurado

INGENIERO CARLOS ANDRES GARCÍA PÁEZ

Jurado

Junio de 2017

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	11
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
JUSTIFICACION	14
ALCANCE	17
METODOLOGIA	18
GLOSARIO	20
1. MARCO TEORICO	28
2. AUSCULTAMIENTO - HISTORIA CLÍNICA.	30
2.1. DATOS ESPECÍFICOS DEL ESTUDIO.....	30
2.2. DATOS GENERALES DEL PACIENTE.....	30
2.2.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL DEPARTAMENTO DE CASANARE	31
2.2.2. LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO EN EL DEPARTAMENTO.....	33
2.2.3. LOCALIZACIÓN DE LOS TANQUES	35
2.3. MEDIO AMBIENTE	36
2.3.1. LA TEMPERATURA:	36
2.3.2. PRECIPITACIONES:	36
2.3.3. HIDROLOGÍA.	38
2.3.4. ASPECTOS GEOTÉCNICOS:.....	38
2.3.5. SISMICIDAD:.....	39

2.3.6.	CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:	40
2.3.7.	NIVEL FREÁTICO	41
2.3.8.	GEOLOGIA:.....	41
2.4.	DATOS ESPECIFICOS DEL PACIENTE	43
2.4.1.	TANQUE No. 10 TIPO 1 SECTOR PIEDRA ANCHA (BLANCA).....	45
2.4.2.	TANQUE No. 11 TIPO 1 VEREDA LA PICACHA (VOLCAN)	46
2.4.3.	TANQUE No. 12 TIPO 5 VEREDA PICACHA (CAFETAL)	47
2.4.4.	TANQUE No. 13 TIPO 1 SECTOR ALTO GRANDE	48
2.4.5.	TANQUE No. 14 TIPO 8 VEREDA LOMA REDONDA	49
2.4.6.	TANQUE No. 16 TIPO 1 SECTOR SANTA HELENA	50
2.4.7.	TANQUE No. 17 TIPO 1 SECTOR SANTA HELENA II	51
2.4.8.	TANQUE No. 18 TIPO 4 VEREDA CRUZ VERDE	52
2.4.9.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO TIPO 3 SECTOR LA VICTORIA (ALTO LUNA)	53
2.4.10.	TANQUE No. 24 TIPO 3 SECTOR LA VICTORIA II.....	54
2.5.	ARQUITECTURA.....	55
2.6.	LA ESTRUCTURA	55
2.6.1.	CALIFICACION DE LA ESTRUCTURA:	56
2.7.	DATOS ESPECIFICOS DE LAS LESIONES	56
2.7.1.	AFECTACIONES	57
2.7.2.	ENSAYOS CON METODOS NO DESTRUCTIVOS	58
	CONCLUSIONES	64
	INTERVENCION Y RECOMENDACIONES.....	66

PRESUPUESTO DE INTERVENCIÓN	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXO No. 1 PLANOS	78
ANEXO No. 2 TABLAS Y GRAFICAS RESULTADOS DE CAMPO	81
ANEXO No. 3 TABLAS DE ENSAYOS	131

TABLA DE GRAFICAS

Grafica No. 1. Precipitación promedio mensual (Fuente: HIMAT)

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1.	Localización del departamento en el país
Imagen 2.	Localización del municipio en el departamento
Imagen 3.	Plan de tanque Tipo No. 8
Imagen 4.	Corte A - A de tanque Tipo No. 8
Imagen 5.	Corte B – B de tanque Tipo No. 8

TABLA DE FOTOS

Fotografía 1,2,3,4: Tanque No. 10 tipo 1 sector piedra ancha (piedra blanca).

Fotografía 5,6,7,8. Tanque No. 11 tipo 1 Tipo 1 Vereda La Picacha (Volcán)

Fotografía 9,10,11,12. Tanque No. 12 tipo 5 Tipo 1 Vereda La Picacha (Cafetal)

Fotografía 13,14,15,16. Tanque No. 13 tipo 1 sector alto grande

Fotografía 17,18,19,20. Tanque No. 14 Tipo 8 Vereda Loma Redonda (Estadio)

Fotografía 21,22,23,24. Tanque No. 16 Tipo 1 Sector Santa Helena

Fotografía 25,26,27,28. Tanque No. 17 Tipo 1 Sector Santa Helena II

Fotografía 29,30,31,32. Tanque No. 18 Tipo 4 Vereda Cruz Verde

Fotografía 33,34,35,36. Tanque No. 19 Tipo 3 Vereda La Victoria (Alto Luna)

TABLA DE TABLAS

- Tabla No. 1 Localización de los tanques según la vereda.
- Tabla No. 2 Precipitación Promedio en la estación del Tablón de Támara.
- Tabla No. 3 Estaciones Meteorológicas.
- Tabla No. 4 Características de los tanques.
- Tabla No. 5 Tabla Resumen de Resultados.
- Tabla No. 6 Granulometría de agregado fino.
- Tabla No. 7 Tamaño máximo de agregado para tanques de almacenamiento.
- Tabla No. 8 Resumen de resultados y recomendación de intervención.
- Tabla No. 9 Recomendaciones de intervención según porcentaje de resistencias.



INTRODUCCION

La motivación de la inspección y reconocimiento de una estructura puede estar determinada por la necesidad de comprobar ciertas características asociadas a procesos patológicos en donde se presentan dudas sobre su funcionalidad, seguridad o durabilidad. De esta manera, es necesario establecer los procesos de reconocimiento donde se determinen las causas de los daños que originan las lesiones, a través de los procedimientos para su correcta intervención.

El presente documento es resultado de la investigación práctica para optar al título de “Especialización en Patología de la Construcción”, por lo cual realicé un trabajo de acercamiento al paciente “tanques de almacenamiento de agua potable acueducto interveredal” que está ubicado en el Municipio de Támara (Departamento de Casanare), en diferentes zonas rurales, por lo tanto me sirvió de complemento para consolidar los conocimientos adquiridos durante las cátedras vistas en los diferentes módulos de la especialización.

El estudio patológico previo a nivel académico, es el estudio y análisis de los diferentes procesos patológicos que se encuentran presentes en la estructura existente de la edificación, mediante el conocimiento de sus orígenes, antecedentes, uso, análisis preliminar de sus elementos, su grado de exposición y deterioro, que permitan determinar un pre-diagnóstico claro, formulando recomendaciones de posibles intervenciones, con el fin de proponer su funcionalidad e integridad, para sus habitantes.

Por lo anterior y analizando la situación actual de los tanques se pone en contexto que el Trabajo Profesional Integrado, es la plataforma teórico-práctica para



proyectarnos al medio real y profesional como especialistas en patología de la construcción; por tal motivo realicé la elección del estudio de los tanques de almacenamiento de agua potable del acueducto interveredal del Municipio de Támara (Casanare), como paciente a nivel académico dentro de los términos de la patología, para su posible intervención, toda vez que estos tanques son de gran importancia para las comunidades y más las zonas rurales, que son muy afectadas por el abandono gubernamental, tanques construidos para almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, por la ubicación y clima de la población.

Dado lo anterior se analizan diez tanques tipo, de almacenamiento de agua potable, que fueron construidos entre los años 2015 y 2016 y presentan patologías que interfieren con el diseño y su funcionalidad, presentando lesiones en las cuales se puede implementar los conocimientos recibidos, también nos permite integrar conceptos concernientes a las diferentes materias que constituyen el tema de la construcción de acuerdo a los alcances lógicos que conlleve al avance progresivo del trabajo profesional integrado el cual fue aprendido durante la especialización para ser ejercido por mí como futuro patólogo, dicho análisis consta de tres etapas: Historia clínica, diagnóstico y propuesta de intervención.



OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente estudio, es determinar las condiciones en que se encuentran los diez (10) tanques de almacenamiento de agua potable, del acueducto interveredal del Municipio de Támara Departamento de Casanare, realizando un estudio patológico que consta de tres etapas: Historia clínica, diagnóstico y propuesta de intervención, para poder identificar y profundizar en sus lesiones y adquirir un criterio claro para plantear soluciones de intervención y recuperación de los tanques de almacenamiento de agua potable.

.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Elaborar un diagnóstico de lesiones y una propuesta de intervención, recuperación o demolición.
2. Determinar las causa de las eflorescencias de los concretos.
3. Efectuar ensayos de campo no destructivos (esclerómetros) para determinar las resistencias existentes en los concretos.
4. Realizar un presupuesto de las intervenciones necesarias.



JUSTIFICACION

Colombia es un país que presenta una problemática de infraestructura vial crítica, en nuestro caso las vías de accesos al Municipio de Támara, se encuentran en mal estado y aún más el desplazamiento desde el casco urbano a las diferentes veredas donde se están ubicados los tanques de almacenamiento de agua potable que escogimos para realizar este estudio, en el momento de la construcción se presentan problemas para el traslado de los materiales y más para la obtención del agua óptima para realizar la mezcla diseñada del concreto que se utilizó, tanques que fueron contruidos en los años 2015 y 2016 y presentando patologías que interfieren con el diseño y su funcionalidad, exteriorizando lesiones a simple vista como lo son las fisuras, grietas filtraciones y eflorescencias.

Los tanque se encuentran en sitios de topografías bastantes pronunciadas, lo cual conlleva a saturaciones de los suelos y fallas en sus estructuras geológicas, de igual forma por lo anterior y por su ubicación genera inquietud de cómo sería la respuestas sismo-resistente bajo las solicitudes y recomendaciones del decreto 1400 de 1984 modificado por la ley 400 de 97 – decreto 33 de 19987 (NSR – 98) y más aún la segunda modificación con el decreto 926 de 2010 (NSR – 10) y sus actualizaciones decreto 092 de 2011 y decreto 340 de 2012, siendo las estructuras mencionadas de gran importancia, en la norma citada podría clasificarse según su uso en el grupo IV - **Edificaciones indispensables** de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo para atender la emergencia y preservar la salud¹, por lo anterior se hace necesaria ser evaluada de acuerdo con la normatividad actual con el objeto de conocer su grado de vulnerabilidad y los daños patológicos presentados.

¹ NORMA SISMO RESISTENTE (NSR 10) decreto 926 de 2010 (A-25)



Por lo mencionado debemos tener en cuenta varios aspectos como lo son la ubicación topográfica y geográfica de los tanques, hasta entonces y durante este periodo no están en funcionamiento por no haberse concluido las obras de captación, aducción y conducción del agua, presentando ataques químicos, biológicos, microbiológicos, físicos, mecánicos, y/o corrosión al acero de refuerzo estructural, por lo que debe acudir al estudio patológico y enfocar una intervención.

Desde el punto de vista legal y social, el proyecto para la rehabilitación y mantenimiento de la estructura de almacenamiento de agua potable, es derecho fundamental ya que se debe garantizar continuidad, calidad y cobertura tal como lo establece la constitución política colombiana “el agua potable constituye un derecho fundamental en la medida que, el agua constituye fuente de vida y la falta del servicio atenta directamente a la vida de las personas. El servicio domiciliario de acueducto y la salubridad pública,” es un derecho constitucional fundamental y como tal debe ser objeto de protección”².

El realizar éste trabajo como una oportunidad de demostrar los conocimientos adquiridos durante nuestra formación académica de la especialización en Patología de la Construcción y analizar factores propios patológicos que generan daño en las estructuras, la realización de una metodología para generar soluciones (intervenciones) adecuadas a las necesidades específicas del paciente.

Dentro de los trabajos establecidos en la intervención se debe garantizar materiales de construcción que no crean afectación o impacto negativo al medio ambiente y no pongan a futuro el riesgo la calidad del agua potable. El medio ambiente se ha convertido en una parte esencial hoy en día y se debe dar cumplimiento a los lineamientos establecidos en la legislación ambiental Colombiana, donde se tiene

² Constitución Política de Colombia - 91, Artículos: 49, 365 y 366



que dar un uso adecuado a los recursos naturales durante la intervención y mantenimiento del tanque, así como en la operación del servicio de acueducto, donde se procura no causar daños al medio ambiente y buscar el desarrollo sostenible de la comunidad. Durante la limpieza y desinfección del tanque de almacenamiento tras un tiempo prudencial de operación de la estructura, se debe dar un buen uso eficiente del recurso hídrico y reutilizarlo en otros fines, con el fin de minimizar los efectos colaterales producidos por el calentamiento global.



ALCANCE

El alcance del estudio patológico de los tanques de almacenamiento para suministro de agua potable del acueducto interveredal del Municipio de Támara Departamento de Casanare, está dado para realizar con todo el profesionalismo del caso y los Conocimientos adquiridos durante la especialización, estudio, historia clínica, diagnóstico y propuesta de intervención, ya que se encuentra en riesgo la durabilidad y estabilidad estructura del mismo, con esto también el abastecimiento con agua tratada a un grupo poblacional de toda la parte rural del Municipio de Támara que comprende más de 10.000 habitantes.



METODOLOGIA

Los métodos de evaluación o historia clínica, el diagnóstico e intervención de una edificación, constituye el paso quizá más importante que de acuerdo con su definición vendrá la decisión de la solución adecuada. Acertar el diagnóstico representa el éxito de la inversión y por supuesto en la solución de las patologías causantes del problema. Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea la metodología de trabajo que inicia con la historia clínica, la cual consiste en la recopilación de toda la información escrita, dibujada o esquematizada relativa al proyecto o ejecución de la construcción. Se incluye dentro de los documentos, planos de localización, el estudio geotécnico o de suelos, el proyecto estructural, memoria de los cálculos, registros fotográficos e imágenes, ensayos de laboratorio, etc., sin descartar los antecedentes no tenidos en cuenta.

Posteriormente, se realiza una inspección preliminar que tiene como propósito evaluar de manera inicial las condiciones en que se encuentran los tanques. Se recorren los diez (10) tanques para tener una idea clara y precisa del estado general, evaluar los tipos de problemas que los afectan con lo cual, se determina si es necesario pasar a una inspección más rigurosa. En esta inspección se toman los datos más relevantes y significativos de las estructuras.

Una vez recopilada la información se procede a realizar los estudios y laboratorios de campo mediante ensayos como los son: (esclérometrías), pruebas de carbonatación (Fenolftaleína), medición de fisuras, verificación de la calidad del agua, toma de imágenes, seguimiento a las afectaciones encontradas y diferentes observaciones que se ejecuten, del levantamiento de daños realizados, y de los resultados de ensayos y mediciones, una vez surtida la etapa se procede al análisis para determinar conclusiones y recomendaciones para las intervenciones.



Se elaboran las fichas técnicas de las pruebas de resistencia de ensayos no destructivos que se realizaron, para determinar las causas directas o indirectas que puedan afectar las estructuras y uso de los tanques de almacenamiento, los niveles de amenaza o riesgo y su influencia.

Después de superada esta etapa, se realiza un diagnostico detallado de las patologías y daños detectados con la explicación que soporta la mejor comprensión del fenómeno de daño con lo cual se realiza un Informe de las Patologías encontradas. En cada caso, se clasifican y se califican los daños con el fin de tipificarlos, tanto del daño en sí, como de los posteriores procedimientos de obra para lo cual, se procede a formular las técnicas de reparación para la solución de intervención.



GLOSARIO

LA PATOLOGÍA EN CONSTRUCCIÓN. La palabra Patología viene, etimológicamente, de la palabra griega “pathos” (enfermedad) y “logos” (estudio) y el diccionario de la real academia de la lengua la define como: “parte de la medicina, que trata del estudio de las enfermedades”. Por extensión, podríamos definir la patología constructiva de la edificación como la “ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen (o en alguna de sus unidades) después de su ejecución”.

PROCESO PATOLÓGICO: Para atacar un problema constructivo deberemos “diagnosticarlo”, es decir, conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado actual. Este conjunto de aspectos del problema, que pueden agruparse de un modo secuencial, es a lo que llamaremos el “proceso patológico” en cuestión. Un diagnóstico, permite conocer la enfermedad (falla o defecto), determinar el estado en que se encuentra el enfermo (condiciones de funcionamiento y resistencia). Permite pronosticar sobre los cambios que pueden sobrevenir sobre la estructura en el curso de la afección que sufre, su duración y terminación por los síntomas que la precedieron o la acompañan. También un diagnóstico es el pronóstico que puede ser optimista, en cuyo caso la estructura afectada evolucionará favorablemente mediante la aplicación de una terapia adecuada, recuperando sus características resistentes mediante una reparación de rutina o, el pronóstico podrá ser pesimista en cuyo caso la estructura afectada tendrá que sufrir amputaciones (eliminación de sus partes o los elementos estructurales afectados) o finalmente su demolición es cuando los elementos que lo componen no “*cumplen*” con las Normas establecidas vigentes.



LESIÓN Es cada una de las manifestaciones observables de un problema constructivo. Es pues, el síntoma o efecto final del proceso patológico en cuestión. Se debe distinguir entre lesiones primarias y secundarias.

CAUSA Podemos definirla como el agente, activo o pasivo, que actúa como origen del proceso patológico y que desemboca en una o varias lesiones. Causas directas, cuando constituyen el origen inmediato del proceso patológico, tales como esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación y Causas indirectas, cuando se trata de errores y defectos de diseño, ejecución o materiales que lo componen, que necesitan la conjunción de una causa directa para iniciar el proceso patológico.

REPARACIÓN, RESTAURACIÓN, REHABILITACIÓN O COLAPSO. Finalizado el diagnóstico y descrito el proceso patológico, con su origen (causa) su evolución y su síntoma (lesión) estamos en disposición de aplicar el remedio. El conjunto de actuaciones (demoliciones, saneamientos, nuevos materiales) destinadas a recuperar el estado constructivo original de dicha unidad, recibirá el nombre de Reparación. Cuando nos refiramos a la reparación de un elemento concreto, mampuesto o de un objeto de decoración con valor histórico o artístico (una obra de arte) se llama Restauración, Rehabilitación o Demolición, las dos (2) primeras cuando tratamos de recuperar la funcionalidad de un inmueble completo o demolición cuando está en peligro de colapso y exponiendo vidas humanas.



SUCIEDAD. Es básicamente la “acumulación y permanencia de partículas ensuciantes en las fachadas de los edificios, sea en su superficie exterior, sea en el interior de los poros superficiales”³.

La suciedad se presenta por:

- **El agua de lluvia y de condensación:** “es un agente fundamental en el proceso de ensuciamiento, tanto por su papel de vehículo de las partículas en su recorrido desde la superficie hasta el interior de los poros, como por el efecto de extracción de dichas partículas y por tanto de limpieza.
- **El viento:** “muy importante en el proceso de ensuciamiento de las fachadas, por ser medio de transporte de las partículas contaminantes, desde su fuente de origen hasta su tropiezo con las fachadas, como por ser también el sistemas de limpieza más directo”.
- **Acumulación de partículas:** “de origen natural: del proceso vital de los vegetales origen inorgánico polvo de tierra y piedras, arena fina “; así mismo “de origen artificial: fuentes urbanas (las calefacciones y tráfico rodado); de origen industrial (combustión de alquitranes y una combinación con distintos metales – Si, Na, Ca, Al, Fe, Mg, Pb-).

DESPRENDIMIENTO: Esta lesión corresponde a la separación incontrolada de un material acabado de soporte sobre el que está aplicado, separación que puede ser solo incipiente, manifestándose por simples fisuras o abombamientos, o puede ser definitiva, con el desprendimiento parcial o total del acabado, hasta dejar desnudo el soporte.

³ PROBLEMAS PATOLÓGICOS PRESENTADOS EN FACHADAS DE LADRILLO A LA VISTA TIPO CATALÁN EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN JOAQUÍN EMILIO ROJAS ECHEVERRI



Se pueden presentar dilataciones en:

- Pisos y baldosas: Los diferentes tipos de desprendimientos dependerán del sistema constructivo del acabado, del material constitutivo de sus elementos y el sistema de sujeción al soporte. Los dos tipos de causas generales que pueden provocar la lesión, teniendo en cuenta el sistema de adherencia son:
- Por esfuerzo rasante provocado.
- Por contracción y dilatación de las baldosas, cuando es exterior.
- Por flecha de la placa soporte, que puede provocar rotura de cualquiera de las juntas, sobre todo si no existe capa de reparto.
- Por compresión de la capa de agarre, cuando esta es mecánicamente débil o la capa de reparto es poco uniforme.
- Por dilatación de elementos infiltrados, sobretodo sulfatos arrastrados por el agua (de capilaridad o de filtración) o presentes en el mortero de agarre, que afectan a la unión mortero – baldosa, levantado esta, o agua que hiela.
- Enchapes. Es de los acabados con desprendimientos más llamativos. Se pueden distinguir varias causas.
- Variaciones dimensionales por cambios de temperatura.
- Helada de agua localizada en la junta superficial exterior, entre plaqueta y mortero.
- Movimientos de soporte, normalmente elásticos por defecto de la estructura, directa (pilares y frentes de forjado) o indirecta (pandeo de cerramientos).
- Fallo de adherencia: 1. Por error de ejecución. 2. Por falta de rugosidad suficiente en el soporte. 3. Por falta de continuidad del mortero en todo el dorso de la plaqueta o entre el dorso y las juntas.

EFLORESCENCIAS. Esta lesión se define como el depósito de sales por cristalización en la superficie exterior de los concretos, los morteros u otros



materiales de construcción. Sales que provienen de los materiales constituyentes del mismo, por disolución en agua que los atraviesa y posterior evaporación al llegar a la superficie.

Usualmente los depósitos eflorescentes están compuestos de sales de calcio (principalmente carbonatos y sulfatos) o de metales alcalinos (sodio y potasio), o de una combinación de ambos. Los depósitos eflorescentes pueden ser clasificados de acuerdo con la solubilidad de sustancias químicas en el agua.

Para que se produzca la eflorescencia, es necesaria la confluencia de tres fenómenos físico- químicos, a saber.

Existencia de sales solubles en algunos de los materiales constitutivos del material afectado (ladrillo, bloque, piedra, árido, mortero, hormigón, etc.).

Presencia de humedad, normalmente infiltrada.

Disolución y transporte de las sales hacia la superficie exterior del material, donde, al evaporarse el agua en contacto con la atmosfera con menor presión de vapor, las sales disueltas se recristalizan adoptando formas simétricas según el sistema de cristalización que nos recuerdan flores, donde viene el nombre d eflorescencia.

LA OXIDACIÓN. Es un proceso por el cual la superficie de un metal reacciona con el oxígeno del aire que lo rodea, produciéndose una capa superficial de óxido de metal en cuestión. En el fondo, no es sino un proceso de recuperación del estado natural de dicho metal de dicho metal. Los metales no se encuentran en la naturaleza en estado puro (excepto los llamados metales preciosos: oro, platino).



Dicha oxidación, en la mayoría de los metales, produce una capa de material suficientemente compacto y resistente como para constituir una protección del resto del metal. Elementos de zinc, cobre y aluminio, metales de mucho uso en las fachadas, resultan auto – protegidos por la capa de óxido superficial que se forma. En cuanto a los metales férricos, tales como el hierro y los aceros, la capa de óxido no es consistente, por lo que se trata de evitar su aparición con distintos tipos de protecciones.

LA CORROSIÓN. Es un proceso también químico (más concretamente “electroquímico”) por el cual se produce una degradación superficial del metal en cuestión al haberse formado una pila electroquímica en la que el metal actúa ánodo (más negativo) perdiendo partículas que, con la electricidad negativa se desplazan hacia el cátodo (más positivo) así, pues, el flujo de electrones del ánodo al cátodo se materializa con esta pérdida de partículas del metal que resulta corroído.

En cualquier caso, para la creación de la pila electroquímica es necesaria la existencia de un fluido conductor (electrolito). Este suele ser, normalmente, el agua, que se ve potenciada con la presencia de sales contaminantes que facilitan el trasvase de electrones.

ORGANISMOS. Son asentamientos incontrolados en las fachadas de los edificios de organismos vivos, en situación activa o pasiva, que provocan lesiones en los materiales constructivos (mecánicas o químicas) o que, simplemente, distorsionan estéticamente el aspecto original; puede ser tanto animales como vegetales, distinguiéndose desde los de menor tamaño, incluso microscópicos (hongos y mohos) y los de gran tamaño macroscópicos.

Importante distinguir la “actitud “ de los organismos con respecto al material lesionado, puede tratarse de una acción pasiva, de simple asentamiento o, por el



contrario, una acción agresiva, de destrucción del material, bien mecánica, rompiendo o alimentándose del huésped (xilófagos), bien química, provocando transformaciones que originan pérdida de resistencia, como los hongos.

EROSIONES. Se considera como la destrucción a alteración de la superficie, de los materiales, que constituyen la capa exterior de los materiales, como consecuencia de acciones conjuntas de agentes exteriores y de características físico - químicas propias de los materiales. Desde ya se establecen dos tipos de causas, 1. Directas. Agentes exteriores. 2 indirectas. Que las conforman las características físico - químicas de los materiales.

- Destrucción o alteración de la superficie.
- La destrucción implica la desaparición de parte del material, marcado de presiones superficiales más o menos extensas o haciendo romas las esquinas, consecuencia de las cripta – eflorescencias “desprendimientos”.
- La alteración de una superficie de un material, supone una transformación normalmente química, de las partículas más externas del mismo; es corriente la aparición de costras y placas en las superficies de las piedras.
- De la superficie de los materiales que constituyen la capa exterior de los elementos.
- Como consecuencia de la acción conjunta de diversos agentes exteriores.
- Mecánicos, como rozas y golpes de personas, máquinas y objetos, hasta los más sutiles como el viento cargado de partículas abrasivas en áreas despejadas.
- Físicos, representados básicamente por los fenómenos meteorológicos (agua y cambios de temperatura).
- Químicos, tanto los contaminantes contenidos en la atmosfera o en el agua.



- Características físico-químicas de los propios materiales, resultado de la selección del material, de su fabricación y de su colocación en la obra, lo que constituye precisamente el conjunto de las llamadas causas indirectas.
- Su resistencia mecánica superficial a la abrasión y al punzonamiento.
- Su estructura celular y sus coeficientes de porosidad y abrasión.
- Su composición mineralógica, no hablara de su capacidad frente a la erosión química.
- Entonces, la erosión, es una lesión de múltiples caras (mecánico –físico – químico) de localizaciones superficiales, fácilmente detectables y muy generalizadas.

GRIETAS Y FISURAS Se pueden definir como “grietas” todas aquellas aberturas incontroladas de una unidad o elemento constructivo en este caso, de cerramiento o tabiques, es decir, de un elemento superficial, que afecta a todo su espesor. Por el contrario, por “fisuras” se pueden entender aquellas aberturas que afectan solamente a la superficie del elemento o a su acabado superficial, del tipo que sea.

Estas lesiones son muy frecuentes en los elementos superficiales, por dos razones básicas: por un lado por su propia técnica constructiva resultan materiales (unidades) poco preparadas para resistir esfuerzos de tracción; por otro lado, el hecho de ser elementos básicamente superficiales y estar colocados en vertical, ayuda a la aparición de estas lesiones que, tanto por la necesidad de un apoyo lineal continuo en su base como por su poco espesor permite su rotura, atravesando todo el grueso en el caso de las grietas.

En cualquier caso las roturas, (grietas o fisuras) se producen al superar el mencionado esfuerzo y provocan la división del elemento unitario original (el cerramiento) en las dos o más partes que empiezan a actuar de un modo independiente tanto físico como mecánicamente.



1. MARCO TEORICO

El trabajo Profesional Integrado (TPI) se desarrolló en tres etapas bien diferenciadas así:

1. Auscultamiento - Historia Clínica⁴.

“Donde se realizó una recopilación de la información general y específica del paciente”.

- a. Acercarnos al paciente de tal forma que logremos identificar y profundizar en sus lesiones y adquirir un criterio claro para plantear soluciones de recuperación.
- b. Plantear una metodología adecuada para el registro de todas las patologías en el paciente y en especial las infiltraciones y EFLORESCENCIAS que se presentan.
- c. Elaborar de una manera muy práctica, un adecuado diagnóstico de lesiones y una propuesta de intervención, recuperación o demolición.
- d. Profundizar en el conocimiento de las lesiones para garantizar una adecuada intervención.
- e. Determinar la importancia de los estudios previos en el diagnóstico para la intervención, como factor predominante de la multidisciplinariedad.
- f. Efectuar estudios y laboratorios de campo (esclerómetros).
- g. Diseñar y elaborar fichas técnicas de campo con sus resultados.

2. Diagnóstico de los pacientes⁵.

- a. En el cual definen y corroboran las causas de las lesiones.

⁴ DIAGNÓSTICO, PATOLOGÍA E INTERVENCIÓN DEL VIADUCTO URBANIZACIÓN BONIVENTO - Agosto de 2005”

⁵ DIAGNÓSTICO, PATOLOGÍA E INTERVENCIÓN DEL VIADUCTO URBANIZACIÓN BONIVENTO - Agosto de 2005”



- b. Comprobación de hipótesis, pruebas y resultados de seguimiento.
- c. Elaboración de fichas de diagnóstico.

3. Intervención⁶.

- a. Selección de procedimientos adecuados de reparación.
- b. Propuesta de intervención, conclusiones y recomendaciones.

⁶ DIAGNÓSTICO, PATOLOGÍA E INTERVENCIÓN DEL VIADUCTO URBANIZACIÓN BONIVENTO - Agosto de 2005”



2. AUSCULTAMIENTO - HISTORIA CLÍNICA.

2.1. DATOS ESPECÍFICOS DEL ESTUDIO.

Para la realización de este estudio patológico pedagógico del paciente seleccionado, “diez (10) tanques de almacenamiento de agua potable del acueducto interveredal del Municipio de Támara Departamento de Casanare”, está conformado por un Ingeniero Civil. Que aportó los conocimientos adquiridos en la especialización “Patología de la Construcción”, para lograr un trabajo idóneo y que sea el abrebocas que nos permita ampliar nuestro campo de acción en el medio profesional.

El equipo de trabajo lo conforma:

- Ingeniero Civil Juan Pablo Barrera Cárdenas.

Este Trabajo Profesional Integrado se inició el 1 febrero del 2015 y se concluyó en diciembre del 2016, con recopilación e información, toma de muestras, visitas al lugar, análisis y un programa acorde de actividades diseñado por el equipo de trabajo con la ayuda y colaboración del coordinador de especialización para posterior calificación.

2.2. DATOS GENERALES DEL PACIENTE.

Ubicado en el Municipio de Támara Departamento de Casanare, de diez (10) tanques de almacenamiento de agua potable del acueducto interveredal del Municipio de Támara Departamento de Casanare” tanque de concreto reforzado,



2.2.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL DEPARTAMENTO DE CASANARE

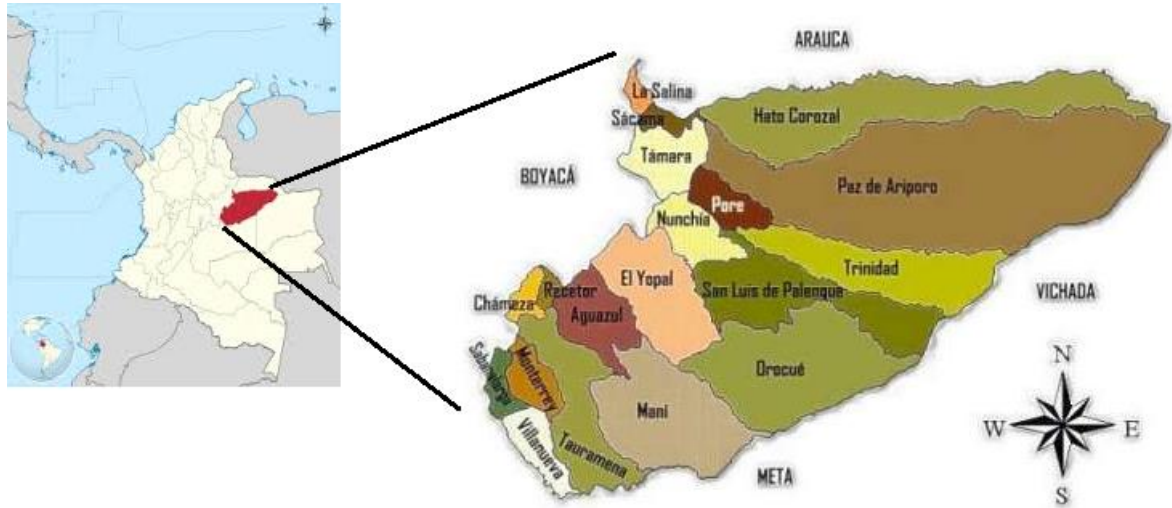


Imagen1. Localización del departamento en el país (fuente: www.tamara-casanare.gov.co/mapas_municipio.shtmlapc)

Casanare es uno de los 32 departamentos de Colombia, siendo uno de los más grandes en extensión (44.490 km²), que representa el 3.9% del territorio nacional y el 17.55% de la Orinoquía colombiana. El nombre del departamento proviene del vocablo saliva Casanari, que significa Río de Aguas Negras⁷.

El territorio del departamento se extiende en el piedemonte oriental de la cordillera Oriental de los Andes colombianos. Pertenece a la región de los Llanos Orientales con todas las características que la identifican. La altura promedio sobre el nivel del mar es de 350 metros, con una temperatura promedio de 26 °C.

La distancia entre la capital del departamento, Yopal, y la capital de Colombia, Bogotá, es de 387 km. Ofrece muchos atractivos turísticos y en especial lo referente

⁷ <https://es.wikipedia.org/wiki/Casanare>.



al ecoturismo. Se cuentan sitios como el caño Aguaclara, el Parque Ecológico Caño Arietes, el río Upía y el Museo del Hombre Llanero, entre muchos otros.

El Casanare es un Departamento con una gran riqueza petrolera, principalmente ganadero, recientemente ha venido desarrollando el sector turístico de manera importante.

Superficie: 44.640 Km².

Población: 169.875.

Año de creación: 1991.

Gentilicio: Casanareño

Capital: Yopal, 46.124 habitantes.

Principales municipios: Maní, Paz de Ariporo, Orocué.

Límites: Por el norte con el departamento de Arauca; por el oriente con el departamento del Vichada; por el sur con el departamento del Meta; y por el occidente con el departamento de Boyacá.

Fisiografía: La mayor parte del territorio es plano y corresponde a la región de los Llanos orientales, con altitud variable entre los 350 m y 550 m. Al occidente se localiza un sector montañoso que va desde el piedemonte llanero hasta más de 3.000 m sobre el nivel del mar, en la Cordillera Oriental.

Economía: A partir de 1991 el departamento fue epicentro del hallazgo del más gran yacimiento de petróleo en la historia de Colombia, en Cusiana. En 1992 se perforaron pozos pero se encuentran yacimientos, (Cupiagua es un yacimiento compuesto por varios pozos). Por lo tanto, el Departamento pasó a depender totalmente de los ingresos por concepto de las regalías de crudo. Su segunda actividad económica es la ganadería bovina, que supera el millón y medio de



cabezas. En la región de piedemonte, la agricultura se ha venido desarrollando con los cultivos de palma africana, arroz y sorgo

2.2.2. LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO EN EL DEPARTAMENTO

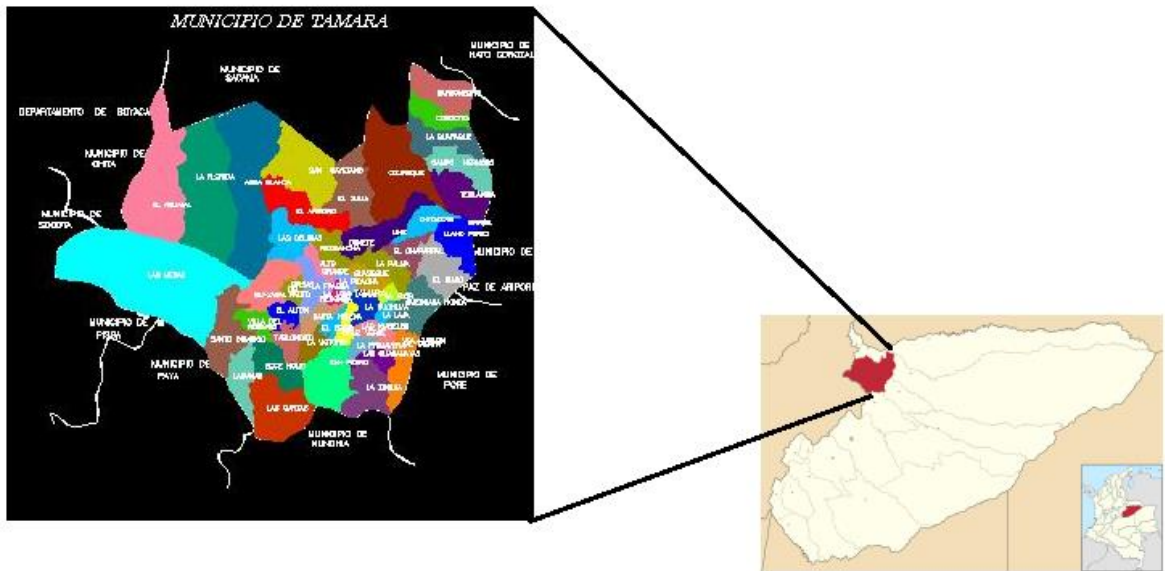


Imagen 2. Localización del municipio en el departamento (fuente: www.tamara-casanare.gov.co/mapas_municipio.shtmlapc)

Támara es un municipio colombiano, ubicado en el departamento de Casanare. Se encuentra en el occidente del departamento, a 95 Km de Yopal, la capital departamental. Fue fundado en 1628 por el Padre José Dadey Pey.

Desde la época de la colonia la fertilidad de sus tierras en la ladera de la Cordillera Oriental de Los Andes le permitió convertirse desde la Colonia en el centro cafetero de la región; posición en la que es reconocido aún en la actualidad pues el café representa su principal actividad agrícola y comercial.

El Municipio de Támara cuenta con paisajes dentro de los cuales se observan: Montaña 75%, Lomerío 20% y Valle y piedemonte 5%.



Este paisaje montañoso forma parte de la cordillera oriental andina y fue allí donde se originó todo el material que sirvió de relleno a la depresión de Casanare y Arauca, se ubica en altitudes que varía de 350 a 3.000 m.s.n.m., abarcando los cuatro pisos térmicos. Actualmente este paisaje está afectado en algunas áreas, las cuales presentan movimientos en masa debido a inestabilidad producto de la elevada pendiente, tala de bosque y abundante precipitación. Este fenómeno causa pérdidas materiales y humanas y de igual manera taponan vías incomunicando esta amplia región carente de infraestructura vial.

El paisaje de lomerio tiene en su relieve lomas y mesas ligeramente onduladas con pendientes de 3 a 12% con grado ligero de erosión a erosión severa. Está localizado al pie del sistema de montañas, contiguo a la planicie (Valles), en altitudes que no exceden los 350 m.s.n.m. y representan el 20% del territorio del municipio.

El paisaje de Valle es de superficie alargada, generalmente angosta, labrados por la incisión de corrientes hídricas que descienden de la cordillera, adquiriendo morfologías diferentes constituidas por abanicos, terrazas pedregosas, estos paisajes se encuentran principalmente entre 650 y 950 m.s.n.m. y conforman el 5% del territorio del Municipio.

Norte: Municipio de Sacama

Oriente: Municipios de Pore a 50 kilómetros y Paz de Ariporo a 70 kilómetros

Occidente: Departamento de Boyacá

Sur: Municipios de Nunchia a 80 kilómetros y Paya

Extensión total: 1.181,81 Km²

Extensión área urbana: 0.99031 Km²

Extensión área rural: 1.180.907 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 1.156 m.s.n.m.



Temperatura media: Temperatura promedio 26° Centígrados ° C

Distancia de referencia: 95 Kilómetros a Yopal capital de Casanare

2.2.3. LOCALIZACIÓN DE LOS TANQUES

Los diez (10) tanques objeto del TPI que se les efectuaron las patologías se encuentran ubicados en la zona rural del Municipio de Támara, en la tabla siguiente observamos su localización por veredas:

NUMERO	TANQUE	VEREDA
1	TANQUE No. 10	PIEDRA ANCHA
2	TANQUE No. 11	PIEDRA ANCHA
3	TANQUE No. 12	PIEDRA ANCHA
4	TANQUE No. 13	ALTO GRANDE
5	TANQUE No. 14	ESTADIO
6	TANQUE No. 16	SANTA HELENA
7	TANQUE No. 17	SANTA HELENA
8	TANQUE No. 18	CRUZ VERDE
9	TANQUE No. 19	ALTO LUNA
10	TANQUE No. 24	LA VICTORIA

Tabla No. 1. Localización de los tanques según la vereda



TIPOLOGIA DE LOS TANQUES: Estructura en concreto reforzado, compuesta de placa maciza reforzada, columnas de soporte de la placa, sin vigas de rigidización, y sistema de contención de muros en concreto. El acero de refuerzo es corrugado. Siendo la estructura antes mencionada de gran importancia, dentro de la NSR – 10 en la que se clasifica según su uso en el grupo IV – “Edificaciones indispensables de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo para atender la emergencia y preservar la salud”, por lo anterior se hace necesaria ser evaluada de acuerdo con la normatividad actual con el objeto de conocer su grado de vulnerabilidad y los daños patológicos presentados. NORMA SISMO RESISTENTE (NSR 10) decreto 926 de 2010.

2.3.MEDIO AMBIENTE⁸.

2.3.1. LA TEMPERATURA:

La variación de la temperatura del Municipio de Támara se debe a la diferencia de altitud que va desde los 350 hasta 3.000 m.s.n.m., presentando 8°C en las partes más altas y 26°C en las partes más bajas. El casco urbano se encuentra a una altura de 1.150 m.s.n.m. y presenta una temperatura media de 22°C.

2.3.2. PRECIPITACIONES:

Según la estación de El Tablón la intensidad de lluvias aumenta en el paisaje de piedemonte entre los meses de abril a noviembre seguida de una época de sequía en condiciones normales. El promedio anual obtenido de los registros de la estación de El Tablón de un periodo analizado de 26 años es de 2976 mm, de igual manera se obtuvo el promedio mensual de agua lluvia registrado en los 26 años. Tomado

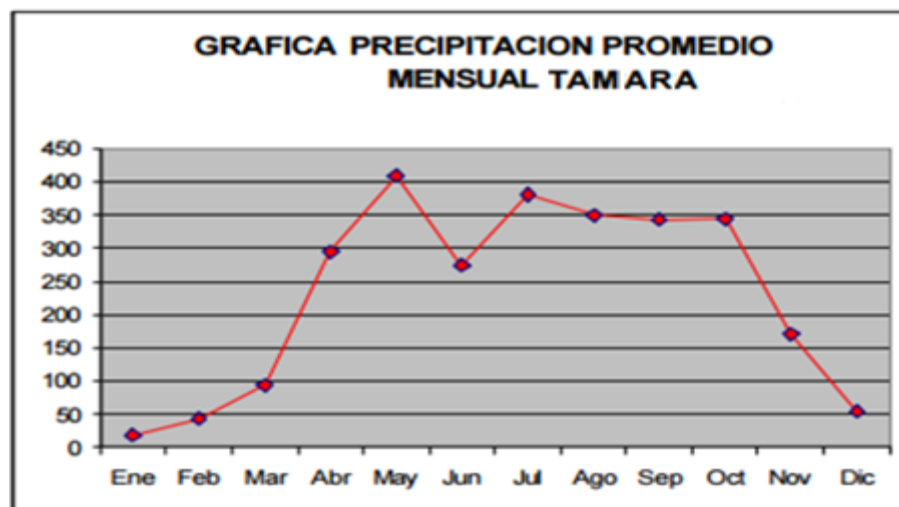
⁸ file:///C:/Users/JBuitrago/Desktop/material%20de%20trabajo%20tpi/E.O.T._TÁMARA.pdf



de Estudio de suelos de Casanare. Tabla 2: Precipitación Promedio en la estación del Tablón de Támara.

Mpio	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun	Jul	Ago	Sept.	Oct.	Nov	Dic	Pro/A
Támara	18	43	94	295	409	274	381	350	343	345	170	54	2.976

Tabla No. 2. Precipitación Promedio en la estación del Tablón Municipio de Támara (Fuente: HIMAT 2016)



Grafica No. 1. Precipitación promedio mensual estación del Tablón Municipio de Támara (Fuente: HIMAT 2016)

Municipio	Estación	Altitud m.s.n.m.	Precipitación mm	Temperatura °C
Támara	Tablón	350	2976	26
Hato Corozal	La Cabuya	575	2934	26
Campohermoso	Campohermoso	1300	3014	21
Chámeza	Chámeza	1080	4918	20

Tabla No. 3. Estaciones Meteorológicas.



En el municipio de Támara, el comportamiento del régimen lluvioso es similar al de la Orinoquía Colombiana, con un periodo seco comprendido entre diciembre a marzo y un periodo lluvioso de abril a noviembre como característica general. El balance hídrico en las diferentes estaciones meteorológicas muestran exceptuando a Campohermoso, que generalmente desde mediados del periodo seco existe un déficit de agua, lo que no ocurre en la parte alta de la cordillera oriental debido a la baja evaporación y evapotranspiración, a la alta condensación y humedad relativa y el menor brillo solar. Podemos decir, que el Municipio de Támara se encuentra en una zona intermedia y que los déficits fuertes de agua solo se presentan hacia el final del periodo seco en las zonas cercanas a la llanura y en el sector sur-occidental donde la escasa vegetación, malas prácticas de manejo de las actividades productivas y alta tala de bosque nativo limitan la retención de humedad y aceleran los procesos erosivos.

2.3.3. HIDROLOGÍA.

En época de invierno el recurso hídrico es una de las principales características del municipio de Támara; abundantes ríos, caños y quebradas conforman una amplia red de drenajes utilizados principalmente para consumo doméstico y para la actividad ganadera. En época de sequía o verano el recurso hídrico disminuye considerablemente, secándose totalmente algunas quebradas y caños, hecho de gran preocupación puesto que denota un marcado desbalance hídrico de las diferentes cuencas, causados por desmedidos procesos de extracción y nulas prácticas de conservación y reforestación.

2.3.4. ASPECTOS GEOTÉCNICOS⁹:

La topografía de la zona donde se diseñarán los sistemas de acueducto veredales es escarpada de difícil acceso y boscosa; algunas de las estructuras están localizadas a media ladera, lo cual hace que se puedan generar problemas de

⁹ Estudio geotécnico para el diseño de sistemas de acueducto veredales, municipio de támara – Departamento de Casanare, Mario Alexander hurtado bayona Ingeniero geólogo.



procesos de remoción en masa una vez se construya la obra, en estos sectores se realizarán análisis de estabilidad de taludes (en caso de ser necesario). El suelo que se encuentra en el área es Normalmente Consolidado (NC), pero con algo de preconsolidación, es decir, que el suelo ha soportado una serie de cargas las cuales son superiores a las que está soportando en la actualidad, que a través del tiempo ha sido solicitado por cargas (construcción de estructuras, fluctuaciones del nivel freático, etc.), efectos de sobrecargas, reacomodaciones por movimientos sísmicos, procesos naturales de sedimentación y erosión posterior a su depositación.

Debido a la construcción de los sistemas de acueducto veredales, el suelo va a soportar una serie de cargas producidas por las nuevas estructuras, las cuales producirán una consolidación (asentamientos). Estos asentamientos inducidos en el suelo de fundación por efecto de aplicación de las cargas no deben ser excesivos, es decir, tienen que ser tolerables por el suelo debido a la nueva reacomodación y sin que estos lleguen a afectar en gran medida a la construcción.

2.3.5. SISMICIDAD¹⁰:

Para el análisis geotécnico, se toman los parámetros de diseño establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR – 10 Título A, la cual ubica el área de estudio en una Zona de Amenaza Sísmica, debiéndose utilizar los movimientos sísmicos de diseño definidos de acuerdo con dicho reglamento, los cuales se pueden expresar por medio del espectro elástico de diseño o por medio de familias de acelerogramas y la verificación del umbral de daño.

Según el espectro de diseño, los valores de A_a , A_v y A_d , para Támara son de 0,35; 0,15 y 0,08 respectivamente, lo cual nos representa una zona de amenaza sísmica alta.

¹⁰ Estudio geotécnico para el diseño de sistemas de acueducto veredales, municipio de támara – Departamento de Casanare, Mario Alexander hurtado bayona Ingeniero geólogo.



Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación, se evalúan de acuerdo con el perfil de suelo independientemente del tipo de cimentación empleado.

De acuerdo con los datos de campo obtenidos en la exploración geotécnica y con los resultados de los ensayos de laboratorio (basado en el número medio de golpes del Ensayo de Penetración Estándar SPT), los cuales muestran que el suelo presenta capas de comportamiento no cohesivo para los cuales se determinan los parámetros para definir el tipo de perfil de suelo,. El procedimiento que se empleó para definir el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30 m superiores del perfil. De acuerdo con la Tabla A.2.4-1 (Clasificación de los Perfiles de Suelo) del Reglamento NSR – 10, el perfil de suelo investigado en la caracterización geotécnica del sitio donde se construirán los sistemas de acueductos veredales se clasifica como D ($50 > N > 15$).

A partir de lo anterior y por su ubicación la zona se caracteriza como:

Zona de Amenaza Sísmica = Alta

Aceleración Horizontal Pico Efectiva (A_a) = 0,35

Velocidad Horizontal Pico Efectiva (A_v) = 0,15

Nivel de Umbral de Daño (A_d) = 0,08

Clasificación de Perfil del suelo = D

Grupo de Uso = IV

Coeficiente de Importancia (I) = 1,50

2.3.6. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:

Las características estructurales hacen referencia al número y valor de las cargas que se transmitirán al suelo, dimensiones de las estructuras, columnas, cimentaciones y demás obras que se generen debido a la construcción de los sistemas de acueductos veredales proyectados.



Las estructuras proyectadas de los tanques de almacenamiento y un paso elevado para la línea de conducción del acueducto en diámetro de 6”. Las cargas axiales que se utilizan para el análisis de la cimentación con mayor frecuencia oscilan entre 5 a 50 toneladas. Cabe anotar que las cargas incrementadas por fuerzas de sismo no superan en ningún caso el 20% de la carga real por peso propio de la estructura más la carga viva de utilización. De acuerdo con los diseños hidráulicos y estructurales de los sistemas de acueductos proyectados, y teniendo en cuenta las propiedades de resistencia al corte del suelo de cimentación, se determina que lo más adecuado técnica y económicamente es diseñar mediante cimentaciones superficiales tipo losas o placas de cimentación.

2.3.7. NIVEL FREÁTICO

Este nivel no se encontró en la exploración geotécnica realizada. Este comportamiento se debe a que el suelo de cimentación es granular permitiendo que el agua lluvia y de escorrentía se infiltre. El nivel freático posiblemente se encontrará a una profundidad mayor que la alcanzada en la exploración geotécnica; por lo tanto, no se prevé que se presenten problemas por la presencia de dicho nivel.

2.3.8. GEOLOGIA¹¹:

Cronológicamente los materiales geológicos se ubican en una secuencia que se extiende desde el cretáceo hasta el cuaternario, secuencia que se relaciona con los distintos paisajes que se han separado; así, por ejemplo: en la montaña dominan materiales del cretáceo (Areniscas cuarzosas, arcillolitas y lutitas), en el piedemonte, lomerío y altiplanicie predominan materiales del terciario (lodolitas, lutitas, areniscas y arcillolitas), en tanto que la planicie aluvial y valles están constituidos por sedimentos del cuaternario (arcillas, limos, arenas y gravas). Las diferentes características de los materiales, dan condiciones específicas a cada uno

¹¹ Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Támara - Casanare.



de los paisajes. Los materiales lutíticos y arcillosos presentes en el paisaje montañoso, le dan inestabilidad causando movimientos en masa principalmente en los frentes libres que se dejan al construir una vía; la poca cohesión que tienen los materiales sedimentarios, como conglomerados, arcillolitas, lodolitas, lutitas terciarias y areniscas, que conforman los paisajes de piedemonte, altiplanicie y lomerío, hacen que se presenten fenómenos erosivos como formación de cárcavas e incisiones profundas; por su parte, los paisajes de valle y planicie aluvial, en su parte más superficial están constituidos por sedimentos aluviales del cuaternario formado por arcillas, limos, arenas y gravas. Regionalmente se presentan en el área de estudio unidades que pertenecen al Terciario y al Cuaternario, definidas y estudiadas por varios autores y resumidas en los trabajos de Miller y Etayo (1.972). Támara se encuentra ubicada dentro de lo que geológicamente se denomina piedemonte llanero. Se caracteriza por ser uno de los sectores donde se encuentra bien marcado el levantamiento de la cordillera Oriental y por ser fundamental en la correlación cronoestratigráfica de las unidades del llano. Regionalmente la zona está enmarcada por 2 (dos) grandes sistemas de fallas; el sistema de Fallas de Borde Llanero al Este, y por el sistema de Fallas de Guaicaramo, el cual afecta directamente las rocas de la parte oriental del Municipio. Tectónicamente, estos sistemas de Fallas marcan el límite entre dos terrenos geológicos con características bien definidas que son el Escudo (Terreno Autóctono) y el Terreno Chibcha definido por Restrepo y Toussant. La unión de estos terrenos ocurrió a finales del Paleozoico y desde entonces dichos sistemas de fallas han propiciado el levantamiento del Bosque W y por lo tanto han afectado a la secuencia Cretácica-Terciaria, del Supraterreno. A principio del Cretáceo, efectos combinados del movimiento de la Falla de Guaicaramo y una transgresión marina (Etayo Serna y Otros, 1.996), permitieron la sedimentación de una predominante fase de Areniscas Marinas someras hacia la Falla de Guaicaramo que actuó como límite de distribución, esta sedimentación está representada por las Formaciones Arenisca de las Juntas y Formación Une. Durante el Turoniano y Coniaciano, se depositó la



formación Chipaque, lo cual expresa una marcada tendencia regresiva y de somerización de la cuenca y se encuentra en contacto transicional rápido con el cuerpo de arenitas de la Formación Guaduas. A finales del Cretáceo comienza la Orogenia Andina y los Macizos de Quetame, Floresta y Santander, actúan como fuentes de aporte del material, representado en la composición de las rocas del terciario: Formación Guaduas, Barco y Los Cuervos; recibiendo a la vez aporte de Escudo. En el cuaternario procesos denudativos y acumulativos dan origen a materiales constituidos por cantos de rocas arenosas que cubren las Sabanas de Cascajal, Peña Negra, Punta del Tablón y otras.

- **ESTRATIGRAFÍA:** Dentro del Municipio afloran rocas del Cretáceo Inferior (Formación Arenisca de las Juntas); las cuales están en contacto fallado (Falla de Guaicaramo) con la secuencia Cretácea Superior – Terciario (Grupo Guadalupe, Formación Guaduas, Formación Barco y Formación Los Cuervos). Cubriendo discordantemente a las rocas Cretáceo-Terciarias, se encuentran depósitos cuaternarios de origen aluvial y coluvial.

2.4. DATOS ESPECIFICOS DEL PACIENTE

Los pacientes tanques de almacenamiento para suministro de agua potable “acueducto interveredal” del municipio de Támara departamento de Casanare, se construyeron entre los años 2015 y 2016, son de varios tipos de tanques según lo calculado y diseñado para cumplir con la demanda de los habitantes según su localización y topografía, en la siguiente tabla podemos observar sus características:

TIPO	DIMENSIONES	VOLUMENES (m3)
1	3.20 * 3.60	11,52



3	8.10 * 7.90	63,99
4	8.70 * 8.50	73,95
5	4.40 * 4.20	18,48
8	5.90 * 5.70	33,63

Tabla No. 4. Características de los tanques.

Son tanques que fueron diseñados, en concreto de 4000 PSI, con refuerzo en acero de 60.000 psi, su fundación fue una placa de contra piso de $e=20$ cm, con un terreno previamente explanado y compactado con mejoramiento en material granular tipo base INVIAS.



A continuación observaremos las condiciones actuales de los tanques:

2.4.1. TANQUE No. 10 TIPO 1 SECTOR PIEDRA ANCHA (BLANCA)



Fotografía 1,2,3,4. Tanque No. 10 tipo 1 sector piedra ancha (piedra blanca)

LOS HIERROS DE LOS SEPARADORES SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A LA SUPERFICIE TANTO EN EL INTERIOR COMO EN EL EXTERIOR DEL TANQUE Y SE EVIDENCIAN MUROS CON ACABADOS NO NIVELADOS, PRESENCIA DE COLORES VERDOSOS (EFLORESCENCIA) DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA VEREDA PIEDRA ANCHA



2.4.2. TANQUE No. 11 TIPO 1 VEREDA LA PICACHA (VOLCAN)



Fotografía 5,6,7,8. Tanque No. 11 tipo 1 Tipo 1 Vereda La Picacha (Volcan)

HAY PRESENCIA DE HUMEDADES EN MUROS DE CONCRETO EN DONDE
SE EVIDENCIA EL ACERO DE REFUERZO A LA VISTA, TAMBIEN EN
ALGUNOS PUNTOS HAY PRESENCIA DE AMARRES DEL ACERO AL
EXTERIOR LO QUE REFLEJA QUE EL ACERO ESTA SUPERFICIAL Y NO
CUMPLE CON EL RECUBRIMIENTO MINIMO EXIGIDO.



2.4.3. TANQUE No. 12 TIPO 5 VEREDA PICACHA (CAFETAL)



LOS HIERROS DE LOS SEPARADORES SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A LA SUPERFICIE TANTO EN EL INTERIOR COMO EN EL EXTERIOR DEL TANQUE Y SE EVIDENCIAN MUROS CON ACABADOS NO NIVELADOS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA VEREDA LA PICACHA (CAFETAL)



Fotografía 9,10,11,12. Tanque No. 12 tipo 1 Tipo 1 Vereda La Picacha (cafetal)

NO SE REALIZA UN BUEN PROCESO DE AFINADO CON LA FINALIDAD DE DAR UN ACABADO LISO A LA ESTRUCTURA HAY PRESENCIA DE COLOR GRIS OSCURO Y EFLORESCENCIAS.



2.4.4. TANQUE No. 13 TIPO 1 SECTOR ALTO GRANDE



Fotografía 13,14,15,16. Tanque No. 13 tipo 1 sector alto grande

LOS HIERROS DE LOS SEPARADORES SE ENCUESTRAN EXPUESTOS A LA SUPERFICIE TANTO EN EL INTERIOR COMO EN EL EXTERIOR DEL TANQUE Y SE EVIDENCIAN MUROS CON ACABADOS NO NIVELADOS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA VEREDA ALTO GRANDE



2.4.5. TANQUE No. 14 TIPO 8 VEREDA LOMA REDONDA



LOS HIERROS DE LOS SEPARADORES SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A LA SUPERFICIE TANTO EN EL INTERIOR COMO EN EL EXTERIOR DEL TANQUE PRESENCIA DE MATERIAL VEGETAL Y EFLORESCENCIA DE COLOR VERDE OSCURO



Fotografía 17,18,19,20. Tanque No. 14 Tipo 8 Vereda Loma Redonda (Estadio)

HAY PRESENCIA DE GRITAS Y FISURAS HORIZONTALES EN LOS MUROS, GRIETAS ENTRELAZADAS QUE FORMAN UNA SERIE DE CUADRILLOS PARECIDAS A LA PIEL DE COCODRILO EN EL CONCRETO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO VEREDA LOMA REDONDA (ESTADIO)



2.4.6. TANQUE No. 16 TIPO 1 SECTOR SANTA HELENA



LOS HIERROS DE LOS SEPARADORES SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A LA SUPERFICIE TANTO EN EL INTERIOR COMO EN EL EXTERIOR DEL TANQUE Y SE EVIDENCIAN MUROS CON ACABADOS NO NIVELADOS Y PRESENCIA DE EFLORESCENCIAS EN LA BASE ACOMPAÑADO DE GRIETAS Y FISURAS PRESENTANDO CAMBIOS EN SU ASPECTO.



Fotografía 21,22,23,24. Tanque No. 16 Tipo 1 Sector Santa Helena

NO SE REALIZA UN BUEN PROCESO DE AFINADO DE LA ZONA A MEJORAR O REPARAR CON LA FINALIDAD DE DAR UN ACABADO LISO A LA ESTRUCTURA.



2.4.7. TANQUE No. 17 TIPO 1 SECTOR SANTA HELENA II



LOS HIERROS DE LOS SEPARADORES SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A LA SUPERFICIE TANTO EN EL INTERIOR COMO EN EL EXTERIOR DEL TANQUE Y SE EVIDENCIAN MUROS CON ACABADOS NO NIVELADOS, SE OBSERVAN EFLORESCENCIA DE COLOR VERDE CLARO Y ACABADOS POSTERIORES MAL EJECUTADOS QUE DAN ASPECTO DE HORMIGONEO.



Fotografía 25,26,27,28. Tanque No. 17 Tipo 1 Sector Santa Helena II

NO SE REALIZA UN BUEN PROCESO DE AFINADO DE LA ZONA, GRIETAS REPRESENTATIVAS EN LA TAPA DEL TANQUE, PRESENCIA DE EFLORESCENCIA DE COLOR GRIS OSCURO.



2.4.8. TANQUE No. 18 TIPO 4 VEREDA CRUZ VERDE



Fotografía 29,30,31,32. Tanque No. 18 Tipo 4 Vereda Cruz Verde

LOS HIERROS DE LOS SEPARADORES SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A LA SUPERFICIE TANTO EN EL INTERIOR COMO EN EL EXTERIOR DEL TANQUE Y SE EVIDENCIAN MUROS CON ACABADOS NO NIVELADOS SE OBSERVAN FISURAS HORIZONTALES EN LA PARTE BAJA DEL TANQUE



2.4.9. TANQUE DE ALMACENAMIENTO TIPO 3 SECTOR LA VICTORIA (ALTO LUNA)



Fotografía 33,34,35,36. Tanque No. 19 Tipo 3 Vereda La Victoria (Alto Luna)

LOS HIERROS DE LOS SEPARADORES SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A LA SUPERFICIE TANTO EN EL INTERIOR COMO EN EL EXTERIOR DEL TANQUE Y SE EVIDENCIAN MUROS CON ACABADOS NO NIVELADOS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA VEREDA LA VICTORIA



2.4.10. TANQUE No. 24 TIPO 3 SECTOR LA VICTORIA II



Fotografía 37,38,39,40. Tanque No. 24 Tipo 3 Vereda La Victoria II

LOS HIERROS DE LOS SEPARADORES SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A LA SUPERFICIE TANTO EN EL INTERIOR COMO EN EL EXTERIOR DEL TANQUE Y SE EVIDENCIAN MUROS CON ACABADOS NO NIVELADOS, PRESENCIA DE MATERIAL VEGETAL EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA VEREDA LA VICTORIA II



2.5.ARQUITECTURA

Los tanques de almacenamiento de agua potable del acueducto interveredal del Municipio de Támara, son unas estructuras en concreto reforzado con una edad no mayor de dos años, siendo estructuras de gran importancia, en la norma actual, podría clasificarse según su uso en el grupo IV - Edificaciones indispensables de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo para atender la emergencia y preservar la salud, por lo anterior se hace necesaria ser evaluada de acuerdo con la normatividad actual con el objeto de conocer su grado de vulnerabilidad y los daños patológicos presentados.

De acuerdo a lo constatado en visitas mediante inspección ocular se encontró que el paciente tiene una figura rectangular de dimensiones que varían según su tipo (ver tabla No. 4), tomamos como ejemplo el tanque de tipo No. 8. (Ver anexo No. 1 Imagen 3. Planta de tanque Tipo No. 8)

2.6.LA ESTRUCTURA

Las estructuras en estudio, están conformadas por tanques de almacenamiento, que hacen parte integral de la Planta de Tratamiento de agua Potable del Acueducto Interveredal del Municipio de Támara - Casanare y por tal motivo es un componente de línea vital, es decir, al ser una infraestructura de acueducto, se convierte en una edificación indispensable, ante un evento sísmico, para nuestro caso tomaremos el tanque Tipo No, 8 que es una de las estructuras más dimensionadas y por sus características de gran importancia. (Ver anexo No. 1 Imagen 4. Corte A - A de tanque Tipo No. 8), (Ver anexo No. 1 Imagen 5. Corte B –B de tanque Tipo No. 8)



2.6.1. CALIFICACION DE LA ESTRUCTURA:

- CALIFICACIÓN POR DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN (A.10.2.2.1-NSR10) : El diseño de la estructura se realizó cumpliendo la norma NSR10; por lo cual se podría catalogar como Diseño Bueno, construcción Buena; entonces la estructura se califica como buena, ver tabla A.10.4-1 NSR10.
- CALIFICACIÓN POR ESTADO DE LA ESTRUCTURA (A.10.2.2.2-NSR10): Los seguimientos que se realizaron en el momento de su construcción nos dicen de un proceso constructivo adecuado, teniendo en cuenta que el agua que se utilizó para la mezcla presenta ciertas deficiencias en calidad y cantidad; verificando en el momento del armado de refuerzo, el tipo de acero presente cumple con los diseño y con la norma, vemos que el recubrimiento es óptimo para algunos casos; por lo cual se califica la estructura como buena por su estado. Los elementos estructurales NO presentan corrosión, Existe regular disposición de elementos de amarre y de los separadores toda vez que en el momento del desencofrado no se realizó el sellado correcto, Se califica la estructura en este aspecto como REGULAR.

2.7.DATOS ESPECIFICOS DE LAS LESIONES

Se realizaron inspecciones visuales detalladas del estado de las estructuras en cuestión y se efectuó un levantamiento detallado de las dimensiones de cada elemento estructural y de los principales daños, complementado con un registro fotográfico de los mismos; además se tomaron muestras no destructivas con el método de martillo esclérométrico, al concreto para caracterizar resistencia, la naturaleza y el tipo de acciones físicas, mecánicas, químicas y/o biológicas que han actuado sobre las estructuras, porque en las visitas realizadas se observan lesiones que indujeron a creer que presentaban problemas patológicos.



Como consecuencia de lo anterior, se presenta el diagnóstico de la las patologías encontradas del concreto de las estructuras y las deficiencias en secciones de concreto y/o acero de refuerzo de los diferentes elementos estructurales. Adicionalmente, se dan las recomendaciones y especificaciones técnicas de reparación e intervenciones pertinentes, para restituir la capacidad estructural, actualizar y dar cumplimiento a lo definido por la NSR-10 y la condición de durabilidad del concreto de las estructuras, bajo las cargas de servicio y las condiciones de exposición previstas.

2.7.1. AFECTACIONES

Como ya indicamos la estructura de los tanques de almacenamiento de agua potable, del acueducto interveredal del Municipio de Támara – Casanare, presenta múltiples afectaciones, los diez tanques que analizamos están exteriorizando las mismas patologías como las describimos a continuación:

- Calidad y cantidad de agua que se utilizó en la mezcla, que generan bajas resistencia y se observan EFLORESCENCIA, las cuales nos con llevaron a realizar las pruebas esclerométricas para obtener los verdaderos valores de las resistencias de los concretos.
- En los procesos constructivos se falló en fraguado adecuado para un buen curado del concreto, por tal motivo nos generan fisuras y grietas en los elementos estructurales y las caras del concreto.
- La ubicación de los tanques respecto al sol que nos produce diferencias en las temperaturas en el momento de la construcción y en el proceso químico del cementante.
- La vegetación que se encuentra en las zonas perimetrales de algunos tanques y por esto nos produce reacciones químicas y microbiológicas en el



concreto en su etapa de dureza, por lo que no se tuvo en cuenta la protección al medio vegetal que lo rodea.

- Las fisuras horizontales en algunos tanques que se observan como consecuencia de falta de vibrado del concreto o demasiada agua en la mezcla nos genera cambio en las estructuras y en su aspecto.
- En el momento del retiro de la formaleta, existe regular disposición de elementos de amarre y de los separadores, toda vez que no se realizó el sellado correcto al concreto, por los elementos metálicos que se utilizaron como separadores y a consecuencia de esto ya presentan oxidaciones y filtraciones.
- Cuando se realizó la explanación del terreno, donde se estableció la zona de fundición de los tanques, no se previó una ronda de protección en cuento a la afectación que la vegetación que abunda en varios sectores de los tanques pueda conllevar a la afectación de la capacidad estructural de la fundación.

Por lo anterior se procedió a verificar las resistencias a las estructuras con métodos no destructivos que a continuación expondremos.

2.7.2. ENSAYOS CON METODOS NO DESTRUCTIVOS¹².

La evaluación de las estructuras de concreto en sitio, además de los métodos de extracción de testigos y pruebas de carga, se pueden realizar mediante ensayos no destructivos, que tienen la ventaja de permitir el control de toda la estructura y sin

¹² civilgeeks.com/2011/12/10/evaluacion-del-concreto-por-el-esclerometro/



afectarla en forma rápida, sin alterar sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales, estos ensayos implican un daño imperceptible o nulo.

Dentro de los métodos no destructivos, los de dureza superficial son los más generalizados, por su economía y facilidad de ejecución, entre ellos el método del esclerómetro es empleado por el mayor número de países.

El esclerómetro fue diseñado por el Ing. Suizo Ernest Schmidth en 1948, constituyendo una versión tecnológicamente más desarrollada que los iniciales métodos de dureza superficial generados en la década del veinte.

Los ensayos o pruebas esclerométricas nos ayudan a determinar el valor tentativo de $f'c$ de una zona del concreto de los tanques de almacenamiento de agua potable para los acueductos interveredales del Municipio de Támara (Casanare), dicho instrumento es el esclerómetro con el cual se consigue una serie de datos los cuales se los conoce como índices de golpes, estos datos realizan su procesamiento con los ábacos y formulas propias del esclerómetro y con las normas NTC 3962 ASTM C80 5-85.

- METODOLOGÍA

Básicamente el proceso está constituido por una masa móvil, con una cierta energía inicial, que impacta la superficie de una masa de concreto, produciendo una redistribución de la energía cinética inicial. Parte de la energía es absorbida como fricción mecánica en el instrumento y otra parte como energía de formación plástica del concreto. La parte restante es restituida a la masa móvil en proporción a la energía disponible. Para tal distribución de energía es condición básica que la masa de concreto sea prácticamente infinita con relación a la masa del percutor del aparato, lo que se da en la mayoría de las estructuras. En consecuencia, el rebote



del esclerómetro es un indicador de las propiedades del concreto, con relación a su resistencia y grado de rigidez.

En (Anexo No 2) se puede observar que la correspondiente resistencia está en función no solo del número de rebote, también depende del estado de la superficie al igual que la orientación de la misma ya sea una horizontal o vertical. Es conveniente para determinar la resistencia de un área limitada, obtener el promedio de por lo menos 16 aplicaciones de rebote distribuidas sobre el área escogida a una distancia mínima de 25 mm entre rebote, este ensayo in situ se prepara en la zona elegida eliminando la pátina de roca meteorizada, la carbonatación, la Eflorescencias alisando la superficie de ensayo mediante una roca de grano fino de carburo de silicio, una vez realizado el alistamiento de la superficie se procede a posicionar el martillo perpendicular a la superficie del área ensayada, se dispara el vástago o punzón de impacto empujando el martillo hacia la superficie de ensayo hasta que el botón salte hacia afuera, se pulsa el botón para bloquear el vástago de impacto después de cada impacto, se procede a realizar la anotación del valor del rebote indicado por el puntero en la escala, el esclerómetro que utilizamos está debidamente calibrado.

Factores que influyen en el ensayo:

- Posición martillo
- Textura y estado de la superficie de concreto (carbonatada aumenta la resistencia)
- Concentración de árido grueso en la superficie (aumenta la resistencia)
- Medida, forma y rigidez del elemento constructivo.



- Edad del concreto.
- Condiciones de humedad interna (baja resistencia)
- Tipo de agregado
- Tipo de cemento
- Calidad y cantidad del agua (baja resistencia)
- Tipo de encofrado
- Manejo del fraguado y curado
- Grado de carbonatación de la superficie
- Acabado, temperatura superficial del concreto, temperatura del instrumento y temperatura de la región.

• TABLA RESUMEN DE RESULTADOS

MUESTRA	CONSOLIDADO RESISTENCIA (PSI)	(PSI)	(%) REQUERIDO
MUESTRA No. 1 TANQUE No. 10	3711	3657	91,43%
MUESTRA No. 2 TANQUE No. 10		3991	99,77%
MUESTRA No. 3 TANQUE No. 10		3350	90,01%
MUESTRA No. 4 TANQUE No. 10		3743	93,59%
MUESTRA No. 5 TANQUE No. 10		3566	89,14%
MUESTRA No. 6 TANQUE No. 11	3933	3483	87,08%
MUESTRA No. 7 TANQUE No. 11		3792	94,79%



MUESTRA No. 8 TANQUE No. 11		4254	106,34%
MUESTRA No. 9 TANQUE No. 11		4433	110,83%
MUESTRA No. 10 TANQUE No. 11		3702	92,56%
MUESTRA No. 11 TANQUE No. 12	3705	2810	70,25%
MUESTRA No. 12 TANQUE No. 12		4055	101,37%
MUESTRA No. 13 TANQUE No. 12		3721	93,03%
MUESTRA No. 14 TANQUE No. 12		3721	93,03%
MUESTRA No. 15 TANQUE No. 12		4215	105,38%
MUESTRA No. 16 TANQUE No. 13	3181	2579	64,48%
MUESTRA No. 17 TANQUE No. 13		3292	82,29%
MUESTRA No. 18 TANQUE No. 13		3323	83,09%
MUESTRA No. 19 TANQUE No. 13		3234	80,84%
MUESTRA No. 20 TANQUE No. 13		3477	86,93%
MUESTRA No. 21 TANQUE No. 14	3865	3381	84,53%
MUESTRA No. 22 TANQUE No. 14		3839	95,98%
MUESTRA No. 23 TANQUE No. 14		4055	101,37%
MUESTRA No. 24 TANQUE No. 14		3850	96,24%
MUESTRA No. 25 TANQUE No. 14		4202	105,06%
MUESTRA No. 26 TANQUE No. 16	3739	3118	77,95%
MUESTRA No. 27 TANQUE No. 16		3965	99,12%
MUESTRA No. 28 TANQUE No. 16		3805	95,12%
MUESTRA No. 29 TANQUE No. 16		3776	94,40%



MUESTRA No. 30 TANQUE No. 16		4029	100,73%
MUESTRA No. 31 TANQUE No. 17	3819	3092	77,31%
MUESTRA No. 32 TANQUE No. 17		3702	92,55%
MUESTRA No. 33 TANQUE No. 17		4311	107,79%
MUESTRA No. 34 TANQUE No. 17		3773	105,38%
MUESTRA No. 35 TANQUE No. 17		4215	63,04%
MUESTRA No. 36 TANQUE No. 18	3495	2521	89,50%
MUESTRA No. 37 TANQUE No. 18		3580	93,51%
MUESTRA No. 38 TANQUE No. 18		3740	97,20%
MUESTRA No. 39 TANQUE No. 18		3888	97,68%
MUESTRA No. 40 TANQUE No. 18		3743	65,92%
MUESTRA No. 41 TANQUE No. 19	3411	2637	65,92%
MUESTRA No. 42 TANQUE No. 19		3566	89,14%
MUESTRA No. 43 TANQUE No. 19		3654	91,36%
MUESTRA No. 44 TANQUE No. 19		3542	88,54%
MUESTRA No. 45 TANQUE No. 19		3654	91,36%
MUESTRA No. 46 TANQUE No. 24	3262	2367	59,19%
MUESTRA No. 47 TANQUE No. 24		3400	85,01%
MUESTRA No. 48 TANQUE No. 24		3599	89,98%
MUESTRA No. 49 TANQUE No. 24		3410	85,24%
MUESTRA No. 50 TANQUE No. 24		3535	88,38%

Tabla No. 5. Tabla Resumen De Resultados



CONCLUSIONES

- Observamos en las muestras esclerométricas tomadas in situ, el comportamiento que arrojan según se ubicación, las placas (tapas) de los tanques arrojan los menores valores registrados, las caras o paredes de los tanques dependiendo su ubicación presentan comportamientos diferentes, por ejemplo las caras occidentales y orientales arrojan menores valores que las caras sur y norte, como consecuencia de la exposición directa de los rayos del sol, lo cual generó presencia de agrietamiento por contracción plástica, incremento de la permeabilidad, reducción a su resistencia a compresión, reducción a su durabilidad y un fraguado acelerado.
- Encontramos eflorescencia en algunos tanques, aspecto de color verde en sus caras laterales debido a la presencia de organismos y microorganismos de origen vegetal o animal sobre las estructuras de concreto, no solamente pueden afectar el confort ambiental y la estética de las construcciones, sino que también puede producir una gran variedad de daños y defectos de carácter físico, mecánico, químico o biológico, lo antepuesto a la creencia de la utilización de agua no óptima para la mezcla por la ubicación de los tanques. Lo anterior permite identificar cuatro tipos de degradación ambiental: biofísico, biomecánico, bioquímico y biológico propiamente dicho. Los dos primeros, afectan principalmente la permeabilidad, la resistencia y la rigidez del concreto; mientras que, los dos segundos, provocan la transformación de los compuestos del cemento endurecido y/o los agregados del concreto. A manera de ejemplo, la vegetación situada sobre una estructura puede retener agua sobre la superficie del concreto o realizar cambio de temperatura, conduciendo a la saturación del material y por lo tanto a causar daños físicos por acción de ciclos de "Humedecimiento o calor".



- En el momento que se efectuó el desencofrado, no se realizó el sellado apropiado de los separadores metálicos de la formaleta, que están empotrados dentro del concreto, por tal motivo se están presentando oxidación de los refuerzos y elementos metálicos, contaminando las propiedades fisico-químicas del concreto, reduciendo su capacidad de permeabilidad presentando a futuro posibles filtraciones.



INTERVENCION Y RECOMENDACIONES

- Como se observó actividad biológica en la estructura de concreto de los tanques y esto juega un papel preponderante debido a sus interacciones con el material, ya que los organismos y microorganismos de origen vegetal o animal sobre las estructuras de concreto, no solamente pueden afectar el confort ambiental y la estética de las construcciones, sino que también puede producir una gran variedad de daños y defectos de carácter físico, mecánico, químico o biológico, por lo anterior solicito verificar y/o cambiar el sitio donde se almacenen las arenas y gravas, para evitar la contaminación por material vegetal y animal del suelo donde se dispone el material final. La materia orgánica es la que corresponde a la descomposición de los vegetales y sustancias carbonosas, cuyas composición química es ácido tánico y sus derivados conocidos con el nombre de humus, por consiguiente las normas a tener en cuenta son la NTC 127 (MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN AGREGADO FINO PARA CONCRETO y NTC 174 (ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO), las cuales nos determinan unas condiciones ideales de los agregados de los concretos como lo son, La granulometría de la arena estará dentro de los límites mostrados a continuación, establecidos en la siguiente tabla:

Tamiz No.	% Que Pasa
9,5 mm (3/8")	100
4 -	95-100
8	80 - 100
16	50 - 85



Tamiz No.	% Que Pasa
30	25 - 60
50	10 - 30
100	2 - 10

Tabla No. 6. Granulometría de agregado fino

El módulo de finura entre 2,3 y 3.1, pasa tamiz 200, no mayor del 3% para hormigón sujeto a desgaste y no mayor de 5% para cualquier otro caso, deberá estar libre de raíces, micas, limos, materiales orgánicos, sales o cualquier otro material que pueda afectar la resistencia del concreto o atacar el acero de refuerzo.

Como mínimo treinta (30) días antes de iniciar el vaciado de los concretos, El ejecutor suministrará los análisis necesarios de las arenas y los agregados gruesos que se utilizarán en la obra. Para comprobar la calidad de los materiales, estos análisis informarán, como mínimo, lo siguiente: procedencia, granulometría y contenido de material que pasa el tamiz No. 200 de los agregados finos y gruesos, módulo de finura, porcentaje en peso de materias orgánicas, tamaño máximo del agregado grueso y los correspondientes resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la calidad de los agregados.

Para tanques de almacenamiento de agua el tamaño máximo del agregado estará de acuerdo con las dimensiones de las partes de la estructura donde se va a colocar el concreto. En los casos en que no se especifique en los planos del proyecto el tamaño máximo del agregado, se recomienda utilizar los especificados en la siguiente tabla:



Parte de la Estructura	Tamaño del Agregado
Fundaciones de concreto simple	100 mm (4")
Paredes de tanque	28 mm (1-1/4")
Losas de fondo y superior	25 mm (1")
Columnas	25 mm (1")
Cúpula esférica	19 mm (3/4")

Tabla No. 7 Tamaño máximo de agregado para tanques de almacenamiento

Además, se debe tener en cuenta que la cantidad de material que pasa el tamiz 200, no será mayor de 1%, ya que se debe garantizar una completa adherencia entre el agregado grueso y la pasta cementante.

- Se solicita verificar la calidad del agua, se debe inspeccionar por lo menos una vez al mes o con anticipación realizar análisis físico químicos al agua que se utiliza en los procesos de elaboración del concreto, el procedimiento de extracción de muestras de agua para concretos es el indicado en las normas NTC 2299, NTC 3459 “El agua debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. Si contiene sustancias que le produzcan color, olor o sabor inusuales, objetables o que causen sospecha, el agua no se debe



usar a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta, o información que indique que no perjudica la calidad del concreto”¹³.

El agua para elaborar el concreto puede tomarse de fuentes naturales y, por lo tanto puede contener elementos orgánicos indeseables o contenidos inaceptables de sales inorgánicas. Las aguas superficiales, en particular, a menudo contienen materia en suspensión, como aceite, arcilla, sedimentos, hojas y otros desechos vegetales, y puede ser inadecuado emplearlas sin tratamiento físico preliminar, como filtración o sedimentación para que dicha materia en suspensión se elimine.

Cada muestra debe ser por lo menos de 5 litros, recogidos en un recipiente limpio y previamente lavado con agua similar, llevando su número consecutivo con fecha y hora, lugar de procedencia del agua (acueducto, carro tanque, pozo, quebrada, río etc.) el sitio donde se toma la muestra, identificación en que se va a utilizar y nombre de quien realiza la toma con registro fotográfico. En el momento que se realiza la mezcla del concreto in situ, se debe tener en cuenta por parte del supervisor de la mezcla la “cantidad y calidad del agua” que se utiliza. Lo que significa que a menor relación agua/cemento (A/C), mayor resistencia, más durabilidad y en general mejoran todas las propiedades del concreto endurecido.

- Una de las fuentes de variabilidad de las propiedades y características del concreto además de las fuentes generadas por los materiales utilizados para su fabricación, son los procedimientos seguidos durante su producción y manejo, es necesario realizar ensayos de laboratorio con gente idónea y para un correcto control en obra, del concreto fresco y endurecido con el fin de garantizar el cumplimiento de las normas.

¹³ Norma Técnica Colombiana NTC 3459



En todos los casos, y para cualquier tipo de estructura, se podrá analizar todas y cada una de las porciones de materiales que lleguen a la obra, rechazar las que no cumplan con las normas, ordenar el relavado, limpieza, reclasificación o cambio de fuente.¹⁴

- Una vez que el agua ha entrado en contacto con el cemento, el concreto empieza a endurecer gradualmente hasta que pasa del estado plástico a rígido, entonces se dice que el concreto ha “fraguado”, por lo anterior es de gran importancia el curado del concreto, que se define como el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el hormigón las propiedades deseadas¹⁵. El curado del concreto es una de las operaciones más importantes en la construcción de hormigón y lamentablemente la más descuidada, por lo anterior debemos tener en cuenta que por el clima (temperaturas altas, vientos y humedad relativa) del Municipio de Támara y sus diferentes veredas, es necesario realizar un correcto curado para garantizar la resistencia y durabilidad y en general todas las propiedades del concreto endurecido, es así que se debe mantener un medio húmedo mediante la aplicación de agua y evitando la pérdida de la misma por medio del uso de materiales sellantes (película de plástico blanco, membranas, fiques, cartón, papel etc.), sin embargo, cabe recordar que entre más tiempo se realice un curado adecuado, mejoran todas las propiedades del concreto endurecido.

- Para la eflorescencia que presentan los tanques se puede limpiar con una solución a base de ácido muriático diluido o productos comerciales que están previamente elaborados para estos casos, como son llamados anti-salitre o anti-

¹⁴ Norma y Especificaciones Generales de Construcción EPM

¹⁵ Concreto simple, Capítulo 6 Resistencia al Concreto; Ing Gerardo A. Rivera



eflorescencia¹⁶. Son estos productos elaborados a base de resinas de látex vinilo acrílico, especialmente diseñados para superficies de cemento frotachado, que actúa sobre la pared formando una película impermeable de alta resistencia a la humedad y al salitre. Los nombres comerciales son, por citar algunos, el SicaTop 107 Seal y el ANYPSA Protex Premiun. Se trata de un producto bastante caro, por ello generalmente se usa sobre las zonas problemáticas únicamente.

- Se deben identificar y definir áreas de la superficie existente de la estructura de los tanques que se encuentren fisuradas, agrietadas, dañadas o sopladas (huecas por efecto de vacíos de aire entre el concreto) y definir el retiro total o parcial de dichas áreas en caso de existir, de forma tal que se descubra y se exponga la estructura de hormigón sana que es sobre la cual se debe trabajar, una vez identificada diferenciar sus tamaños. Toda fisura mayor o igual a 0.4 mm debe ser abierta, de preferencia con cincel y martillo o (preferible con taladro neumático o manual para evitar superficies lisas que evitan después la adherencia del sellador) o disco de corte diamantado, de forma tal que la abertura siga el curso o dirección que ésta tenga. La abertura debe ser siempre más profunda que ancha, cuidando de evitar que ésta tome, en la medida de lo posible una forma de “V”. Fisuras menores a 0.4 mm no requieren ser abiertas, siempre que a través de ellas no escurra agua aún en la forma de lagrimeo. Esta es una condición típica de las fisuras tipo tela de araña en concretos. Abierta la fisura o grieta, ella debe humedecerse copiosamente con agua antes de aplicar el sellador. Los selladores comerciales y sus especificaciones técnicas dependen de la marca del fabricante, como son SikaFix®-HH, Sika®Injection-101, Sika®Injection-306, Sikadur®-35 Hi Mod LV, Sikadur®Crack Weld, Dural 335 etc.

¹⁶ <http://es.wikihow.com/pintar-superficies-con-problemas-de-eflorescencia>.



- Para la resistencia de los tanques, se contactó con el Ingeniero diseñador estructural, exponiéndole los resultados de las esclerométricas para poder determinar si es imperioso algún tipo de intervención, manifestando que es necesario la intervención de los tanques según las ensayos realizados, teniendo en cuenta los valores arrojados de las pruebas esclerométricas recomendó tener en cuenta las siguientes tablas:

TANQUE No.	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	RECOMENDACION INTERVENCION
10	92,78%	ENCAMISADO
11	98,32%	FIBRA DE CARBONO
12	92,61%	ENCAMISADO
13	79,53%	POSIBLE DEMOLICION
14	96,64%	FIBRA DE CARBONO
16	93,47%	ENCAMISADO
17	95,47%	FIBRA DE CARBONO
18	87,37%	ENSAYOS DESTRUCTIVOS
19	85,26%	ENSAYOS DESTRUCTIVOS
24	81,56%	POSIBLE DEMOLICION

Tabla No. 8. Resumen de resultados y recomendación de intervención.

	>84,9%	POSIBLE DEMOLICION
85,0%	89,9%	ENSAYOS DESTRUCTIVOS
90,0%	94,9%	ENCAMISADO
95,0%	100,0%	FIBRA DE CARBONO

Tabla No. 9. Recomendaciones de intervención según porcentaje de resistencias.

En conclusión es necesario realizar las intervenciones recomendadas por el diseñador, según los porcentajes que arrojaron las pruebas de campo, teniendo en



cuenta que en los resultados que arrojan por debajo del 90% debemos realizar profundización de ensayos para tener claridad de los pasos a seguir y así proyectar la solución adecuada, para nuestro trabajo como tema pedagógico realizaremos y practica para nuestra especialización en Patología de la Construcción tendremos en cuenta lo anterior mencionado sin realizar más pruebas de campo, puesto que esto ya lo determinaran la interventoría y supervisión del proyecto, pasando a términos legales que salen de nuestro alcance, por consiguiente realizamos un presupuesto de los costos de las intervenciones dadas por este trabajo para los tanques No. 10, 11, 12, 14, 16 y 17 que se realizara mediante los métodos de encamisado de concreto reforzado y refuerzo de fibra de carbono.

Por consiguiente el reforzamiento por medio de encamisado en concreto reforzado, habrá que preparar la superficie del elemento para garantizar una buena adherencia entre el concreto nuevo y el viejo, además de evitar que ésta se rompa por contracciones volumétricas durante el fraguado. Cuando el encamisado no sea completo, deberá verificarse la necesidad de colocar elementos de conexión que garanticen la transmisión de los esfuerzos de cortante entre la camisa y el elemento por reforzar.

De igual manera la utilización de “TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO PARA REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL” de alta resistencia y alto modulo, para conformar un sistema de polímero reforzado con fibras de carbono. (SikaWrap 350C, Sika CarboDur). Son Materiales Compuestos FRP a base de polímeros reforzados con fibras. La fibra es el componente que “absorbe” los esfuerzos de tracción en la dirección axial a las mismas. En sentido perpendicular a la dirección de las fibras, las propiedades resistentes serán exclusivamente las que aporta la matriz polimérica, siendo claramente inferiores.

Los Materiales Compuestos FRP tienen importantes funciones como la de:



1. Aportar la resistencia a tracción requerida frente a un esfuerzo de tracción.
2. Aportar rigidez (elevado módulo elástico), resistencia a tracción, entre otros parámetros



PRESUPUESTO DE INTERVENCIÓN

PRESUPUESTO INTERVENCION TANQUES DE ALMACENAMIENTO MPIO DE TAMARA (CAS)				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
ENCAMISADO EN CONCRETO PARA REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL				
Suministro, figurado e instalacion de acero de refuerzo PDR 60 o A 37	kg	4.128,00	3.030,00	\$ 12.507.840,00
Malla electro soldada m-084	kg	2.320,00	3.100,00	\$ 7.192.000,00
Anclaje hierro 3/8"- perforación 1/2", longitud 10 a 15 cms incluye epoxico	ml	486,00	7.366,00	\$ 3.579.876,00
Suministro de concreto de 4.000 PSI preparado en obra para placas de fondo, tanques, desarenadores y plantas	m3	10,32	747.550,00	\$ 7.714.716,00
SUBTOTAL				\$ 30.994.432,00
TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO PARA REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL				
Adhesivo tixotrópico de dos componentes a base de resina epoxi, Concrevis 1460 "BASF Construction Chemical", para la correcta unión entre el concreto fresco y el concreto endurecido o para mejorar la adherencia del concreto endurecido y el acero.	kg	454,08	24.605,60	\$ 11.172.910,85
Imprimación de dos componentes a base de resina epoxi, MBrace Primer "BASF Construction Chemical", para aplicar con brocha o rodillo sobre elemento estructural a reforzar mediante hojas o laminados de fibra de carbono.	kg	90,816	54.053,56	\$ 4.908.928,10
Hoja de fibra de carbono unidireccional, MBrace Fibre CF 130 "BASF Construction Chemical", 300 g/m², de 300x50 mm y 0,170 mm de espesor, resistencia a tracción 4900 MPa, módulo de elasticidad 230.000 N/mm² y elongación última 2,10%, para refuerzo de estructuras.	m²	227,04	181.627,57	\$ 41.236.723,49
Resina epoxi saturante, MBrace Fibre Saturant "BASF Construction Chemical", para la aplicación con rodillo sobre soportes de concreto o acero, en sistemas de refuerzo estructural mediante hojas de fibra de carbono, fibra de vidrio o fibra de aramida en columnas trabajando a compresión, vigas trabajando a cortante o flexión.	kg	181,632	27.468,30	\$ 4.989.122,27
SUBTOTAL				\$ 62.307.684,71
TOTAL				\$ 93.302.116,71



BIBLIOGRAFÍA

- <https://encolombia.com/educacion>
- <https://cultura/geografia/departamentos/casanare/#sthash.QA4wTa4i.dpuf>
- file:///C:/Users/JBuitrago/Desktop/material%20de%20trabajo%20tpi/E.O.T._TÁMARA.pdf
- http://www.Támara-casanare.gov.co/informacion_general.shtml
- Estudio patológico del tanque de almacenamiento para suministro de agua potable del barrio “la esmeralda” de la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta, Arq. Sandra Lorena cruz quintero, c.arq.ing. Martha lucia linares Ibarra, c.arq.ing. Luis Evaristo moreno fuentes.
- Estudio geotécnico para el diseño de sistemas de acueducto veredales, municipio de támara – Departamento de Casanare, Mario Alexander hurtado bayona Ingeniero geólogo NOVIEMBRE DE 2010.
- <http://es.slideshare.net/demetriofernandez313/tanques-de-almacenamiento-en-concreto-y-mampostera>.
- <file:///C:/Users/JBuitrago/Documents/Downloads/ESPECIFICACIONES%20TANQUE%20DE%20ALMACENAMIENTO.pdf>
- Trabajo Profesional Integrado (Tpi) “Diagnóstico, Patología E Intervención Del Viaducto Urbanización Bonivento” Municipio De Envigado – Antioquia, ING. William Galeano Restrepo, Arq. Luis Fernando Gil Cardona, adm. Gustavo Adolfo López Henao, UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS.
- Problemas Patológicos Presentados En Fachadas De Ladrillo A La Vista Tipo Catalán En La Ciudad De Medellín Joaquín Emilio Rojas Echeverri
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Casanare>.
- <https://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%A1mara>
- http://www.tamara-casanare.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc
- <https://www.google.com.co/search?q=localizacion+de+tamara+casanare&rl>



- Aplicaciones De Refuerzos De Estructuras En Base A Fibras De Carbono, Mercedes Fernández Flores, Tutor: Arq. Jorge Schinca.
- <http://www.colombia.generadordeprecios.info>.
- civilgeeks.com/2011/12/10/evaluacion-del-concreto-por-el-esclerometro/
- Norma y Especificaciones Generales de Construcción EPM



ANEXO No. 1 PLANOS

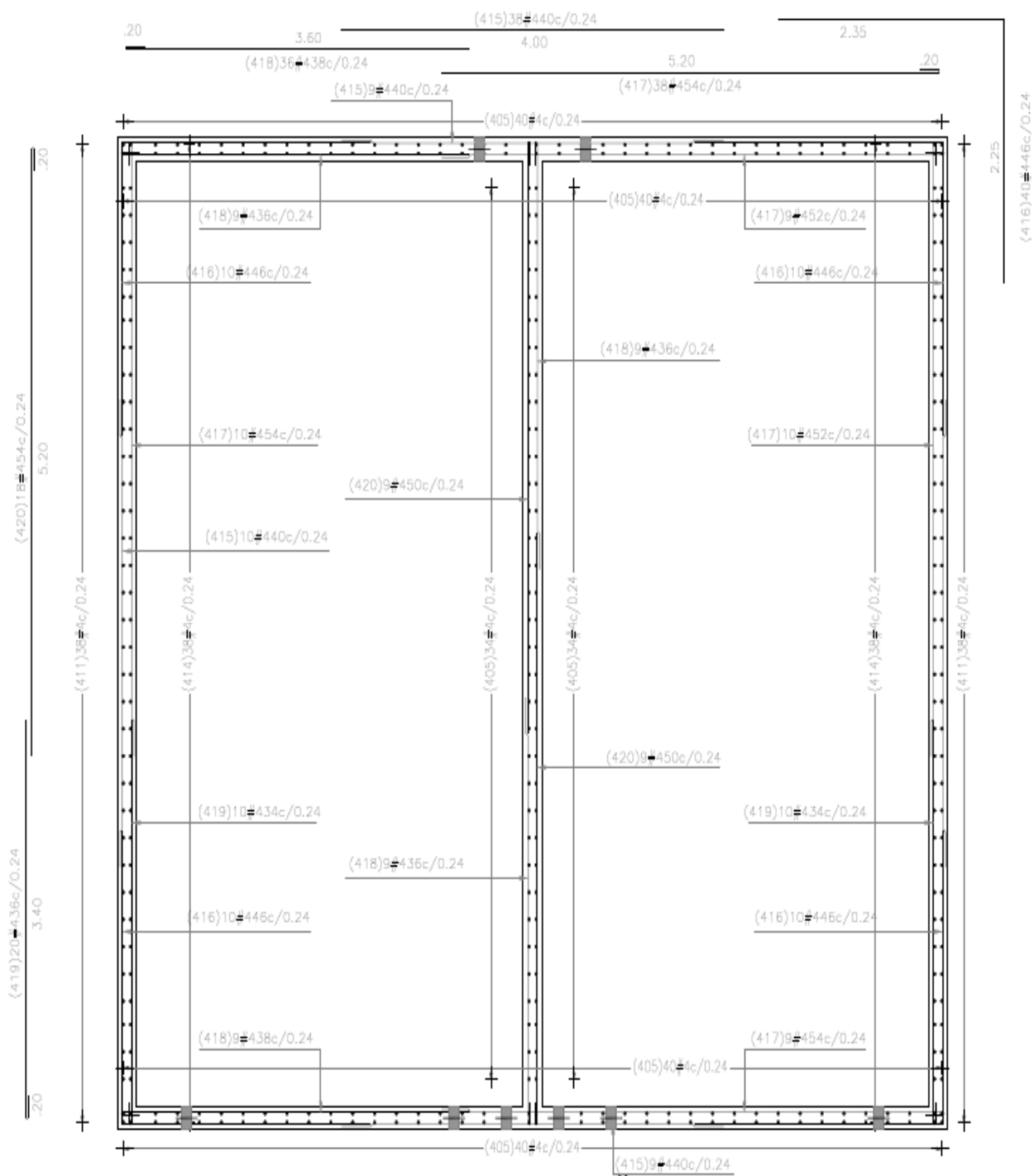


Imagen 3. Planta de tanque Tipo No. 8

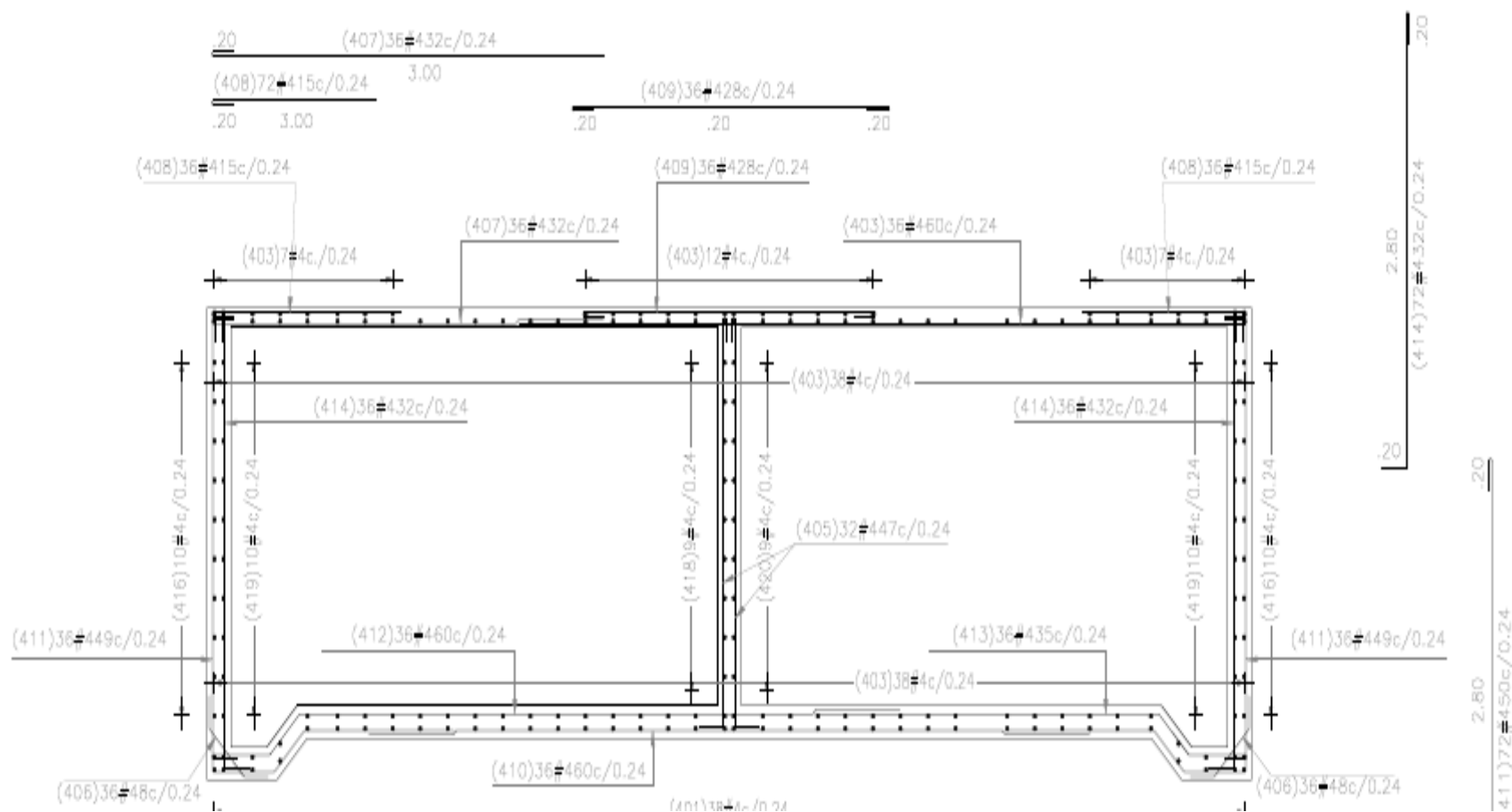
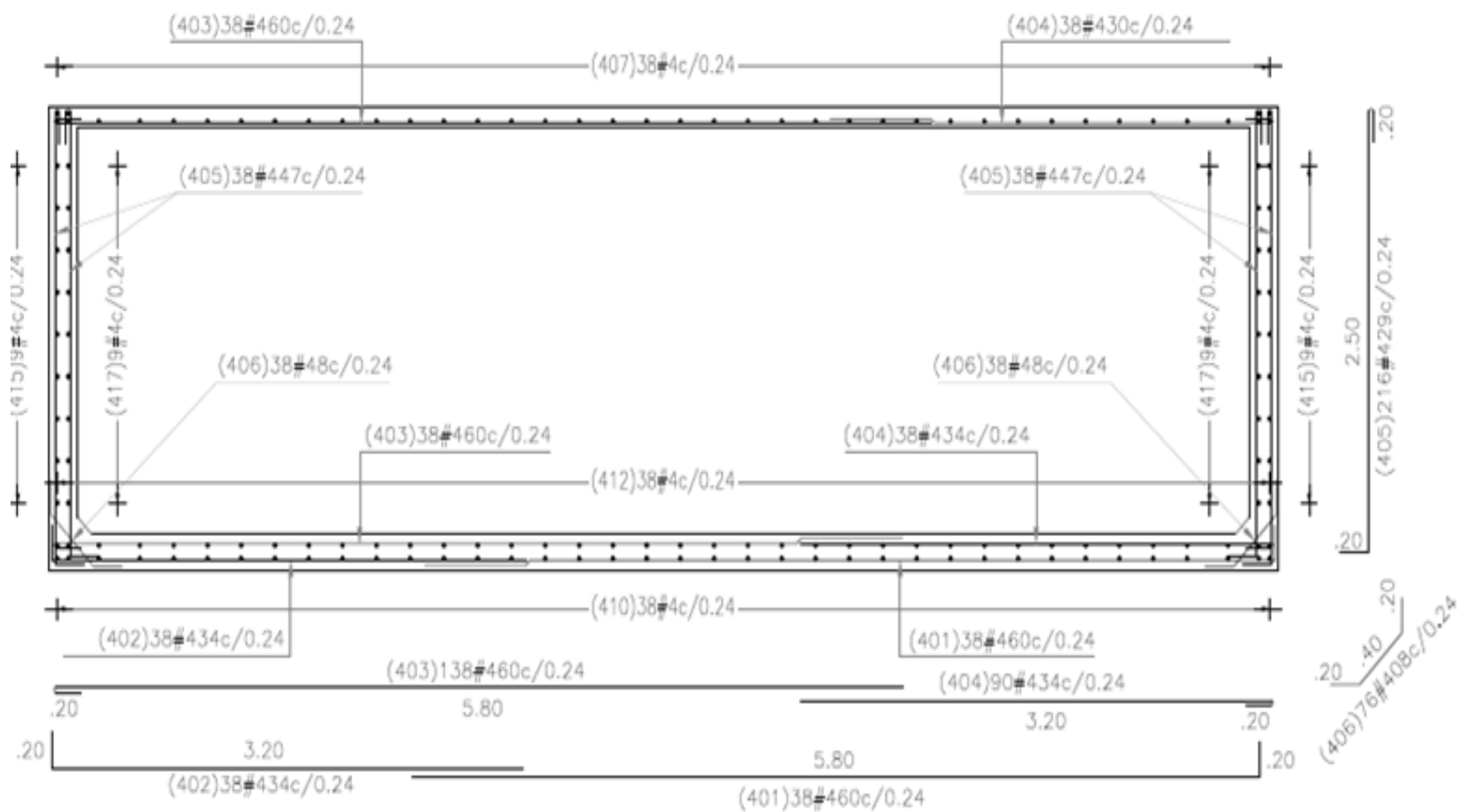


Imagen 4. Corte A - A de tanque Tipo No. 8



REFUERZO CORTE B - B

Imagen 5. Corte B –B de tanque Tipo No. 8



MUESTRA No. 2 TANQUE No. 10

CARA SUR

No. DE TOMA	VALOR	MUESTRAS VALIDAS	% MEDIANA
1	32	1	83,12%
2	37	1	96,10%
3	37	1	96,10%
4	38	1	98,70%
5	31	1	80,52%
6	39	1	101,30%
7	45	1	116,88%
8	40	1	103,90%
9	42	1	109,09%
10	37	1	96,10%
11	42	1	109,09%
12	45	1	116,88%
13	40	1	103,90%
14	37	1	96,10%
15	38	1	98,70%
16	42	1	109,09%

16

31 DAT. MINIMO

45 DAT. MAXIMO

622 SUMA TOTAL

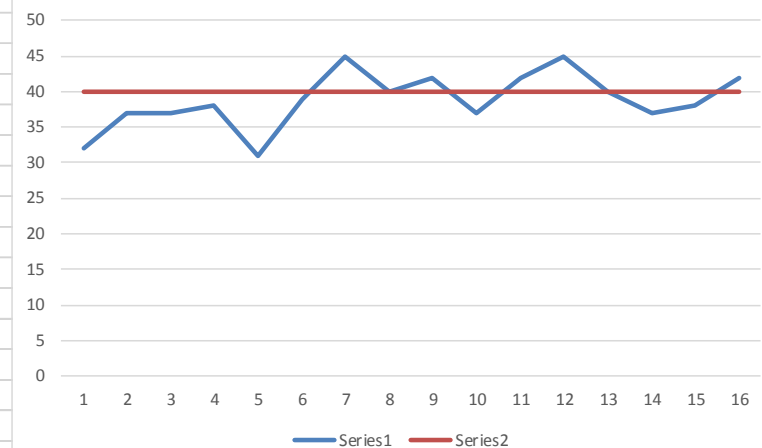
38,88 PROMEDIO

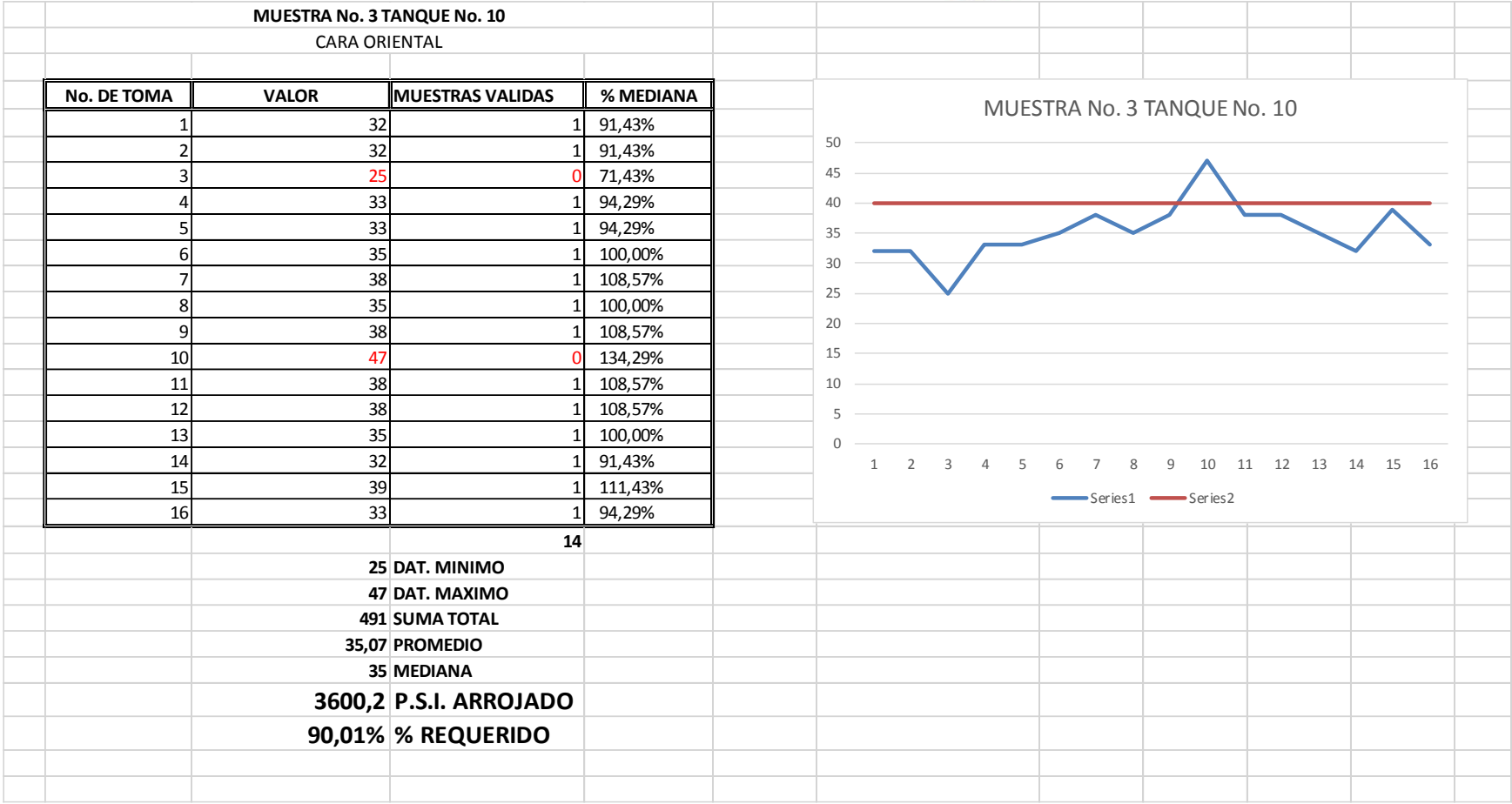
38,5 MEDIANA

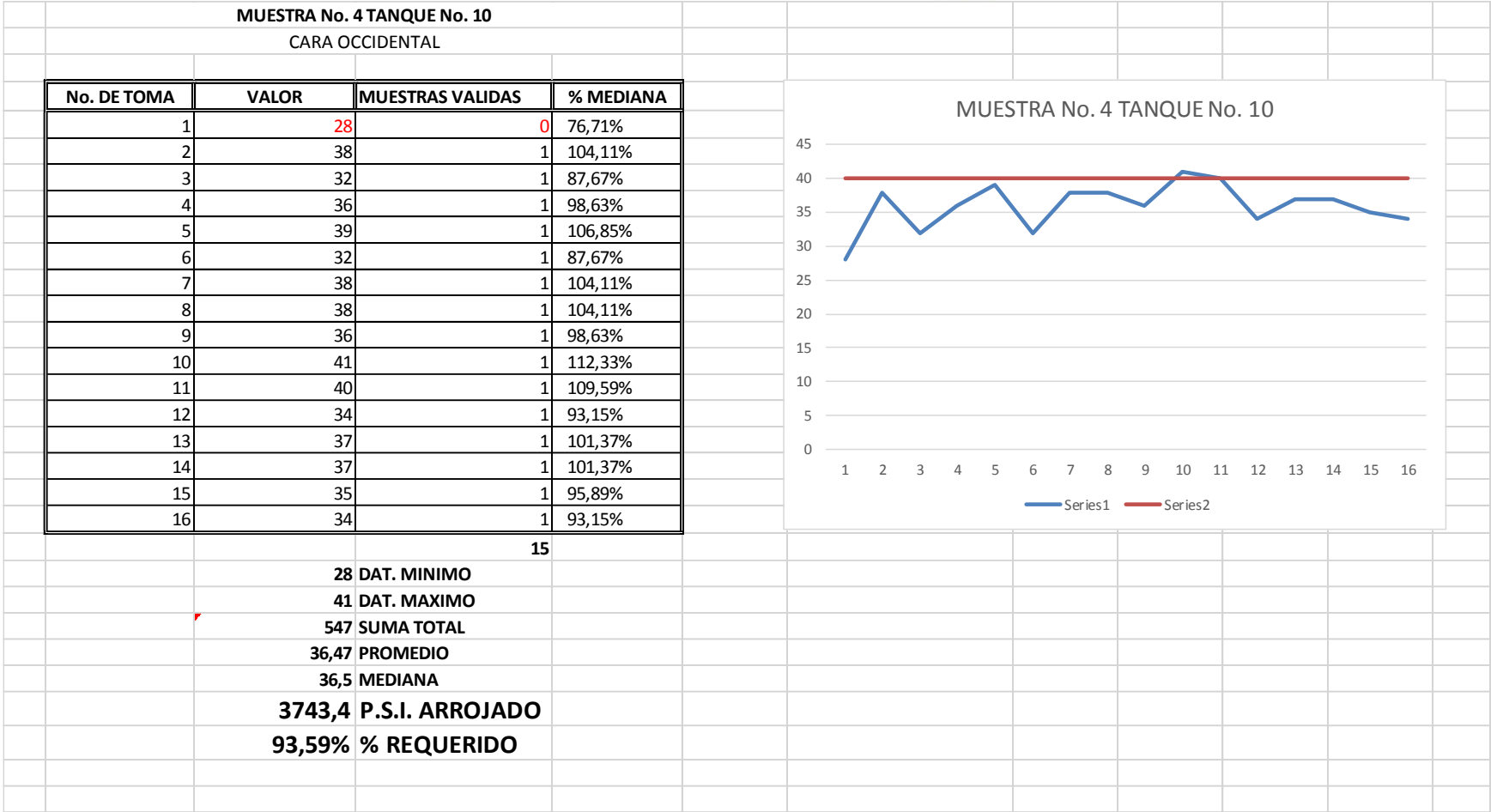
3990,7 P.S.I. ARROJADO

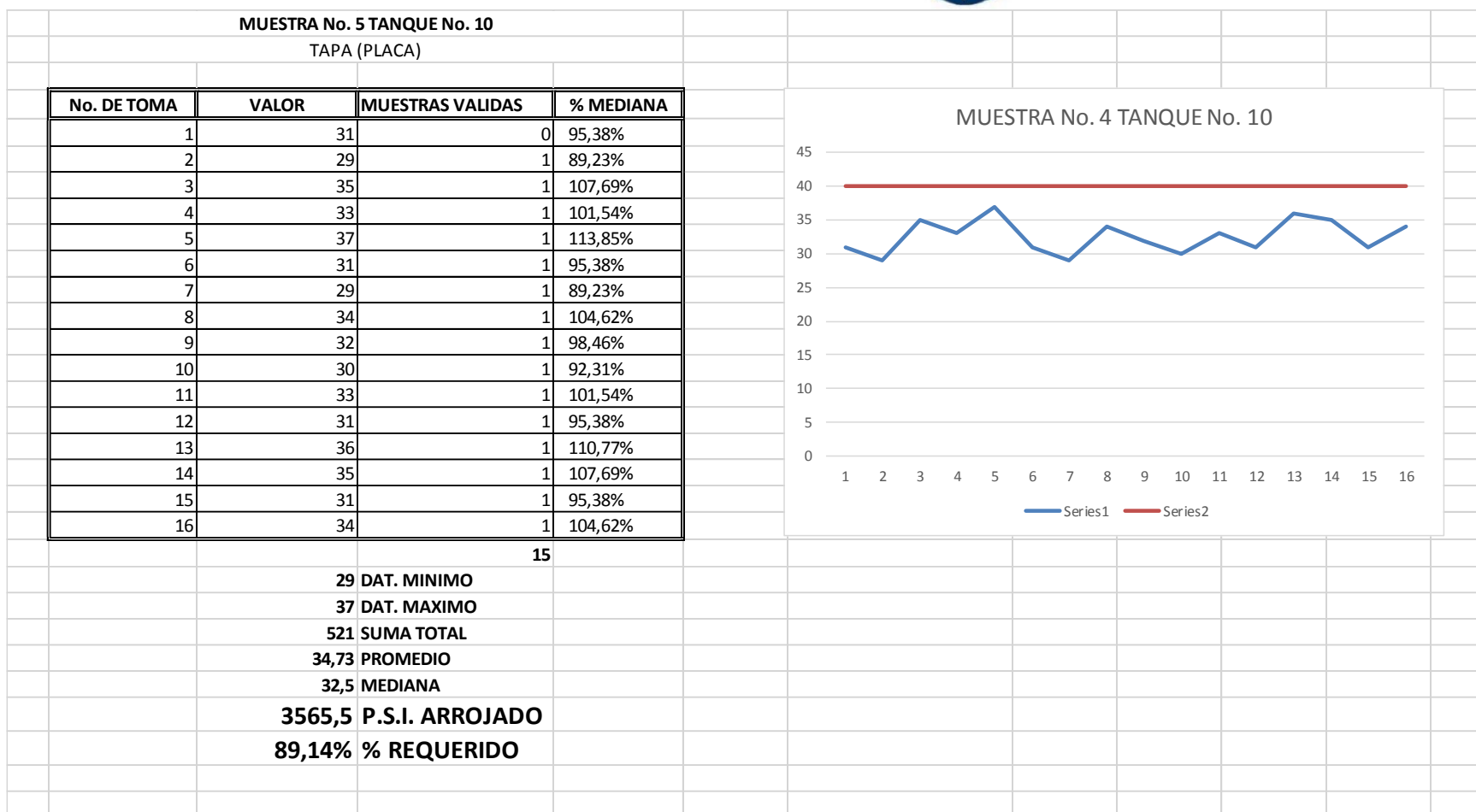
99,77% % REQUERIDO

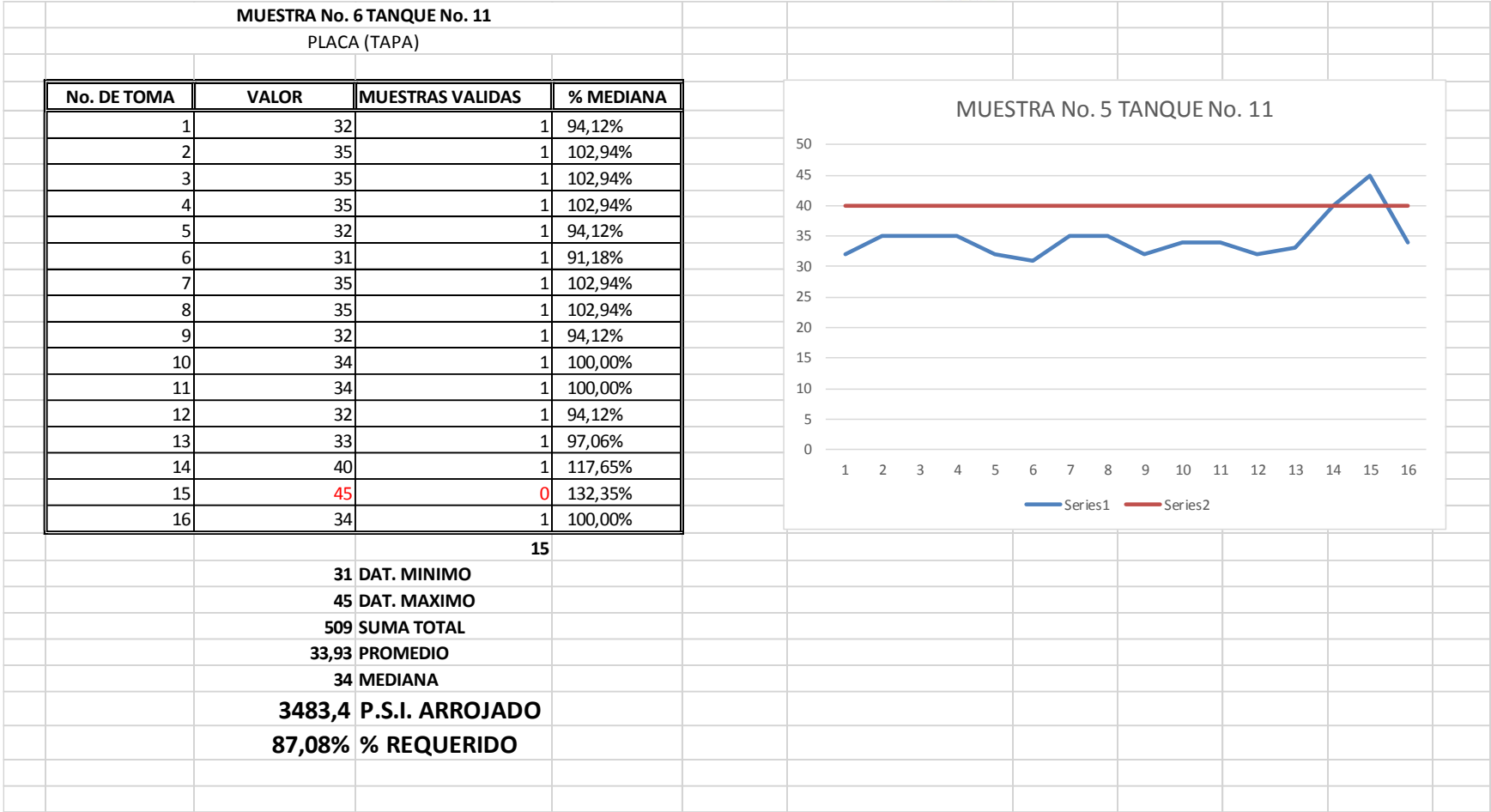
MUESTRA No. 2 TANQUE No. 10

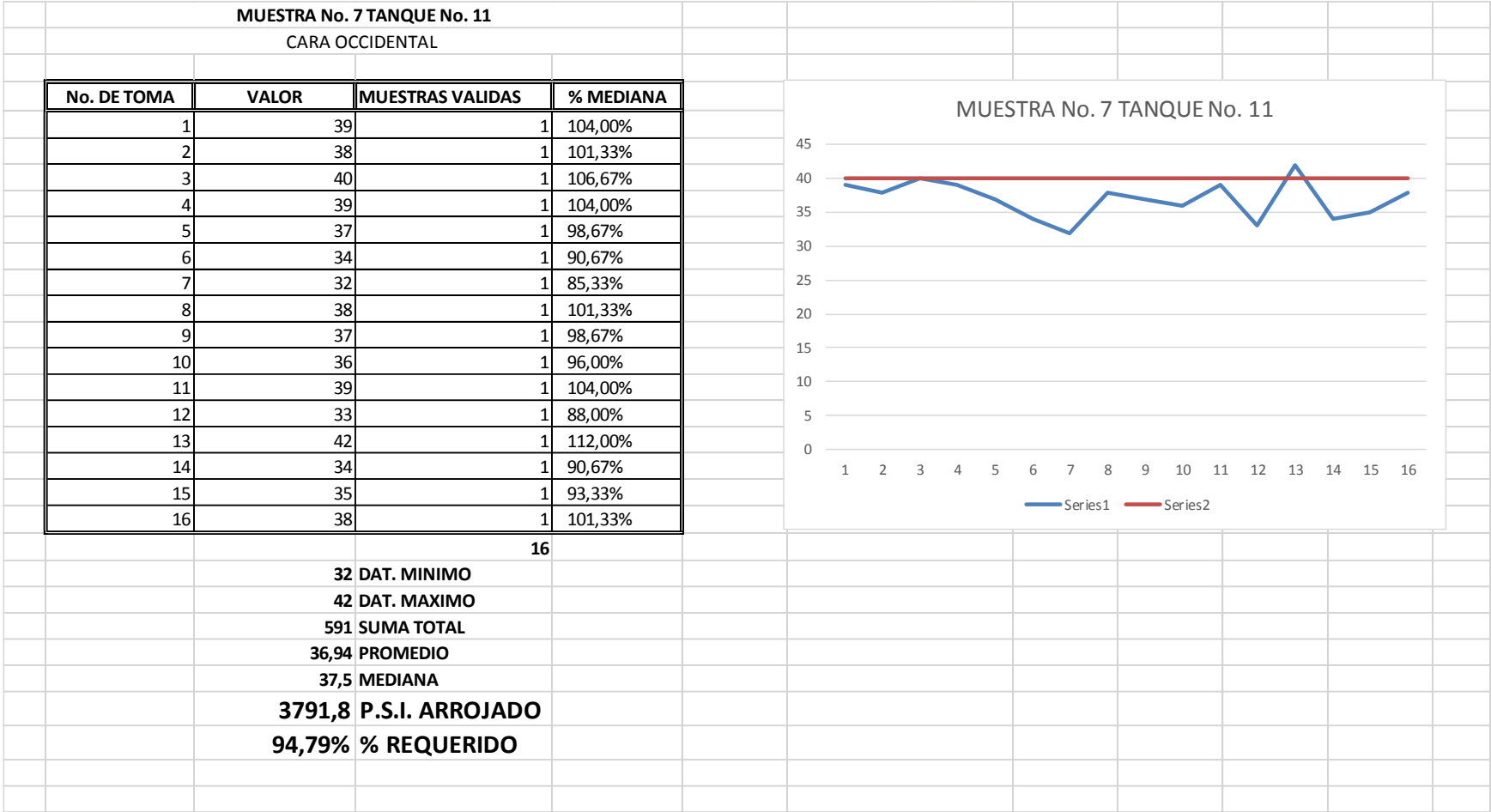


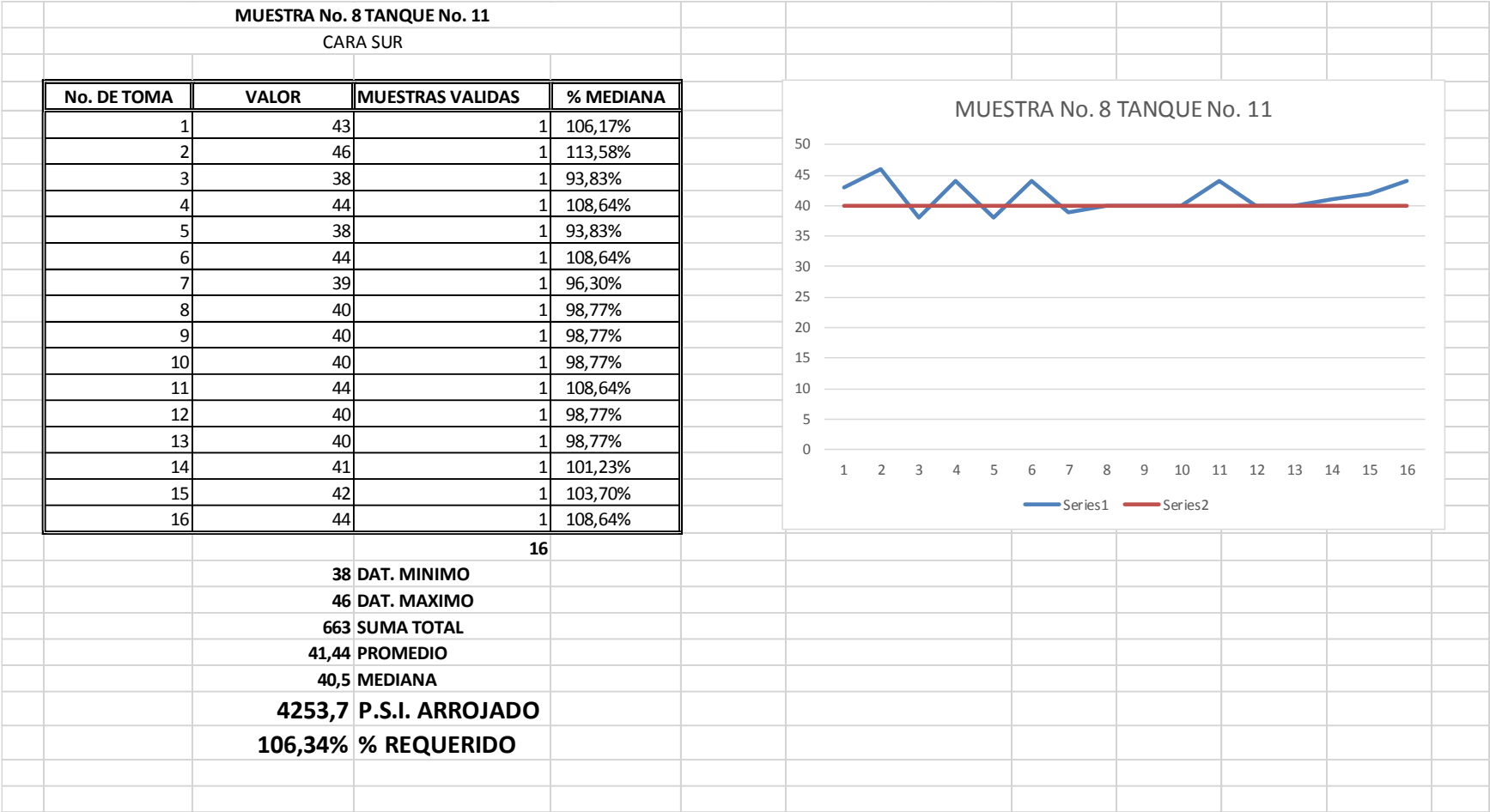


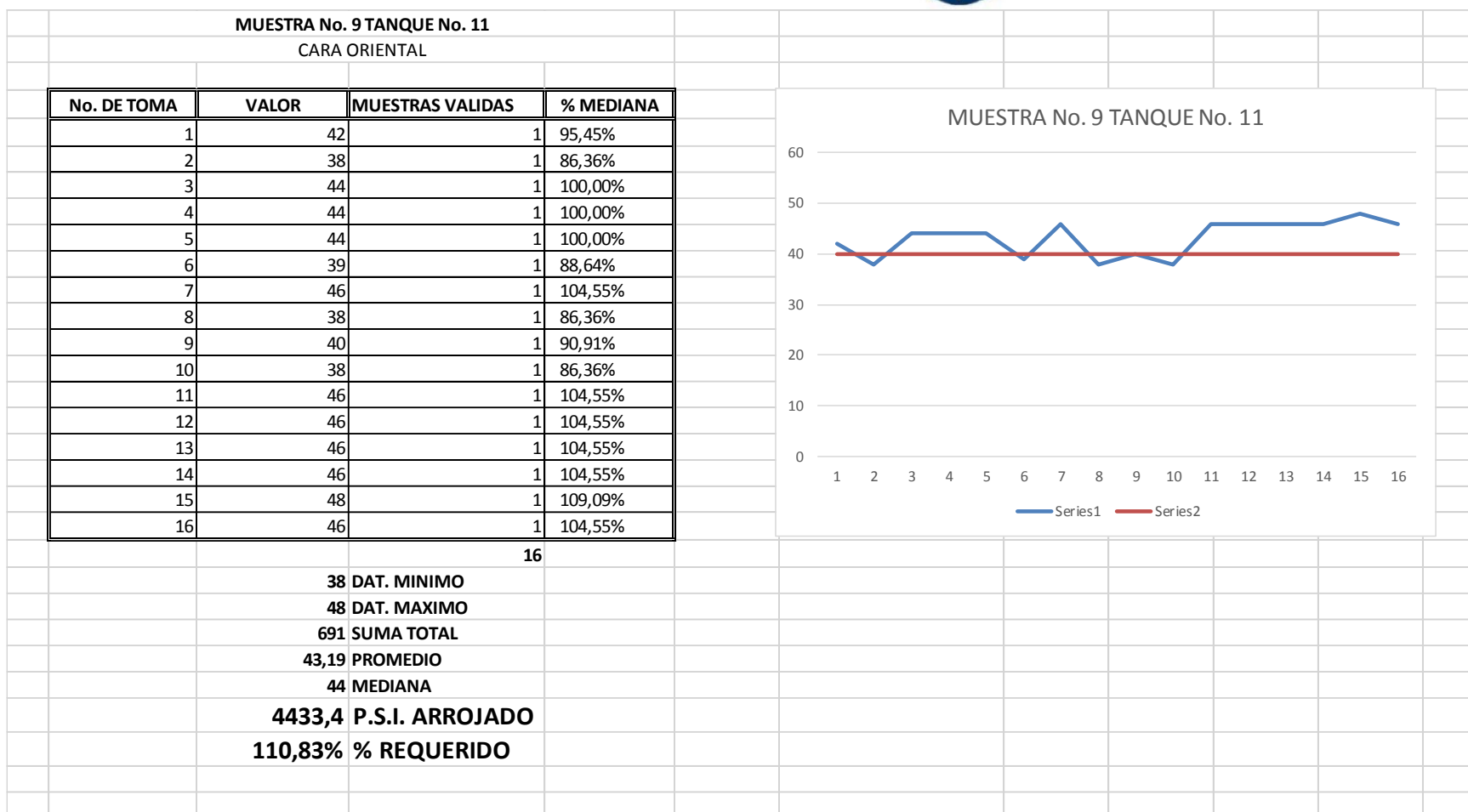


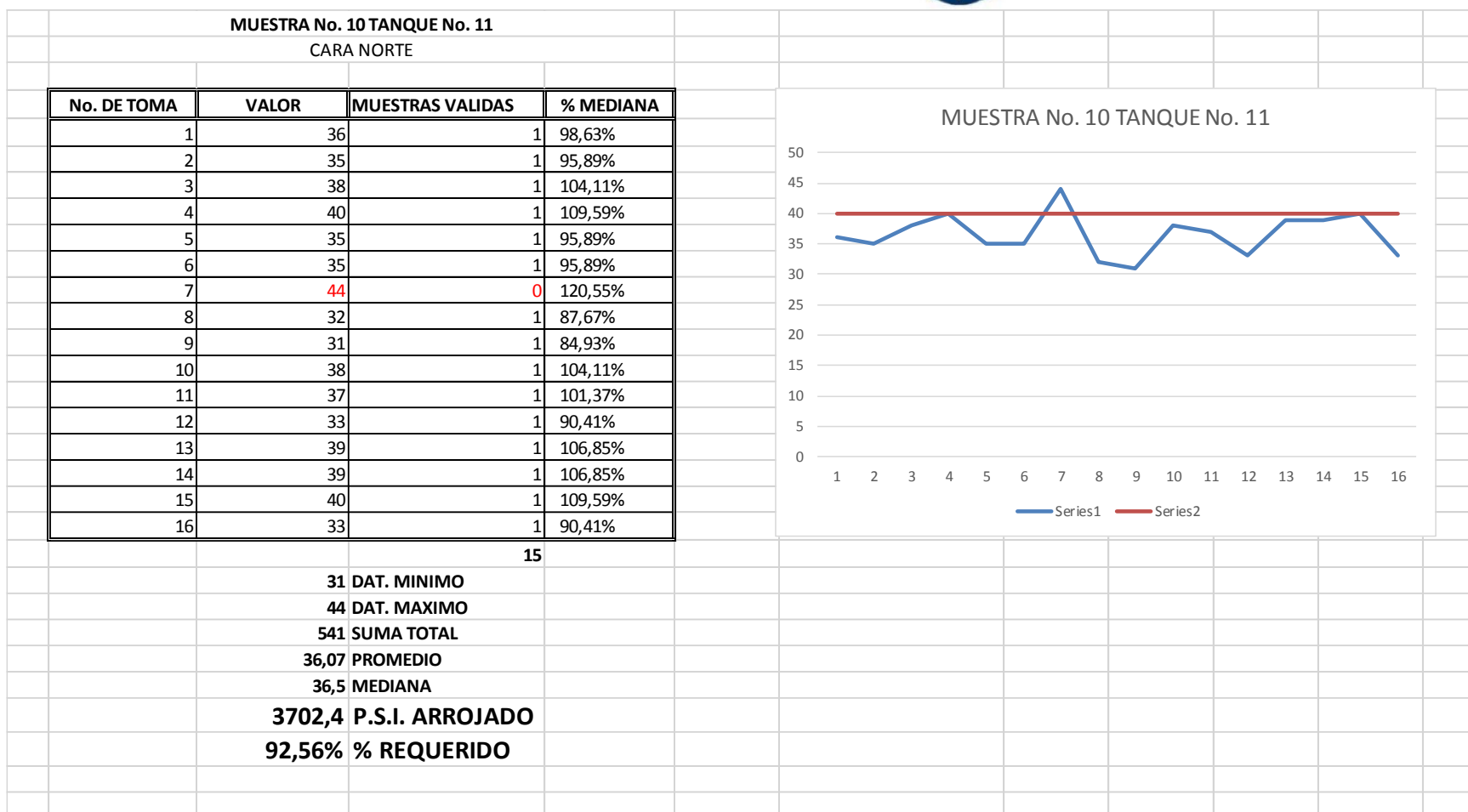


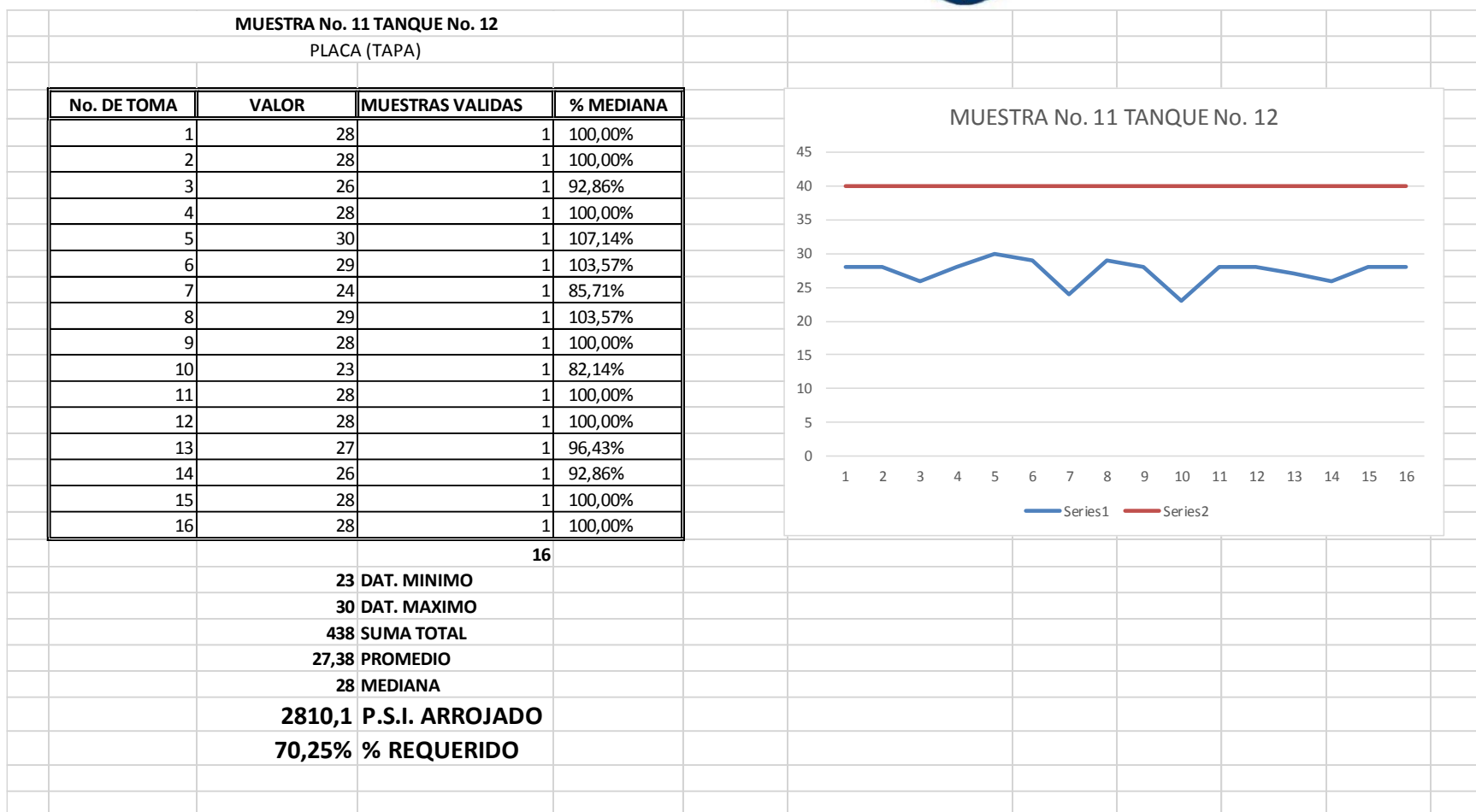


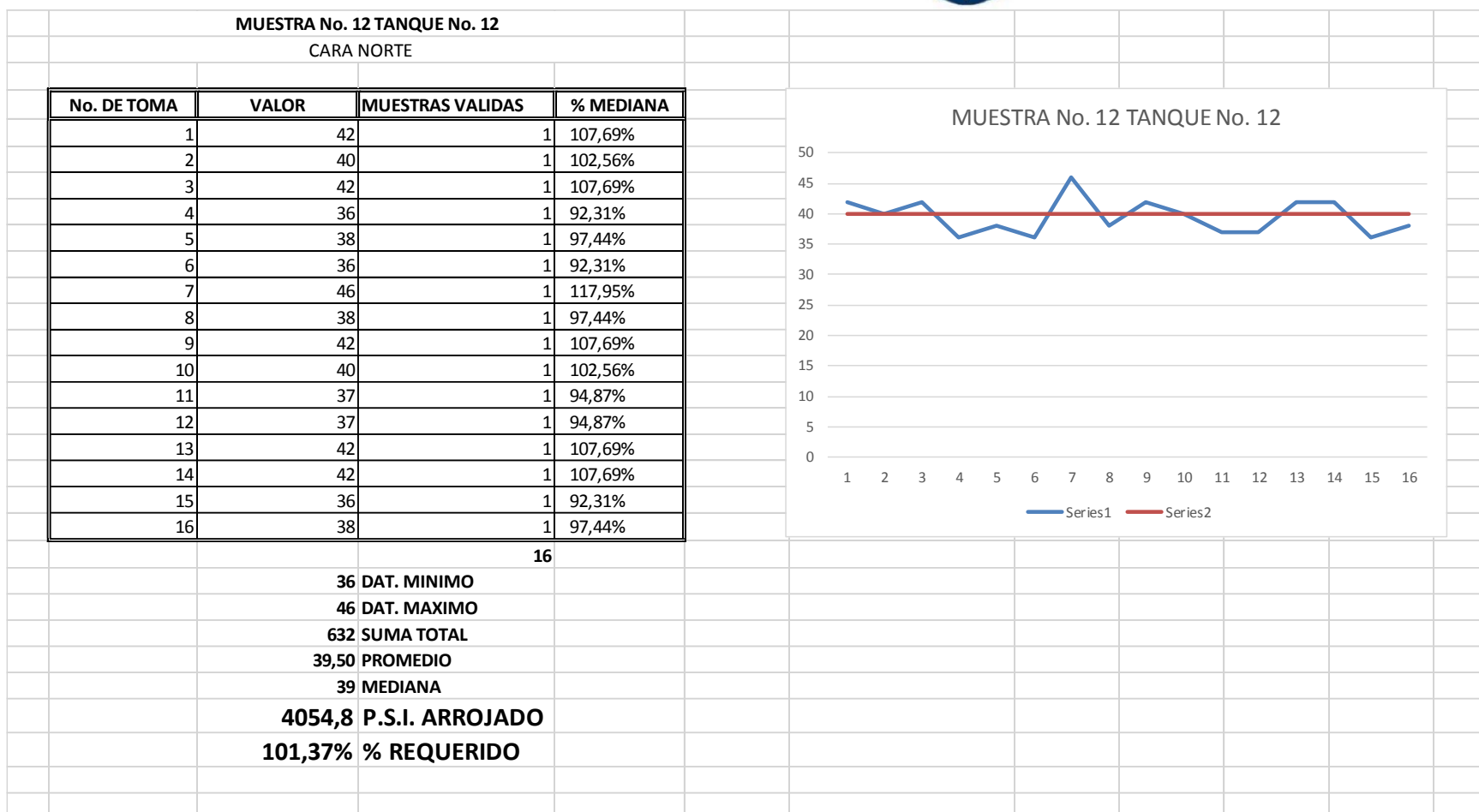


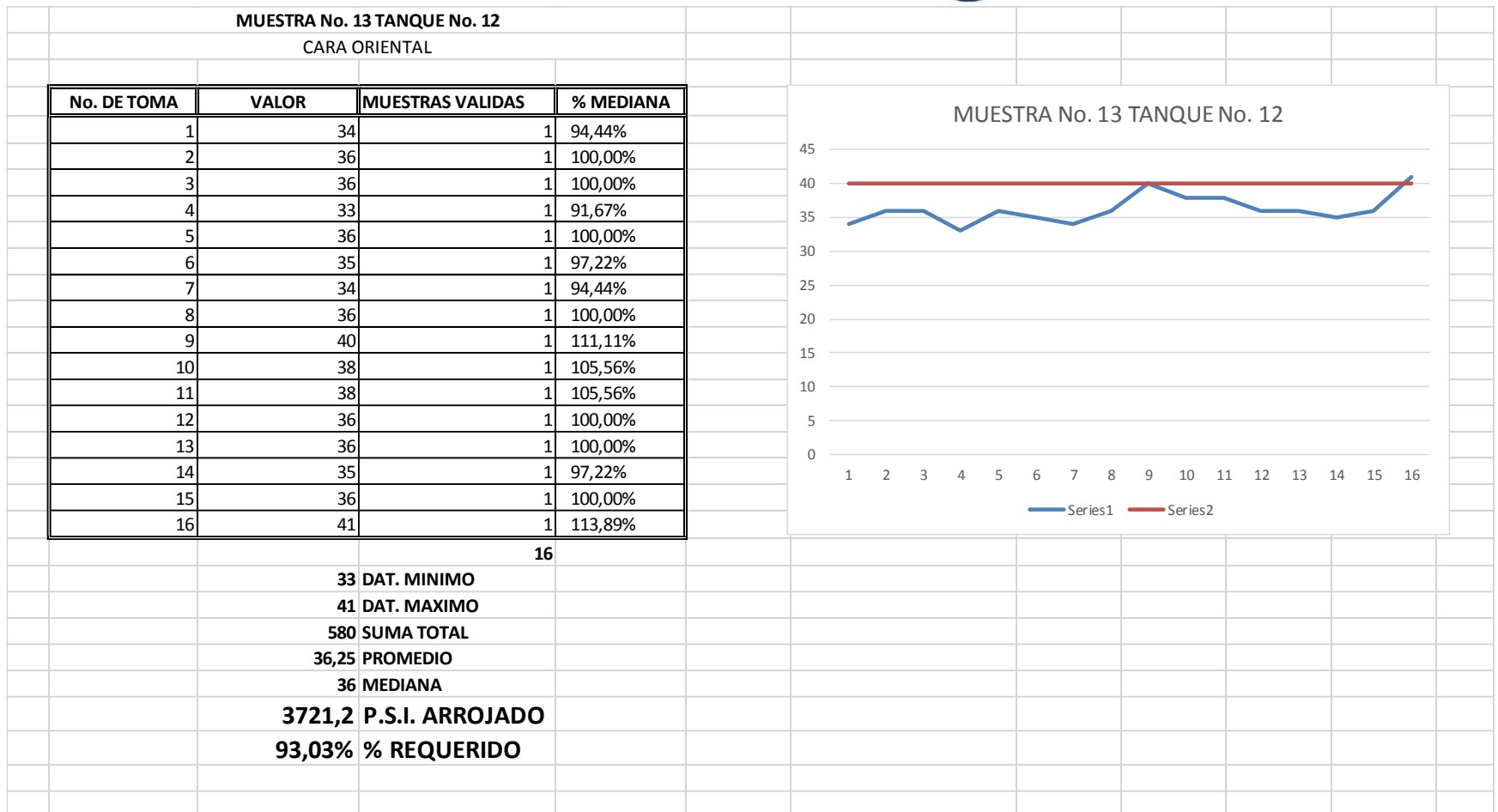


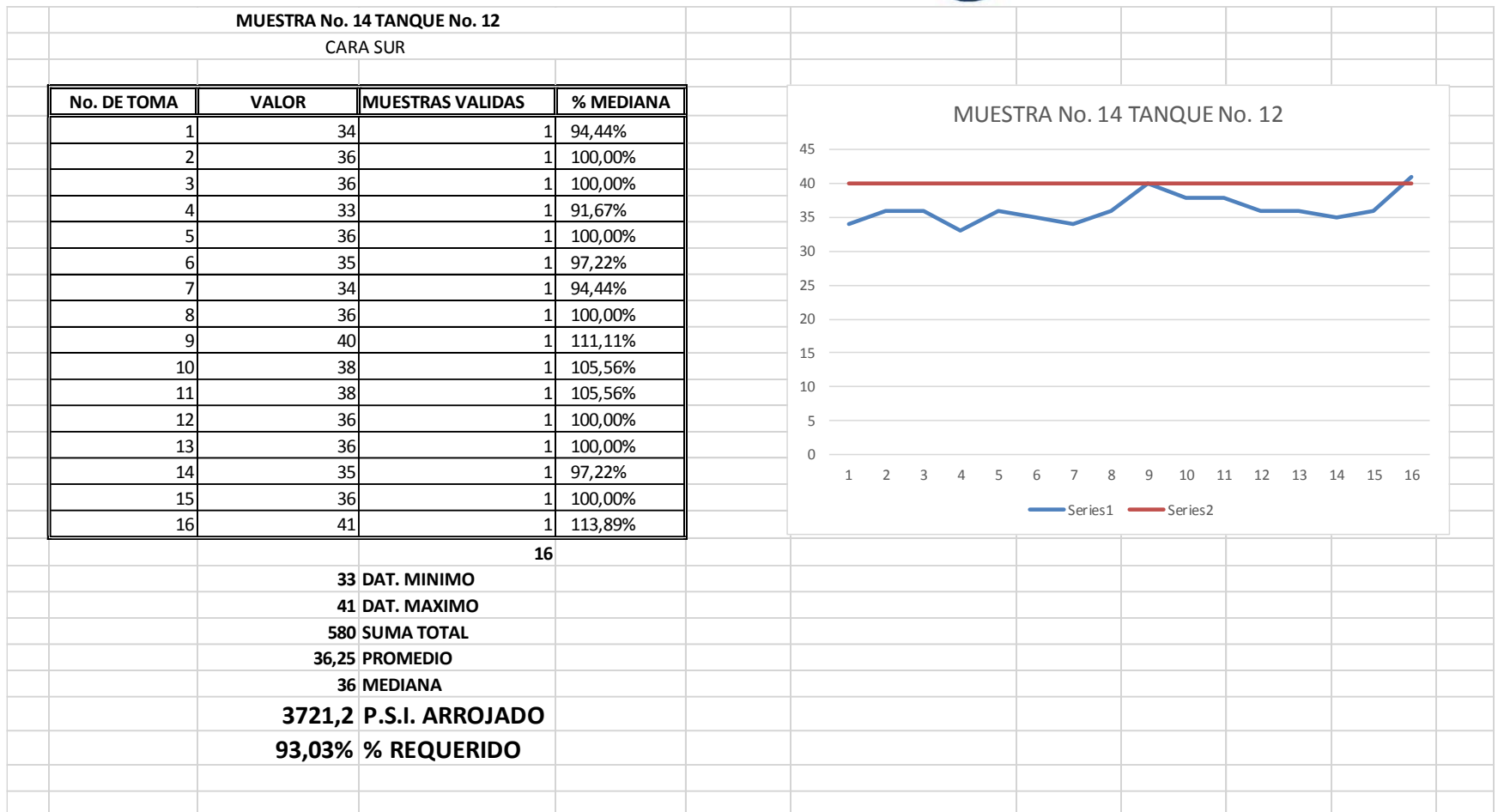


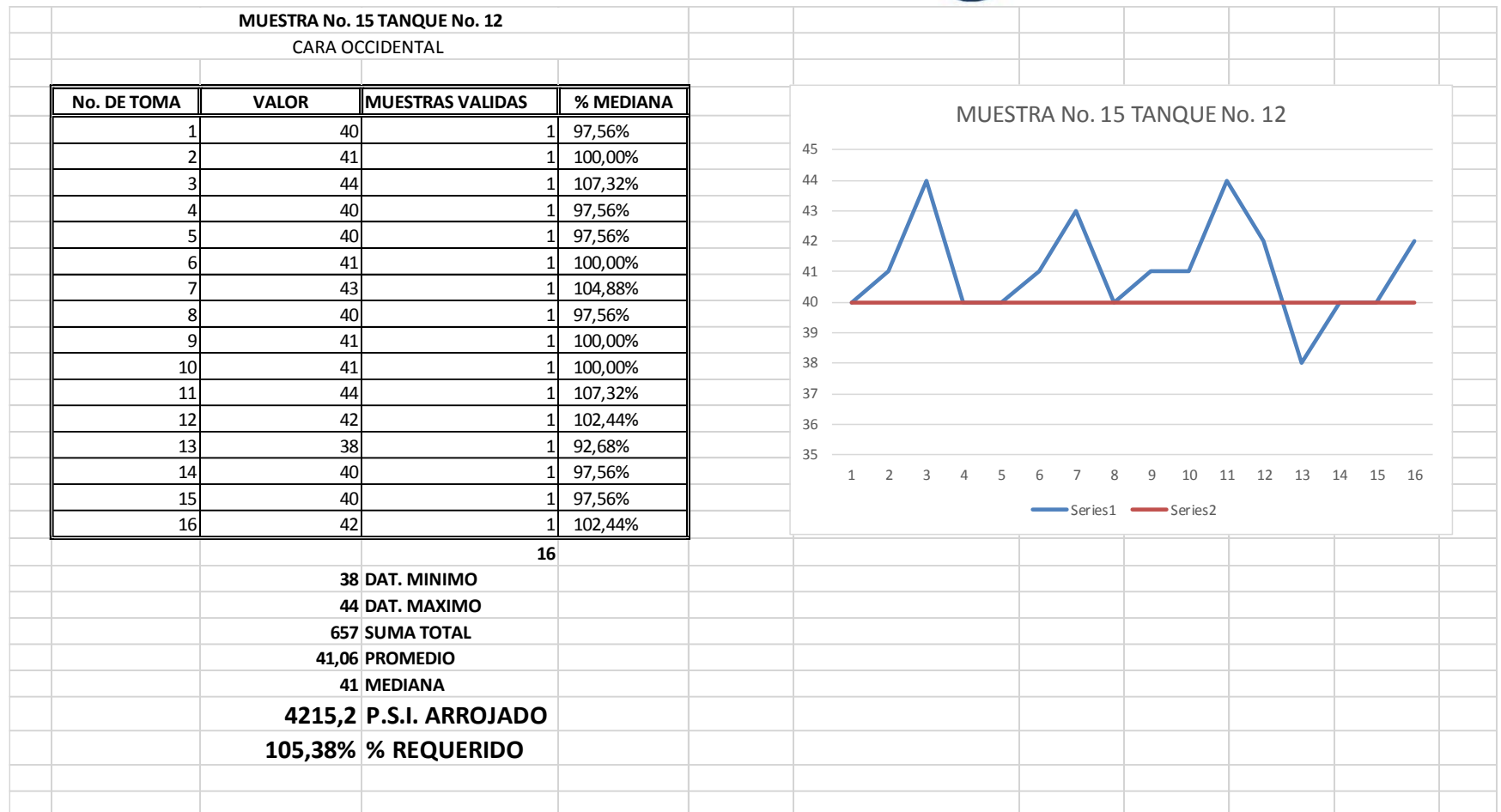


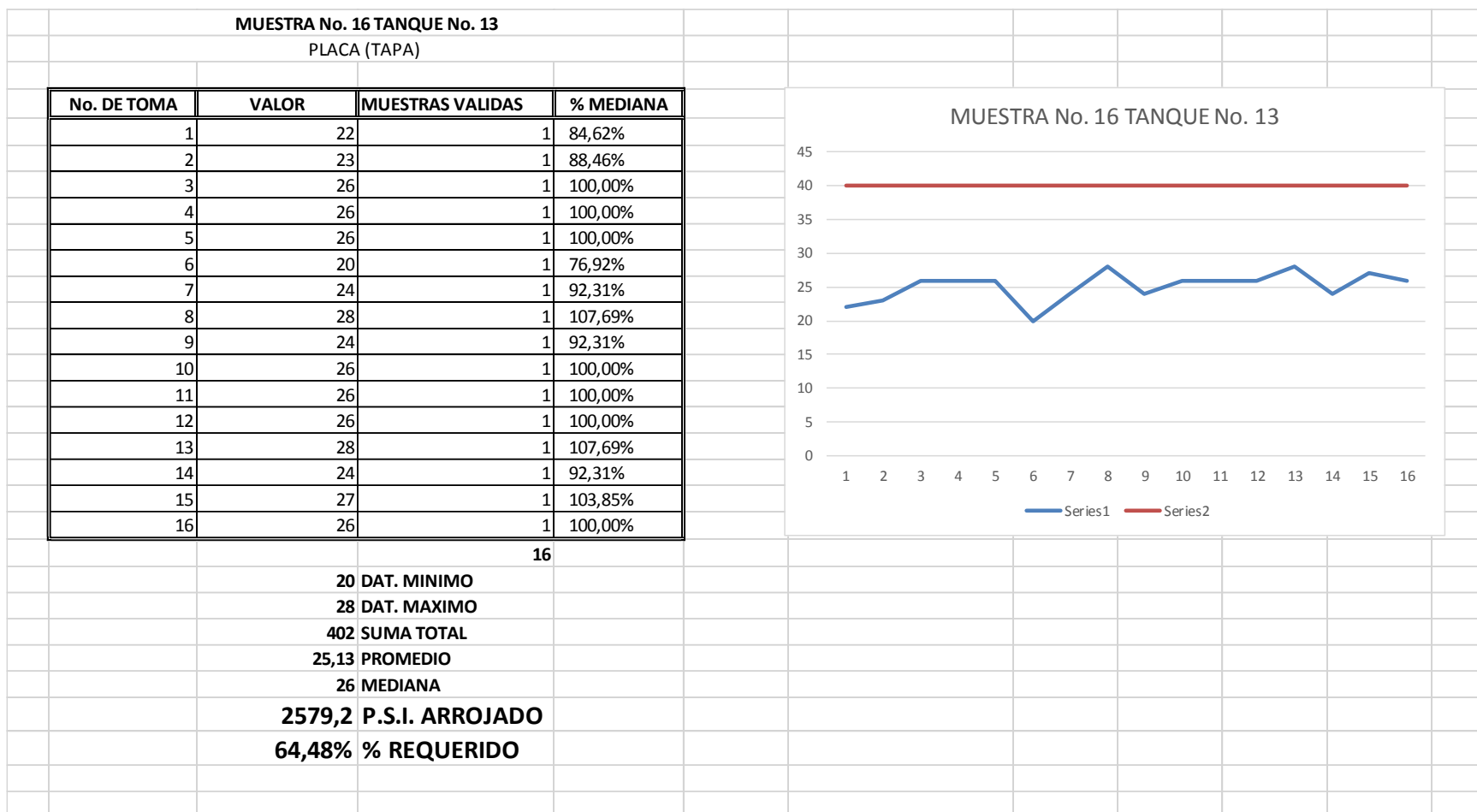


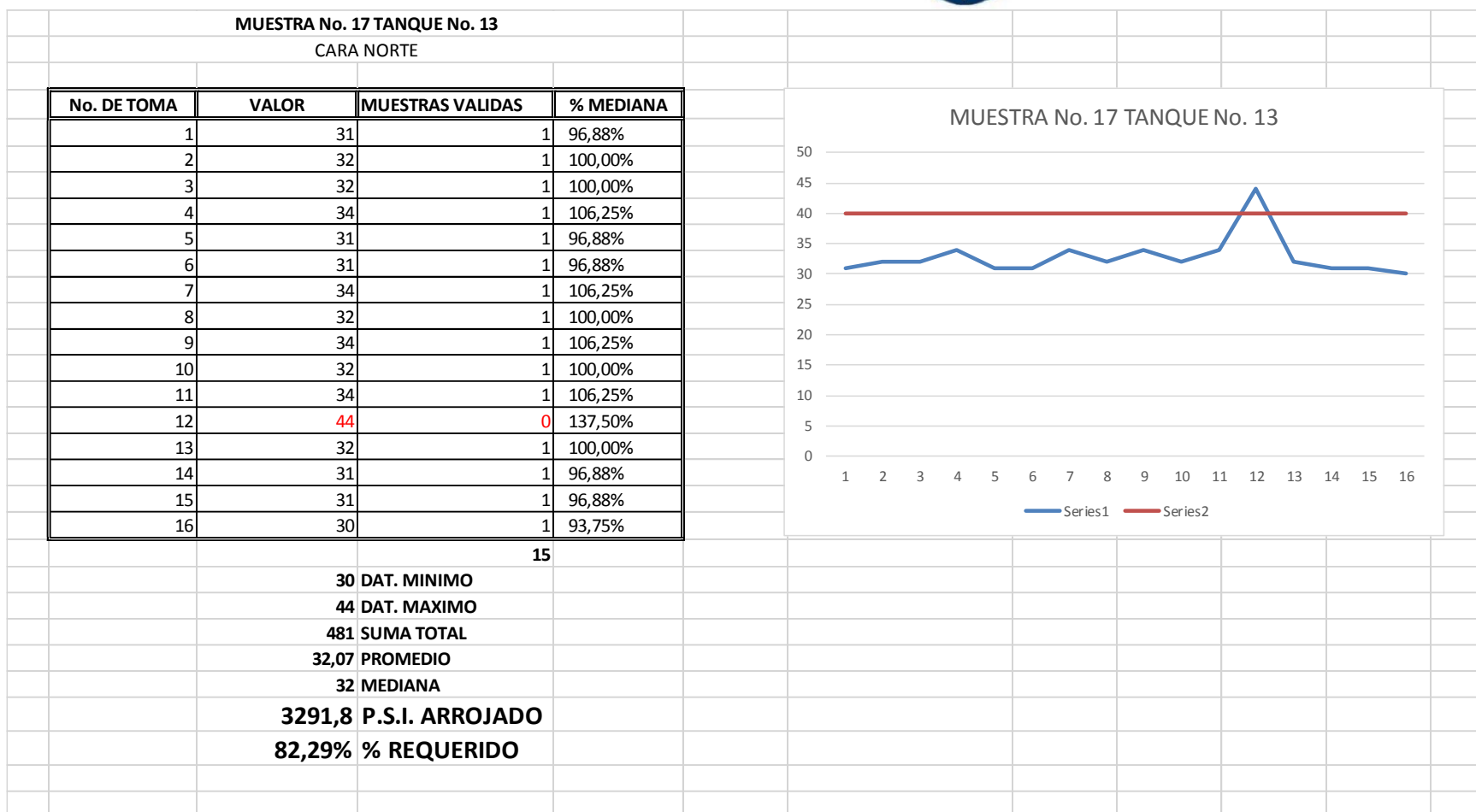


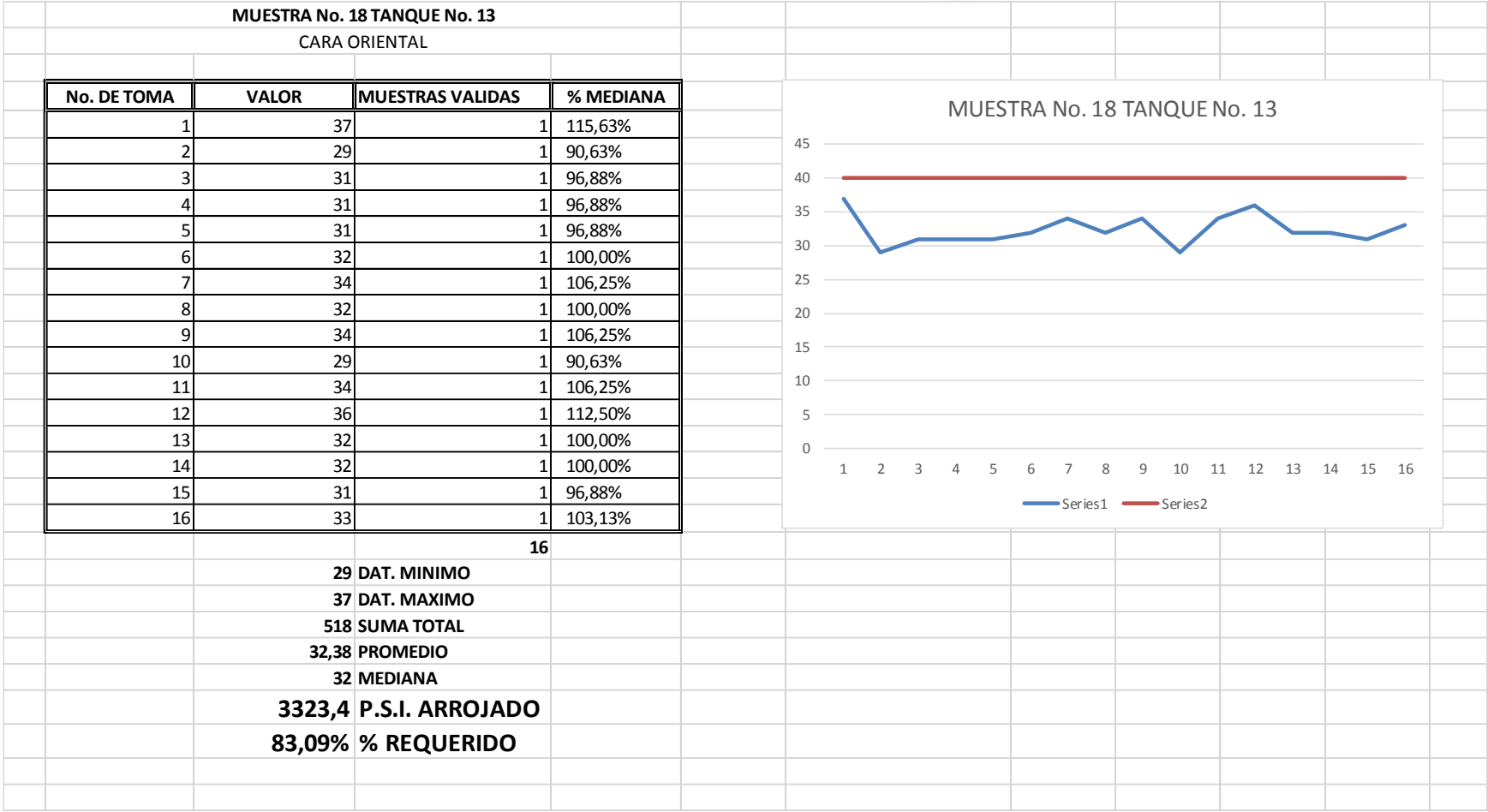


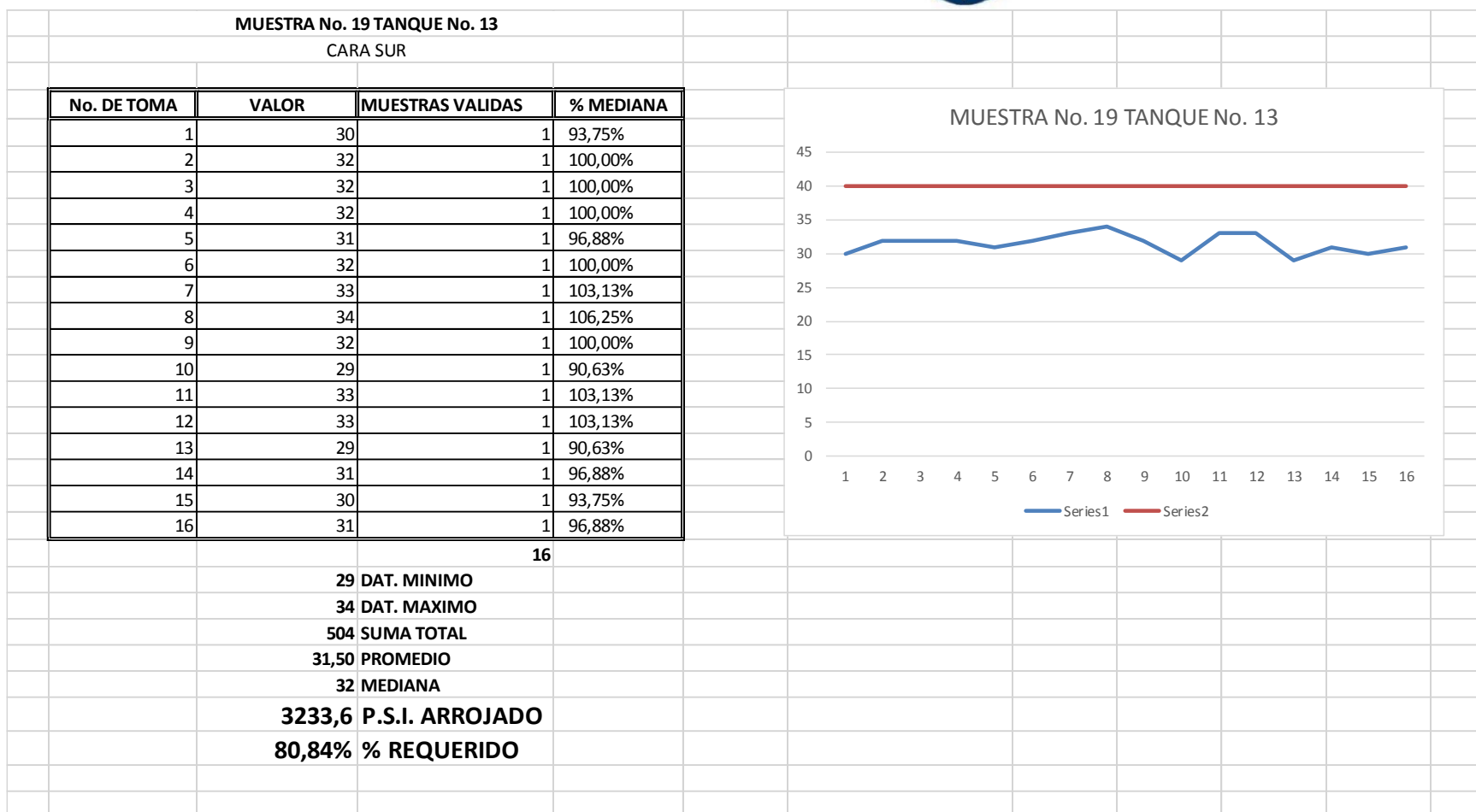










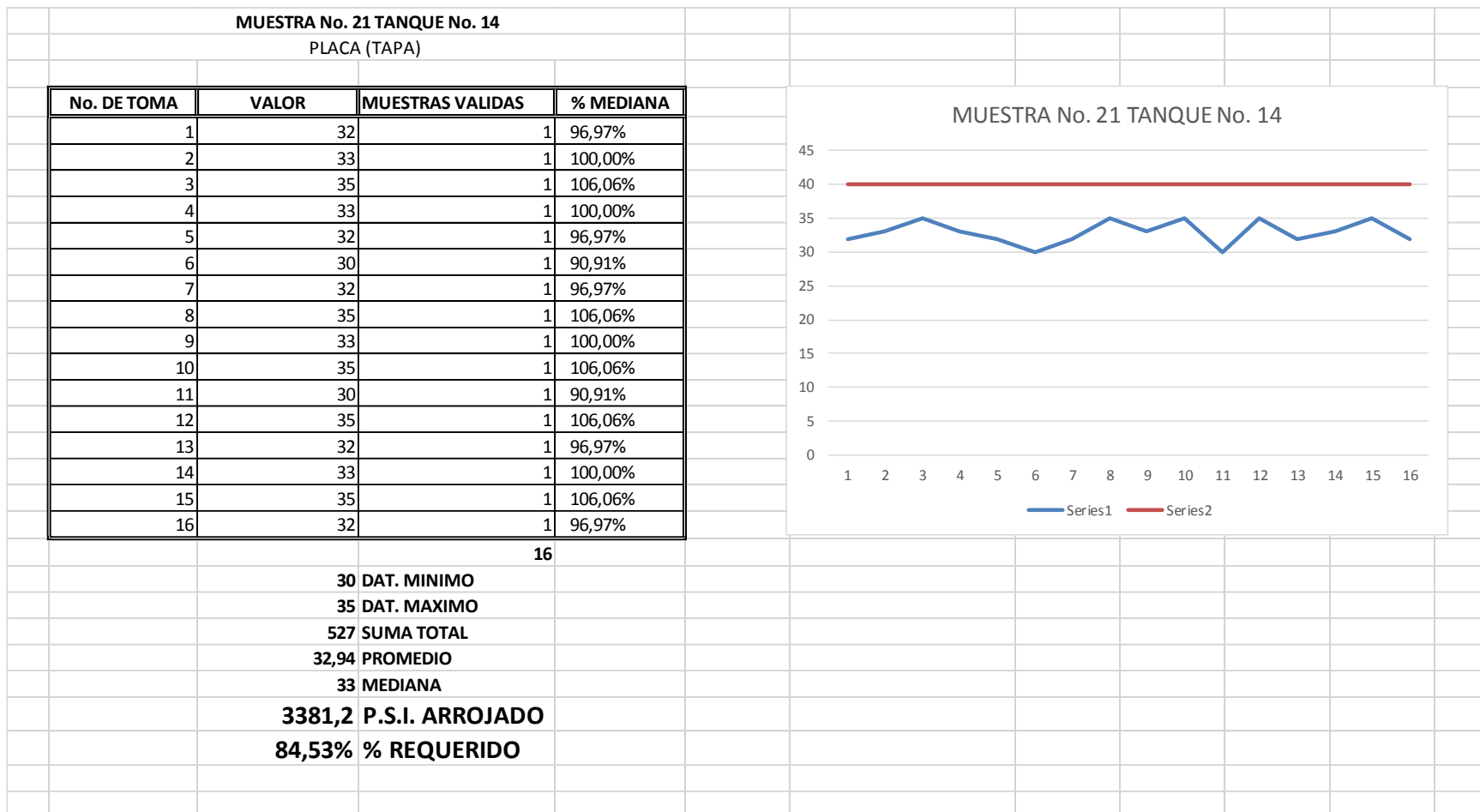


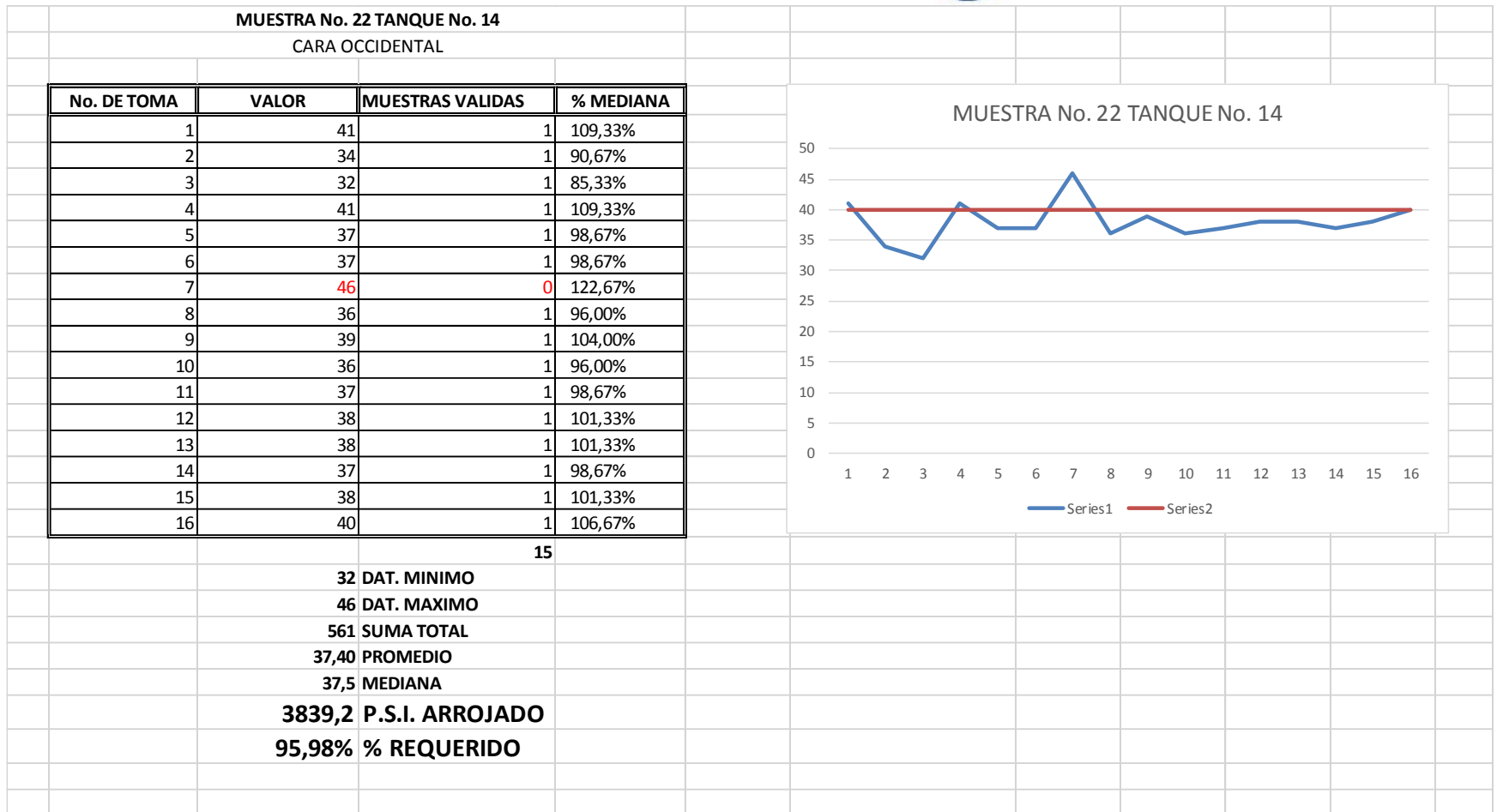


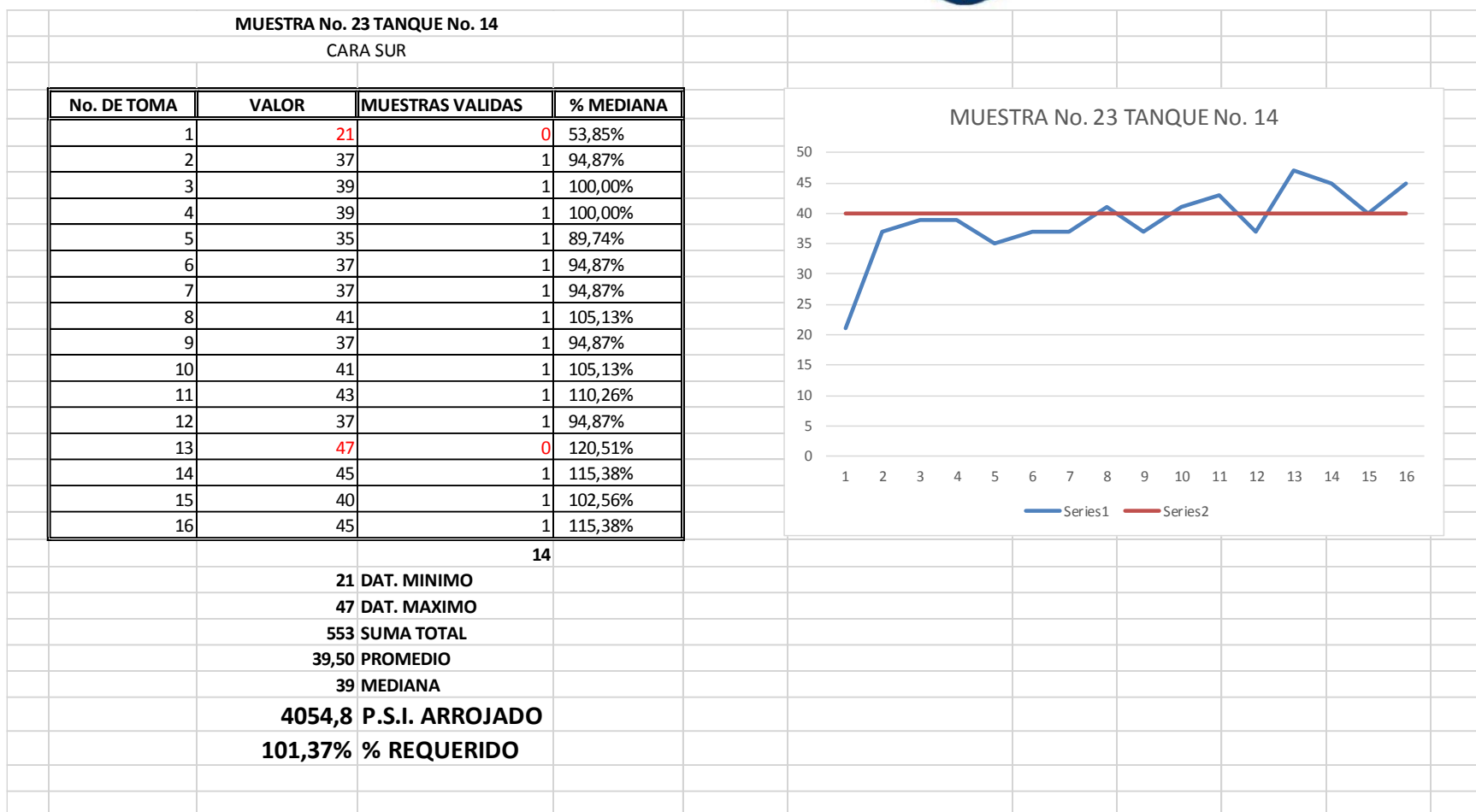
MUESTRA No. 20 TANQUE No. 13							
CARA OCCIDENTAL							
No. DE TOMA	VALOR	MUESTRAS VALIDAS	% MEDIANA				
1	31	1	92,54%				
2	34	1	101,49%				
3	34	1	101,49%				
4	32	1	95,52%				
5	36	1	107,46%				
6	34	1	101,49%				
7	38	1	113,43%				
8	32	1	95,52%				
9	33	1	98,51%				
10	38	1	113,43%				
11	31	1	92,54%				
12	36	1	107,46%				
13	32	1	95,52%				
14	33	1	98,51%				
15	36	1	107,46%				
16	32	1	95,52%				
16							
31 DAT. MINIMO							
38 DAT. MAXIMO							
542 SUMA TOTAL							
33,88 PROMEDIO							
33,5 MEDIANA							
3477,4 P.S.I. ARROJADO							
86,93% % REQUERIDO							

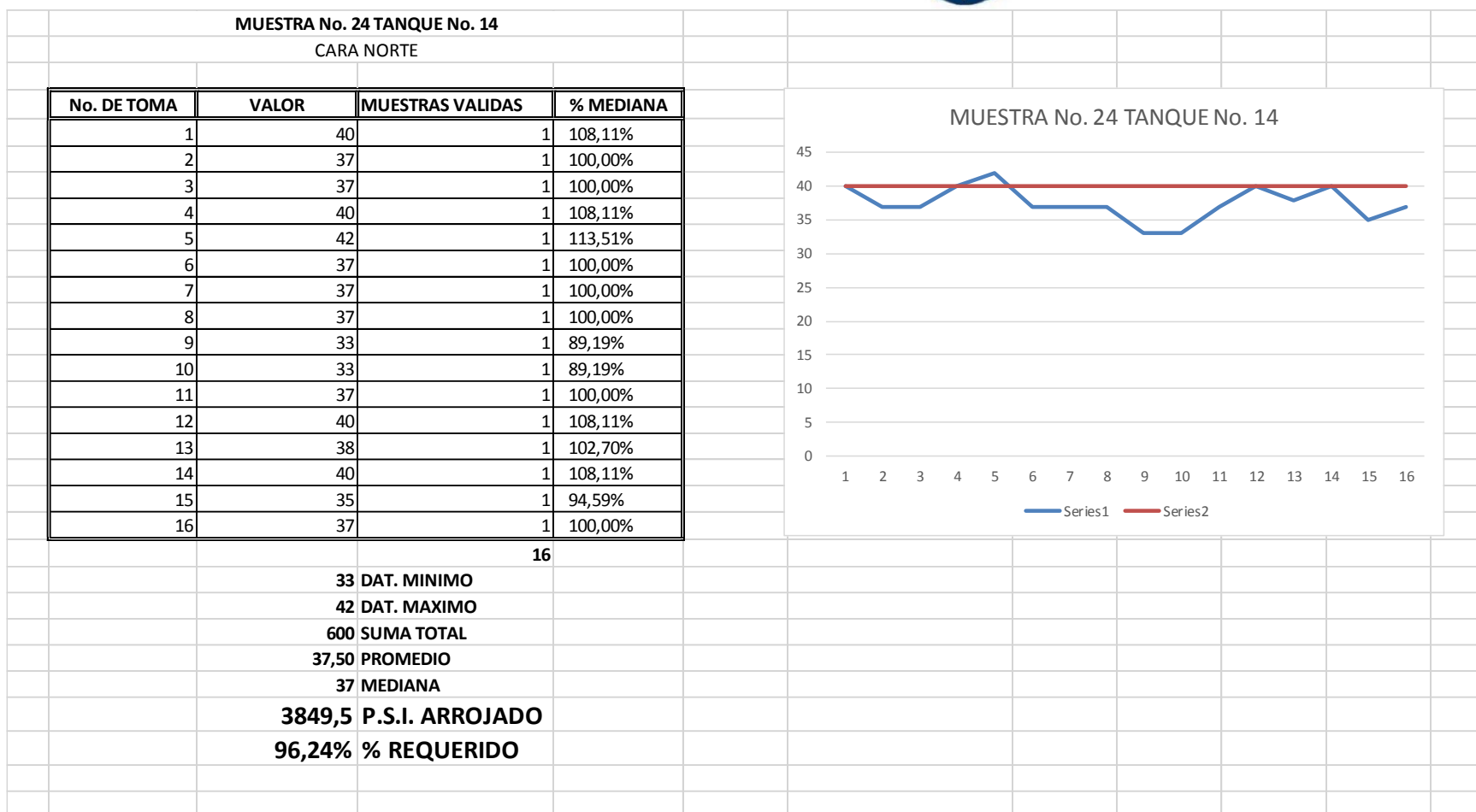
MUESTRA No. 20 TANQUE No. 13

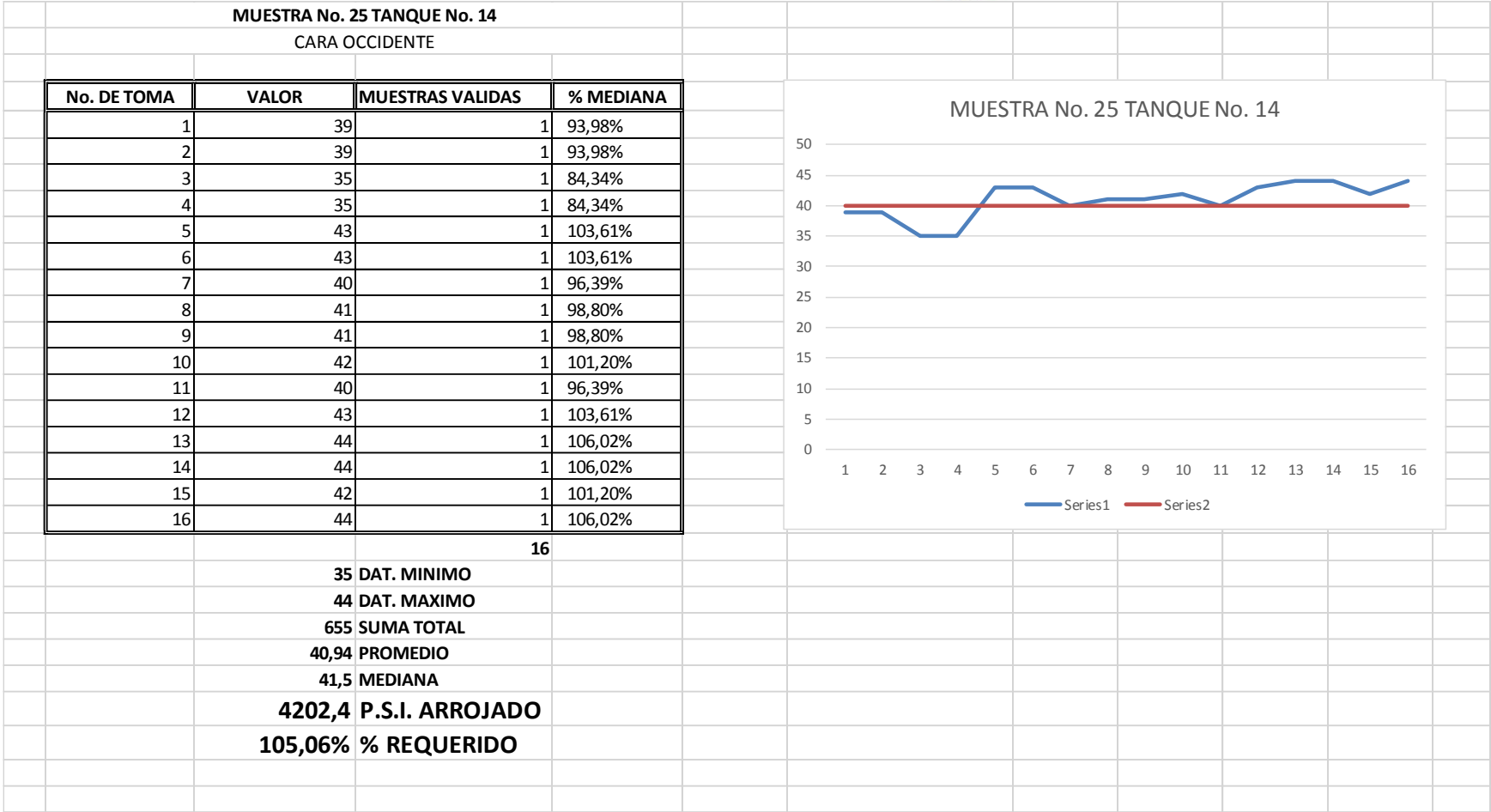
Point	Series1 (%)	Series2 (%)
1	31	40
2	34	40
3	34	40
4	32	40
5	36	40
6	34	40
7	38	40
8	32	40
9	33	40
10	38	40
11	31	40
12	36	40
13	32	40
14	33	40
15	36	40
16	32	40

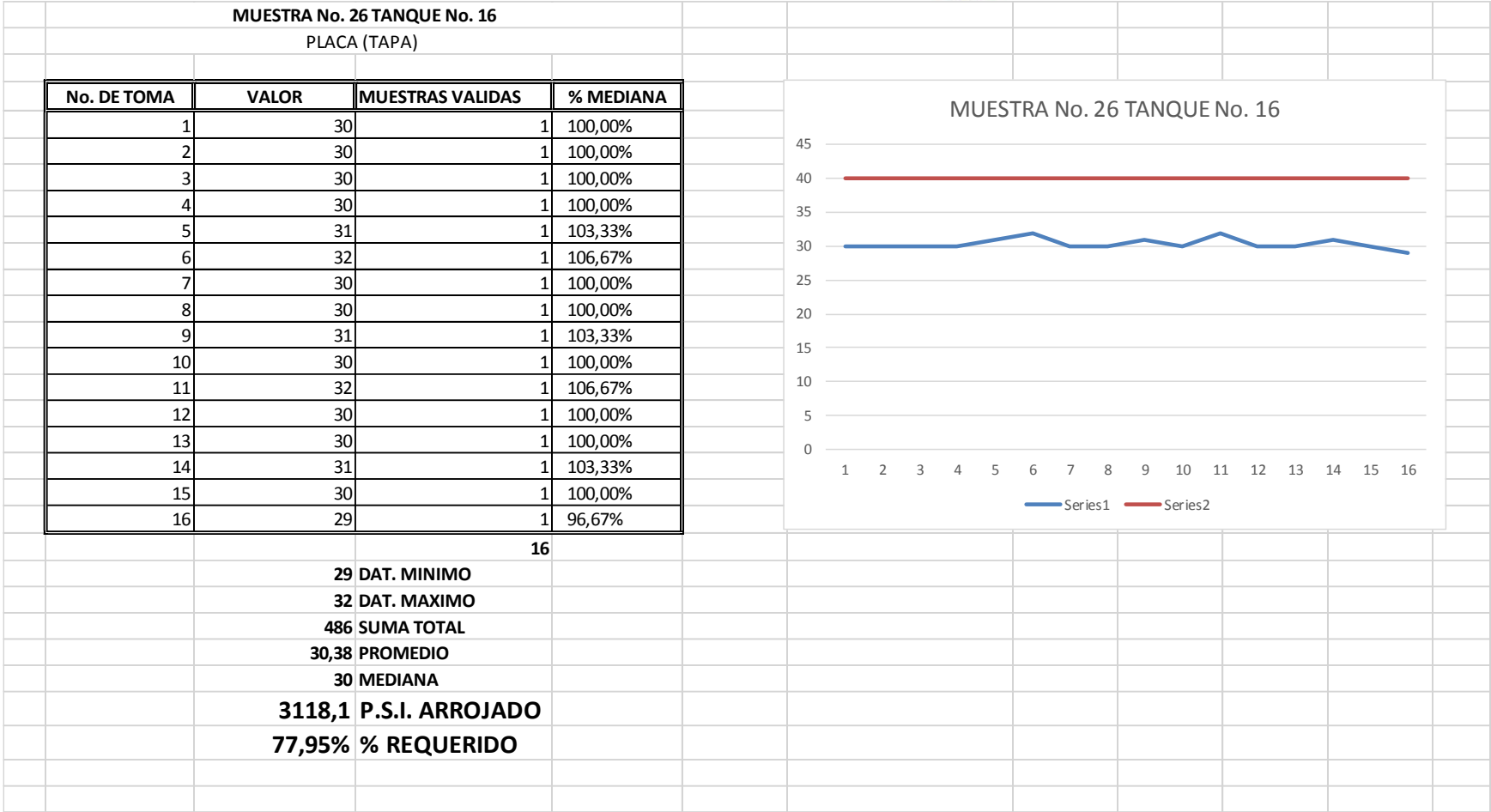


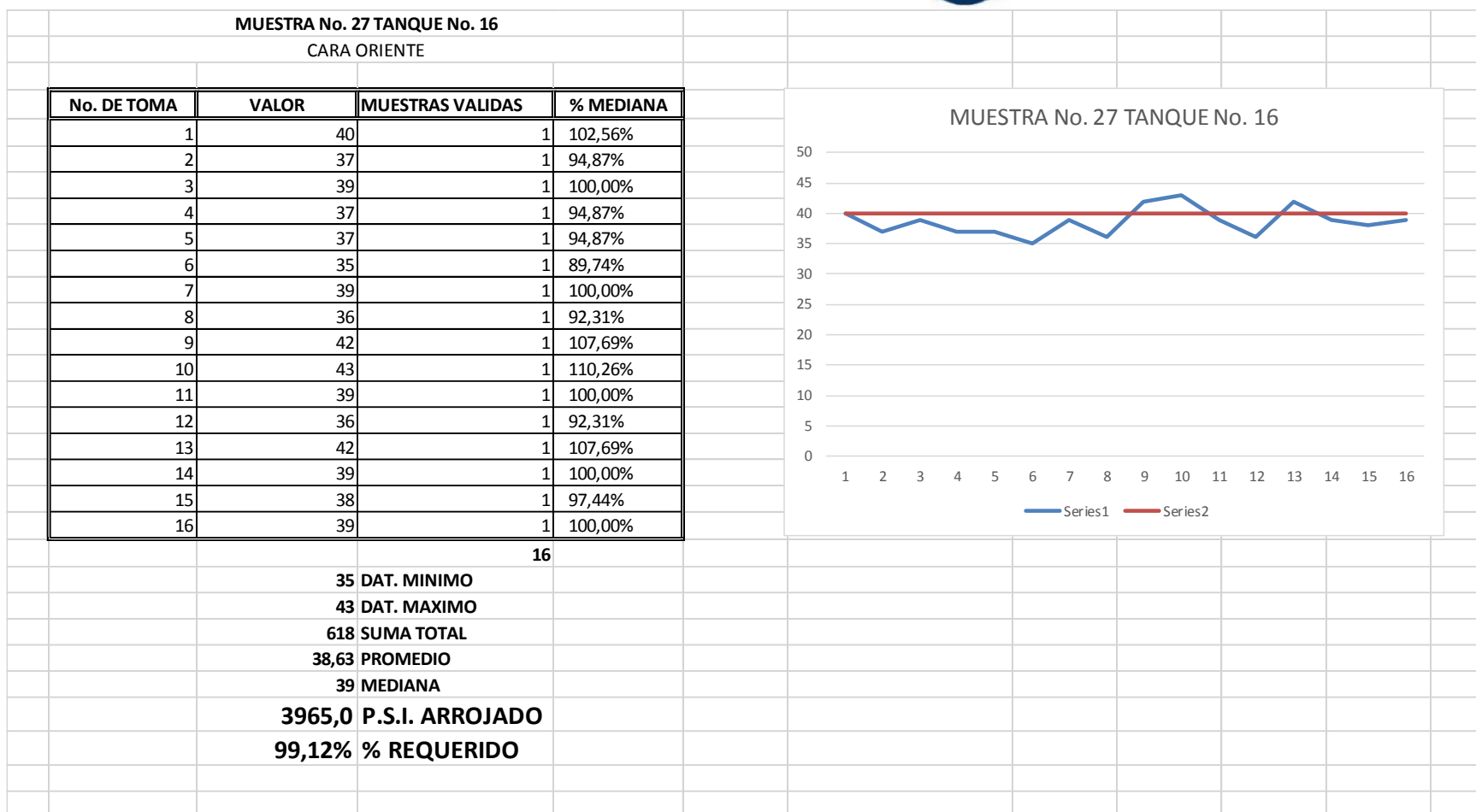


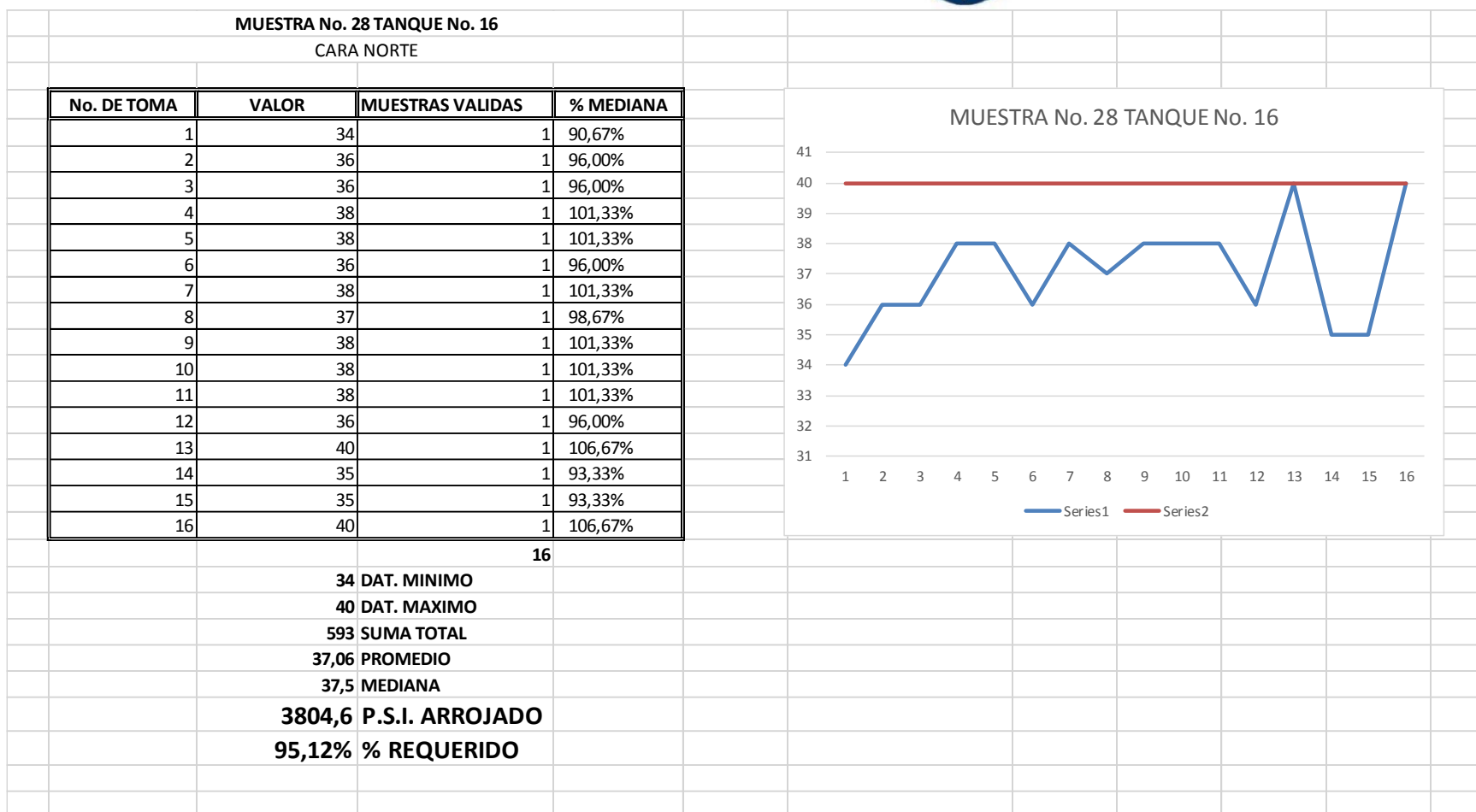


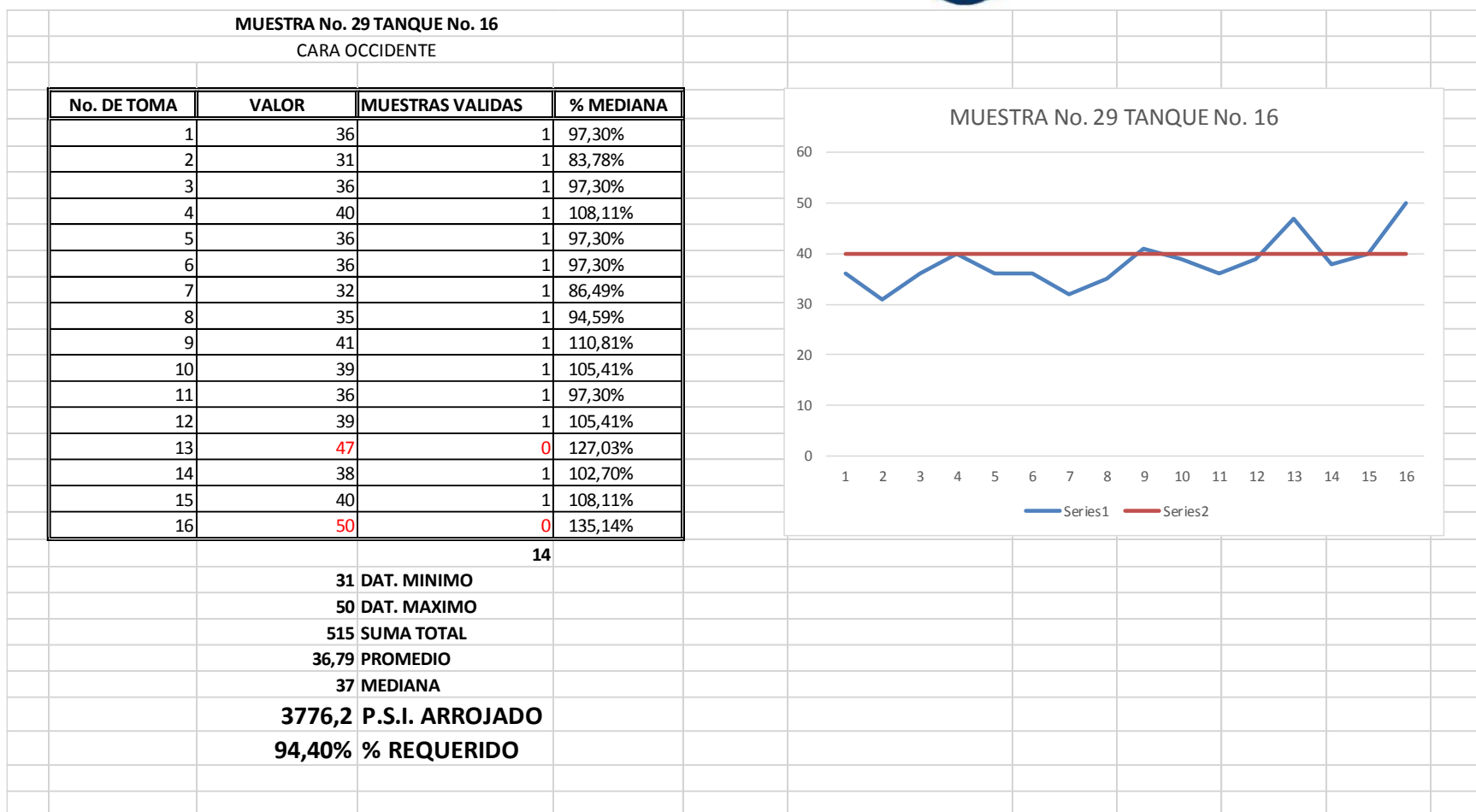


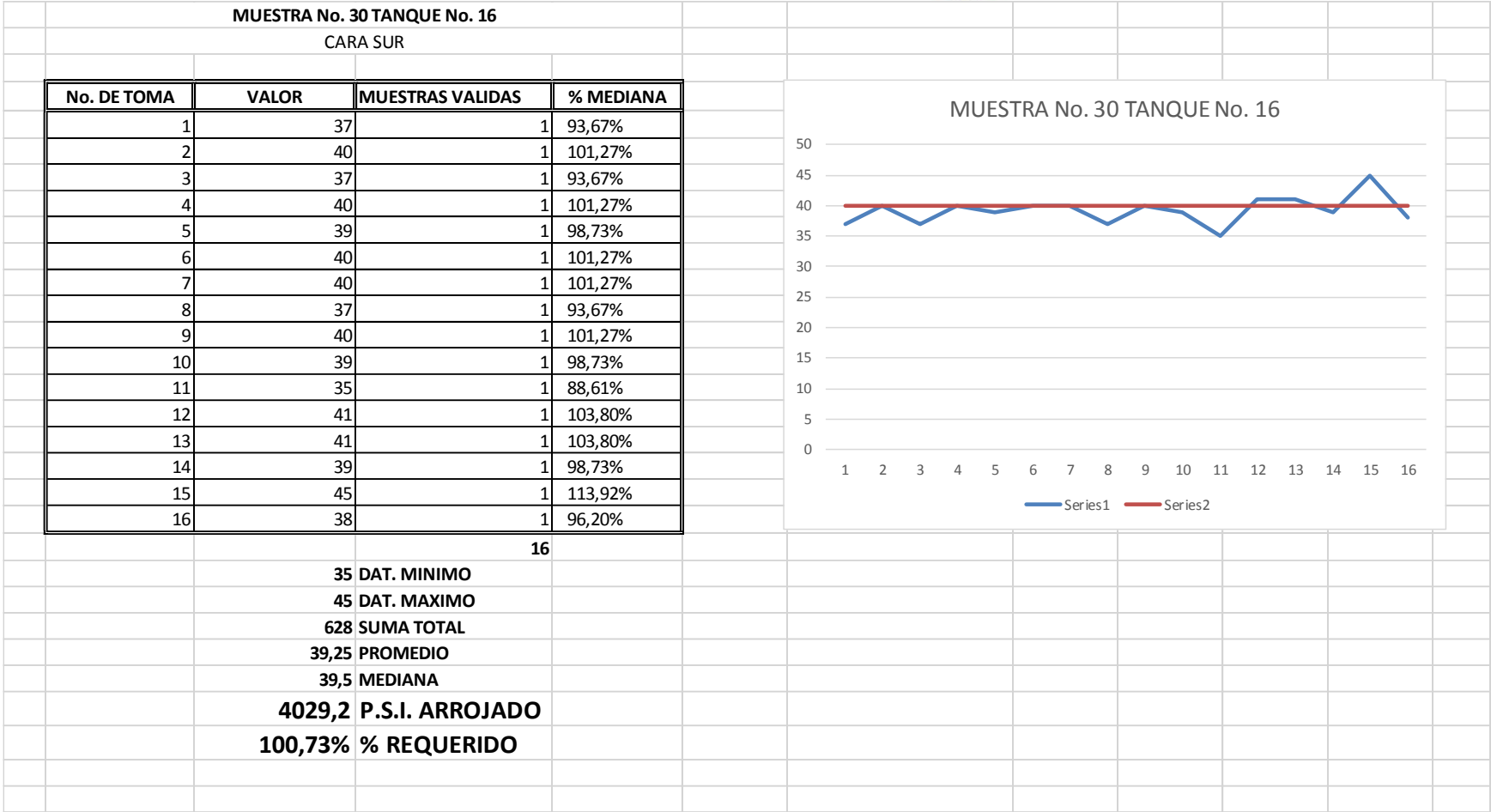


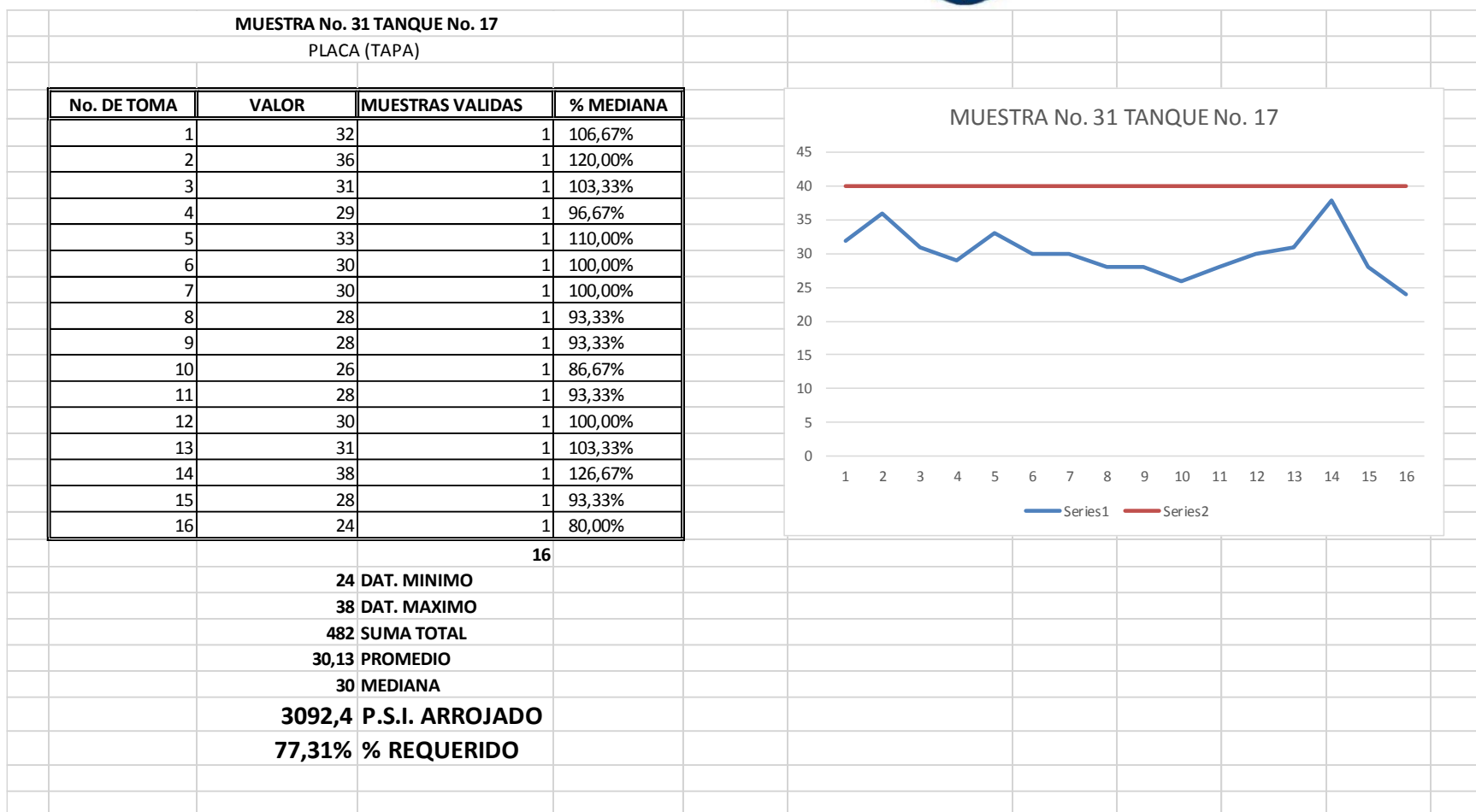


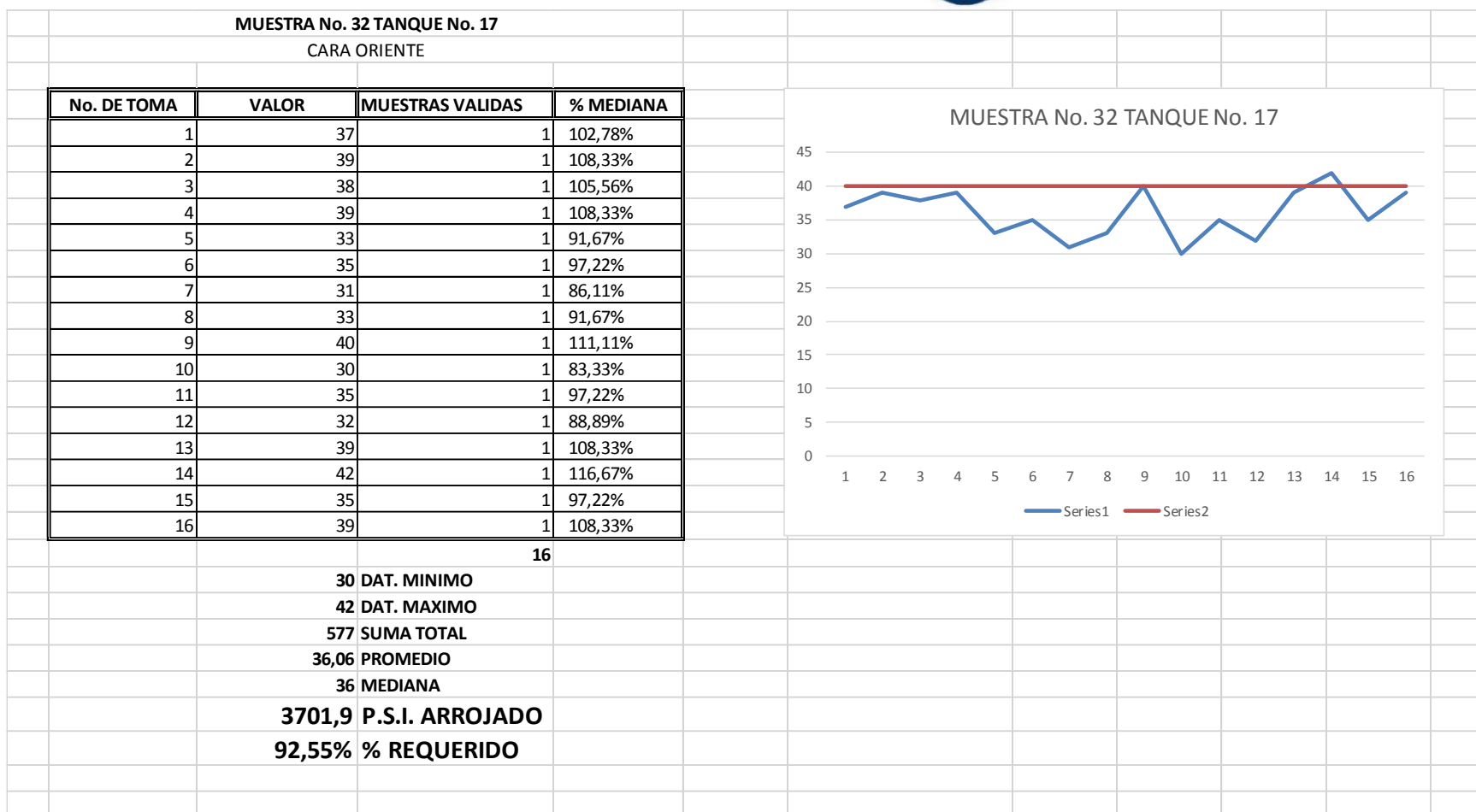


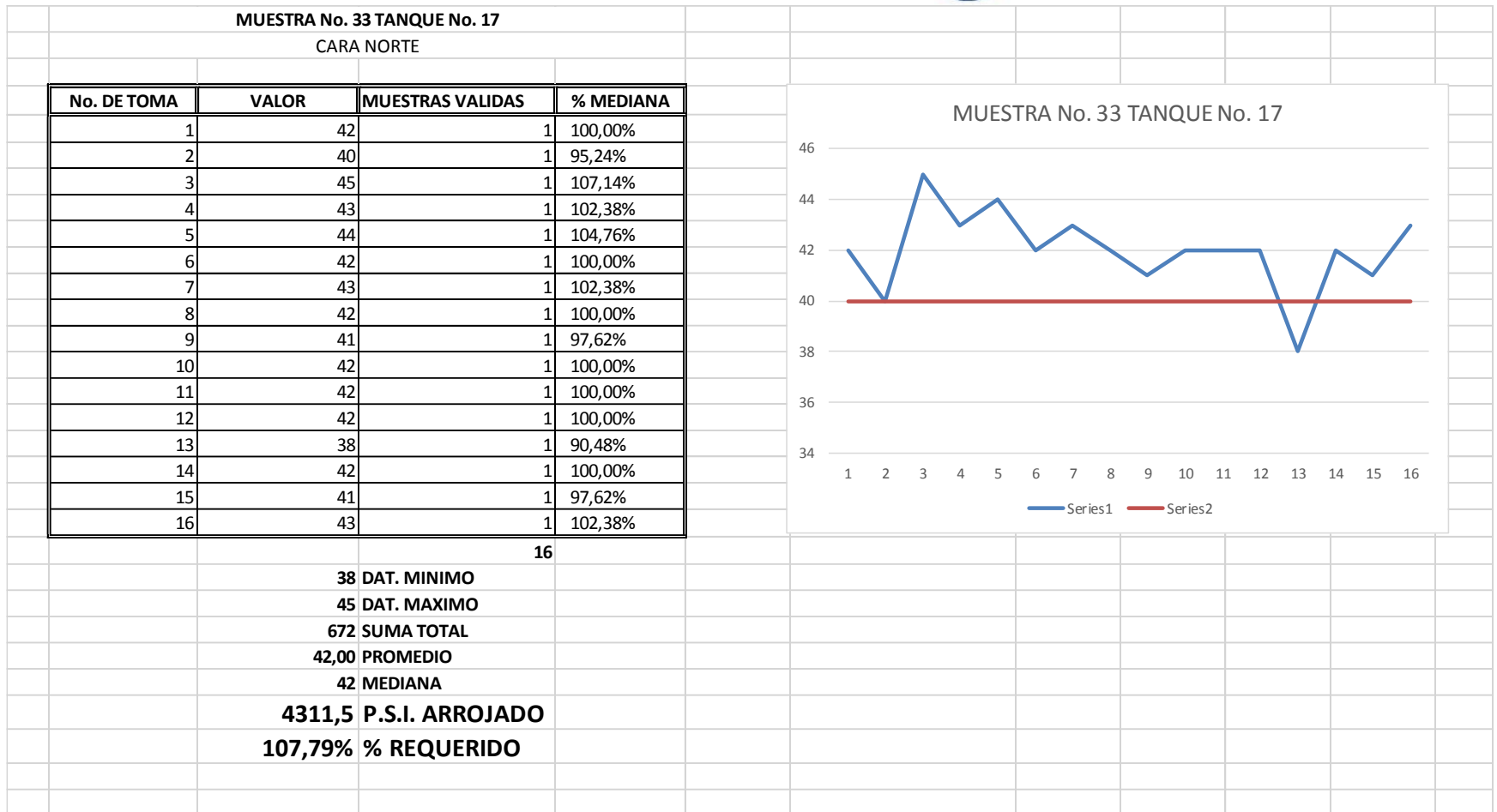


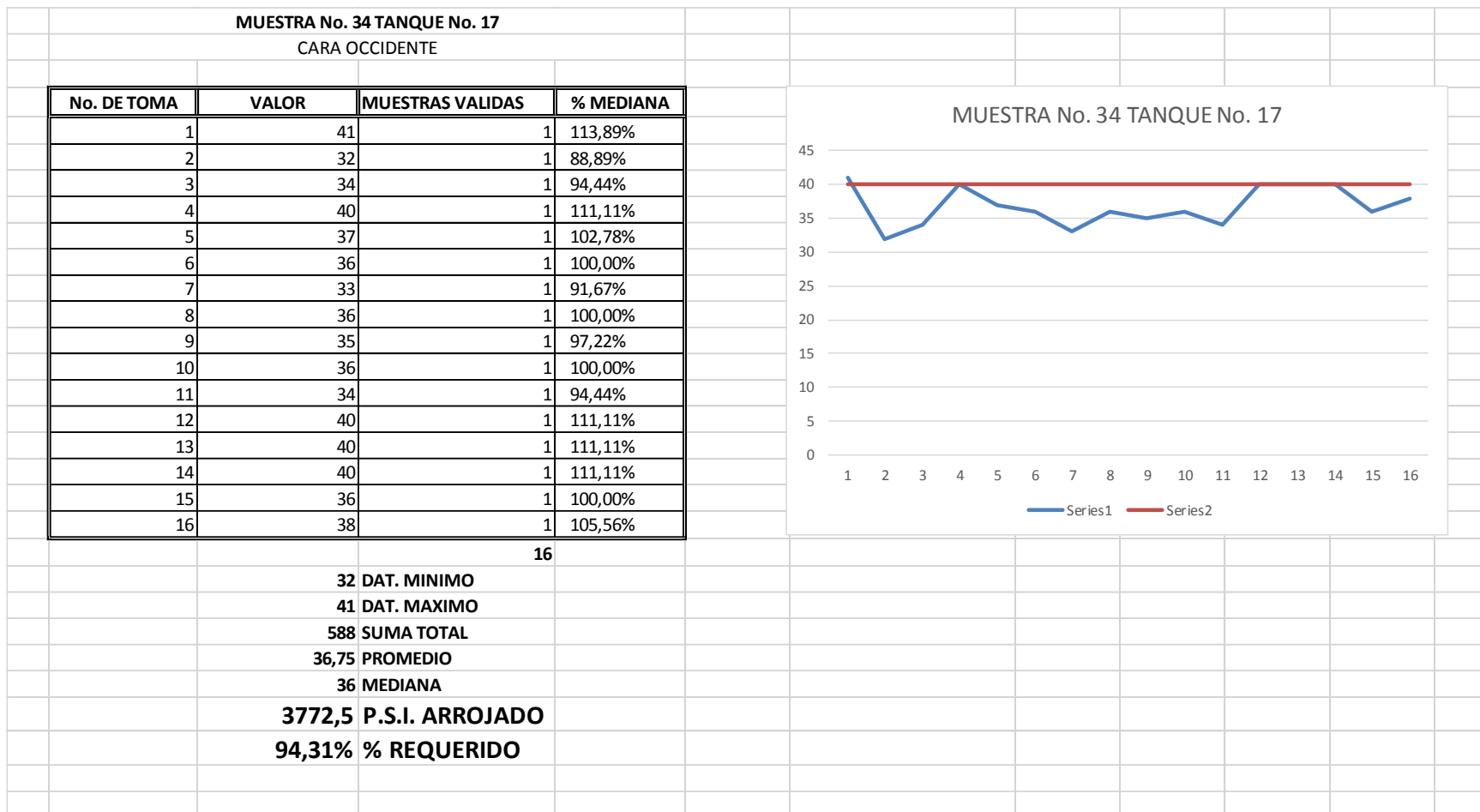




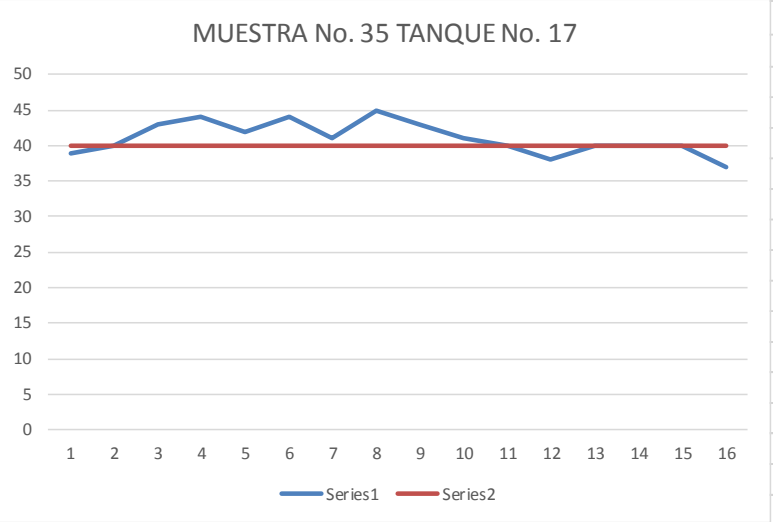


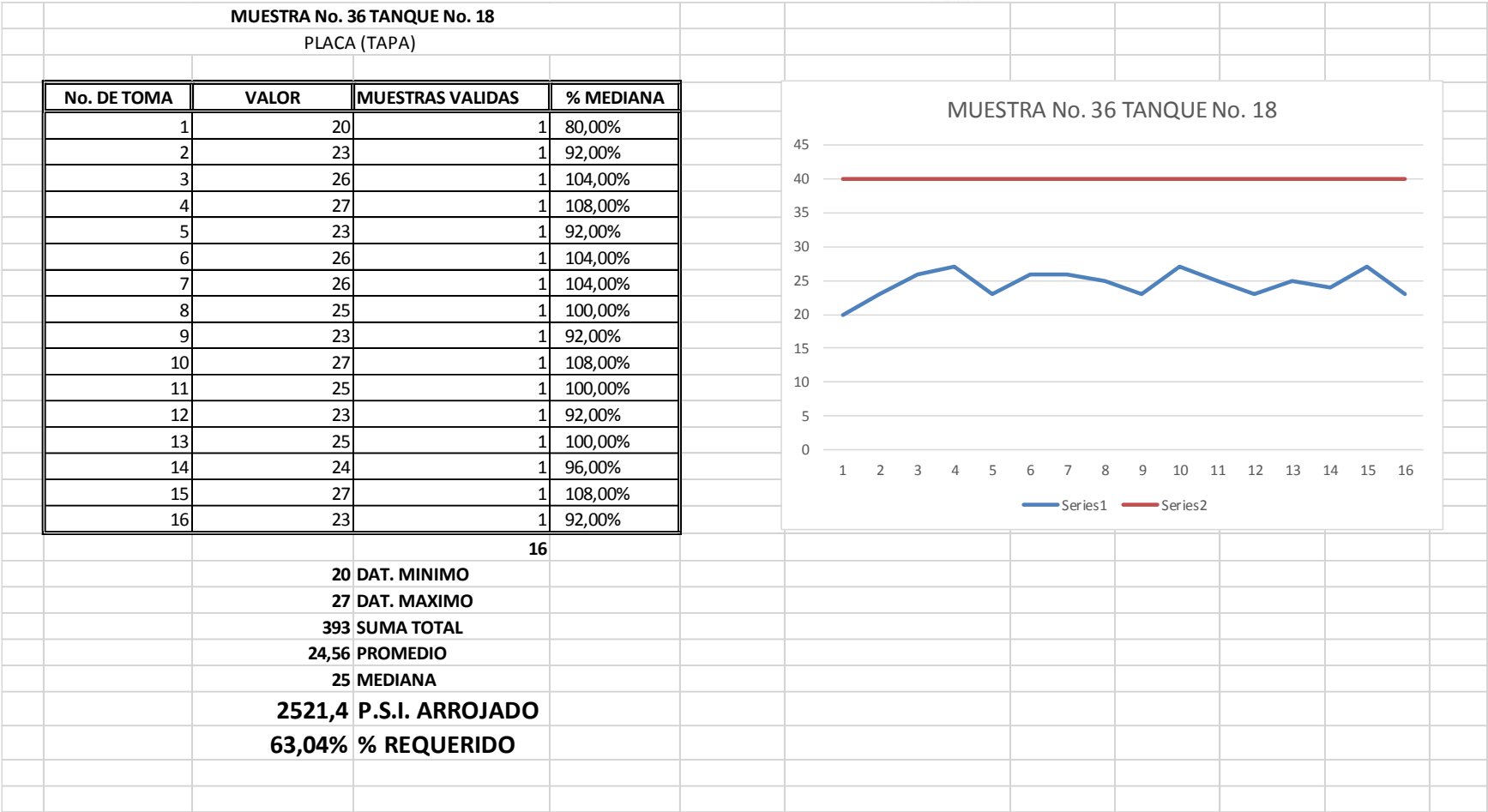


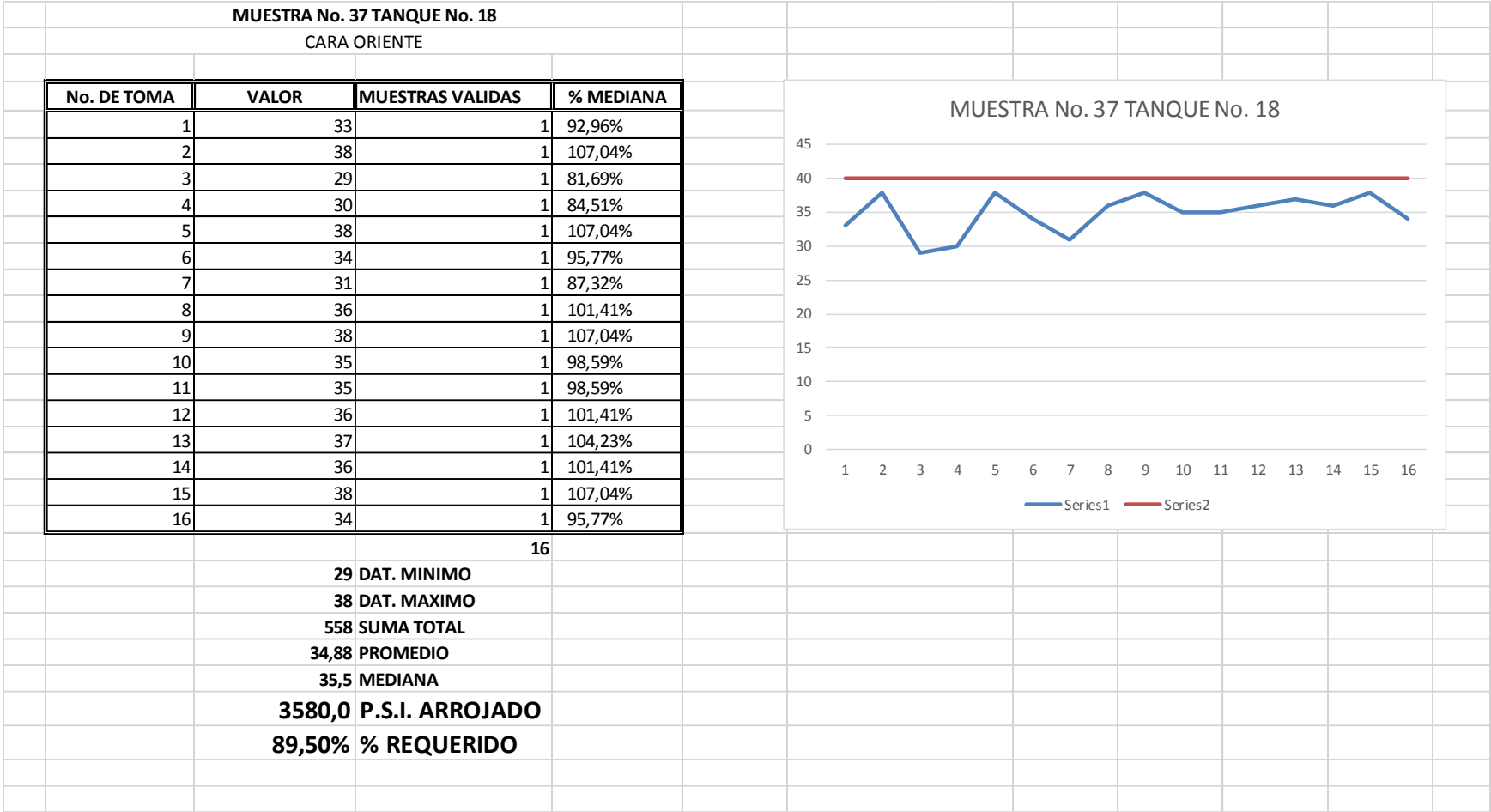


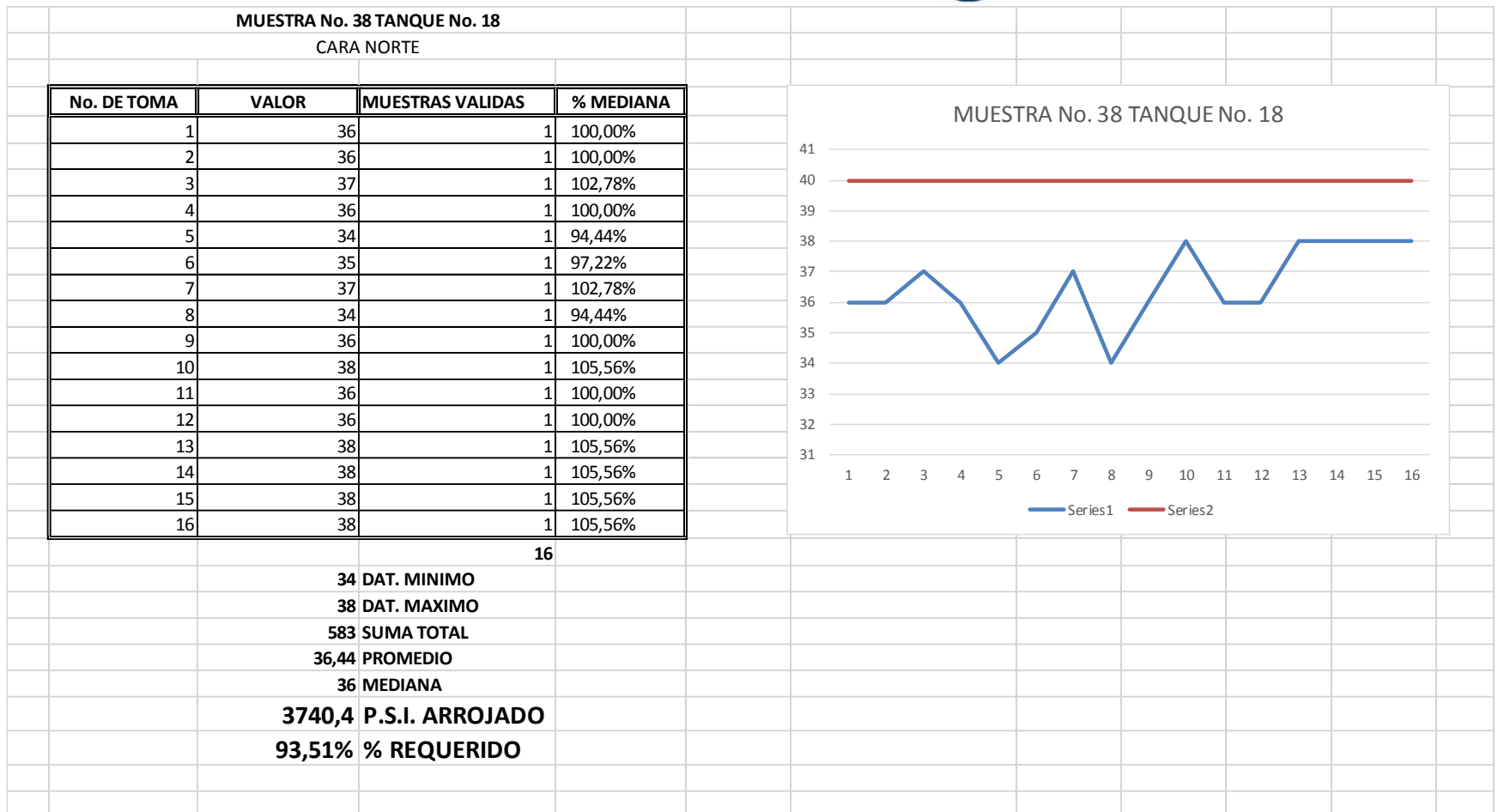




MUESTRA No. 35 TANQUE No. 17							
CARA SUR							
No. DE TOMA	VALOR	MUESTRAS VALIDAS	% MEDIANA	MUESTRA No. 35 TANQUE No. 17 			
1	39	1	96,30%				
2	40	1	98,77%				
3	43	1	106,17%				
4	44	1	108,64%				
5	42	1	103,70%				
6	44	1	108,64%				
7	41	1	101,23%				
8	45	1	111,11%				
9	43	1	106,17%				
10	41	1	101,23%				
11	40	1	98,77%				
12	38	1	93,83%				
13	40	1	98,77%				
14	40	1	98,77%				
15	40	1	98,77%				
16	37	1	91,36%				
16							
37 DAT. MINIMO							
45 DAT. MAXIMO							
657 SUMA TOTAL							
41,06 PROMEDIO							
40,5 MEDIANA							
4215,2 P.S.I. ARROJADO							
105,38% % REQUERIDO							

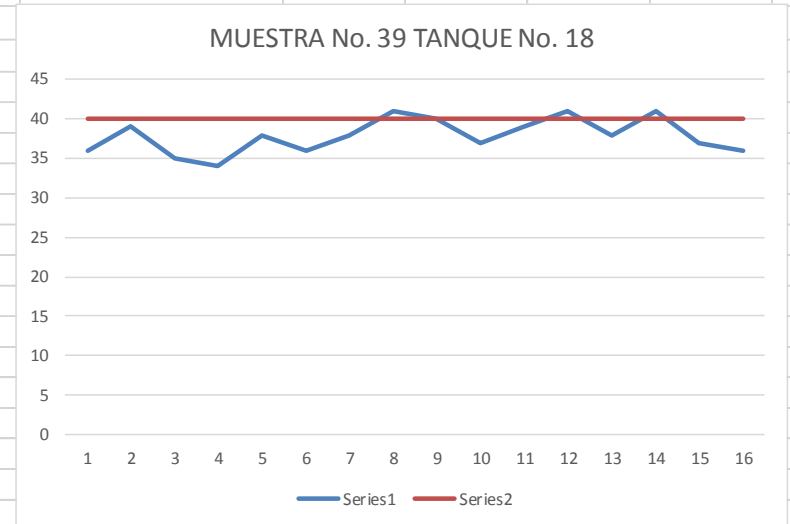


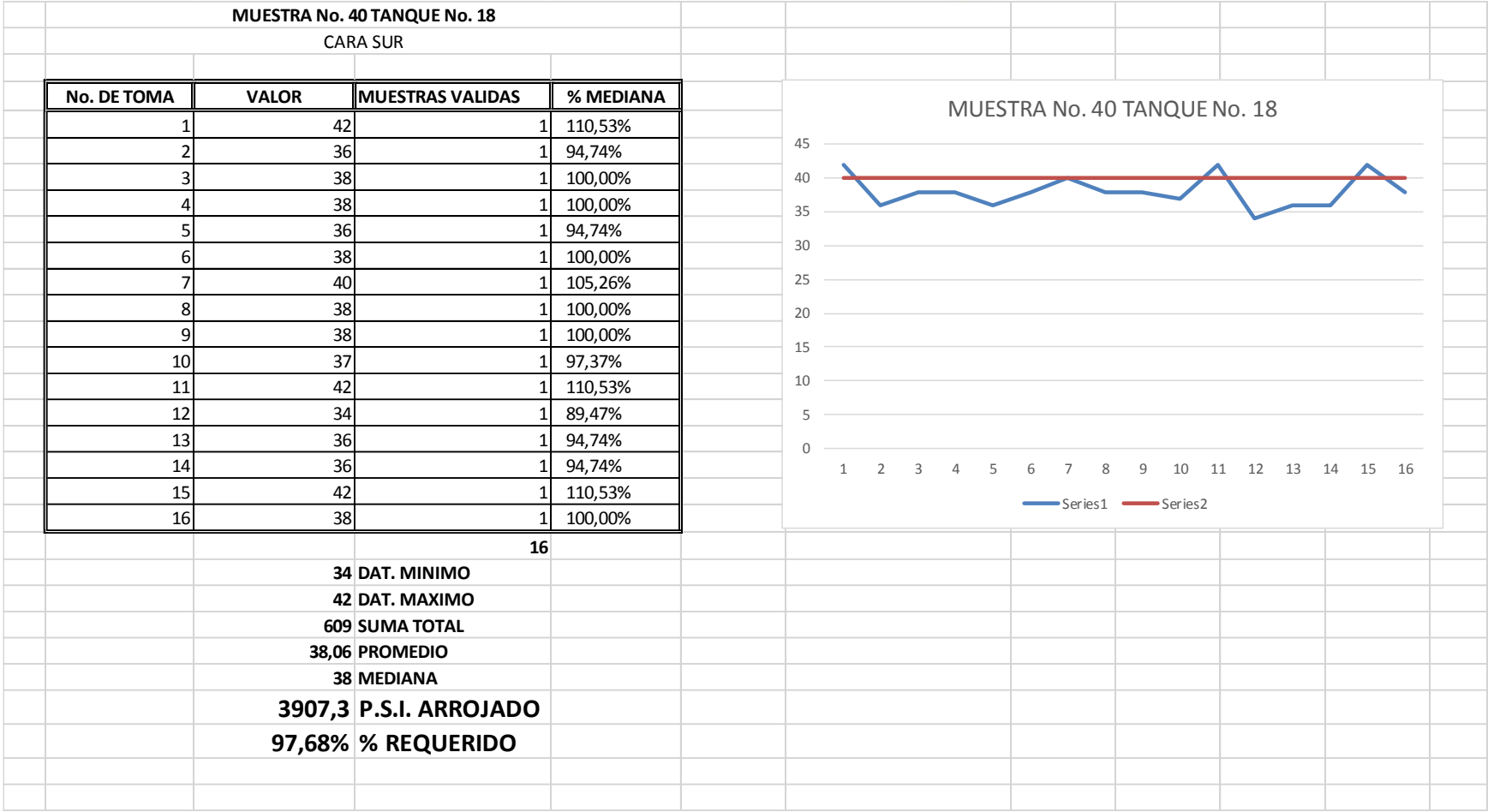


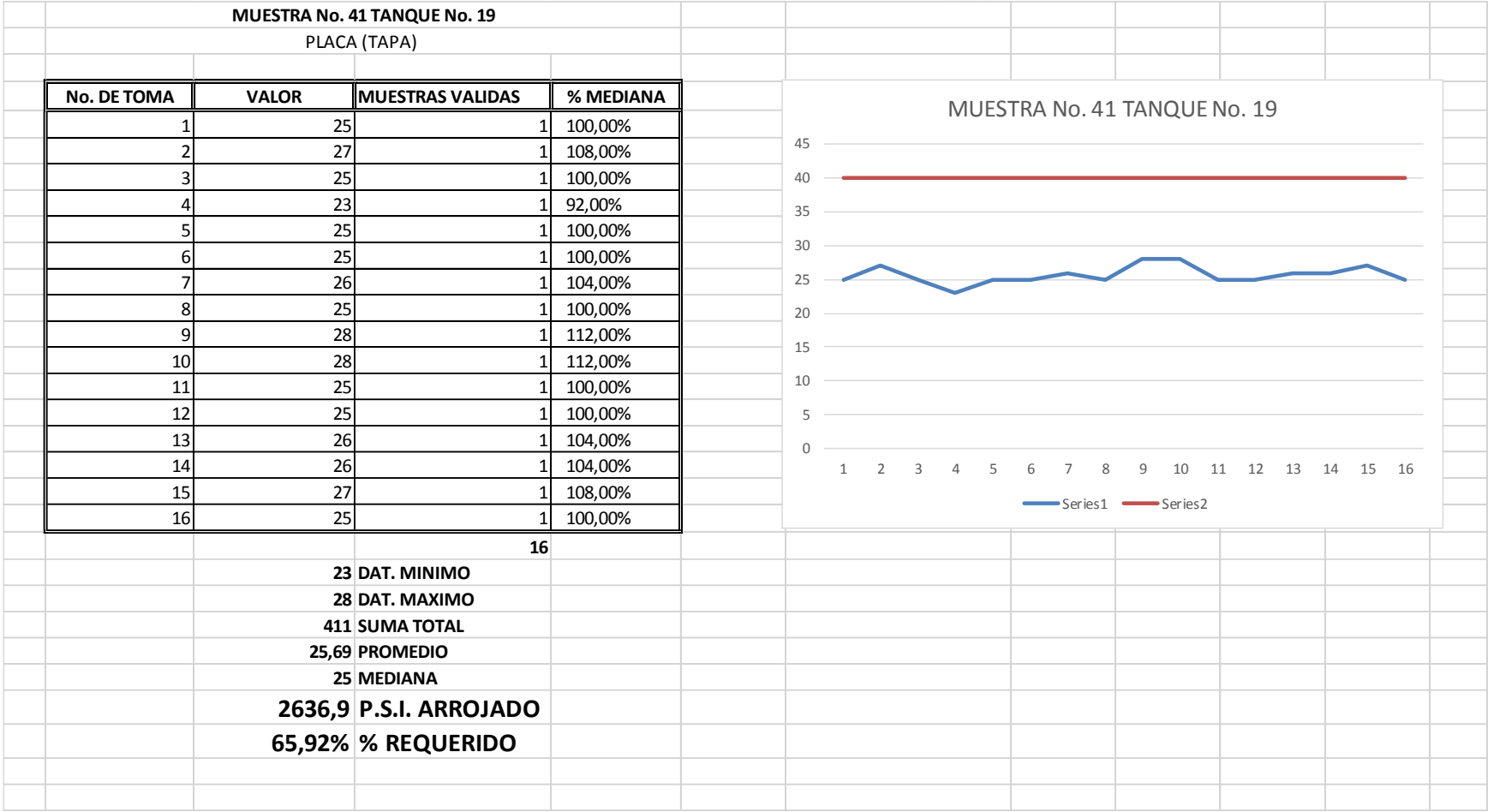


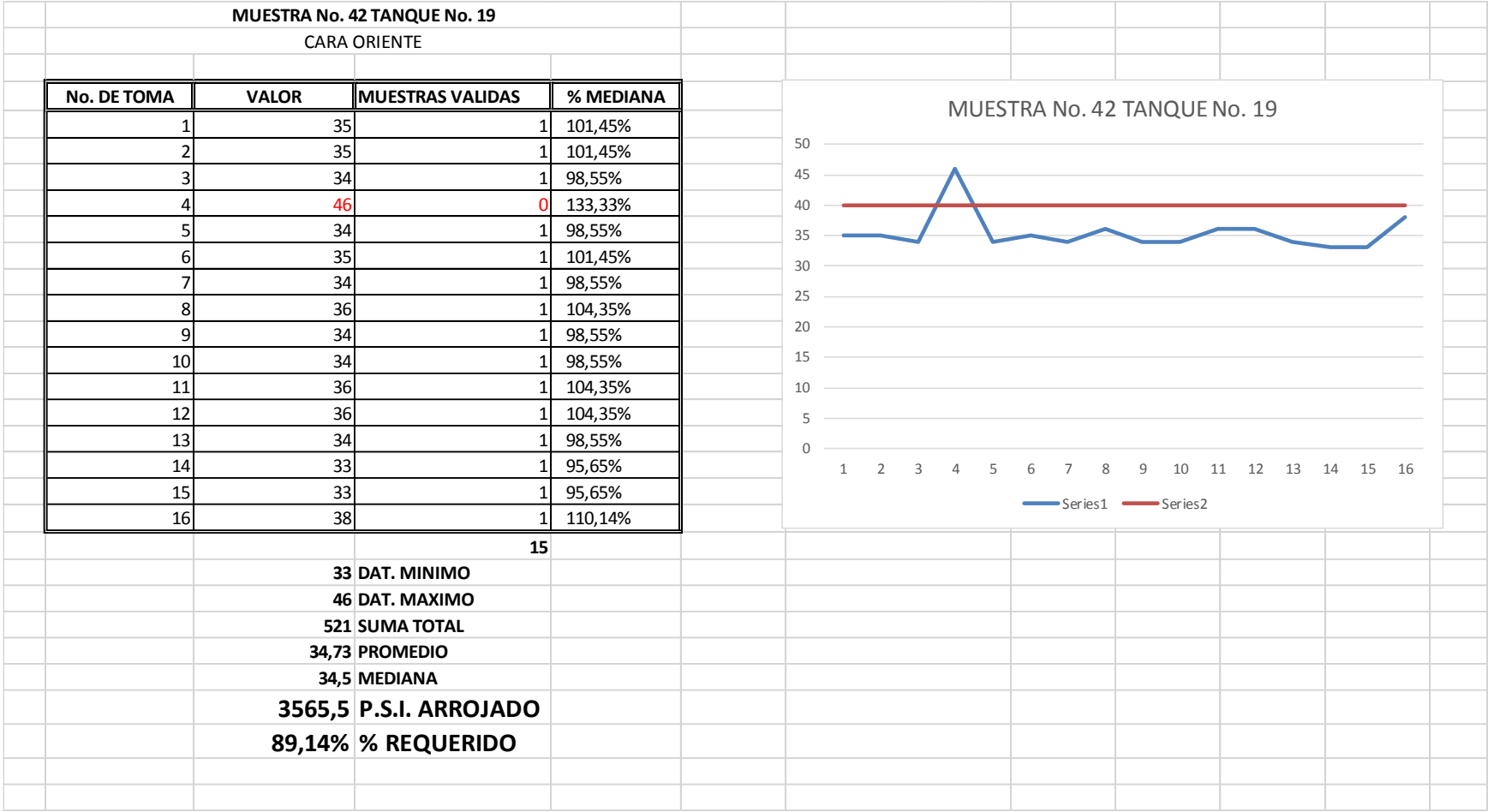


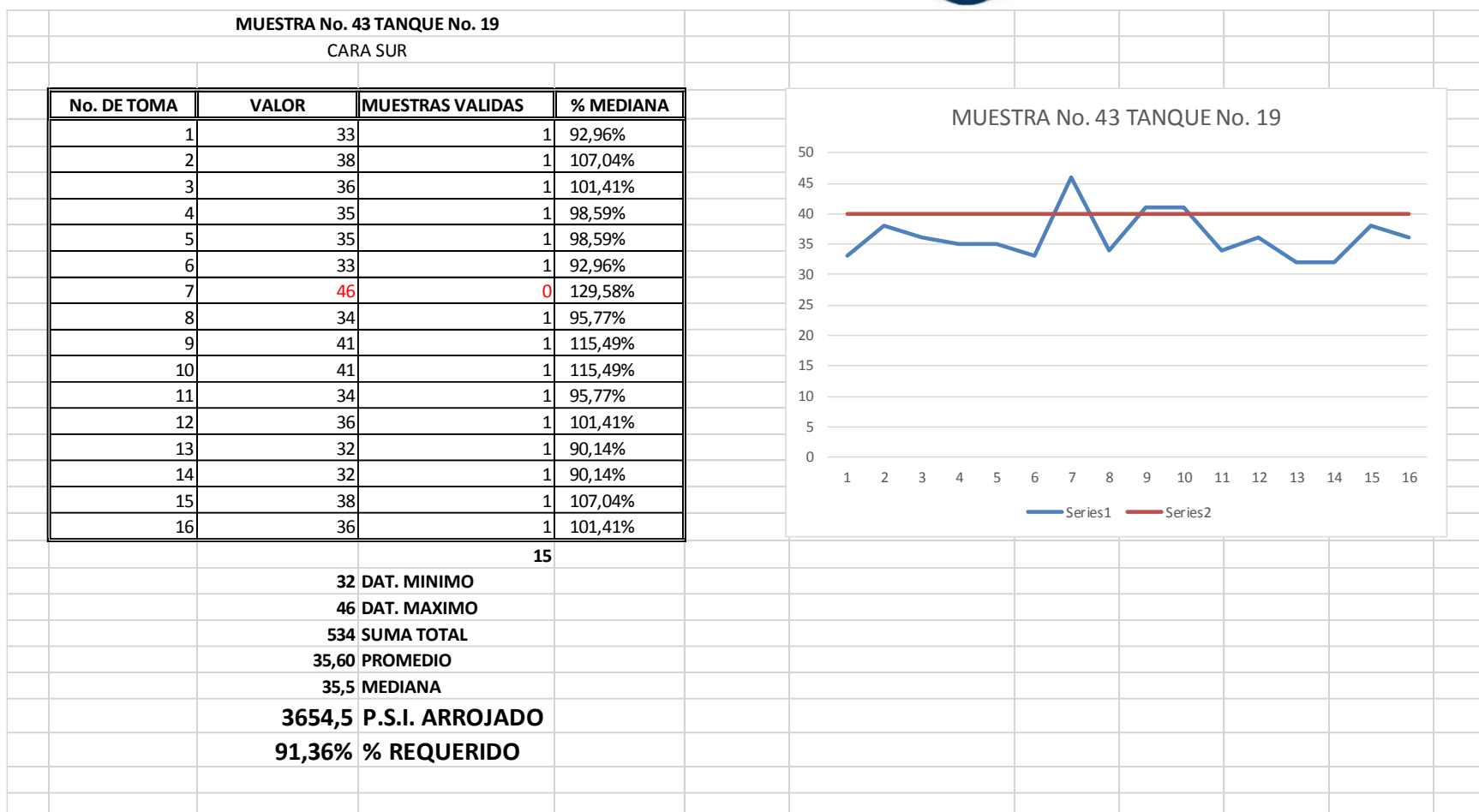
MUESTRA No. 39 TANQUE No. 18																
CARA OCCIDENTE																
No. DE TOMA	VALOR	MUESTRAS VALIDAS	% MEDIANA													
1	36	1	94,74%													
2	39	1	102,63%													
3	35	1	92,11%													
4	34	1	89,47%													
5	38	1	100,00%													
6	36	1	94,74%													
7	38	1	100,00%													
8	41	1	107,89%													
9	40	1	105,26%													
10	37	1	97,37%													
11	39	1	102,63%													
12	41	1	107,89%													
13	38	1	100,00%													
14	41	1	107,89%													
15	37	1	97,37%													
16	36	1	94,74%													
				16												
				34 DAT. MINIMO												
				41 DAT. MAXIMO												
				606 SUMA TOTAL												
				37,88 PROMEDIO												
				38 MEDIANA												
				3888,0 P.S.I. ARROJADO												
				97,20% % REQUERIDO												

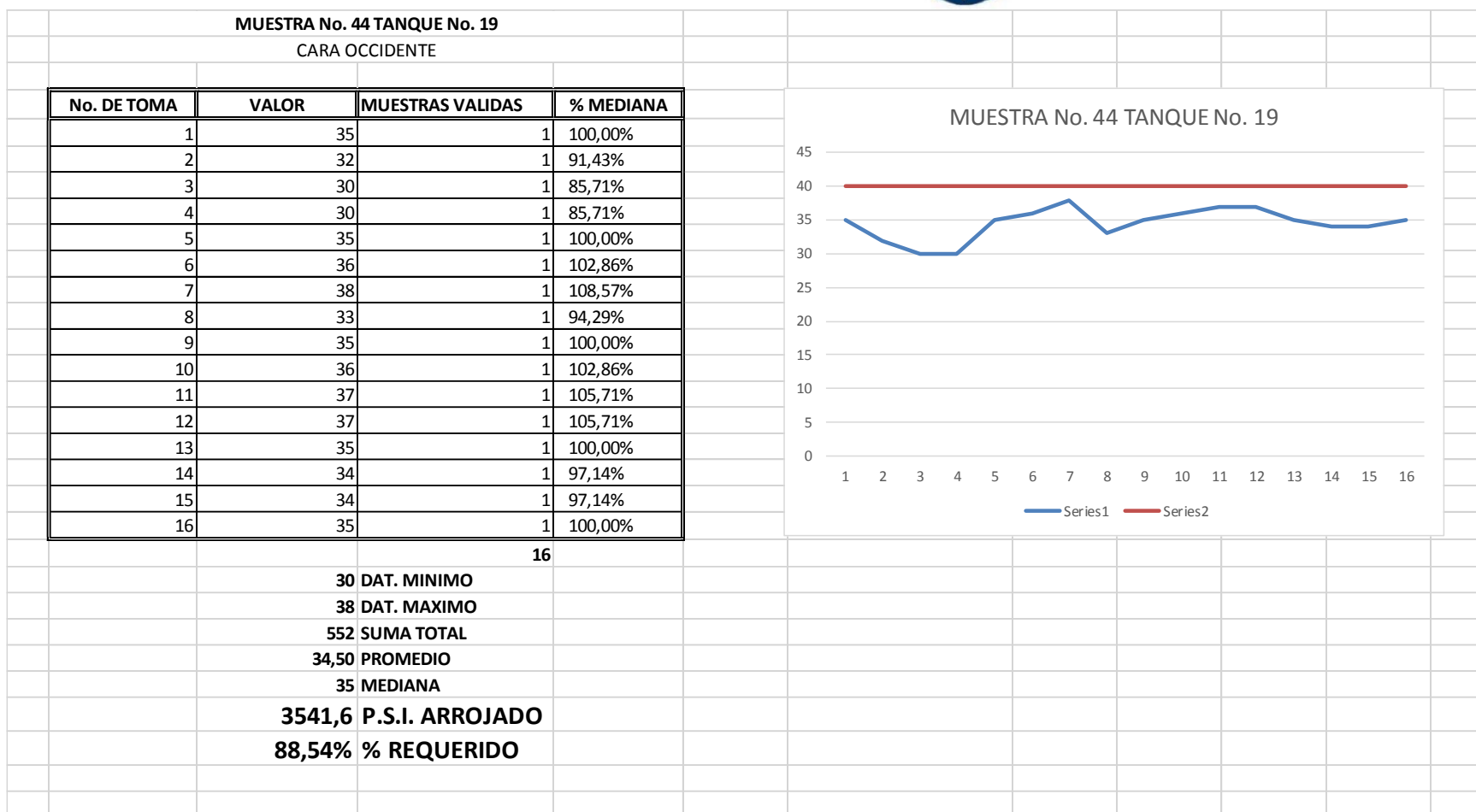


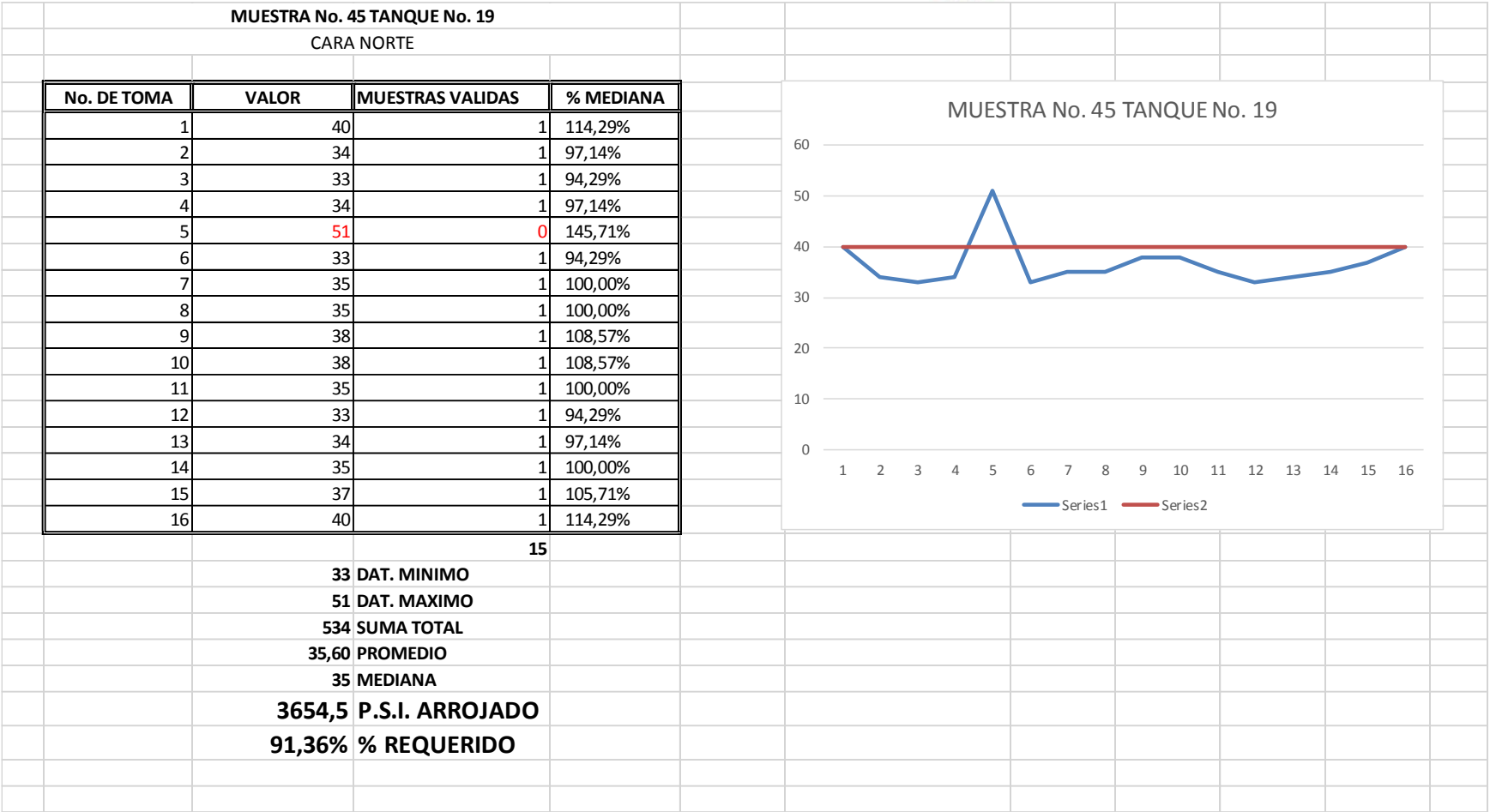


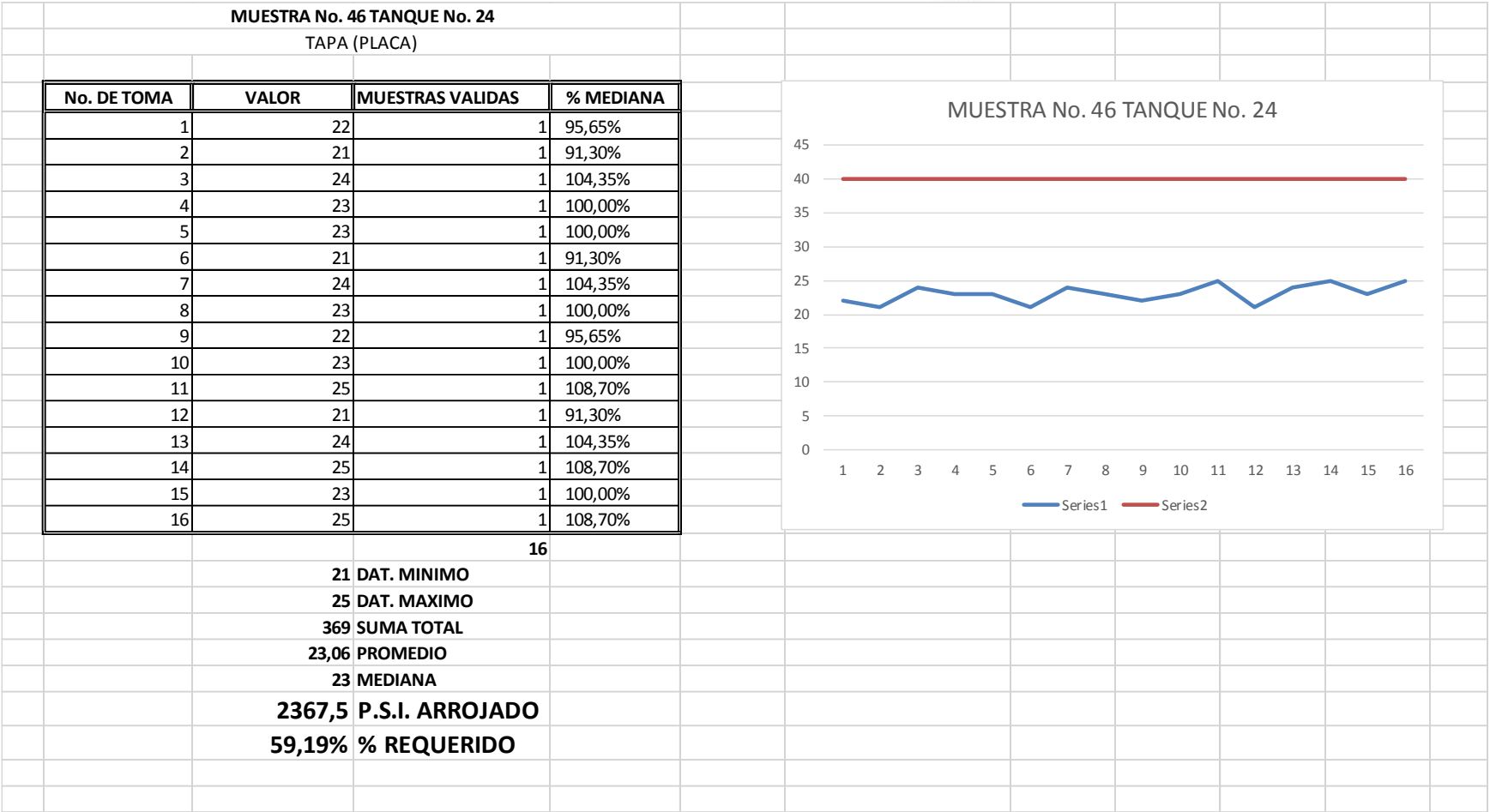


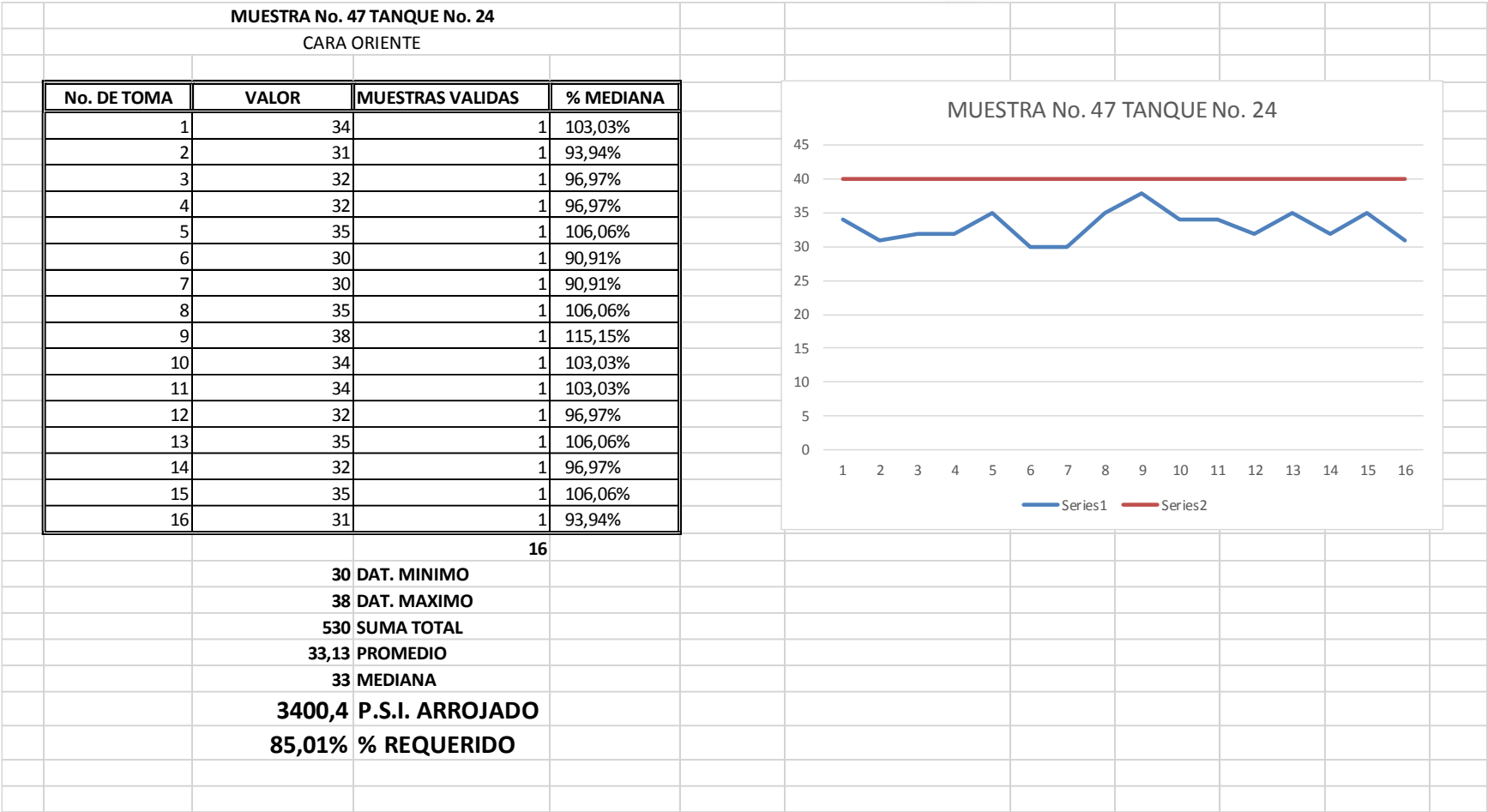


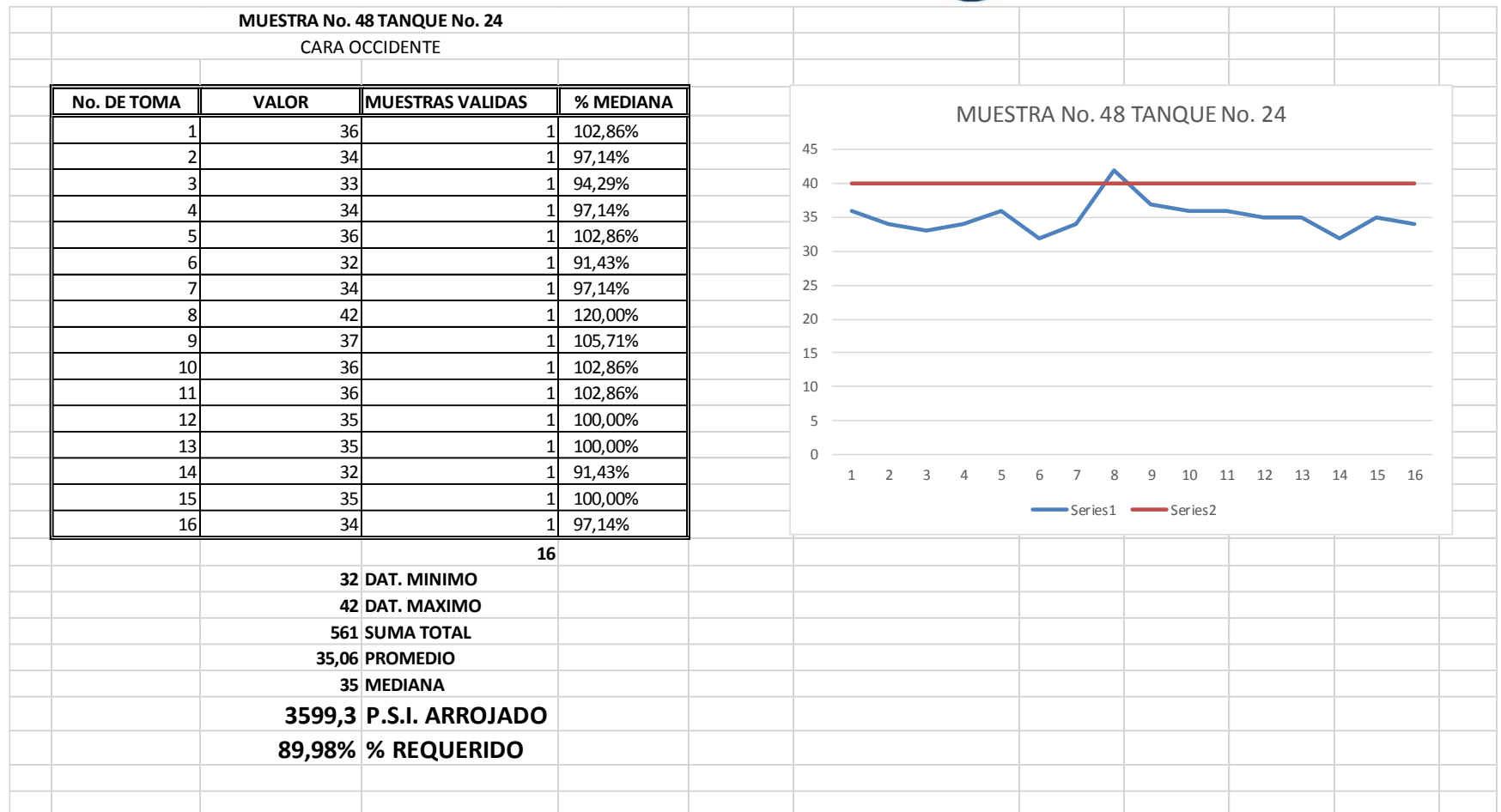


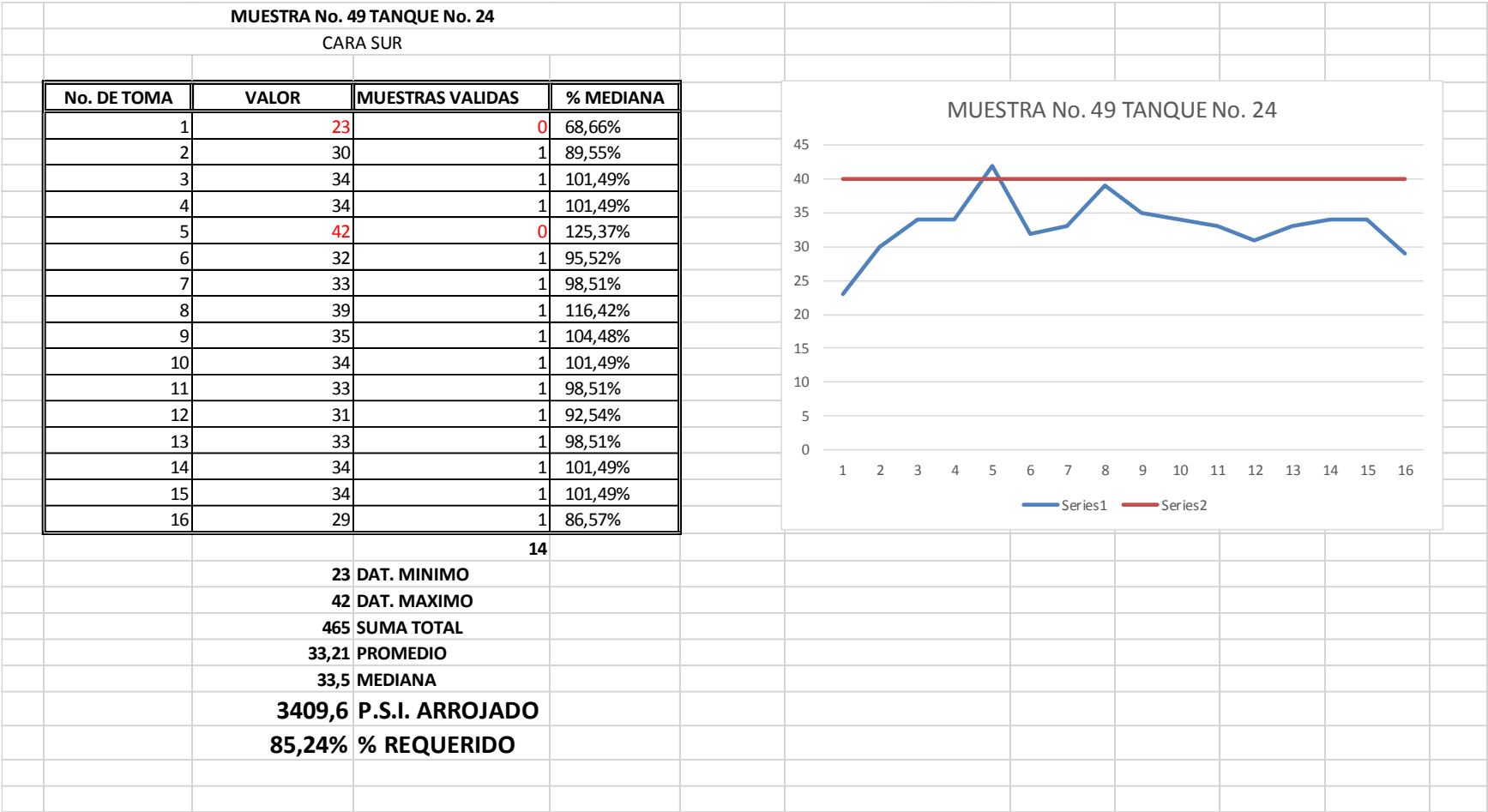


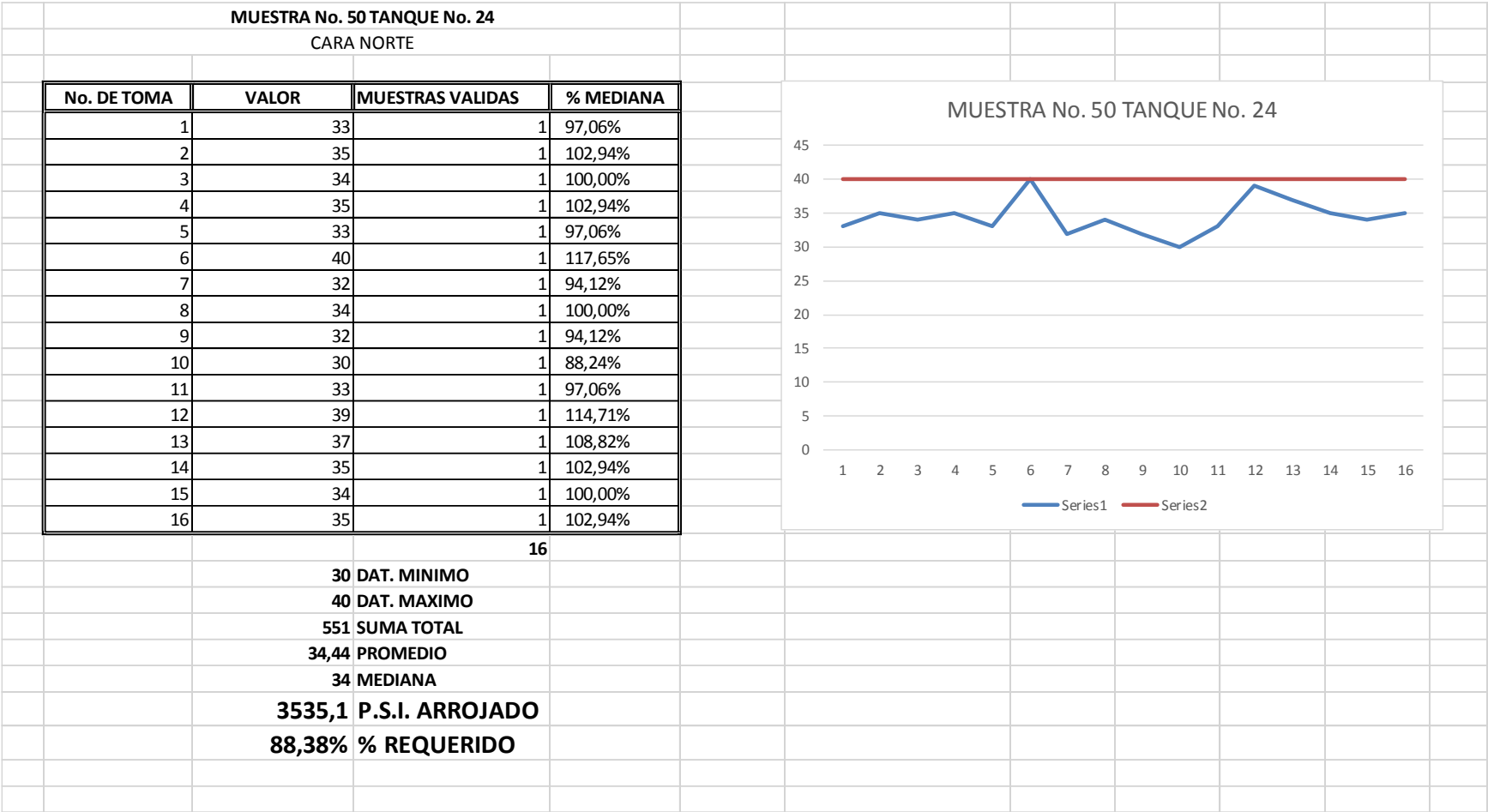














ANEXO No. 3 TABLAS DE ENSAYOS

ENSAYO DE INDICE DE REBOTE									
FECHA: 20 de diciembre de 2016						TANQUE N° 10			
PROYECTO: TAMARA						TIPO N° 1 "3.20 X 3.60 "			
DIRIGIDO A: VEREDA PIEDRA ANCHA									
						P= PRUEBA			
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	40	P9	35
CARA OCCIDENTAL						P2	37	P10	34
						P3	38	P11	29
						P4	35	P12	35
						P5	36	P13	31
						P6	38	P14	38
						P7	34	P15	38
						P8	35	P16	37
						HORA: 9:30 am			
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	32	P9	42
CARA SUR						P2	37	P10	37
						P3	37	P11	42
						P4	38	P12	45
						P5	31	P13	40
						P6	39	P14	37
						P7	45	P15	38
						P8	40	P16	42
						HORA: 9:45 am			
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	32	P9	38
CARA ORIENTAL						P2	32	P10	47
						P3	25	P11	38
						P4	33	P12	38
						P5	33	P13	35
						P6	35	P14	32
						P7	38	P15	39
						P8	35	P16	33
						HORA: 9:55 am			
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	28	P9	36
CARA NORTE						P2	38	P10	41
						P3	32	P11	40
						P4	36	P12	34
						P5	39	P13	37
						P6	32	P14	37
						P7	38	P15	35
						P8	38	P16	34
						HORA: 10:05			



ENSAYO DE INDICE DE REBOTE										
FECHA: 20 de Diciembre de 2016						TANQUE N° 11				
PROYECTO: TAMARA						TIPO N° 1 "3.20 X 3.60"				
DIRIGIDO A: vereda piedra ancha										
						P= PRUEBA				
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	32	P9	32
TAPA TANQUE e=12							P2	35	P10	34
							P3	35	P11	34
							P4	35	P12	32
							P5	32	P13	33
							P6	31	P14	40
							P7	35	P15	45
							P8	35	P16	34
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	39	P9	37
CARA OCCIDENTAL e=23							P2	38	P10	36
							P3	40	P11	39
							P4	39	P12	33
							P5	37	P13	42
							P6	34	P14	34
							P7	32	P15	35
							P8	38	P16	38
HORA: 10:23 am										
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	43	P9	40
CARA SUR							P2	46	P10	40
							P3	38	P11	44
							P4	44	P12	40
							P5	38	P13	40
							P6	44	P14	41
							P7	39	P15	42
							P8	40	P16	44
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	42	P9	40
CARA ORIENTAL							P2	38	P10	38
							P3	44	P11	46
							P4	44	P12	46
							P5	44	P13	46
							P6	39	P14	46
							P7	46	P15	48
							P8	38	P16	46
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	36	P9	31
CARA NORTE							P2	35	P10	38
							P3	38	P11	37
							P4	40	P12	33
							P5	35	P13	39
							P6	35	P14	39
							P7	44	P15	40
							P8	32	P16	33



ENSAYO DE INDICE DE REBOTE									
FECHA: 20 de Diciembre de 2016						TANQUE N° 12			
PROYECTO: TAMARA						TIPO N° 5 "4.40 X 4.20"			
DIRIGIDO A: vereda piedra ancha									
P= PRUEBA									
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	28	P9	28
TAPA e=20						P2	28	P10	23
						P3	26	P11	28
						P4	28	P12	28
						P5	30	P13	27
						P6	29	P14	26
						P7	24	P15	28
						P8	29	P16	28
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	42	P9	42
CARA NORTE e=25						P2	40	P10	40
						P3	42	P11	37
						P4	36	P12	37
						P5	38	P13	42
						P6	36	P14	42
						P7	46	P15	36
						P8	38	P16	38
HORA: 10:48 am									
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	34	P9	40
CARA ORIENTE						P2	36	P10	38
						P3	36	P11	38
						P4	33	P12	36
						P5	36	P13	36
						P6	35	P14	35
						P7	34	P15	36
						P8	36	P16	41
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	38	P9	41
CARA SUR						P2	38	P10	37
						P3	39	P11	38
						P4	39	P12	38
						P5	41	P13	42
						P6	58	P14	40
						P7	40	P15	46
						P8	38	P16	37
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	40	P9	41
CARA OCCIDENTAL						P2	41	P10	41
						P3	44	P11	44
						P4	40	P12	42
						P5	40	P13	38
						P6	41	P14	40
						P7	43	P15	40
						P8	40	P16	42

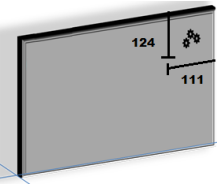
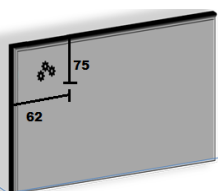
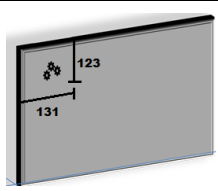
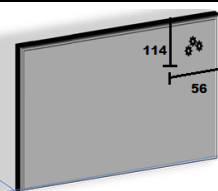
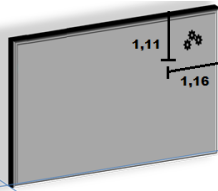


ENSAYO DE INDICE DE REBOTE										
FECHA: 20 de Diciembre de 2016					TANQUE N° 13					
PROYECTO: TAMARA					TIPO N° 1 "3.20 X 3.60"					
DIRIGIDO A: ALTO GRANDE										
					P= PRUEBA					
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	22	P9	24
TAPA e=20						P2	23	P10	26	
						P3	26	P11	26	
						P4	26	P12	26	
						P5	26	P13	28	
						P6	20	P14	24	
						P7	24	P15	27	
						P8	28	P16	26	
									HORA: 11:10 am	
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	31	P9	34
CARA NORTE						P2	32	P10	32	
						P3	32	P11	34	
						P4	34	P12	44	
						P5	31	P13	32	
						P6	31	P14	31	
						P7	34	P15	31	
						P8	32	P16	30	
									HORA: 11:22 am	
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	37	P9	34
CARA ORIENTE						P2	29	P10	29	
						P3	31	P11	34	
						P4	31	P12	36	
						P5	31	P13	32	
						P6	32	P14	32	
						P7	34	P15	31	
						P8	32	P16	33	
									HORA: 11:22 am	
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	30	P9	32
CARA SUR						P2	32	P10	29	
						P3	32	P11	33	
						P4	32	P12	33	
						P5	31	P13	29	
						P6	32	P14	31	
						P7	33	P15	30	
						P8	34	P16	31	
									HORA: 11:22 am	
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	31	P9	33
CARA OCCIDENTAL						P2	34	P10	38	
						P3	34	P11	31	
						P4	32	P12	36	
						P5	36	P13	32	
						P6	34	P14	33	
						P7	38	P15	36	
						P8	32	P16	32	
									HORA: 11:34 am	

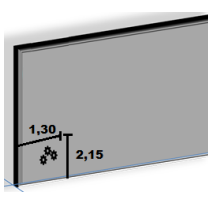
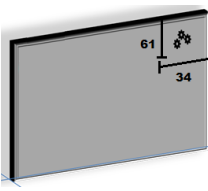
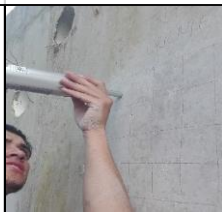
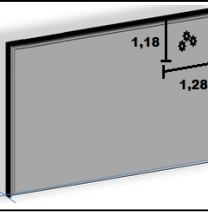
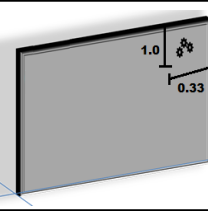
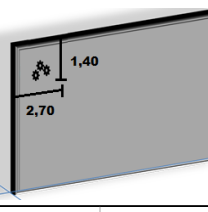


ENSAYO DE INDICE DE REBOTE									
FECHA: 20 de Diciembre de 2016						TANQUE N° 14			
PROYECTO: TAMARA						TIPO N° 8 "5.9 X 5.7"			
DIRIGIDO A: TANQUE ESTADIO						HORA: 4:37 pm			
						P= PRUEBA			
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	32	P9	33
TAPA						P2	33	P10	35
						P3	35	P11	30
						P4	33	P12	35
						P5	32	P13	32
						P6	30	P14	33
						P7	32	P15	35
						P8	35	P16	32
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	41	P9	39
CARA ORIENTE						P2	34	P10	36
						P3	32	P11	37
						P4	41	P12	38
						P5	37	P13	38
						P6	37	P14	37
						P7	46	P15	38
						P8	36	P16	40
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	21	P9	37
CARA SUR						P2	37	P10	41
						P3	39	P11	43
						P4	39	P12	37
						P5	35	P13	47
						P6	37	P14	45
						P7	37	P15	40
						P8	41	P16	45
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	40	P9	33
CARA NORTE						P2	37	P10	33
						P3	37	P11	37
						P4	40	P12	40
						P5	42	P13	38
						P6	37	P14	40
						P7	37	P15	35
						P8	37	P16	37
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	39	P9	41
CARA OCCIDENTE						P2	39	P10	42
						P3	35	P11	40
						P4	35	P12	43
						P5	43	P13	44
						P6	43	P14	44
						P7	40	P15	44
						P8	41	P16	44



ENSAYO DE INDICE DE REBOTE									
FECHA: 20 de Diciembre de 2016					TANQUE N° 16				
PROYECTO: TAMARA					TIPO N° 1 "3.20 X 3.60"				
DIRIGIDO A: VEREDA SANTA HELENA					HORA: 4:10 pm				
NUMERAL		DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS			P= PRUEBA			
TAPA						P1	30	P9	31
						P2	30	P10	30
						P3	30	P11	32
						P4	30	P12	30
						P5	31	P13	30
						P6	32	P14	31
						P7	30	P15	30
						P8	30	P16	29
CARA ORIENTE						P1	40	P9	42
						P2	37	P10	43
						P3	39	P11	39
						P4	37	P12	36
						P5	37	P13	42
						P6	35	P14	39
						P7	39	P15	38
						P8	36	P16	39
CARA NORTE						P1	34	P9	38
						P2	36	P10	38
						P3	36	P11	38
						P4	38	P12	36
						P5	38	P13	40
						P6	36	P14	35
						P7	38	P15	35
						P8	37	P16	40
CARA OCCIDENTE						P1	36	P9	41
						P2	31	P10	39
						P3	36	P11	36
						P4	40	P12	39
						P5	36	P13	47
						P6	36	P14	38
						P7	32	P15	40
						P8	35	P16	50
CARA SUR						P1	37	P9	40
						P2	40	P10	39
						P3	37	P11	35
						P4	40	P12	41
						P5	39	P13	41
						P6	40	P14	39
						P7	40	P15	45
						P8	37	P16	38



ENSAYO DE INDICE DE REBOTE										
FECHA: 20 de Diciembre de 2016					TANQUE N° 17					
PROYECTO: TAMARA					TIPO N° 1 "3.20 X 3.60"					
DIRIGIDO A: VEREDA SANTA HELENA										
					P= PRUEBA					
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS					P1	32	P9	28
TAPA							P2	36	P10	26
							P3	31	P11	28
							P4	29	P12	30
							P5	33	P13	31
							P6	30	P14	38
							P7	30	P15	28
							P8	28	P16	24
				NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				
CARA ORIENTE							P2	39	P10	30
							P3	38	P11	35
							P4	39	P12	32
							P5	33	P13	39
							P6	35	P14	42
							P7	31	P15	35
							P8	33	P16	39
				NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				
CARA NORTE							P2	40	P10	42
							P3	45	P11	42
							P4	43	P12	42
							P5	44	P13	38
							P6	42	P14	42
							P7	43	P15	41
							P8	42	P16	43
				NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				
CARA OCCIDENTE							P2	32	P10	36
							P3	34	P11	34
							P4	40	P12	40
							P5	37	P13	40
							P6	36	P14	40
							P7	33	P15	36
							P8	36	P16	38
				NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				
CARA SUR							P2	40	P10	41
							P3	43	P11	40
							P4	44	P12	38
							P5	42	P13	40
							P6	44	P14	40
							P7	41	P15	40
							P8	45	P16	37



ENSAYO DE INDICE DE REBOTE									
FECHA: 20 de Diciembre de 2016					TANQUE N° 18				
PROYECTO: TAMARA					TIPO N° 4 "8.7 X 8.5"				
DIRIGIDO A: VEREDA CRUZ VERDE					HORA: 2:30 pm				
					P= PRUEBA				
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS			P1	20	P9	23	
TAPA e= 20					P2	23	P10	27	
					P3	26	P11	25	
					P4	27	P12	23	
					P5	23	P13	25	
					P6	26	P14	24	
					P7	26	P15	27	
					P8	25	P16	23	
					NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS		
CARA ORIENTE					P2	38	P10	35	
					P3	29	P11	35	
					P4	30	P12	36	
					P5	38	P13	37	
					P6	34	P14	36	
					P7	31	P15	38	
					P8	36	P16	34	
					NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS		
CARA NORTE					P2	36	P10	38	
					P3	37	P11	36	
					P4	36	P12	36	
					P5	34	P13	38	
					P6	35	P14	38	
					P7	37	P15	38	
					P8	34	P16	38	
					NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS		
CARA OCCIDENTE					P2	39	P10	37	
					P3	35	P11	39	
					P4	34	P12	41	
					P5	38	P13	38	
					P6	36	P14	41	
					P7	38	P15	37	
					P8	41	P16	36	
					NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS		
CARA SUR					P2	36	P10	37	
					P3	38	P11	42	
					P4	38	P12	34	
					P5	36	P13	36	
					P6	38	P14	36	
					P7	40	P15	42	
					P8	38	P16	38	



ENSAYO DE INDICE DE REBOTE									
FECHA: 20 de Diciembre de 2016					TANQUE N° 19				
PROYECTO: TAMARA					TIPO N° 5 "4.20 X 4.40"				
DIRIGIDO A: ALTO LUNA					HORA: 3:00 pm				
P= PRUEBA									
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	25	P9	28
TAPA e=20 e=26						P2	27	P10	28
						P3	25	P11	25
						P4	23	P12	25
						P5	25	P13	26
						P6	25	P14	26
						P7	26	P15	27
						P8	25	P16	25
				NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS			
CARA ORIENTE						P2	35	P10	34
						P3	34	P11	36
						P4	46	P12	36
						P5	34	P13	34
						P6	35	P14	33
						P7	34	P15	33
						P8	36	P16	38
				NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS			
CARA SUR						P2	38	P10	41
						P3	36	P11	34
						P4	35	P12	36
						P5	35	P13	32
						P6	33	P14	32
						P7	46	P15	38
						P8	34	P16	36
				NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS			
CARA OCCIDENTE						P2	32	P10	36
						P3	30	P11	37
						P4	30	P12	37
						P5	35	P13	35
						P6	36	P14	34
						P7	38	P15	34
						P8	33	P16	35
				NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS			
CARA NORTE						P2	34	P10	38
						P3	33	P11	35
						P4	34	P12	33
						P5	51	P13	34
						P6	33	P14	35
						P7	35	P15	37
						P8	35	P16	40



ENSAYO DE INDICE DE REBOTE									
FECHA: 20 de Diciembre de 2016					TANQUE N° 24				
PROYECTO: TAMARA					TIPO N° 3 "8.1 X 7.9"				
DIRIGIDO A: TANQUE LA VICTORIA					HORA: 1:40 pm				
					P= PRUEBA				
NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS				P1	22	P9	22
TAPA e=20 e=26						P2	21	P10	23
						P3	24	P11	25
						P4	23	P12	21
						P5	23	P13	24
						P6	21	P14	25
						P7	24	P15	23
						P8	23	P16	25
						NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS	
CARA ORIENTE						P2	31	P10	34
						P3	32	P11	34
						P4	32	P12	32
						P5	35	P13	35
						P6	30	P14	32
						P7	30	P15	35
						P8	35	P16	31
						NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS	
CARA OCCIDENTAL						P2	34	P10	36
						P3	33	P11	36
						P4	34	P12	35
						P5	36	P13	35
						P6	32	P14	32
						P7	34	P15	35
						P8	42	P16	34
						NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS	
CARA SUR						P2	30	P10	34
						P3	34	P11	33
						P4	34	P12	31
						P5	42	P13	33
						P6	32	P14	34
						P7	33	P15	34
						P8	39	P16	29
						NUMERAL	DESCRIPCION	FOTOGRAFIAS	
CARA NORTE						P2	35	P10	30
						P3	34	P11	33
						P4	35	P12	39
						P5	33	P13	37
						P6	40	P14	35
						P7	32	P15	34
						P8	34	P16	35