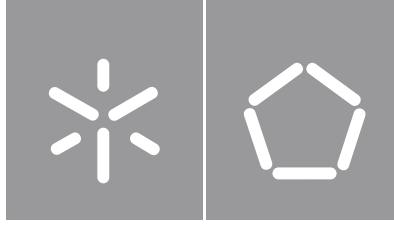




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Pedro Silva Nogueira Gonçalves

**Definição e implementação do MSA nos
equipamentos de medição para peças
mecânicas**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

José Pedro Silva Nogueira Gonçalves

**Definição e implementação do MSA nos
equipamentos de medição para peças
mecânicas**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica
Sistemas Mecatrónicos

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Filipe Bizarro Meireles

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A escrita de uma dissertação é a tarefa que traduz em papel o término de um ciclo de estudos. Este documento simboliza o culminar de um trabalho e a marcação do testemunho do nosso conhecimento que foi adquirido durante todo o processo. Embora seja uma tarefa de cariz individual, durante toda a sua fase de desenvolvimento, a sua realização não teria sido possível sem o apoio de todos aqueles que contribuíram de algum modo. Assim, gostaria de agradecer:

- Ao meu orientador, Professor Doutor José Filipe Bizarro Meireles, pela constante disponibilidade, devoção, incentivo e compromisso de trabalho.
- Ao Grupo Bosch pela oportunidade que me deram para mostrar o meu valor e poder fazer parte da sua equipa, acreditando que poderia contribuir com o meu conhecimento para a melhoria e avanço do laboratório mecânico.
- Ao Laboratório Mecânico da Bosch agradeço todo o suporte dado, desde a partilha de conhecimento técnico aos equipamentos disponibilizados, para que o projeto fosse realizado. Pelo companheirismo, hospitalidade e boa disposição, deixo uma palavra de agradecimento a toda a equipa que me acompanhou durante esta etapa.
- A todos os meus colegas e amigos que fiz durante o percurso académico, dos quais guardo com muita estima a amizade criada. A todos desejo os sinceros votos de felicidade e de sucesso profissional.
- Por fim, um agradecimento sincero aos meus pais, irmã e amigos mais chegados que sempre acreditaram que eu conseguiria concluir este desafio com sucesso, dando todo o suporte que necessitei, principalmente nos momentos mais exaustivos desta etapa da minha vida, um obrigado do fundo do coração.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

O setor da indústria automóvel é cada vez mais competitivo, e a constante procura pela inovação, com o surgimento de equipamentos com um grau de sofisticação exponencial, levam a que o controlo da qualidade dos produtos tome um papel crucial para satisfazer os requisitos do cliente. Assim, depreende-se que o controlo da qualidade é um requisito preponderante. Com efeito, a medição tornou-se essencial para o controlo e validação da conformidade de um produto, com base na análise das suas especificações técnicas. Baseado no processo de controlo da qualidade, retira-se a importância da metrologia.

O estudo desenvolvido na presente dissertação, insere-se num projeto de investigação-ação, o qual tem como objetivo a análise dos sistemas de medição existentes no laboratório mecânico da Bosch. Esta análise, denominada de MSA, consistiu na implementação de um conjunto de procedimentos que, através de estudos experimentais e matemáticos, visaram verificar se os sistemas de medição se encontravam aptos para reproduzir valores fiáveis das medições efetuadas no laboratório mecânico, permitindo assim determinar os erros e a variação do processo de medição. O objetivo primordial passou pelo estudo dos equipamentos existentes no laboratório, tendo-se definido como principal foco para a implementação desta análise, as máquinas de medição por coordenadas, consideradas os equipamentos de eleição para efetuar medições na gama de produtos da empresa.

Este trabalho permitiu compreender o funcionamento das máquinas de medição por coordenadas e conseqüentemente a fiabilidade dos dados obtidos através da utilização destes equipamentos para controlo da qualidade. Após a implementação dos procedimentos do MSA nestes equipamentos, concluiu-se que todos os equipamentos analisados passaram no estudo, no entanto, verificou-se que para efetuar medições na máquina de medição por coordenadas Mitutoyo – BHN, é necessário que a variável a analisar possua uma tolerância mínima de 0,053 mm.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão da Qualidade; Máquinas de medição por coordenadas; Metrologia; Análise dos sistemas de medição; Normalização.

ABSTRACT

The automotive industry is increasingly competitive, and the constant search for innovation, with the emergence of equipment with an exponentially growing degree of sophistication, lead to the control of product quality playing a crucial role in satisfying customer requirements. Thus, it appears that quality control is a preponderant requirement. Indeed, measurement has become essential for the control and validation of the conformity of a product, based on the analysis of its technical specifications. Based on the quality control process, the importance of metrology is removed.

The study developed in this document is part of an action-research project, which aims to analyze the measurement systems existing in the Bosch mechanical laboratory. This analysis, called MSA, consisted in the implementation of a set of procedures that, through experimental and mathematical studies, aimed to verify if the measurement systems were able to reproduce reliable values of the measurements carried out in the mechanical laboratory, thus allowing to determine the errors and the variation of the measurement process. The main objective was the study of the equipment existing in the laboratory, having defined as the main focus for the implementation of this analysis, the measuring machines by coordinates, considered the equipment of choice to carry out measurements in the range of the company's products.

This work made it possible to understand the operation of coordinate measuring machines and, consequently, the reliability of the data obtained through the use of these equipment for quality control. After the implementation of the MSA procedures in these equipment, it was concluded that all the analyzed equipment passed the study, however, it was found that to carry out measurements in the Mitutoyo-BHN coordinate measuring machine, it is necessary that the variable to be analyzed has a minimum tolerance of 0.053 mm.

KEYWORDS

Quality management; Coordinate measuring machines; Metrology; Measurement system analysis; Normalization.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| Agradecimentos | iii |
| Resumo..... | v |
| Abstract | vi |
| Índice | vii |
| Índice de Figuras..... | ix |
| Índice de Tabelas..... | xii |
| Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos..... | xiii |
| 1 Introdução..... | 1 |
| 1.1 Enquadramento..... | 1 |
| 1.2 Empresa | 1 |
| 1.2.1 Grupo Bosch | 1 |
| 1.2.2 Grupo Bosch em Portugal | 2 |
| 1.2.3 Grupo Car Multimédia, S.A..... | 3 |
| 1.3 Motivação e objetivos | 4 |
| 1.4 Estruturação | 5 |
| 2 Revisão da Literatura | 6 |
| 2.1 Metrologia | 6 |
| 2.1.1 Evolução histórica | 6 |
| 2.1.2 Conceitos associados à metrologia | 9 |
| 2.2 Qualidade..... | 10 |
| 2.2.1 Gestão da Qualidade | 10 |
| 2.2.2 Ferramentas para Gestão da Qualidade | 15 |
| 2.3 Aquisição de informação tridimensional..... | 19 |
| 2.3.1 <i>Scanner laser</i> | 20 |
| 2.3.2 <i>Scanner luz estruturada</i> | 20 |
| 2.3.3 Máquina de medição por coordenadas (CMM)..... | 21 |
| 2.4 Análise dos sistemas de medição | 24 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 2.4.1 | Contextualização | 24 |
| 2.4.2 | Propriedades estatísticas de um sistema de medição..... | 25 |
| 2.4.3 | Caraterização de um sistema de medição | 26 |
| 2.4.4 | Análise dos sistemas de medição (MSA)..... | 32 |
| 3 | Caso de Estudo..... | 44 |
| 3.1 | O laboratório mecânico da Bosch Car Multimédia S.A. | 44 |
| 3.1.1 | Descrição | 44 |
| 3.1.2 | Organigrama..... | 45 |
| 3.1.3 | <i>Layout</i> | 45 |
| 3.1.4 | Fases de um projeto e atividades das equipas | 46 |
| 3.1.5 | Condições Térmicas..... | 47 |
| 3.1.6 | Equipamentos | 50 |
| 3.2 | Procedimento experimental..... | 61 |
| 3.2.1 | Seleção de peças | 62 |
| 3.2.2 | Metodologia e protocolos de medição | 68 |
| 3.2.3 | Apresentação e discussão de resultados | 73 |
| 4 | Conclusões e propostas de trabalhos futuros | 81 |
| | Referências Bibliográficas | 83 |
| | Anexo A - layout do Laboratório Mecânico | 85 |
| | Anexo B – Desenho Técnico da peça <i>Housing Base</i> | 86 |
| | Anexo C – Método de Medição..... | 87 |
| | Anexo D – Resultados dimensionais obtidos pelo CATIM da peça <i>Housing Base</i> | 109 |
| | Anexo E – Instrução de Trabalho para a verificação dos módulos das CMM's | 112 |
| | Anexo F – Relatório das medições efetuadas no procedimento 1 do MSA para o <i>Housing Base</i> | 125 |
| | Anexo G – Relatório das medições efetuadas no procedimento 2 do MSA para o <i>Housing Base</i> | 161 |
| | Anexo H – Relatório das medições efetuadas no procedimento 1 do MSA para o <i>Housing Base</i> | 171 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Áreas de negócio do grupo Bosch (adaptado) [2]. | 2 |
| Figura 2 - Disposição do grupo Bosch em Portugal [2]. | 3 |
| Figura 3 - Barra de platina [6]. | 8 |
| Figura 4 - Pirâmide de rastreabilidade [4]. | 9 |
| Figura 5 - Processos de um sistema de gestão da qualidade [13]. | 12 |
| Figura 6 -Domínios da metrologia [4]. | 13 |
| Figura 7 – Representação de um diagrama de Pareto [19]. | 15 |
| Figura 8 – Representação de um fluxograma [20]. | 16 |
| Figura 9 – Representação de um diagrama de Ishikawa [18]. | 17 |
| Figura 10 - Imagem representativa de uma folha de verificação [19]. | 17 |
| Figura 11 - Representação de um histograma [20]. | 18 |
| Figura 12 - Representação de um gráfico de dispersão [20]. | 18 |
| Figura 13 - Representação de uma carta de controlo [20]. | 19 |
| Figura 14 – Fluxograma de aquisição de dados para inspeção de componentes [21]. | 19 |
| Figura 15 – Representação do funcionamento do scanner laser [24]. | 20 |
| Figura 16 - Representação exemplificativa do funcionamento do scanner luz estruturada [25]. | 21 |
| Figura 17 - Representação dos diferentes tipos de máquinas de medição por coordenadas e respectivas configurações [22]. | 22 |
| Figura 18 – Representação do sistema de palpação [22]. | 22 |
| Figura 19 – Representação gráfica do método touch-trigger [28]. | 23 |
| Figura 20 – Representação gráfica do método de scanning [28]. | 23 |
| Figura 21 - Impacto do ndc [32]. | 26 |
| Figura 22 - Representação da exatidão e precisão de um sistema de medição [30]. | 27 |
| Figura 23 – Representação da tendência de um sistema de medição [32]. | 27 |
| Figura 24 – Representação da estabilidade de um sistema de medição [32]. | 28 |
| Figura 25 – Representação da linearidade de um sistema de medição [32]. | 28 |
| Figura 26 – Representação da repetibilidade de um sistema de medição [32]. | 29 |
| Figura 27 - Representação da reprodutibilidade de um sistema de medição [32]. | 29 |

| | |
|--|----|
| Figura 28 - Variação do Sistema de medição (adaptado) [22]. | 30 |
| Figura 29 – Esquematização do procedimento 1 [20]. | 37 |
| Figura 30 - Fluxograma que representa as etapas do procedimento 2 [20]. | 40 |
| Figura 31 – Fluxograma que representa as etapas do procedimento 3 [20]. | 42 |
| Figura 32 - Organigrama da secção do Laboratório Mecânico. | 45 |
| Figura 33 – Foto do equipamento MITUTOYO – BHN - CMM1. | 52 |
| Figura 34 -Foto do equipamento MITUTOYO - CRYSTA APEX S 700 – CMM2. | 52 |
| Figura 35 - Foto do equipamento MITUTOYO - CRYSTA APEX S 900 – CMM3. | 53 |
| Figura 36 – Foto do equipamento MITUTOYO - CRYSTA APEX C 900 – CMM4. | 53 |
| Figura 37 – (a) Foto do equipamento HEXAGON - GLOBAL S BLUE; (b) Diferentes tecnologias do equipamento. | 54 |
| Figura 38 - Base de alumínio das máquinas de medição por coordenadas. | 55 |
| Figura 39 - Estrutura da rede interna do Laboratório. | 56 |
| Figura 40 – Foto do equipamento VISION ENGINEERING - HAWK QC-5000 VED. | 57 |
| Figura 41 - Foto do equipamento MITUTOYO - QUICK VISION ACCEL 808 PRO. | 58 |
| Figura 42 – (a) Foto do equipamento STEINBICHLER - COMET 6 16M ; (b) Representação das potencialidades do equipamento. | 59 |
| Figura 43 – Foto do equipamento ZWICKROELL - PROLINE Z010 TN. | 60 |
| Figura 44 – Foto do equipamento SOFTING - TRANSMISSION TESTER LTW-1. | 60 |
| Figura 45 – Peça Housing Base. | 64 |
| Figura 46 – Legos para realização de montagens. | 65 |
| Figura 47 – Sistema de fixação da peça Housing Base. | 65 |
| Figura 48 – Representação do erro detetado na montagem devido ao ângulo. | 66 |
| Figura 49 – Fotos do sistema de fixação e respetiva esquematização dos imans. | 66 |
| Figura 50 – Gráficos das medições referentes ao sistema de fixação. | 67 |
| Figura 51 -Foto da peça System Carrier 1. | 67 |
| Figura 52 – Foto do Jig de medição do System Carrier 1 com a peça. | 68 |
| Figura 53 – Foto de uma peça System Carrier 2. | 68 |
| Figura 54 – Foto do jig de medição da peça System Carrier 2 e respetiva peça. | 68 |
| Figura 55 – Tabelas auxiliares dos desvios permitidos para dimensões lineares das peças obtidas através de conformação de chapa e injeção de plástico. | 69 |

| | |
|--|----|
| Figura 56 – Tabelas auxiliares dos desvios permitidos para dimensões lineares para peças fundidas..... | 69 |
| Figura 57 – Excerto do procedimento 1, realizado na CMM1. | 75 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Áreas de negócio da Bosch Car Multimédia, S.A..... | 4 |
| Tabela 2 - Casos excecionais para o estudo do Gage R&R do Procedimento 2 [20]. | 40 |
| Tabela 3 -Casos excecionais para o estudo do Gage R&R do Procedimento 3..... | 42 |
| Tabela 4 – Fontes de variação da temperatura do laboratório. | 49 |
| Tabela 5 – Informações técnicas das máquinas de medição de coordenadas. | 51 |
| Tabela 6 – Dimensões selecionadas da peça Housing Base..... | 70 |
| Tabela 7 -Incerteza de medição dos equipamentos do laboratório mecânico da Bosch. | 70 |
| Tabela 8 – Incerteza de medição do equipamento do CATIM..... | 71 |
| Tabela 9 – Resultados das medições efetuadas no CATIM para a peça Housing Base. | 71 |
| Tabela 10 – Verificação de requisitos para a dimensão 1 e 8, respetivamente. | 73 |
| Tabela 11 – Condições de entrada para o procedimento 1..... | 73 |
| Tabela 12 - Resultados da CMM 1 – Procedimento 1..... | 74 |
| Tabela 13 - Resultados da CMM 2 – Procedimento 1..... | 75 |
| Tabela 14 - Resultados da CMM3 – Procedimento 1..... | 76 |
| Tabela 15 – Resultados da CMM4 – Procedimento 1..... | 76 |
| Tabela 16 - Condições de entrada para o procedimento 2..... | 77 |
| Tabela 17 -Resultados da CMM3 – Procedimento 2..... | 77 |
| Tabela 18 - Condições de entrada para o procedimento 3..... | 78 |
| Tabela 19 – Resultados da CMM1 – Procedimento 3..... | 78 |
| Tabela 20 – Resultados da CMM2 – Procedimento 3..... | 78 |
| Tabela 21 – Resultados da CMM3 – Procedimento 3..... | 79 |
| Tabela 22 – Resultados CMM4 – Procedimento 3..... | 79 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AIAG MSA – *Automotive Industry Active Group Measurement Systema Analysis*

CC – Cartas de controlo

CC – Sensores de segurança

CEP - Controlo estatístico de processo

CI1 – Sistemas de informação e entretenimento

CI2 – Sistemas de instrumentação

CMM – *Coordinate Measuring Machine*

CpK – *Statistical Sample Inspection Report*

DSP – *Development Sample Production*

FEP – *Product Approval*

FOR – *Failure of Rate*

GQ – Gestão da Qualidade

GQT – Gestão da Qualidade Total

GRR – *Gage R&R*, índice de repetibilidade e reprodutibilidade

I.S.I.R – *Initial Sample Inspection Report*

IoT – *Internet of Things*

IPQ - Instituto Português da Qualidade

IS – *Instrument Systems*

ISO – *International Organization of Standardization*

IT – Instrução de Trabalho

LSL - *Lower specification limit*

MitCAT – *Mitutoyo Intelligent Computer Aided Technology*

MSA - *Measurement system analysis*

ndc - *Number of distinct categories*

PA – *Product Audit*

PC – Área Comercial

PS – *Professional Systems*

PSP- *Prototype Sample Production*

PT – Área Técnica

PV – *Parte Variation*

QMM – Departamento da Qualidade

SGQ - Sistema de Gestão da Qualidade

SOP – *Start of Production*

SPC – *Statistical Process Control*

TQM – *Total Quality Management*

TSP – *Tool Sample Production*

USL - *Upper specification limit*

VIM – Vocabulário internacional da Metrologia

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Diante os crescentes requisitos nos padrões de qualidade e competitividade no mercado, a metrologia destaca-se como uma das ferramentas da qualidade mais importantes e cada vez mais as organizações procuram métodos de melhoria contínua para o incremento da sua produtividade, eficiência e eficácia dos resultados.

O setor automóvel requer elevados parâmetros de qualidade e de satisfação o que obriga à implementação de ferramentas cada vez mais avançadas. Existem várias ferramentas da qualidade, das quais se destaca a ferramenta de análise dos sistemas de medição (MSA).

A análise dos sistemas de medição (MSA) corresponde a um conjunto de técnicas estatísticas que permitem avaliar a confiabilidade dos dados obtidos por um sistema de medição, de modo a compreender se este satisfaz os requisitos de controlo da qualidade.

A obtenção de dados confiáveis no setor automotivo tornou-se altamente significativo dada a dispersão global de fornecedores. Um fator determinante para a qualidade das organizações é o desempenho correto do sistema de medição.

O presente estágio foi realizado na Bosch Car Multimédia S.A., uma empresa que fornece soluções de informação e entretenimento, *displays*, conectividade e HMI para automóveis de passageiros, camiões e veículos de duas rodas. O seu objetivo passa por responder às necessidades dos estilos de vida contemporâneos através da aplicação de tecnologia e conhecimento, quer em contexto profissional quer de lazer.

1.2 Empresa

1.2.1 Grupo Bosch

A empresa Bosch deve a sua designação ao seu fundador, Robert Bosch (1861-1942) que com apenas 25 anos fundou em 1886 a "Oficina de precisão mecânica e engenharia elétrica" (do alemão, "*Werkstätte für Feinmechanik und Elektrotechnik*") em Estugarda, na Alemanha. Este foi o marco histórico do nascimento de uma das maiores empresas mundiais [1].

A Bosch está dividida em quatro áreas de negócio: Soluções de Mobilidade, Tecnologias Industriais, Bens de Consumo e Tecnologias de Energia e Construção (Figura 1). Líder em

Internet das Coisas (IoT), a Bosch oferece soluções inovadoras para casas e cidades inteligentes, mobilidade e indústria conectada.



Figura 1 – Áreas de negócio do grupo Bosch (adaptado) [2].

Sediada em *Schillerhöhe*, na periferia de Estugarda, o grupo Bosch é constituído por cerca de 440 empresas subsidiárias e unidades regionais, presentes em aproximadamente 60 países. Atualmente, a multinacional Bosch emprega cerca de 402.600 colaboradores, os quais contribuíram para uma faturação de cerca de 78,7 mil milhões de euros em vendas no ano de 2021 [2].

1.2.2 Grupo Bosch em Portugal

O grupo Bosch surgiu pela primeira vez em Portugal em 1911, é responsável por 95% das exportações internacionais e atualmente conta com cerca de 5.840 colaboradores que contribuíram para gerar 1,6 mil milhões de euros em vendas no ano de 2020. O grupo Bosch está representado em Portugal de norte a sul do país com diferentes vertentes técnicas, tal como podemos observar na Figura 2.



Figura 2 - Disposição do grupo Bosch em Portugal [2].

A sede da empresa, em território nacional, tem lugar em Lisboa, onde são realizadas atividades de vendas, *marketing*, contabilidade e comunicação, bem como serviços partilhados de recursos humanos e comunicação para o Grupo Bosch [2]. O universo Bosch engloba três áreas de engenharia distintas. Em Aveiro desenvolvem-se e produzem-se soluções de aquecimento de água, tais como esquentadores, caldeiras e bombas de calor; Em Braga concebem-se sistemas de navegação, equipamento eletrónicos e sensores para a indústria automóvel; Em Ovar, a fábrica Bosch é responsável pela produção de sistemas de segurança e sistemas eletrónicos para ferramentas elétrica, termotecnologia e eletrodomésticos.

1.2.3 Grupo Car Multimédia, S.A.

A Bosch surgiu em Braga em 1990 com o nome de Blaupunkt e dedicava-se à produção de autorrádios. Com a evolução das exigências do mercado automóvel a marca foi vendida e em 2009 iniciou-se uma reorganização desta unidade que viria a tornar-se na Bosch Car Multimédia Portugal, S.A.. Atualmente, a unidade da Bosch em Braga pertence à divisão Automotive Electronics e é a maior do Grupo em Portugal, que gera a maior percentagem de vendas da empresa, tornando-a um dos maiores fornecedores de tecnologia automóvel do mundo. O seu principal negócio passa pelo desenvolvimento e produção de sistemas de informação e entretenimento (CI1), sistemas de instrumentação (CI2) e sensores de segurança (CC) para a

indústria automóvel desde a conceção do protótipo até à produção em série do produto. Na Tabela 1 explanam-se as diferentes áreas de negócio da Bosch Car Multimédia S.A..

Tabela 1 - Áreas de negócio da Bosch Car Multimédia, S.A..

| Sistemas de informação e entretenimento (CI1) | Sistemas de instrumentação (CI2) | Sensores de segurança (CC) |
|---|--|---|
| Desenvolvimento de soluções de integração de funções de entretenimento, navegação, telemática e assistência na condução. Desenvolvimento de aparelhos e sistemas para veículos comerciais (áudio, vídeo e sistema de navegação) e de soluções de conectividade para autocarros e camiões. | Desenvolvimento de <i>displays</i> e de sistemas de controlo assim como de soluções inovadoras na área do HMI (Interface Homem – Máquina) para o <i>cockpit</i> do condutor, tanto no segmento alto como no premium. | Produção e desenvolvimento de unidades de controlo eletrónico complexas e de sensores de segurança para a área automóvel. |

A empresa está organizada em duas áreas funcionais: a área comercial (PC) e a área técnica (PT). Nas áreas comerciais estão inseridos todos os departamentos que não possuem relação direta com o produto final e nas áreas técnicas encontram-se os departamentos que têm influência direta no fabrico e na qualidade dos produtos, na qual se insere o departamento de Gestão da Qualidade (QMM). Este departamento divide-se em diversas secções, dentro das quais se insere o Laboratório Mecânico (QMM-LM) onde foi desenvolvido o projeto desta dissertação.

1.3 Motivação e objetivos

A análise dos sistemas de medição (MSA) é uma temática de interesse empresarial e de relativa importância para o setor, o que suscitou o interesse da empresa em analisar os sistemas de medição e implementar a técnica nos equipamentos e respetivos componentes do seu ambiente de trabalho, criando a documentação para o utilizador final. Este processo passará por uma fase de descrição e mapeamento dos processos em análise e serão realizados estudos estatísticos com dados das calibrações efetuadas em laboratório. O contacto com o meio empresarial, que proporciona a oportunidade de integrar uma equipa de trabalho

multidisciplinar, permite ainda desenvolver competências enquanto engenheiro, adquirindo experiência e sensibilidade que por outras vias não seria possível.

1.4 Estruturação

Esta dissertação encontra-se dividida em 4 capítulos distintos ao longo do documento, cujo conteúdo é descrito em seguida, de forma resumida.

Neste capítulo é feita uma breve introdução, onde é apresentado o enquadramento, a definição dos principais objetivos desta dissertação e também os objetivos a atingir na realização do objetivo geral.

No capítulo 2, dividido em seis subcapítulos, em que são apresentados os conteúdos relevantes para a pesquisa efetuada, no segundo subcapítulo é apresentada uma visão geral da metrologia e alguns conceitos associados à mesma. No terceiro subcapítulo é definido o conceito de qualidade, a gestão dessa mesma qualidade e as ferramentas e metodologias utilizadas para um controlo efetivo da qualidade nas empresas. No quarto subcapítulo são expostos os diferentes sistemas de aquisição de informação tridimensional e é feita uma comparação entre eles. No quinto subcapítulo é apresentada uma revisão sobre as diferentes fontes de erros e incertezas nos sistemas de medição. No sexto subcapítulo, final do segundo capítulo, é feita uma exposição sobre as ferramentas da qualidade sobre a qual é baseada esta dissertação, a análise de sistemas de medição, e os diferentes tipos de procedimentos que a compõem.

No terceiro capítulo é apresentado o caso em estudo, expondo-se os meios laboratoriais fornecidos, é ainda descrita a fase de planeamento onde se apresentam as soluções propostas e as suas implementações, seguidas da explanação dos resultados obtidos e análise dos mesmos.

No quarto capítulo são sumarizadas as principais conclusões retiradas, a metodologia implementada e algumas propostas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo abordam-se algumas das temáticas mais preponderantes no que ao controlo da qualidade diz respeito, por forma a corroborar a importância deste no desenvolvimento de um produto e na extensão de toda a sua fase de produção.

2.1 Metrologia

A metrologia é uma componente essencial da investigação científica, sendo que esta é a base do desenvolvimento da própria metrologia, a qual permite, atualmente, mais e melhores ferramentas metrológicas, que por sua vez permitem à ciência a continuação do seu desenvolvimento progressivo [3].

Segundo o Vocabulário Internacional da Metrologia (VIM), metrologia é a “Ciência da medição e suas aplicações” e acrescenta ainda que “a metrologia engloba todos os aspetos teóricos e práticos de medição, qualquer que seja a incerteza de medição e o campo de aplicação”.

2.1.1 Evolução histórica

Desde os primórdios da civilização humana, que o Homem faz uso das técnicas de medição e de padrões de referência. Como exemplos da utilização destas faculdades encontram-se construções de monumentos egípcios, maias ou aztecas.

Apesar de o ser humano ter descoberto desde cedo a sua habilidade para o dimensionamento, tornava-se fulcral uma compatibilização e uma standardização das medições, de modo que os erros de operação fossem diminutos. O primeiro *standard* de que há registo, estima-se que tenha sido desenvolvido aquando da construção da pirâmide Khufu, o Cúbito egípcio, que servia de padrão de medida. Este padrão de medição, consistia numa placa de granito negro, que segundo registos históricos, a sua dimensão correspondia à distância da ponta do cotovelo até ao dedo maior (médio) mais um palmo (largura da mão) do faraó Khufu (em exercício na altura), o equivalente a 7 palmos.

A partir da criação da primeira referência de medição, começou a existir uma crescente preocupação com a uniformização das unidades de medida e definição de padrões. Iniciou-se assim um período em que o padrão estava relacionado com o corpo humano, utilizando-se membros do corpo como unidades de medida, como por exemplo, os pés, os braços e as

polegadas. Evidentemente, este tipo de padrão veio a mostrar-se muito falível, uma vez que a estrutura corporal varia de pessoa para pessoa.

Em meados do século XVII, em França, começaram a surgir os primeiros esforços para a unificação de unidades. Surgiu assim, a unidade de medição toesa. Para que a unificação e globalização desta nova unidade de medida se alastrasse, foram espalhados, ao longo do país, padrões cujo comprimento correspondia a uma toesa, cujo valor se aproximava de 1,95 metros. Deste modo, a população poderia fazer uso deste novo padrão de medição para uniformizar as trocas comerciais [4].

Nascimento e evolução da unidade de comprimento SI

O metro tem sofrido diversas evoluções, acompanhadas de progressos científicos e técnicos. Esta unidade de comprimento é a principal unidade de medida utilizada na metrologia dimensional. Em virtude de ter sofrido diversas mutações ao longo do tempo, referem-se, de seguida, as diferentes definições [5].

Em 1791 surgiram as primeiras recomendações, das quais se retirou que o novo sistema seria um sistema decimal. A definição da medida de distância, o metro (derivado do grego *metron*, significando “uma medida”) corresponderia a 1/10 000 000 da distância entre o Polo Norte e o Equador, com a linha a passar por Paris [6].

Uma nova definição de metro surgiu oito anos depois, tratando-se da distância entre os dois topos de uma barra de platina, com uma escala mínima na ordem de 0,1 mm [4].

Em 1889, foram produzidos pela BIPM 42 protótipos do quilograma e 30 protótipos do metro designadas por Cópias Nacionais. Estes objetos sofreram uma comparação cruzada entre si, com o quilograma protótipo e o metro protótipo internacionais, considerados como correspondendo ao *Kilogramme* e o *mètre des Archives*. Foram atribuídos a Portugal cópias destes padrões, passando estas a assumir a função de padrões protótipo nacionais, com a atribuição do número 10 [4].

Os protótipos distribuídos eram ligeiramente diferentes dos originais (1799), sendo que o metro correspondia à “distância entre os dois traços centrais marcados numa barra de platina iridiada, de secção “X”, à temperatura de 0°C”, como se pode verificar na Figura 3.



Figura 3 - Barra de platina [6].

Gradualmente foi ficando perceptível que esta definição era insuficiente, chegando-se à conclusão que seria necessário redefini-la com recurso a elementos naturais, o que ganhou ênfase quando, em 1937, foi feita uma nova marcação dos traços no padrão existente. Trabalhos que foram desenvolvidos, vieram revelar que a resolução das medições que estariam a ser efetuadas eram já superiores à espessura dos traços [4]. Tudo apontava então para a necessidade de uma definição baseada na natureza ondulatória da luz. Como em 1864 já o físico francês Fizeau tinha escrito:

Um raio de luz, com todas as suas séries de ondulações muito ténues, mas perfeitamente regulares, pode ser considerado, de algum modo, como um micrómetro natural da maior perfeição e particularmente apropriado a determinar comprimentos extremamente pequenos.

Foi em 1960 o ano em que a definição de metro transitava para um método que era considerado como praticamente perfeito, isto é, tinha como referência as características da radiação luminosa. Considerou-se então que o metro correspondia ao comprimento igual a 1 650 763,73 comprimentos de onda, no vazio, da radiação que correspondia à transição entre os níveis 2p e 5d do átomo cripton-86. A rápida evolução que se fez sentir na radiação laser manteve acesa a chama de descontentamento dos físicos e metrologistas, que procuravam uma constante mais universal [6]. Toda a evolução científica veio culminar na definição atual de metro, que define a unidade de medida como “o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vazio durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ do segundo”.

2.1.2 Conceitos associados à metrologia

A metrologia compreende todos os aspetos, tanto teóricos como práticos, relacionados com a medição, qualquer que seja a sua incerteza. A metrologia relaciona entre si os processos, os instrumentos, o local, o metrologista, entre outros fatores [4].

Segundo Carlos [4], a metrologia envolve os seguintes domínios :

- Unidades de medida e as suas unidades-padrão: no que respeita à sua criação, reprodução, conservação e transmissão;
- Medições: relativamente aos processos de execução, estimativa da sua exatidão e incerteza;
- Instrumentos de medição: pelas suas características;
- Metrologistas: pelas suas qualidades.

O conceito de rastreabilidade é comum ao contexto da metrologia e da qualidade.

Na área da qualidade, a rastreabilidade está associada à capacidade de seguir a história, localização e aplicação do que estiver a ser considerado. No exemplo do laboratório, a rastreabilidade refere-se à capacidade de seguir o historial de um determinado componente por parte do cliente, na medida em que este pode saber todos os resultados reportados para um determinado componente. No contexto da metrologia, segundo o vocabulário internacional, rastreabilidade corresponde à “propriedade de um resultado de medição através da qual o resultado pode ser relacionado a uma referência por intermédio de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição”. A Figura 4 apresenta a pirâmide de rastreabilidade [4].

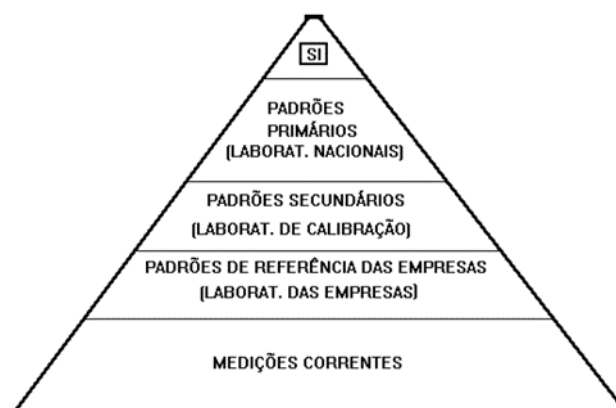


Figura 4 - Pirâmide de rastreabilidade [4].

Como forma de manter uma cadeia de rastreabilidade efetiva, um laboratório deve ter os seus padrões ou equipamentos de referência devidamente calibrados, por entidades competentes. A garantia da cadeia de rastreabilidade de uma medição traduz-se em diversas vantagens, tais como: a avaliação da exatidão da medição, a fiabilidade do seu desempenho e resultados, a capacidade de comparação com outros equipamentos ou medições e ainda a sua integração no sistema internacional de unidades SI.

2.2 Qualidade

O conceito de qualidade pode ser difícil de definir. A palavra qualidade está diretamente relacionada com vários aspetos da vida quotidiana e é utilizada pelas pessoas em variadas situações. Quando é referido um certo produto ou componente é possível associar-lhe um certo nível de qualidade que é dependente da perceção do avaliador. Os requisitos do cliente são um fator decisivo na perceção de qualidade, mais precisamente as suas expectativas e necessidades para um determinado produto, componente ou serviço, as quais devem ser sempre satisfeitas.

De acordo com alguns autores clássicos, a qualidade de um produto e/ou serviço é definida de diversas formas, tais como:

- “Qualidade é o cumprimento das especificações ou a conformidade com os requisitos do produto ou serviço” [7];
- “Qualidade é a idoneidade ou aptidão ao uso. É o reconhecimento dos atributos do produto pelo utilizador” [8];
- “Qualidade é o grau de excelência a um preço aceitável e o controlo da variabilidade a um custo aceitável” [9].

2.2.1 Gestão da Qualidade

Cada vez mais os consumidores procuram empresas que possam satisfazer as suas exigências, o que leva a um aumento da competitividade de mercado e, como consequência, uma crescente valorização daquilo que são as necessidades do cliente. Esta necessidade levou a que as organizações iniciassem a adoção de políticas de gestão de qualidade com o intuito de garantir a satisfação tanto dos clientes como das partes interessadas [10].

Gestão da qualidade é o conjunto de ações planeadas e sistemáticas que são necessárias para proporcionar a confiança de um produto ou serviço, de modo satisfazer os requisitos do cliente. A era da gestão de qualidade de topo surge a partir da década de 50. Nesta fase, o conceito de qualidade não só abrange as especificidades do produto, como também as necessidades e requisitos do mercado e dos consumidores [10].

2.2.1.1 Normas ISO 9000

Com o intuito apoiar as instituições dos mais variados setores económicos a estandardizar os diferentes modelos de gestão da qualidade existentes, foi criada a família de normas ISO 9000, surgindo a sua primeira versão em 1987. Esta família de normas é constituída por [11]:

- ISO 9000 (Fundamentos e Vocabulário);
- ISO 9001 (Requisitos);
- ISO 9004 (Linhas de orientação para melhoria do desempenho).

Na Figura 5 pode-se observar a metodologia de gestão da qualidade total (TQM) que se inicia com a definição de requisitos por parte dos clientes e termina com a satisfação dos mesmos. Para que seja alcançado o sucesso é necessária uma gestão que envolva a organização, desde a chefia de topo até aos operadores tendo sempre o foco voltado para uma melhoria contínua do desempenho global do negócio [12][13].

Segundo a norma ISO 9001, a empresa que seja caracterizada pela qualidade total apresenta os seguintes princípios de gestão [14]:

- Foco no cliente;
- Comprometimento das pessoas;
- Abordagem por processos;
- Melhoria contínua;
- Tomada de decisões baseada em evidências.



Figura 5 - Processos de um sistema de gestão da qualidade [13].

Um dos objetivos da implementação de um sistema de gestão da qualidade (SGQ) segundo a norma ISO 9001 é a demonstração de aptidão da organização em fornecer de forma consistente, produtos ou serviços que vão de encontro aos requisitos do cliente, fazendo com que o grau de satisfação do mesmo aumente, tornando possível uma melhoria constante do processo. A importância desta abordagem no sistema de gestão da qualidade é perceber e concretizar os requisitos desejados pelo cliente, encarar os processos em termos de valor acrescentado, obtendo resultados do desempenho, da eficiência do processo e na melhoria contínua do sistema [15]. Segundo Prieto, algumas das vantagens para um laboratório de metrologia, são uma crescente organização do trabalho e a motivação de todos os colaboradores no sentido da melhoria contínua, para além de estimular a comunicação entre todos os níveis de gestão e os colaboradores [15].

2.2.1.2 Sistema Português da Qualidade e Instituto Português da Qualidade

O Instituto Português da Qualidade (IPQ) é a entidade nacional responsável pela coordenação, gestão geral e desenvolvimento do Sistema Português da Qualidade (SPQ), bem como de outros sistemas de qualificação no domínio regulamentar que lhe sejam conferidos por lei. Tem ainda como missão a promoção e coordenação de atividades que visem contribuir para demonstrar credibilidade da ação dos agentes económicos, bem como o desenvolvimento de atividades inerentes à sua função de laboratório nacional de metrologia.

O IPQ foi criado em 1986 através do Decreto-Lei nº183/86, de 12 de julho. O estado português passou a ser dotado de um organismo nacional responsável pelas atividades de normalização,

certificação e metrologia. Segundo o Artigo 4º do Decreto-Lei n.º 71/2012 de 21 de março, o Sistema Português da Qualidade (SPQ) é definido como “o conjunto integrado de entidades e organizações inter-relacionadas e interagentes que, seguindo princípios, regras e procedimentos aceites internacionalmente, congrega esforços para a dinamização da qualidade em Portugal e assegura a coordenação dos três subsistemas – da normalização, da qualificação e da Metrologia – com vista ao desenvolvimento sustentado do país e ao aumento da qualidade de vida da sociedade em geral” [16].

O SPQ está então dividido em 3 subsistemas: o da normalização, o da qualificação e o da metrologia. É através do subsistema da metrologia que são garantidos o rigor e a exatidão das medições realizadas, assegurando a sua comparabilidade e rastreabilidade, quer a nível nacional quer internacional. O subsistema da normalização enquadra atividades de elaboração de normas e outros documentos de caráter normativo no âmbito nacional e internacional. O da qualificação enquadra atividades de acreditação, certificação e outras de reconhecimento de competências e de avaliação de conformidade, no âmbito do SPQ. A metrologia é um serviço de natureza laboratorial e regulamentar, cujos domínios principais são a metrologia científica ou fundamental, legal e aplicada, como demonstrado na Figura 6.

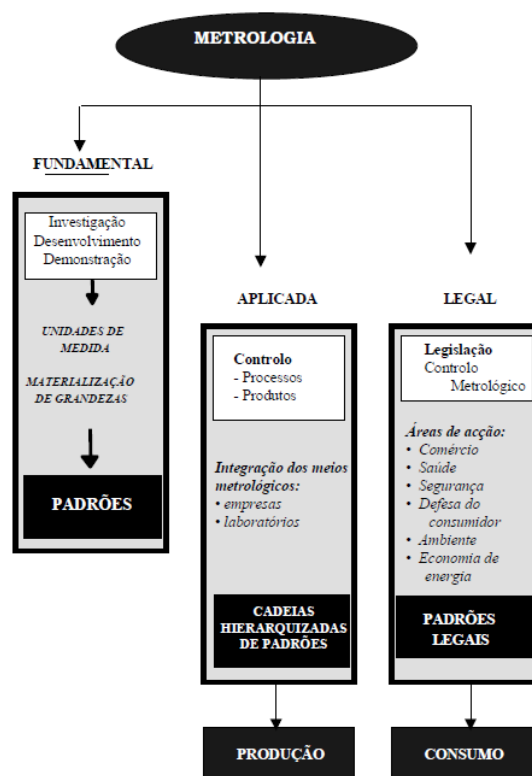


Figura 6 -Domínios da metrologia [4].

Metrologia científica

Este domínio da metrologia realiza as unidades de medida a partir da definição, recorrendo a ciências (física e outras), bem como a constantes físicas fundamentais, desenvolvendo, mantendo e conservando os padrões de referência. Atua ao nível da mais elevada exatidão e menor incerteza, sendo independente de outras entidades em termos de rastreabilidade. A garantia de valores obtidos baseia-se fortemente em exercícios de comparação interlaboratorial com outros laboratórios primários. Em Portugal, a metrologia científica é da responsabilidade do IPQ, tendo como principais objetivos [17]:

- Realizar manutenção dos padrões nacionais;
- Rastrear padrões de referência;
- Participar nas comparações chaves do BIPM;
- Calibrar padrões e instrumentos de medição;
- Participar no sistema de acreditação nacional;
- Organizar comparações interlaboratoriais.

Metrologia legal

A Metrologia Legal atua junto de todos os agentes económicos e do público em geral fazendo cumprir legislação aplicável aos mais diversos tipos de instrumentos de medição, interferindo nos circuitos comerciais, na saúde e na segurança dos cidadãos. São exemplos de aplicação os contadores de água, gás e de energia elétrica, os taxímetros, os instrumentos de medida de dimensões, as balanças para fins comerciais, entre outros [17].

Metrologia Aplicada

A metrologia aplicada ou industrial é o subsistema da metrologia que mais se adequa ao trabalho desenvolvido na dissertação. Este tipo de metrologia não só engloba as medições ao nível da produção e transformação de bens com também promove a demonstração da qualidade metrológica em organizações com sistemas de qualidade certificados. A metrologia aplicada relaciona-se com as medições realizadas em processos de fabrico e durante o controlo de qualidade dos diferentes produtos e serviços. Esta assenta numa cadeia hierarquizada de padrões existentes em laboratórios e empresas, padrões estes que são devidamente rastreáveis a padrões primários tanto nacionais como internacionais.

Segundo Pedro Guedes, este domínio da metrologia deve respeitar [17]:

- O domínio da metrologia aplicada: comprimento, massa, tempo, entre outros;
- O nível de atuação: classes de incerteza;
- O tipo de atividade a desenvolver: calibração de produtos, controlo de processos, ensaios, entre outros;
- O manual de procedimentos: procedimentos, normas, registos, entre outros.

2.2.2 Ferramentas para Gestão da Qualidade

Com a evolução dos tempos, vários autores têm identificado várias ferramentas e técnicas para a melhoria dos sistemas de gestão da qualidade na indústria [14]. Para que seja possível garantir o sucesso e sustentabilidade do Sistema de Gestão da Qualidade, é necessário conhecer as diferentes ferramentas da qualidade que tornam a tomada de decisão mais eficiente. As ferramentas da qualidade assumem-se como um instrumento ou técnica para apoiar e otimizar as atividades de gestão e melhoria da qualidade, tendo como principal objetivo a resolução de problemas. De seguida, apresentam-se as sete ferramentas da qualidade.

Diagrama de Pareto

Este tipo de análise consiste na distribuição de frequências de atributos agrupadas por categorias. Tem como principal vantagem a possibilidade de visualizar e comparar dados de diferentes grupos que estejam ligados à operação de uma empresa, isto é, permite visualizar de forma simples e rápida quais os defeitos que ocorrem com maior frequência, tal como mostra a Figura 7 [18].

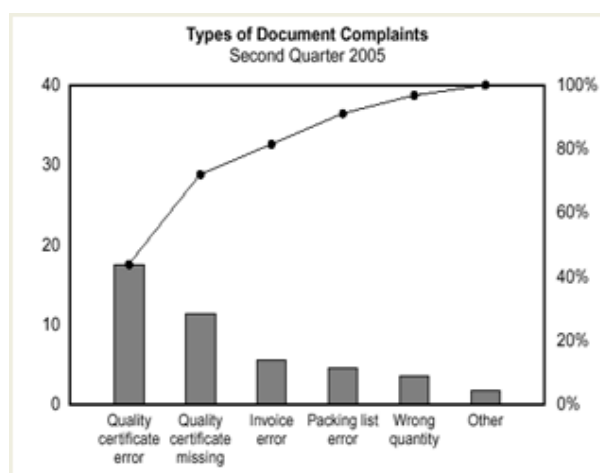


Figura 7 – Representação de um diagrama de Pareto [19].

Fluxograma

O fluxograma, representado na Figura 8, consiste numa esquematização que apresenta todas as fases de um processo ou procedimento. Este tem como objetivo a identificação do fluxo do processo e a interação entre as fases do mesmo. Uma das grandes vantagens desta ferramenta como representação de processos reside no facto de ajudar na identificação de potenciais pontos que sirvam de controlo e melhoria do processo [18].

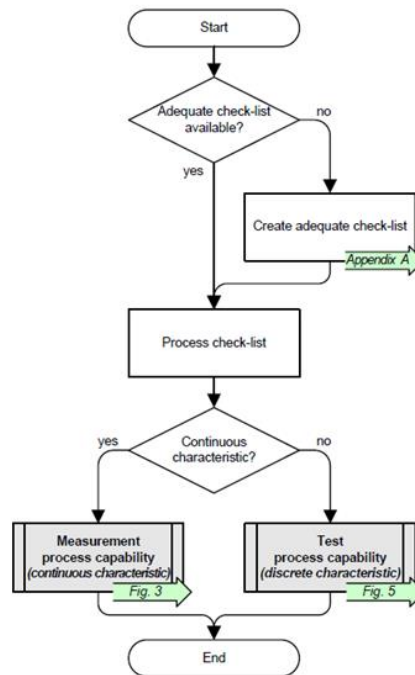


Figura 8 – Representação de um fluxograma [20].

Diagrama Causa-Efeito

Também chamado diagrama de Ishikawa, representado na Figura 9 em homenagem ao seu inventor Kaoru Ishikawa, ou diagrama de espinha de peixe, devido ao formato que se assemelha, é utilizado para revelar fatores que contribuem para alcançar um determinado objetivo. Em situações em que as causas apresentam uma complexidade mais elevada estas podem ser decompostas em fatores mais específicos e detalhados ao nível da análise de processos industriais, as causas são muitas vezes agrupadas em fatores denominados de 5M's (máquina, método, mão-de-obra, matéria-prima e meio ambiente) [18].

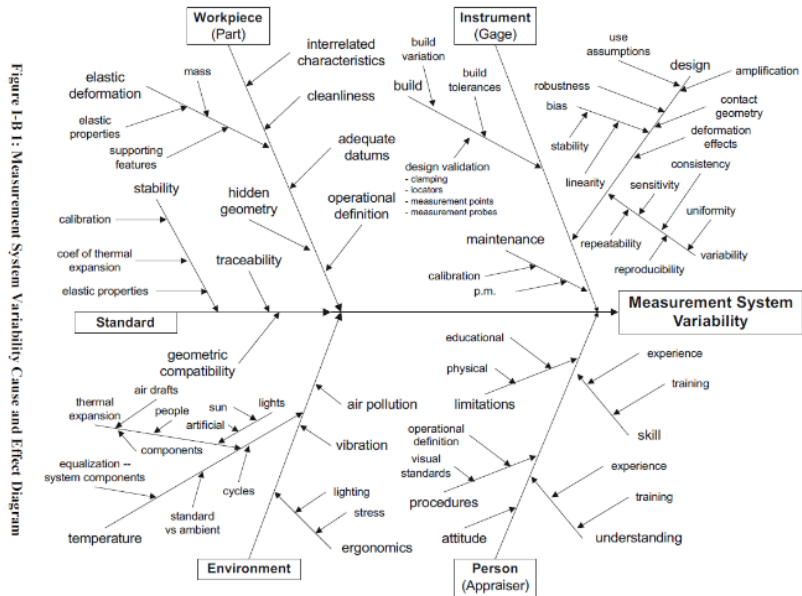


Figura 9 – Representação de um diagrama de Ishikawa [18].

Folha de verificação ou *check-list*

A folha de verificação, representada na Figura 10, é utilizada para a melhoria do processo, na medida em que oferece a possibilidade de recolher os dados necessários para o estudo. Servem como registo dos requisitos e prioridades dos clientes, focando-se principalmente os elementos mais procurados e apreciados pelos mesmos [18].

| Telephone Interruptions | | | | | | |
|-------------------------|-----|------|-----|-------|-----|-------|
| Reason | Day | | | | | Total |
| | Mon | Tues | Wed | Thurs | Fri | |
| Wrong number | +++ | | | +++ | +++ | 20 |
| Info request | | | | | | 10 |
| Boss | +++ | | +++ | | | 19 |
| Total | 12 | 6 | 10 | 8 | 13 | 49 |

Figura 10 - Imagem representativa de uma folha de verificação [19].

Histograma

Esta ferramenta é idêntica ao gráfico de barras e é muito utilizada na representação de distribuições de frequência, como se pode observar na Figura 10. A distribuição de frequências representa a frequência com que cada valor difere de um conjunto de dados. As barras deste gráfico mostram os dados agrupados, com o propósito de evidenciar a relação entre as diferentes características. Quando os dados do histograma são de natureza numérica, existe a possibilidade de verificar a forma da distribuição dos dados [18].

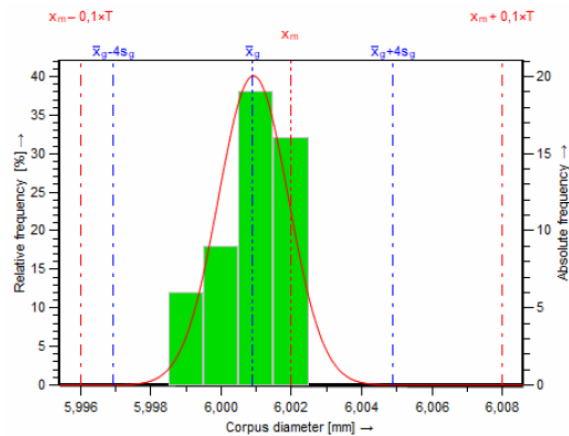


Figura 11 - Representação de um histograma [20].

Gráficos de dispersão

Um gráfico de dispersão, tal como mostra a Figura 12, é uma representação gráfica que permite a correlação de dados. No caso de os dados estarem correlacionados, os pontos dos dados em questão irão ficar sobrepostos ou na forma de uma linha ou curva. Quanto maior a correlação existente, mais próximos estarão os pontos da linha. Os gráficos de dispersão devem ser utilizados quando é necessário identificar a existência de variáveis relacionadas com possíveis causas de problemas ou efeitos comuns [18].

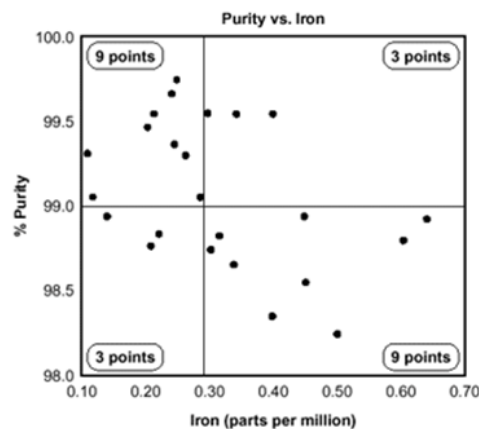


Figura 12 - Representação de um gráfico de dispersão [20].

Cartas de controlo

São utilizadas com o intuito de estudar a variação de um processo ao longo do tempo, tal como demonstra a Figura 13. Este gráfico apresenta um limite central ou de controlo para a média, um limite superior de controlo (USL) e um limite inferior de controlo (LSL), sendo estes limites determinados a partir de dados históricos. Caso a verificação realizada se encontre dentro dos

limites de controlo, diz-se que o processo está sob controlo. Por outro lado, se as observações estiverem para lá dos limites definidos, diz-se que o processo está fora de controlo. Esta ferramenta da qualidade é um fator determinante para o desenvolvimento do projeto referido nesta dissertação, sendo vastamente aplicada na avaliação dos resultados obtidos [18].

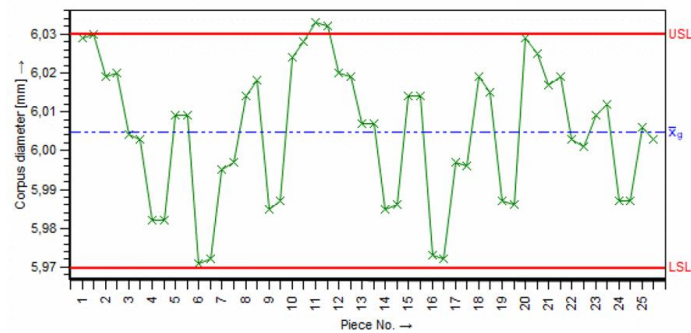


Figura 13 - Representação de uma carta de controlo [20].

2.3 Aquisição de informação tridimensional

O controlo da forma e dos desvios geométricos de qualquer componente é efetuado pela aquisição de dados, através da análise de pontos adquiridos sobre a superfície do componente em questão. A aquisição dos pontos pode ser efetuada com recurso a diferentes métodos, de maneira que seja facilitada a inspeção das especificações do projeto a que o componente pertence. São apresentados na Figura 14 a maior parte dos métodos utilizados na inspeção de componentes.



Figura 14 – Fluxograma de aquisição de dados para inspeção de componentes [21].

Como é possível observar no fluxograma anterior, os métodos de aquisição de dados dividem-se em dois grandes grupos, sendo estes a aquisição por contacto e sem contacto. Ambos

procedem de forma idêntica, em que o objetivo consiste em obter uma nuvem de pontos geométricos da superfície do objeto a analisar [22][23]. No trabalho realizado, recorreu-se ao método de aquisição por contacto, que consiste na utilização de uma sonda analógica de diâmetro conhecido, denominada por apalpador. A obtenção dos pontos da superfície é conseguida através do contacto do apalpador com a mesma, criando assim uma nuvem de pontos geométricos, como são exemplo as máquinas de medição por coordenadas que são objeto de análise neste trabalho [22].

2.3.1 *Scanner laser*

Os scanners laser são sistemas refletivos que utilizam um método ótico ativo para efetuar uma aquisição de informação tridimensional do componente a analisar conseguindo-o com a projeção de um feixe laser sobre a peça que está a ser objeto de análise.

O sistema de aquisição baseia-se no princípio da triangulação, isto é, o *scanner* emite um plano de luz sobre a superfície da peça, a qual distorce esse mesmo plano emitido pelo scanner e reflete a luz laser para uma câmara. A câmara deteta o contorno resultante que corresponde à forma da superfície do componente, formando assim uma triangulação, como é possível verificar na Figura 15 [24].

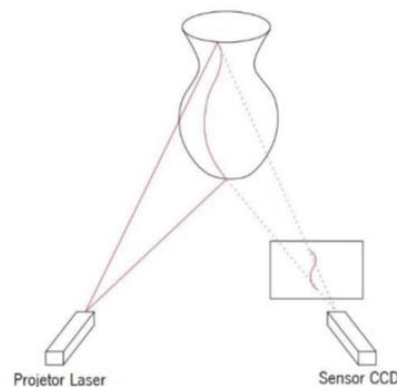


Figura 15 – Representação do funcionamento do scanner laser [24].

2.3.2 *Scanner luz estruturada*

Os *scanners* de luz estruturada, são sistemas refletivos que utilizam o método ótico ativo, tal como os *scanners laser*, para efetuar a aquisição de informação tridimensional do componente a analisar. Estes, diferenciam-se dos *scanners laser* na medida em que é projetado um padrão ou uma sequência de padrões de luz sobre o componente a analisar, tal como é possível observar na Figura 16. Uma vantagem deste método é que não existe a

necessidade de um varrimento ao longo do componente a ser analisado, fazendo com que a aquisição da informação tridimensional seja consideravelmente mais rápida quando comparada com o *scanner laser*. Por outro lado, a complexidade de calibração entre o projetor de luz e as câmaras (receptores), nomeadamente no alinhamento do centro da câmara e o centro do pixel projetado pelo projetor, torna-se uma grande desvantagem deste sistema [25].

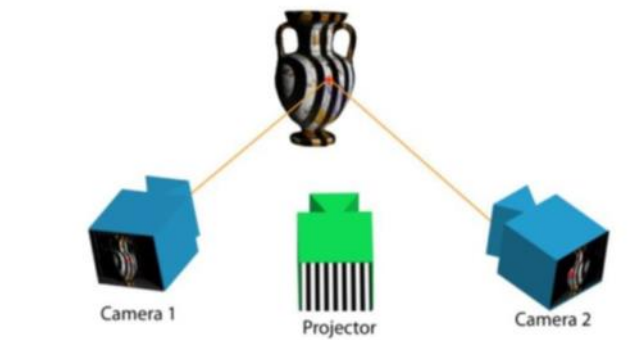


Figura 16 - Representação exemplificativa do funcionamento do scanner luz estruturada [25].

2.3.3 Máquina de medição por coordenadas (CMM)

De acordo com Vicente (1997), “uma máquina de medição de coordenadas (CMM - *Coordinate Measuring Machine*) é um sistema mecânico e eletrónico cujo objetivo é a obtenção de coordenadas cartesianas de pontos sobre superfícies sólidas” [26].

A medição tridimensional, como também é conhecida a medição por coordenadas, é o recurso mais poderoso presente na indústria, especialmente na indústria automóvel, para o desenvolvimento dimensional de produtos, controlo dimensional de peças e melhoria da capacidade dos processos. Isto reflete-se no contínuo aumento da utilização deste tipo de medição ao longo de todo o ciclo de vida do produto em diversas atividades [27].

Um sistema de medição por coordenadas é constituído por vários componentes e, segundo Vicente (1997), tendo em conta o seu grau de importância destacam-se [26]:

- A estrutura mecânica, da qual fazem parte três eixos de movimento e sistemas de medição de deslocamento;
- O sistema de palpação, capaz de efetuar o contacto do apalpador com as peças nas diversas direções espaciais;
- O sistema de comando dos movimentos das partes móveis (pórtico, carro e braço);
- O computador e o *software* para o cálculo e representação de resultados.

2.3.3.1 Configurações das máquinas de medição por coordenadas

Existem vários tipos de CMM's entre as quais se destacam, devido a serem utilizados com maior frequência, as máquinas de mesa fixa e ponte móvel. Para além destas, e especialmente devido à necessidade de outras estruturas melhor adaptadas a tarefas específicas, encontram-se outros tipos de máquinas, entre as quais se destacam: máquina de pórtico, máquina de braço horizontal, ponte fixa e ponte móvel. Na Figura 17 podemos ter uma pequena perceção dos diferentes tipos de máquinas e das suas configurações.

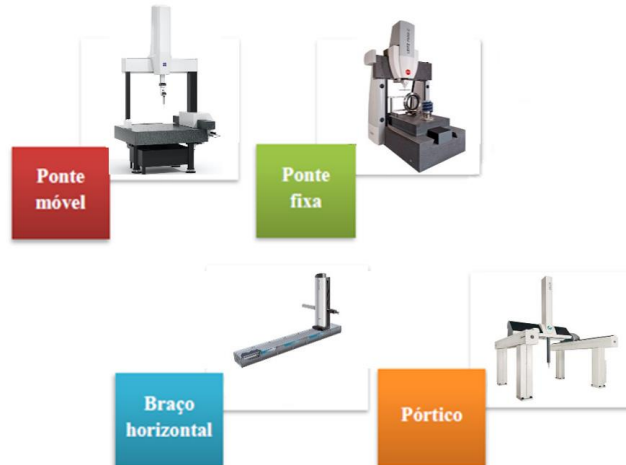


Figura 17 - Representação dos diferentes tipos de máquinas de medição por coordenadas e respetivas configurações [22].

Na extremidade do eixo Z (braço) encontra-se localizado o sistema de palpação composto por cabeça, haste e esfera de apalpação, tal como mostra a Figura 18. É designado por apalpador o conjunto formado pela haste e esfera.

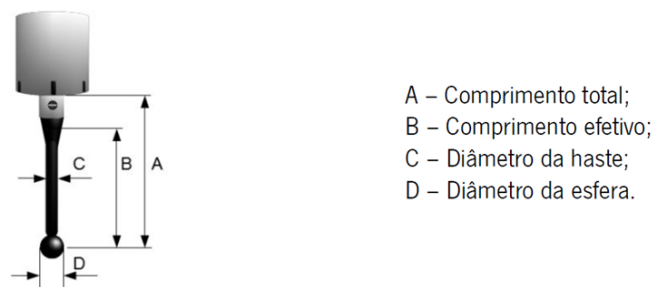


Figura 18 – Representação do sistema de palpação [22].

2.3.3.2 Processos de medição

No que concerne aos processos de medição, existem várias metodologias possíveis, das quais se destacam o método de *touch-trigger* e o método de *scanning*.

O método *touch-trigger*, representado na Figura 19, é vocacionado para a medição de formas que sejam estáveis onde é procurado um controlo do tamanho e a posição da característica na peça, como por exemplo, orifício de folga, características de localização ou orifícios perfurados.

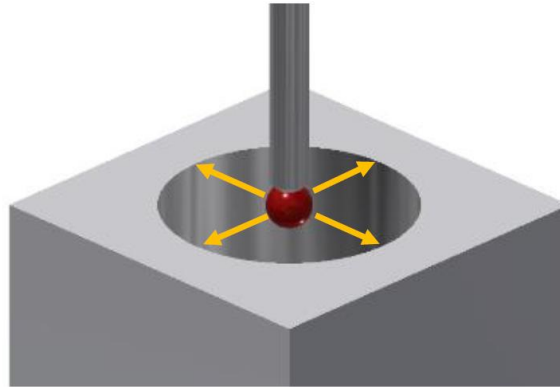


Figura 19 – Representação gráfica do método *touch-trigger* [28].

Este método é caracterizado pela medição por pontos discretos, tal como mostra a figura anterior. A aquisição é obtida quando o apalpador entra em contacto com a superfície do componente a analisar, ao ocorrer o contacto com a superfície, este sofre deflexão e indica que já entrou em contacto com a superfície, afastando-se da mesma e de seguida envia as coordenadas para o sistema [28]. Este método é ideal para inspeção de peças 3D prismáticas e superfícies conhecidas, caracterizando-se pela sua versatilidade e por possuir uma ampla gama de sondas e acessórios disponíveis.

O método de *scanning*, representado na Figura 20, é vocacionado para a medição de forma variável, onde se procura medir e controlar a forma da peça a medir.

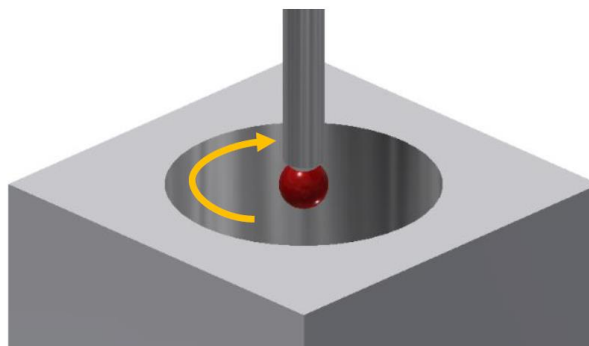


Figura 20 – Representação gráfica do método de *scanning* [28].

Este método realiza uma medição por varrimento, tratando-se de um método contínuo de aquisição de dados, isto é, o apalpador entra em contacto com a superfície do componente a analisar, mas ao contrário do que acontece no método *touch-trigger*, quando sofre a deflexão após o contato do apalpador na superfície do componente a analisar, o apalpador não retrai a sua posição, faz um varrimento da superfície mantendo uma deflexão contínua de maneira a adquirir a digitalização da superfície, permitindo assim visualizar uma imagem mais clara da forma do componente a analisar [29]. Tem como principais vantagens o facto de coletar dados a alta velocidade, conseguir uma alta densidade de pontos de dados garantindo uma melhor repetibilidade e reprodutibilidade dos recursos medidos e estabilidade dos pontos de referência dos componentes de trabalho.

2.4 Análise dos sistemas de medição

2.4.1 Contextualização

A análise dos sistemas de medição (MSA) corresponde a um conjunto de técnicas estatísticas que permitem avaliar a confiabilidade dos dados obtidos por um sistema de medição, de modo a compreender se este satisfaz os requisitos de controlo da qualidade. Esta técnica tem como objetivo avaliar se diferentes operadores, ou diferentes métodos permitem obter os mesmos resultados, quando são aplicadas as mesmas metodologias [30].

Permite encontrar erros ou desvios associados ao processo, bem como qualquer fonte causadora do erro numa determinada medição, possibilitando desta forma a implementação de melhorias no processo de medição, bem como o desenvolvimento de novos métodos e instrumentos de medição [31]. Este método inclui temas como o controlo estatístico de processo, análises de capacidade, repetibilidade e reprodutibilidade, entre outros [32].

O sistema de medição corresponde a um conjunto de equipamentos ou instrumentos de medição, padrões, operações, métodos, acessórios, software, pessoal, procedimentos e suposições, utilizados para quantificar uma unidade de medida ou avaliar corretamente a característica que está a ser medida [32].

A qualidade dos dados obtidos a partir várias medições efetuadas por um sistema de medição que opera em condições estáveis é definida pelas propriedades estatísticas dessas mesmas medições. Portanto, um sistema de medição que opere em condições estáveis pode ser utilizado para efetuar várias medições de uma determinada característica. Se os valores das

medições se aproximarem do valor nominal dessa característica, então a qualidade dos dados é “elevada ou boa”, caso os valores se encontrem distantes do valor nominal, então a qualidade dos dados é considerada “baixa ou fraca” [32].

2.4.2 Propriedades estatísticas de um sistema de medição

Um sistema de medição ideal obteria apenas medidas “corretas ou exatas”. Um sistema deste tipo em que todos os resultados das suas medições se encontram de acordo com um padrão seria considerado como tendo as propriedades estatísticas de zero variância, zero tendência e zero probabilidade de errar nas medições de qualquer produto ou componente. No entanto não existem sistemas de medição com estas propriedades estatísticas. É através das propriedades estatísticas obtidas a longo prazo que se consegue determinar a qualidade de um sistema de medição. Numa empresa é necessário definir quais os dados a analisar para poder definir quais as propriedades estatísticas que são mais importantes para a análise desse tipo de dados e qual o sistema de medição a utilizar. A seleção de um sistema de medição depende da sua necessidade e em função disso possuirá propriedades estatísticas diferentes, no entanto, existem propriedades que permitem definir um “bom” sistema de medição, das quais se destacam [32].

- Discriminação e sensibilidade adequada;
- O sistema de medição deve encontrar-se sob controlo estatístico, significa que a variação no sistema de medição deriva de causas comuns e não causas especiais;
- Para controlo do produto, a variabilidade do sistema de medição deve ser pequena em comparação com os limites de especificação;
- Para o controlo do processo, a variabilidade do sistema de medição deve demonstrar uma resolução eficaz em comparação com a variação do processo.

A discriminação pode ser definida como “a quantidade de mudança a partir de um valor de referência que um instrumento pode detetar e indicar fielmente, também conhecido como leitura ou resolução.” A discriminação é representada pela menor escala de um instrumento de medição e deve corresponder a pelo menos um décimo da variação da característica a ser medida, isto é, no caso de o valor da característica a ser medida ser igual a 1, então, o equipamento utilizado para efetuar a medição deve ser capaz de medir uma mudança de 0,1

[32]. Caso o sistema de medição obtenha o mesmo valor para um variado número de medições, pode-se afirmar que se trata de um sistema de medição inaceitável para estimar índice e parâmetros de processos. Para um controlo eficiente do sistema produtivo, é recomendável que o sistema de medição apresente cinco ou mais categorias distintas (ndc), estas categorias encontram-se representadas na Figura 21.

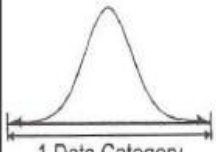
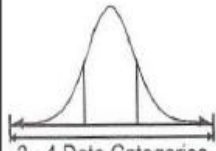

| Number of Categories | Control | Analysis |
|---|---|---|
|  <p>1 Data Category</p> | <p>Can be used for control only if:</p> <ul style="list-style-type: none"> The process variation is small when compared to the specifications The loss function is flat over the expected process variation The main source of variation causes a mean shift | <ul style="list-style-type: none"> <i>Unacceptable</i> for estimating process parameters and indices Only indicates whether the process is producing conforming or nonconforming parts. |
|  <p>2 - 4 Data Categories</p> | <ul style="list-style-type: none"> Can be used with semi-variable control techniques based on the process distribution Can produce insensitive variables control charts | <ul style="list-style-type: none"> Generally unacceptable for estimating process parameters and indices since it only provides coarse estimates |
|  <p>5 or more Data Categories</p> | <ul style="list-style-type: none"> Can be used with variables control charts | <ul style="list-style-type: none"> <i>Recommended</i> |

Figura 21 - Impacto do ndc [32].

Caso o sistema de medição não possua discriminação, não pode ser utilizado para identificar a variação do processo ou quantificar as características dos produtos a controlar por se tratar inadequado para o efeito pretendido. O sistema de medição é inaceitável caso não consiga detetar a variação das causas especiais no controlo estatístico do processo (CEP) [32].

2.4.3 Caracterização de um sistema de medição

Um sistema de medição deve ser caracterizado quanto à sua estabilidade em torno de um valor alvo, denominada de tendência central ou exatidão, e à sua variabilidade, denominada de precisão. Estes conceitos são apresentados na Figura 22 através do auxílio de gráficos de distribuições normais e alvos, nos quais se encontram exibidos os resultados das medições através de pontos amarelos.

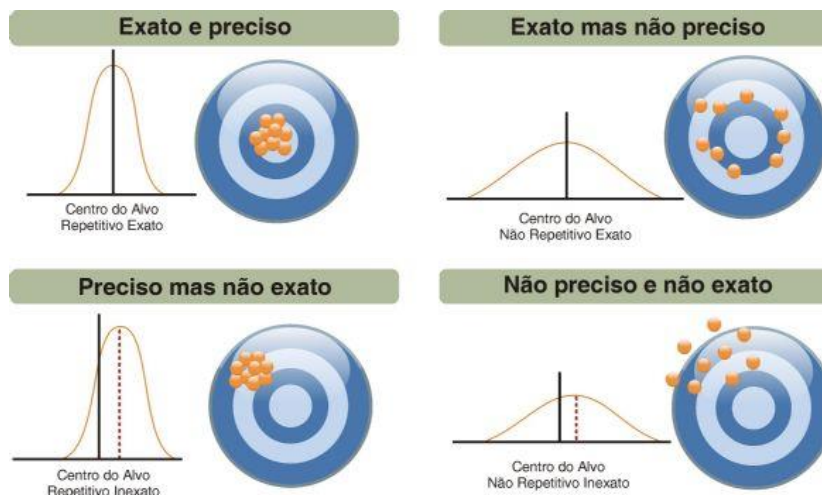


Figura 22 - Representação da exatidão e precisão de um sistema de medição [30].

Existem vários fatores que podem afetar a tendência central/exatidão dos resultados das medições, também denominados de variações de localização dos resultados, dos quais se destacam, a tendência, a estabilidade e a linearidade.

A tendência (*Bias*) também denominada de erro sistemático do sistema de medição, é definida como a diferença entre a média de um conjunto de medições e o valor de referência da mesma característica de uma determinada peça, tal como se pode observar na Figura 23. A tendência é frequentemente denominada de “exatidão”, pelo facto de o conceito de “exatidão” ter vários significados na literatura. O seu uso não é recomendado como alternativa para *Bias* ou tendência.

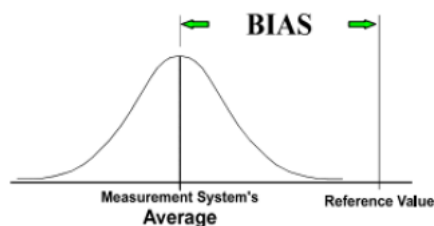


Figura 23 – Representação da tendência de um sistema de medição [32].

A tendência pode ser expressa em termos percentuais, em que a base de comparação corresponde à variação total do processo, sendo geralmente utilizada a tolerância do processo. Para efetuar o estudo da tendência de um sistema de medição, é necessário obter uma amostra e estabelecer o seu valor de referência, o qual deve ser fornecido por um laboratório que siga o Sistema Internacional de unidades e selecionar um operador para efetuar as medições da peça. Para o cálculo da tendência do sistema de medição, deve-se

considerar um número mínimo de medições, tendo em vista que uma única medição não é suficiente para determinar o seu comportamento metrológico. Como também não é possível realizar infinitas medições, o número adequado de medições vai depender da realidade de cada processo de medição ou do nível de exatidão requerido [32].

A estabilidade (ou desvio), tal como mostra a Figura 24, corresponde à variação total das medições obtidas por um sistema de medição, ao medir uma única característica de uma peça por um longo período de tempo, isto é, a capacidade de um sistema de medição reproduzir os mesmos valores ao longo do tempo.[32].

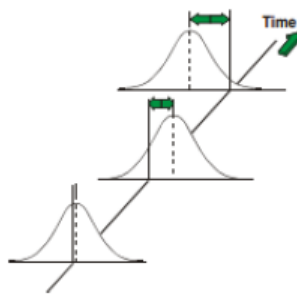


Figura 24 – Representação da estabilidade de um sistema de medição [32].

A avaliação da estabilidade é realizada geralmente através de cartas de controlo (CC), essa avaliação consiste na medição periódica, ao longo de dias ou semanas, da característica a analisar de uma determinada peça.

A linearidade, tal como mostra a Figura 25, corresponde à variação da tendência em relação à medição executada, isto é, a consistência da tendência ao longo do intervalo de medição. Para efetuar o estudo da linearidade são utilizadas várias peças, cujos valores de referência para a característica a ser medida contemplem a faixa de medição do sistema de medição utilizado [32].

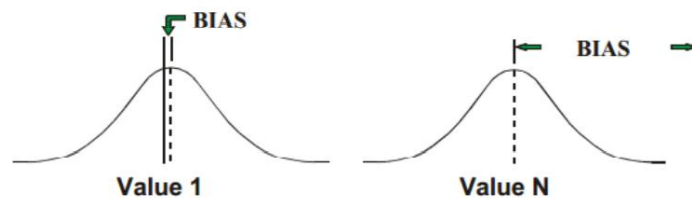


Figura 25 – Representação da linearidade de um sistema de medição [32].

Para além dos fatores supramencionados, que afetam a tendência central dos resultados das medições, existem ainda fatores que afetam a sua variabilidade, dos quais se destacam a repetibilidade e a reprodutibilidade, também denominados de fatores de variação de dispersão.

A repetibilidade, tal como mostra a Figura 26, corresponde à variação dos resultados obtidos por um equipamento de medição, quando este é utilizado para efetuar várias medições numa mesma peça sob as mesmas condições (mesmo operador, equipamento, condições ambientais, entre outros). Estas medições são realizadas por um único operador e visam estudar uma determinada característica da mesma peça. A repetibilidade correspondente à variação inerente ao equipamento (variação dentro do próprio sistema), isto é, a variação de causa comum (erro aleatório) resultante de sucessivas medições efetuadas sob condições bem definidas [32].

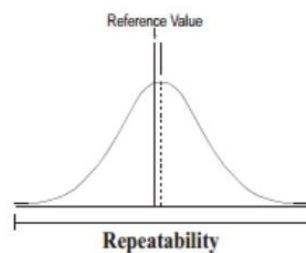


Figura 26 – Representação da repetibilidade de um sistema de medição [32].

A reprodutibilidade, representada graficamente a Figura 27, é definida como a variação na média das medições efetuadas por diferentes operadores utilizando o mesmo instrumento de medição para medir a mesma característica da mesma peça, isto é, a variação dos resultados obtidos quando se altera uma das condições de medição, mudança de operador ou equipamento. É tradicionalmente conhecida como a variação entre os diferentes operadores, refletindo a variabilidade decorrente dos diferentes operadores no processo de medição [32].

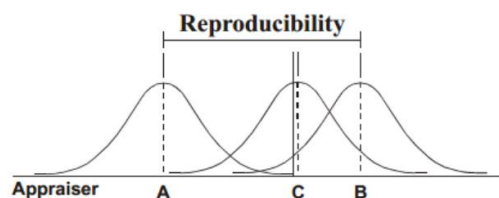


Figura 27 - Representação da reprodutibilidade de um sistema de medição [32].

De modo a verificar de que forma estes fatores afetam o sistema de medição, tornou-se necessário a realização do estudo da análise dos sistemas de medição (MSA) que engloba procedimentos para a avaliação dos fatores que provocam variações de localização e dispersão do sistema de medição.

O procedimento para avaliar o sistema de medição poderá ser dividido em quatro etapas [32]:

- Garantir que os operadores possuem formação adequada para efetuarem as medições e que os equipamentos se encontram devidamente calibrados;
- Verificar com recurso a um padrão a estabilidade do equipamento;
- Avaliar, através da análise do certificado de calibração, se o erro de tendência (*Bias*) é constante ou varia ao longo da gama de medições (análise da linearidade).
- Realizar um estudo de repetibilidade e reprodutibilidade (Gage R&R) sempre que existam alterações nos operários ou no equipamento, de modo a verificar se a variação do processo de medição é aceitável, face à variação do processo de medição e da tolerância definida pelo cliente.

No caso da medição de uma grandeza ser repetida, pela experiência comprova-se que os resultados obtidos não serão sempre iguais e que apresentam geralmente variações. Segundo o manual do AIAG, o estudo do Gage R&R, é definido como uma estimativa da variação combinada da repetibilidade e reprodutibilidade, ou seja, o Gage R&R corresponde à variância resultante da soma das variâncias dentro do sistema de medição e entre o sistema, tal como se encontra representado na Figura 28 [32].

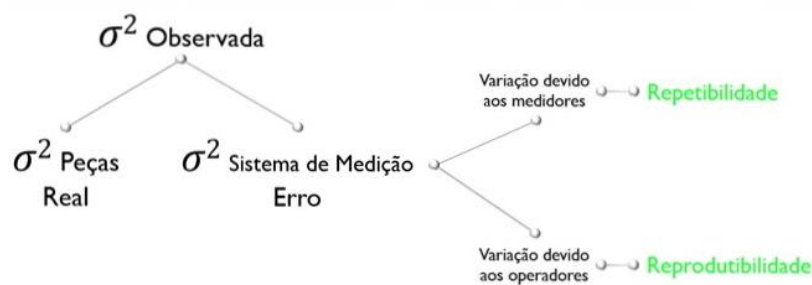


Figura 28 - Variação do Sistema de medição (adaptado) [22].

Para a análise da repetibilidade e reprodutibilidade do sistema de medição Gage R&R podem ser utilizados três métodos diferentes, o método da amplitude, o método da amplitude e da média e o método da análise da variância (ANOVA). À exceção do método da amplitude, os outros dois métodos possuem uma estrutura de análise de dados muito similar.

O método da amplitude caracteriza-se por fornecer um valor aproximado para a variabilidade da medição por não decompor a variabilidade em repetibilidade e reprodutibilidade. Para a implementação deste método devem ser selecionadas cinco peças e dois operadores, as peças são numeradas e entregues aos operadores para que estes realizem a medição de cada peça uma única vez. Este método é utilizado para analisar de forma rápida e simplificada o R&R, caso contrário terá de se utilizar um outro método para obter um estudo mais aprofundado. Este método possui um potencial de 80% de detetar um sistema de medição inaceitável com um tamanho de amostra de 5 peças e 90% com um tamanho de amostra de 10 peças.

O segundo método apresentado, método da Média e Amplitude permite avaliar a variação do sistema de medição através da decomposição em dois parâmetros distintos, a repetibilidade e reprodutibilidade, sem interação entre elas. A variação proveniente da interação entre o operador e a peça não é contabilizada nesta análise. Para a utilização deste método é necessário obter uma amostra de pelo menos 10 peças que representem a amplitude esperada para a variação do processo de medição, são necessários três operadores que realizem três medições em cada peça. As peças devem ser numeradas e as medições devem ser realizadas de forma aleatória entre os operadores.

O método da Análise de Variância (ANOVA) corresponde a uma técnica estatística que pode ser utilizada para analisar o erro de medição e outras fontes de variabilidade de dados do sistema de medição em estudo. Este estudo, permite decompor a variabilidade do sistema de medição em quatro fontes: peças, operadores, interação entre a peça e o operador e erro de medição proveniente do equipamento de medição utilizado.

Comparativamente aos métodos apresentados anteriormente, a utilização desta técnica permite lidar com qualquer configuração experimental, permite determinar as variâncias com maior precisão e permite extrair mais informações a partir dos dados experimentais, tais como, o efeito da interação entre o operador e as peças. Para a utilização deste método é necessário obter uma amostra de pelo menos 5 peças, as quais serão medidas por três operadores diferentes, onde cada operador realizará três medições em cada peça. Todas as medições são feitas de forma aleatória, tanto para o operador como para a peça. Os operadores não possuem acesso às peças, apenas lhes são fornecidas no momento da medição, sem que haja forma de distinção entre as mesmas [32].

Tanto o método da Média e Amplitude como o Método da Análise de Variância permitem obter informações acerca do sistema de medição e da peça. Se a repetibilidade se demonstrar

elevada comparativamente à reprodutibilidade, pode indicar que o instrumento de medição necessite de manutenção, a peça necessite de ser redesenhada para se tornar mais rígida, a fixação da peça necessita de ser melhorada ou existe variação excessiva entre peças. No caso da reprodutibilidade se demonstrar superior à repetibilidade, pode indicar que o operador possua pouca experiência e necessite de maior experiência em medições ou as informações das medições apresentadas no mostrador não são claras.

2.4.4 Análise dos sistemas de medição (MSA)

Para efetuar a análise dos sistemas de medição existentes no laboratório mecânico da Bosch foi necessário estudar os procedimentos descritos num documento interno da Bosch, através do qual se rege para a gestão da qualidade. Este documento encontra-se em conformidade com o manual do AIAG MSA, que é responsável por apresentar diretrizes para avaliar a qualidade de um sistema de medição.

A verificação da capacidade dos sistemas de medição deve ser feita através de análises estatísticas aos resultados provenientes das medições. Esta análise só deve ser realizada para sistemas de medição que realizam um número de medições suficientemente elevado e apenas é válido para o tipo de característica a ser examinada. No caso de serem efetuadas medições de diferentes tipos de características com o mesmo sistema de medição, é necessária a verificação da capacidade do sistema de medição para cada uma delas [32][20].

Para verificar a capacidade dos processos de medição utilizados para avaliação de características contínuas, é necessário seguir cinco procedimentos distintos:

- Procedimento 1 (Estudo do Tipo 1) - Erro sistemático de medição e repetibilidade

Este procedimento avalia o sistema de medição a nível de localização e dispersão dos valores medidos dentro do intervalo de tolerância da característica a ser analisada. Se a capacidade do sistema não se verificar não é possível efetuar os procedimentos seguintes.

- Procedimento 2 (Estudo do Tipo 2) - Repetibilidade e reprodutibilidade (Gage R&R) com influência do operador

Se o operador tiver influência nos resultados das medições, a capacidade do processo de medição deve ser verificada simultaneamente pelo procedimento 1 e pelo procedimento 2.

- Procedimento 3 (Estudo do Tipo 3) - Repetibilidade e reprodutibilidade (Gage R&R) sem influência do operador

No caso de o operador não ter qualquer influência nos resultados das medições, a capacidade do processo deve ser verificada simultaneamente pelo procedimento 1 e o procedimento 3.

- Procedimento 4 (Estudo do Tipo 4) - Linearidade

A linearidade é comprovada pelo fabricante do equipamento ou durante as calibrações que são feitas regularmente. Se isso não se verificar, e se a linearidade demonstrar especial importância para a aplicação específica, deve ser realizado um estudo de linearidade.

- O procedimento 5 (Estudo do Tipo 5) - Estabilidade

Este procedimento tem como objetivo avaliar a estabilidade ao longo do tempo do sistema de medição de medição (semelhante a um gráfico de controle SPC). Uma vez que os resultados de capacidade obtidos pelos procedimentos 1 a 4 referem-se ao momento em que o estudo foi realizado.

As análises estatísticas destes procedimentos são baseadas em resultados de medições normalmente distribuídos (caraterísticas contínuas), no caso de se tratarem de caraterísticas discretas (atributos) estes procedimentos não podem ser utilizados. Para a verificação da capacidade de sistemas de medição para avaliação de caraterísticas discretas são utilizados outro tipo de procedimentos, os quais não serão abordados nesta dissertação. A aplicação dos procedimentos descritos anteriormente apresenta-se inadequada para algumas medições, tais como, medições de dureza e binário, medições em objetos não homogêneos e medições de caraterísticas de produtos que apresentem apenas um limite inferior ou superior de especificação. Aquando da realização de um estudo de capacidade, é necessário documentar todas as informações necessárias para o entendimento deste e as respetivas análises, das quais se destacam[20]:

- Descrição do sistema de medição, do método de medição, do sistema de fixação do padrão/peça, entre outros;
- Data de início e conclusão das medições, temperatura ambiente, humidade, pressão do ar e se possível intensidade da luz;

- Certificado de calibração da medição do padrão e a sua incerteza de calibração, data da última calibração e identificação do laboratório em que foi realizada a calibração;
- Identificação dos operadores;
- Todos os resultados de medição obtidos e usados para efetuar a análise;
- Limites de especificação;
- Informações sobre a estratégia de avaliação e fórmulas de cálculo;
- Resultados da avaliação (por exemplo, índices de capacidade) e classificação do sistema de medição (“capaz” ou “não capaz”);
- Incidentes ocorridos durante o estudo de capacidade.

Para a realização deste estudo, torna-se necessário a seleção de um padrão de medição. Este deve ser estável ao longo do tempo e fornecer resultados de medições inequívocos no caso de as medições serem realizadas em condições de repetibilidade. Este padrão pode ser reproduzido a partir de uma peça da produção e deve possuir características idênticas às peças que são medidas com estes sistemas de medição de modo que os dados coletados reflitam da melhor forma possível a realidade das medições efetuadas nas peças da produção. A calibração do padrão permite obter o valor verdadeiro das características a serem analisadas e após a sua calibração este deve ser rotulado e incluído no controlo de equipamentos de inspeção e medição.

A incerteza de calibração da característica do padrão de medição, U_{cal} , documentada no certificado de calibração deve ser consideravelmente menor que a tolerância T dessa característica, regra geral para o caso ideal:

$$U_{cal} < 0,001 \cdot T \text{ ou } U_{cal} < 0,1 \cdot T \quad \text{Equação 1}$$

Todos os procedimentos descritos anteriormente só podem ser realizados no caso de existir um padrão de medição adequado, se isso não se verificar o estudo não pode ser realizado.

2.4.4.1 Procedimento 1 – Erro de medição sistemático e repetibilidade

Permite verificar a capacidade de um processo de medição em termos de localização e dispersão dos valores obtidos das medições de uma característica, dentro do seu intervalo de tolerância. Este procedimento requer a seleção de características de peças ou produtos que

possuam limites de especificação inferiores (LSL) e superiores (USL) para que seja possível definir uma tolerância, $T = USL - LSL$. Para características com limites de especificação unilaterais, ou seja, com apenas um valor limite especificado (LSL ou USL), mas que possuam um limite natural inferior (LSL^*) ou superior (USL^*) a tolerância é definida como $T = USL - LSL^*$ ou $T^* = USL^* - LSL$. Um limite natural é definido como um limite que não pode ser transposto por razões físicas, como por exemplo, a rugosidade de uma superfície não pode ser menor do que 0, portanto o $LSL^* = 0$.

Este procedimento deve ser implementado antes dos procedimentos 2 ou 3, respetivamente. No caso de existirem vários sistemas de medição idênticos e se a capacidade de um desses sistemas já tiver sido comprovada por este procedimento, deve-se avaliar se existe a necessidade de verificar a capacidade dos outros sistemas de medição.

Este procedimento definido pela *Booklet 10*, não faz parte dos procedimentos descritos pelo manual do AIAG MSA para análise dos sistemas de medição, mas está incluído num dos procedimentos para análise de erros de medição descritos pelo mesmo manual. Este procedimento está inserido nas diretrizes internas de vários fabricantes da indústria automotiva, como é o caso da Bosch, daí a sua utilização [32],[20].

Este procedimento é realizado usando um padrão de medição calibrado que é medido 50 vezes, o qual terá de ser removido e reinserido na sua fixação entre cada medição realizada. Se possível, o valor de referência x_m da característica do padrão de medição a ser analisada deve encontrar-se centrada no intervalo de tolerância dessa característica. A partir dos valores das medições é possível calcular o desvio da média dos cinquenta valores ao valor de referência, $\bar{x} - x_m$ (erro sistemático de medição, tendência) e o seu desvio padrão s . A partir destes resultados é possível determinar os índices que permitirão avaliar a capacidade do sistema C_g e C_{gk} . De acordo com este procedimento, todos os fatores que tenham influência durante a produção das peças selecionadas para a realização do estudo, devem reproduzir efeito nas medições, exceto a influência da variação da peça. Todas as configurações do equipamento de medição utilizado para a medição das peças de produção devem ser mantidas durante este estudo, tais como, sensor de medição, pressão do sensor, intervalo de medição, etc. No caso de se obterem desvios de capacidade aquando da realização do estudo, estes podem ser aceitáveis em casos justificados, no entanto, as razões para os desvios e para a sua aceitação devem ser documentadas nos registos do estudo de capacidade.

Dados a serem analisados:

- Tolerância da característica a ser medida:

$$T = USL - LSL$$

Equação 2

- Valor de referência do padrão de medição: x_m
- Tamanho da amostra: n
- Valores das medições: $x_i (i = 1 \dots n)$

Cálculos realizados:

- Média dos valores medidos:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Equação 3

- Desvio padrão dos valores medidos:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Equação 4

- Índice de capacidade:

$$C_g = \frac{0.2T}{6s}$$

Equação 5

- Índice de capacidade crítico:

$$C_{gk} = \frac{0.1T - |\bar{x} - x_m|}{3s}$$

Equação 6

Critério de Capacidade:

- $C_g \geq 1.33$ e $C_{gk} \geq 1.33$ - valores mínimos especificados pela *Booklet 10* para estes índices [32],[20].

De seguida, na Figura 29 é apresentado um fluxograma onde se encontram descritas todas as etapas para a realização deste procedimento.

Flow chart

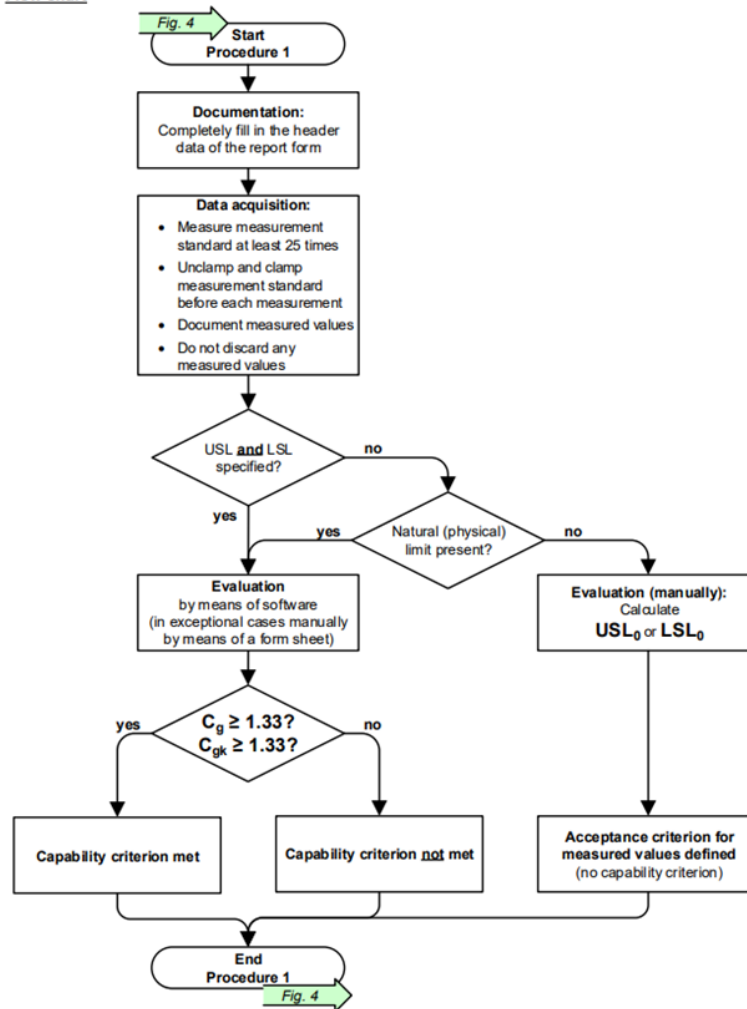


Figura 29 – Esquematização do procedimento 1 [20].

2.4.4.2 Procedimento 2 – Repetibilidade de reprodutibilidade (Gage R&R) com influência do operador

Este procedimento tem como objetivo a verificação da capacidade de um processo de medição em termos de variação do seu comportamento usando medições de características de um conjunto de peças da produção.

Antes de efetuar este procedimento deve-se verificar se é espectável a influência do operador nos resultados da medição, caso contrário deve-se aplicar o procedimento 3, que corresponde a uma alternativa para o procedimento 2 caso se verifique ausência da influência do operador nos resultados da medição.

O operador poderá influenciar os resultados da medição, quando:

- As medições são realizadas manualmente (por exemplo, medições com um paquímetro);

- O procedimento de medição não é automático;
- Não existe um dispositivo de fixação que assegure a colocação das peças para medição sempre na mesma posição;
- Existe um dispositivo de fixação das peças, no entanto as forças de fixação dependem da força que o operador exerce ao manusear o dispositivo de fixação.

Este procedimento consiste na medição aleatória de pelo menos 10 peças da produção iguais ao padrão selecionado para a realização do procedimento 1. Os valores das características dessas peças devem estar preferencialmente compreendidos entre os limites de tolerância das características selecionadas. As dez peças obtidas da produção são medidas de forma aleatória pelo menos por três operadores ($k \geq 3$) e essas medições são realizadas pelos menos duas vezes ($r \geq 2$) sob condições de repetibilidade. Após a conclusão da primeira série de medições (medição de 10 peças), cada operador mede novamente as mesmas 10 peças de forma aleatória. Se em vez de duas repetições forem realizadas mais séries de medições, o procedimento é repetido da mesma forma até que todas as séries de medições estejam concluídas.

O valor do Gage R&R fornece o índice razão de precisão/tolerância do processo de medição.

$$\%GRR = \frac{6 \cdot GRR}{T} \cdot 100\% \quad \text{Equação 7}$$

Os limites para a variação do Gage R&R são indicados pela *Booklet 10* da Bosch:

- $\%GRR \leq 10\%$ O processo de medição tem capacidade;
- $10\% < \%GRR \leq 30\%$ A capacidade do processo de medição é condicionada;
- $\%GRR > 30\%$ O processo de medição não tem capacidade.

O resultado do estudo Gage R&R é estimado pela combinação da variação de diferentes erros tais como:

- Repetibilidade (*EV - Equipment variation*) - variação contribuída pelo equipamento de medição;
- Reprodutibilidade (*AV - Appraiser variation*) - variação contribuída pela técnica do operador;

- Variação das peças (*PV – Part Variation*) - variação real contribuída pelo padrão/peça em avaliação;
- Índice de discriminação (*ndc - number of distinct categories*) – número de divisões da variação observada do processo, que o sistema de medição pode medir com exatidão.

A tolerância T não é definida para características com limites de especificação unilaterais. Se houver um limite inferior ou superior natural (limite físico), além do limite especificado, deve ser examinado se o parâmetro T^* pode ser usado em vez da tolerância T . Se este não for o caso, ou se não existir um limite natural, o GRR está relacionado com a variação total, TV (valor recomendado pelo manual do AIAG MSA como valor de referência para Gage R&R).

$$\%GRR = \frac{GRR}{TV} \cdot 100\% = \frac{GRR}{\sqrt{GRR^2 + PV^2}} \cdot 100\% \quad \text{Equação 8}$$

O manual AIAG MSA, recomenda o parâmetro ndc (número de categorias distintas) como um critério adicional da capacidade do processo, recomenda-se que o valor deste parâmetro deva ser superior ou igual 5.

$$ndc = \sqrt{2} \cdot \frac{PV}{GRR} = 1.41 \cdot \frac{\%PV}{\%GRR} \geq 5 \quad \text{Equação 9}$$

No caso de o sistema de medição revelar que não possui capacidade, é necessária a realização de uma análise dos diferentes erros mencionados acima e melhorar aquele que fornece uma contribuição negativa e repetir o estudo. No fluxograma da Figura 30 estão apresentadas todas as etapas para a realização deste procedimento [20].

Flow chart

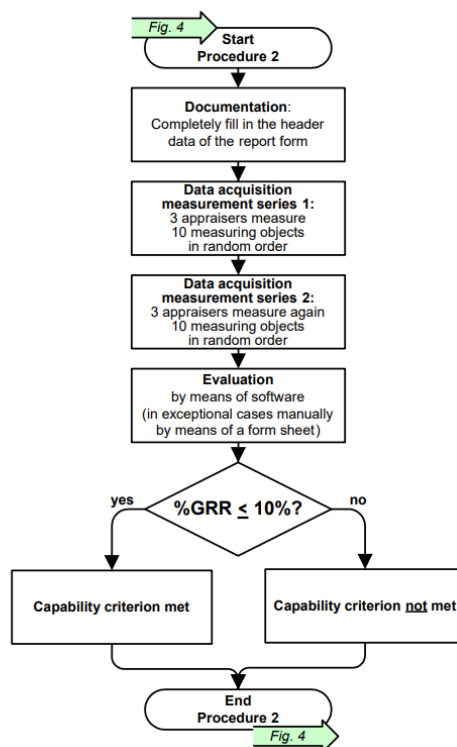


Figura 30 - Fluxograma que representa as etapas do procedimento 2 [20].

Nota: Segundo as normas Bosch [20], este estudo é realizado com pelo menos 10 peças. Em casos excepcionais o Gage R&R pode ser determinado com um número de peças inferior e nestes casos, os números de séries de medição devem ser adaptadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Casos excepcionais para o estudo do Gage R&R do Procedimento 2 [20].

| Número de peças disponíveis para medição | Número mínimo exigido de séries de medição |
|--|--|
| ≥ 10 | 2 |
| 5 - 9 | 3 |

2.4.4.3 Procedimento 3 – Repetibilidade e reprodutibilidade (Gage R&R) sem influência do operador

Este procedimento tem como objetivo a verificação da capacidade de um processo de medição em termos de variação do seu comportamento usando medições de características de um conjunto de peças da produção sem que ocorra a influência do operador. Este

procedimento trata-se de um caso especial do procedimento anterior. Em contraste com o procedimento 1, o procedimento 3 inclui possíveis interações entre o processo de medição e o padrão de medição utilizado no estudo de capacidade. Trata-se da influência da variação da peça de produção na medição, bem como a influência da medição no comportamento das peças de produção. Antes de efetuar este procedimento, deve-se verificar cuidadosamente se não existe influência do operador nos resultados da medição, geralmente isso verifica-se quando:

- a posição das peças para medição é claramente fixada por dispositivos de fixação e o operador não é responsável pela força de fixação;
- o procedimento da medição e a análise dos dados são feitos de forma automática sem a influência do operador.

Este estudo consiste na medição de pelo menos 25 peças da produção ($n \geq 25$). Estas medições são efetuadas de forma aleatória e são repetidas pelos menos duas vezes ($r \geq 2$). Após a conclusão da primeira série de medições, medições de 25 peças, as mesmas devem ser medidas novamente de forma aleatória. Esta segunda série de medições não deve ser efetuada sem primeiramente se ter terminado a primeira. Tal como no procedimento anterior, é necessária a avaliação do Gage R&R segundo a Equação 7.

Os limites para a variação do Gage R&R são indicados pela Booklet 10 da Bosch [20]:

- $\%GRR \leq 10\%$ O processo de medição tem capacidade;
- $10\% < \%GRR \leq 30\%$ A capacidade do processo de medição é condicionada;
- $\%GRR > 30\%$ O processo de medição não tem capacidade.

No caso de o sistema de medição revelar não possuir capacidade, tal como no procedimento anterior, é necessária a realização de uma análise cuidada, pois não significa que esse resultado se deva necessariamente ao instrumento de medição, pode ter sido causado pela falta de homogeneidade da característica da peça selecionada para análise. No fluxograma da Figura 31 são apresentadas todas as etapas para a realização deste procedimento [20].

Flow chart

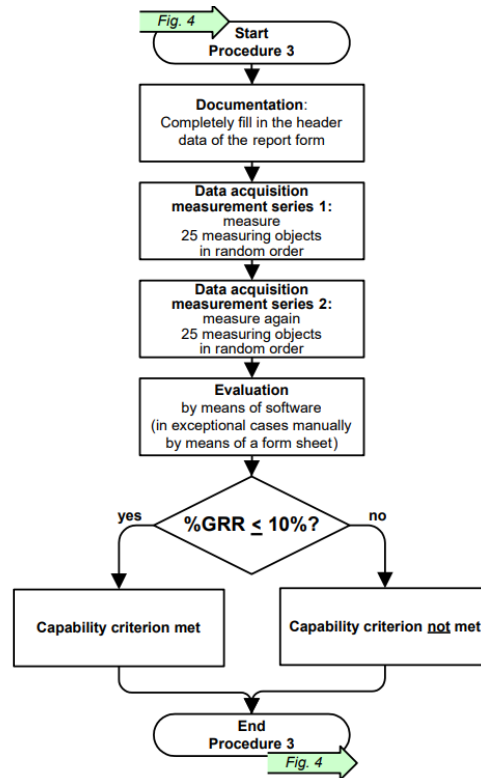


Figura 31 – Fluxograma que representa as etapas do procedimento 3 [20].

Nota: Segundo as normas Bosch [20], este estudo é realizado com pelo menos 25 peças. Em casos excepcionais o Gage R&R pode ser determinado com um número de peças inferior e nestes casos, os números de séries de medição devem ser adaptados de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 -Casos excepcionais para o estudo do Gage R&R do Procedimento 3.

| Número de peças disponíveis para medição | Número mínimo exigido de séries de medição |
|--|--|
| ≥ 25 | 2 |
| 13 - 24 | 3 |
| 9 - 12 | 4 |
| 7 - 8 | 5 |
| 5 - 6 | 6 |

2.4.4.4 Procedimento 4 – Linearidade

Este procedimento consiste na verificação da relação de linearidade entre os valores de uma grandeza física e os valores obtidos pela medição dessa grandeza. Este procedimento permite

determinar se o erro de medição sistemático do sistema de medição se encontra dentro dos limites aceitáveis em relação aos limites de medição relevantes para a medição.

Num sistema de medição ideal, o valor medido é sempre igual ao valor verdadeiro do padrão/peça a analisar. O termo "linearidade" refere-se exclusivamente a essa relação entre valores medidos e os valores verdadeiros, o que não é exatamente linear para sistemas de medição reais. A linearidade de um sistema de medição é normalmente testada pelo fabricante e posteriormente pelas calibrações que são efetuadas regularmente. Desta forma torna-se desnecessário a realização de uma verificação adicional como parte de um estudo de capacidade. No entanto, aplicações especiais podem exigir a comprovação do comportamento de linearidade do sistema de medição em todo o intervalo de medição que se achar relevante.

2.4.4.5 Procedimento 5 – Estabilidade

Este procedimento tem como objetivo avaliar se os resultados das medições se mantêm consistentes, permitindo avaliar o comportamento do processo de medição a longo prazo e consequente avaliar a estabilidade do sistema. Para avaliar a estabilidade do sistema de medição, podem ser utilizados estudos estatísticos semelhantes aos processos de controlo estatístico de processo (SPC), com o objetivo de avaliar o sistema de medição a longo prazo. Para a realização deste estudo é necessária a seleção de uma peça/padrão da qual se conheça o valor de referência, x_m , podendo ser utilizada a peça selecionada para o procedimento 1. Neste estudo, a peça de referência deve ser medida pelo menos três vezes ($n \geq 3$) através do processo de medição em análise e devem ser definidos os intervalos de tempo necessários para a repetição desta medição. Geralmente são definidos intervalos de tempo curtos, quando os índices de capacidade se apresentam próximos dos limites (C_{gk} próximo de 1,33 e/ou %GRR próximo de 10%) e as características das peças a analisar possuem funções críticas. Os valores obtidos através deste estudo devem ser documentados num gráfico de estabilidade de modo a conseguir rastrear o sistema de medição ao longo do tempo. Este período de tempo pode ser alargado no caso de não existirem indícios de instabilidade a longo prazo.

A capacidade de um sistema de medição deve ser garantida aquando da sua utilização num processo produtivo, para isso é necessário ter em conta quando é que deve ser feita ou repetida essa análise:

- Após intervenções no processo de medição e realização de manutenções no equipamento de medição;
- Início da operação de novos equipamentos adquiridos;
- Alterações técnicas no sistema de medição, tais como configuração e software;
- Após a contratação de novos operários para manuseamento dos equipamentos de medição;
- No caso de existirem suspeitas de que o sistema de medição não funciona corretamente;
- Após a realocação de um equipamento de medição.

3 CASO DE ESTUDO

3.1 O laboratório mecânico da Bosch Car Multimédia S.A.

3.1.1 Descrição

O laboratório mecânico está integrado no departamento da Qualidade (QMM – *Quality Management & Methods*) e tem como principal objetivo avaliar, controlar e otimizar produtos e processos no que diz respeito a características mecânicas.

Para esse efeito, possui diversos equipamentos com funcionalidades diferentes (desde óticos a medição por contacto) que, através de métodos de medição e de critérios de aceitação, conseguem atingir os objetivos descritos. Neste laboratório são realizadas avaliações dimensionais de peças individuais, de produtos completos e de *Jigs* de produção, solicitadas por outros departamentos ou por entidades externas, e são efetuados estudos de controlo estatístico de processos (CEP), entre outros. Todas as atividades desenvolvidas neste laboratório são realizadas de forma imparcial, o que significa que qualquer técnico ou responsável durante a avaliação não está sujeito a qualquer coação interna ou externa.

3.1.2 Organigrama

O Laboratório Mecânico encontra-se dividido em três equipas de trabalho, que efetuam diferentes tipos de tarefas, tal como está representado na Figura 32.

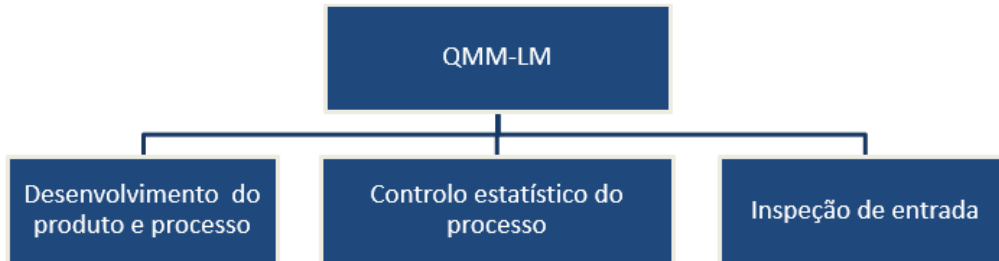


Figura 32 - Organigrama da secção do Laboratório Mecânico.

As responsabilidades destas três equipas de trabalho são:

- Desenvolvimento do produto e processo: Acompanha o desenvolvimento de peças e produtos, contribuindo com o seu input na realização de desenhos, métodos de medição e desenvolvimento de "Jig's". Realiza também avaliações dimensionais na fase de produção em massa, e integra equipas de *problem solving* aquando de reclamações ou dificuldades de montagem na linha de produção;
- Controlo estatístico do processo: Realiza avaliações estatísticas periódicas para monitorização e controlo de processos e do produto (CEP), de forma a reagir e prevenir antecipadamente uma potencial falha de qualidade;
- Inspeção de entrada: Responsável pelas avaliações dimensionais de componentes de produtos (peças individuais) assegurando a conformidade dos mesmos antes de prosseguir para a produção.

3.1.3 Layout

O Laboratório mecânico possui duas áreas distintas, a área de escritório e a área de laboratório. Na área de escritório são analisados os desenhos técnicos, são realizadas reuniões para a discussão de aspetos relacionados com os produtos e são elaborados os relatórios dimensionais após a realização das medições em laboratório. Na área do laboratório encontram-se todos os equipamentos necessários à execução de medições mecânicas, assim como áreas próprias para armazenamento, receção e expedição dos produtos. No Anexo A está representado o atual *layout* do Laboratório Mecânico.

3.1.4 Fases de um projeto e atividades das equipas

O laboratório Mecânico participa em várias atividades, desde a fase de desenvolvimento de um produto até à fase de produção em massa (*Mass production*) desse mesmo produto.

Tal como referido anteriormente, cada uma das equipas de trabalho do laboratório realiza diferentes atividades, que se inserem em diferentes fases de desenvolvimento de um projeto, sendo elas:

- Fase A: *PSP – Prototype Sample Production*;
- Fase B: *DSP - Development Sample Production*;
- Fase C: *TSP - Tool Sample Production*;
- Fase D: *Pilot - Pre-production (Test tools and production devices)*;
- *SOP: Start of Production*;
- *Mass: Mass Production*.

Durante as fases de projeto, Fase A a Fase D, o laboratório mecânico colabora com:

- Medição dos SPC, que consiste na medição periódica dos produtos completos para verificar possíveis alterações ao processo, de forma a corrigir potenciais problemas de qualidade;
- Inspeção de entrada, de maneira a garantir a conformidade das peças antes de prosseguirem para a produção;
- Fornece suporte aos diferentes departamentos nos problemas que vão surgindo no dia a dia da produção, tais como, FOR, O km, defeitos de campo, entre outros.

Em função do que é necessário analisar no laboratório, existem diferentes atividades a realizar, dependendo se se trata de peças individuais ou de produtos completos. No caso de se tratar de peças individuais são realizadas as seguintes atividades:

- *Incoming Material* - verificação periódica das dimensões de 14 unidades de cada lote de produção provenientes do fornecedor. Às quais, também, é realizado um controlo estatístico com o intuito de analisar a tendência das peças ao longo do tempo;
- *Statistical Process Control (SPC)* - Controlo estatístico do processo: verificação periódica das dimensões definidas pelo processo para realização de estudos estatísticos de modo a controlar o processo de produção;

- *Frequent Evaluations* - Avaliações frequentes: estas medições não tem uma frequência definida, isto é, são efetuadas sempre que o serviço é requisitado, por exemplo, se surgir um Failure of Rate (FOR) ou existir uma dificuldade de montagem na linha de produção que poderá estar associada a um desvio dimensional.

No caso de serem produtos completos, são realizadas outro tipo de atividades, apesar de algumas serem comuns a ambos os produtos:

- *Product Approval (FEP)* – Aprovação do produto: Avaliações dimensionais e testes mecânicos a especificações do produto normalizadas, nas diferentes fases de desenvolvimento;
- *Initial Sample Inspection Report (I.S.I.R.)* – Relatório inicial de inspeção da amostra: medições efetuadas a todas as dimensões especificadas no desenho técnico do produto, como primeiro status do produto;
- *Statistical Sample Inspection Report (SPC / CpK)* – Relatório estatístico de inspeção da amostra: Avaliações dimensionais periódicas para verificação das dimensões definidas pelo processo para realização de estudos estatísticos de modo controlar a variabilidade do processo ou do produto ao longo do tempo;
- *Product from Warranty* – Produto proveniente da garantia: Avaliações ao produto final que inclui defeitos de campo (Field) encontrados pelo cliente final ou defeitos 0 km/0 horas verificados pelo cliente da empresa;
- *Samples for Reliability tests* – Amostras para testes de confiabilidade: Avaliações requisitadas para testes de confiabilidade em determinados produtos;
- *Mass Production Evaluation (VA's)* – Avaliação da produção em massa: Avaliação dimensional devido a alterações nos produtos, tais como inserção de uma nova parte do produto, ou nos processos, que possam influenciar o produto que se encontra em produção;
- *Product Audit (PA)* – Auditoria do produto: avaliações anuais realizadas ao produto.

3.1.5 Condições Térmicas

Todas as medições efetuadas no Laboratório mecânico estão dependentes da temperatura e da humidade do ambiente, pois as variações destes dois parâmetros provocam alterações, tanto nos instrumentos de medição como nas peças a medir, resultando assim em alterações

nos resultados das medições. O Laboratório Mecânico não é considerado como uma área electrostática protegida (*Electrostatic Protected Area - EPA*), portanto, rege-se pela norma VDI / VDE 2627. Esta norma especifica que:

- Temperatura = 20 ± 1 °C;
- Humidade relativa entre 40 % e 60 %.

3.1.5.1 Temperatura

A temperatura do laboratório não permanece constante ao longo do tempo nem é uniforme em toda a sua área. Estas variações resultam das trocas de calor entre meios de comunicação, que se encontram a temperaturas diferentes, como por exemplo, a abertura de portas, janelas, persianas, etc. As trocas de calor podem ocorrer por condução térmica, convecção ou radiação e todos estes tipos de transferência de calor são fatores preponderantes e a ter em conta uma vez que têm uma elevada influência nos resultados das medições e podem afetar os instrumentos de medição e os produtos a medir. Para a seleção dos intervalos de temperaturas em que se podem realizar as medições é necessário analisar tanto os materiais dos produtos que são medidos no laboratório como os *data sheets* dos equipamentos presentes no laboratório. Os equipamentos apresentam sempre uma temperatura ambiente de operação com uma tolerância associada a essa temperatura. Assim sendo, e após uma análise a todos os equipamentos existentes no laboratório, verificou-se que o equipamento que possuía uma menor tolerância prevê uma temperatura de operação de 20 ± 1 °C.

É necessário analisar as normas internacionais (normas ISO) que definem as temperaturas para os laboratórios em que são efetuadas medições dimensionais, neste caso, a norma DIN EN ISO 1 em que a temperatura de referência para medições dimensionais é de 20°C.

As causas das transferências de calor estão listadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Fontes de variação da temperatura do laboratório.

| Condução | Convecção | Radiação |
|--|--|--|
| - Fontes de calor no interior do equipamento; - Fundações; - Piso; - Paredes; - Janelas; - Teto; - Pessoas (através do toque). | - Natural - Diferenças espaciais de temperatura; - Forçada - Unidades de ar condicionado e circulação do ar derivada destes equipamentos. | - Luzes; - Pessoas; - Equipamentos; - Piso; - Paredes; - Janelas; - Teto Isolamento. |

3.1.5.2 Humidade

As variações da humidade do ar provocam alterações no volume e nas propriedades dos produtos a medir, como também provocam alterações nas propriedades metrológicas dos instrumentos de medição visto que os materiais que constituem a sua estrutura podem sofrer dilatação ou contração, alterando assim a sua forma.

Segundo a Norma VDI/VDE 2627, para evitar a corrosão, a humidade relativa do ar não deve exceder os 60% e aproximadamente abaixo dos 30% pode ocorrer um aumento da carga estática tanto das pessoas como dos equipamentos eletrónicos. Para a utilização dos instrumentos de medição são definidos valores limite tanto de temperatura como de humidade do ar.

Visto que no laboratório são analisados produtos com uma enorme diversidade de materiais é necessário avaliar quais os materiais que possuem menor tolerância para a variação de humidade para que se possa definir o intervalo de humidade em que esses materiais possam ser medidos de modo a diminuir os erros das medições. Os produtos de plástico possuem uma tolerância de humidade inferior comparativamente aos restantes produtos, portanto, segundo a norma DIN 16742 datada de outubro de 2012, a humidade relativa do ar para medições em produtos de plástico pode variar de 40 % a 60 %.

A humidade do laboratório mecânico pode ser afetada por:

- Mudanças de temperatura ambiente;
- Ambiente externo ao laboratório;

- Pessoas e equipamentos de ar condicionado;
- Limpeza do chão com fluídos;
- Humidificação e desumidificação seletiva (dependente do equipamento de ar condicionado).

3.1.6 Equipamentos

Tal como foi mencionado anteriormente, a presente dissertação foi realizada num laboratório mecânico da Bosch, tendo como principal objetivo a análise dos sistemas de medição, a qual se baseia na implementação de métodos para avaliar a capacidade dos sistemas de medição presentes no laboratório mecânico, para o processo de medição em determinados equipamentos tridimensionais.

O laboratório mecânico possui uma vasta gama de equipamentos técnicos especializados na aquisição de informação tridimensional, que vão desde equipamentos óticos, equipamento scanner (luz estruturada) e equipamentos de medição por coordenadas, aos quais se dará especial importância nesta dissertação. Possui também equipamentos de forças e cursos, uma camara climática e equipamentos mais simples tais como um forno, balanças, paquímetros, micrómetros e calibres.

3.1.6.1 Máquinas de medição por coordenadas

No Laboratório Mecânico existem cinco máquinas de medição por coordenadas, todas com características distintas tendo uma delas vários tipos de tecnologias associadas. Todos as máquinas de medição por coordenadas do laboratório são de ponte móvel e possuem uma tecnologia de medição em 5 eixos.

O software utilizado neste tipo de equipamentos de medição por coordenadas é o *MCOSMOS Coordinate Measuring Machine Software* da Mitutoyo e é desenvolvido pelo *MiCAT (Mitutoyo Intelligent Computer Aided Technology)*.

A este tipo de equipamentos foi atribuída uma designação interna de modo a facilitar a sua identificação:

- CMM1 - MITUTOYO - BHN
- CMM2 - MITUTOYO - CRYSTA APEX S 700
- CMM3 - MITUTOYO - CRYSTA APEX S 900
- CMM4 - MITUTOYO - CRYSTA APEX C 900

- CMM5 - HEXAGON - GLOBAL S BLUE

Na Tabela 5 são apresentadas algumas informações técnicas das máquinas de medição por coordenadas do laboratório mecânico.

Tabela 5 – Informações técnicas das máquinas de medição de coordenadas.

| Máquina | Ano de aquisição | Volume de medição/Calibração (mm) | Resolução (mm) | Incerteza de medição (μm) |
|---------|------------------|-----------------------------------|----------------|--|
| CMM1 | 1990 | X = 315 Y = 490 Z = 290 | 0,0005 | MPE = $3 + 4L/1000$ |
| CMM2 | 2016 | X = 700 Y = 850 Z = 600 | 0,0001 | MPE = $1,7 + 4L/1000$ |
| CMM3 | 2016 | X = 900 Y = 850 Z = 805 | 0,0001 | MPE = $1,9 + 4L/1000$ |
| CMM4 | 2005 | X = 905 Y = 1005 Z = 805 | 0.0001 | MPE = $2,2 + 4L/1000$ |
| CMM5 | 2021 | X = 1200 Y = 2200 Z = 1000 | 0.0001 | MPE = $2,1 + 3L/1000$ |

MITUTOYO - BHN – CMM1

Adquirido em 1990, é o equipamento mais antigo do laboratório, possui reduzidas dimensões e, portanto, o seu volume útil de trabalho também é reduzido, possui uma resolução de 0,5 μm e não possui ponteira de scanner sendo estas as principais limitações deste equipamento. A sua base de granito possui furos roscados, tal como se pode observar na Figura 33, os quais servem para a fixação de bases de apoio ou para a fixação de acessórios utilizados para a construção de montagens de suporte dos produtos. Este equipamento possui quatro apalpadores calibrados distintos, tanto na forma como na dimensão, permitindo assim uma variedade de apalpadores para diferentes situações durante o processo de medição.



Figura 33 – Foto do equipamento MITUTOYO – BHN - CMM1.

MITUTOYO - CRYSTA APEX S 700 – CMM2

Este equipamento foi adquirido em 2016 e é caracterizado pela existência de duas árvores de apalpadores fixas na sua base de granito. Comparativamente às restantes CMM's, esta possui um volume útil de medição intermédio, tal como se pode observar na Tabela 5, permitindo a medição de peças de maiores dimensões comparativamente às peças e produtos medidos na CMM1. É possível verificar através da Figura 34 que o equipamento possui uma base de alumínio sobre a base de granito, desenvolvida pelo laboratório.



Figura 34 -Foto do equipamento MITUTOYO - CRYSTA APEX S 700 – CMM2.

MITUTOYO - CRYSTA APEX S 900 – CMM3

Este equipamento, tal como mostra a Figura 35 foi adquirido no final de 2016 e tal como o equipamento anterior possui duas árvores de apalpadores fixas na base de granito e uma base de alumínio sobre esta, para além disso possui um volume útil de trabalho superior às máquinas mencionadas anteriormente.



Figura 35 - Foto do equipamento MITUTOYO - CRYSTA APEX S 900 – CMM3.

MITUTOYO - CRYSTA APEX C 900 – CMM4

Foi adquirida em 2005 e é muito similar à CMM3, tal como mostra a Figura 36, que tem o mesmo volume útil de medição, embora apenas possua uma árvore de apalpadores. Tal como as CMM's anteriores também possui uma base de alumínio fixa na base de granito do equipamento.



Figura 36 – Foto do equipamento MITUTOYO - CRYSTA APEX C 900 – CMM4.

HEXAGON - GLOBAL S BLUE

Este equipamento foi adquirido em 2022 devido à necessidade da medição de produtos de elevadas dimensões e que não existia a possibilidade de medição nas outras CMM's. Contém um software diferente de todas as outras máquinas de medição por coordenadas no laboratório, o PC-DMIS. O seu volume de trabalho é muito superior aos das outras CMM's e tem como grande vantagem possuir várias tecnologias de aquisição de informação tridimensional, a tecnologia laser, ótica e contacto. Esta máquina possui duas árvores de apalpadores, uma com as ponteiros de medição ponto a ponto e outra com o módulo e os apalpadores de scanner, o laser e a câmara ótica (Figura 37). Tal como nas CMM's anteriores existe uma base em alumínio sobre a base de granito, com furação igual às bases dos outros equipamentos. Como esta máquina tem um software diferente de todas as outras, não é possível a troca de programas entre os equipamentos, posto isto, optou-se por não colocar uma base igual às das outras CMM's e colocar uma base maior com a mesma furação que permite efetuar montagens iguais nas diferentes máquinas.



(a)



(b)

Figura 37 – (a) Foto do equipamento HEXAGON - GLOBAL S BLUE; (b) Diferentes tecnologias do equipamento.

Base de Alumínio das CMM's 1, 2, 3 e 4

Como as CMM's 1, 2, 3 e 4 apresentavam diferenças de volume entre elas, foram identificadas essas diferenças e criados métodos de uniformização do processo de medição.

O desenvolvimento de bases fixas de alumínio permitiu suprimir as diferenças existentes entre os diferentes equipamentos e permitir as mesmas fixações de peças e produtos. Este processo facilitou a medição de um produto em diferentes equipamentos sem a necessidade de se alterar o programa. A cada programa passou a ser alocada uma fotografia da montagem nas bases de alumínio, com as informações dos legos utilizados e com as suas posições na base. Visto que a solução a ser implementada partiu da ideia da uniformização da furação da base de granito da CMM1, criada pela Mitutoyo, com a furação das bases móveis da mesma marca, procedeu-se ao desenvolvimento de uma base fixa com as dimensões pretendidas, apresentada na Figura 38.



Figura 38 - Base de alumínio das máquinas de medição por coordenadas.

Estas bases permitiram definir uma origem localizada num ponto específico, o que significa que todos os equipamentos possuem o mesmo sistema de eixos, com uma origem comum, a partir da qual serão elaborados todos os programas de medição. Isto permite elaborar um programa num determinado equipamento e efetuar a medição noutra equipamento. Relativamente às árvores de ponteiras, foram definidas dimensões e tipos de apalpadores iguais para as CMM's, que fizeram com que as várias árvores tenham uma constituição de apalpadores igual ou muito idêntica.

Rede interna do Laboratório Mecânico

Todas as CMM's fazem parte de uma rede interna do laboratório que se encontra ligada a um único servidor onde estão os programas de medição efetuados em qualquer equipamento, tal como representa a Figura 39. Isto permite que qualquer colaborador do laboratório tenha

acesso em tempo real aos programas, mesmo que tenham sido criados ou editados em equipamentos diferentes.

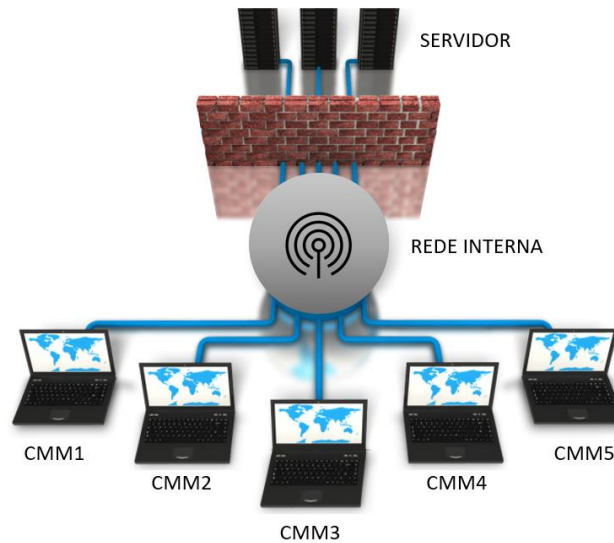


Figura 39 - Estrutura da rede interna do Laboratório.

O principal objetivo é permitir que os técnicos do laboratório mecânico de metrologia possam executar as suas tarefas em qualquer uma das CMM's, independentemente da máquina em que foi desenvolvido o programa de medição ou de qual equipamento utilizou na última vez que trabalhou com determinado produto ou peça.

3.1.6.2 Óticos

Na indústria atual os produtos possuem uma grande complexidade geométrica, onde muitas vezes se torna impossível efetuar medições através do contacto com um apalpador, daí se terem desenvolvido os equipamentos óticos de maneira a substituir, em medições muito específicas, os habituais apalpadores de contacto. O laboratório mecânico possui dois equipamentos óticos com características distintas, que são utilizados principalmente quando não é possível a medição através de CMM's, como por exemplo, placas de circuito impresso, componentes maleáveis e componentes com dimensões reduzidas e geometrias complexas.

VISION ENGINEERING - HAWK QC-5000 VED

Tal como é possível observar na Figura 40, trata-se de um equipamento com três eixos móveis, possui uma base móvel que se movimenta horizontalmente em dois eixos (eixo X e eixo Y) e um braço vertical que permite a movimentação da lente ótica no eixo Z. Este é utilizado para produtos de pequenas dimensões, pois o seu volume de trabalho é reduzido. No caso de se

tratar de uma aquisição de coordenadas de um ponto da superfície da peça ou produto que se pretende medir é necessário efetuar uma focagem manual. O *software* utilizado neste equipamento é o QC-5000VED.



Figura 40 – Foto do equipamento VISION ENGINEERING - HAWK QC-5000 VED.

MITUTOYO - QUICK VISION ACCEL 808 PRO

Tal como mostra a Figura 41, este equipamento possui três eixos móveis e uma base fixa. Difere do anterior devido há existência de uma estrutura de ponte móvel que permite movimentações da lente ótica nos três eixos X, Y e Z.

Possui uma funcionalidade fundamental na aquisição de informação tridimensional ótica, a função de focagem automática de superfícies, capaz de focar em superfícies de objetos transparentes. Possui também uma luz em anel programável que permite o controlo da direção de iluminação, tornando-se ideal para aperfeiçoar a deteção de superfícies com inclinação e espessuras muito reduzidas.

É utilizado para medição de peças ou produtos de elevado volume, comparativamente ao equipamento anterior, que possui um volume útil de trabalho reduzido para o tipo de produtos com que o laboratório trabalha. É usado principalmente para efetuar medições em peças maleáveis e peças rijas de reduzida espessura, tais como placas de circuito impresso, vidros, sensores, etc. Apresenta uma limitação face ao equipamento anterior devido ao facto de possuir um deslocamento no eixo Z inferior.

Este equipamento utiliza o software QVPAK que, comparativamente com o QC-5000VED, é bastante mais sofisticado e desenvolvido e permite a criação de rotinas de sequências de medição para análise de vários produtos iguais.

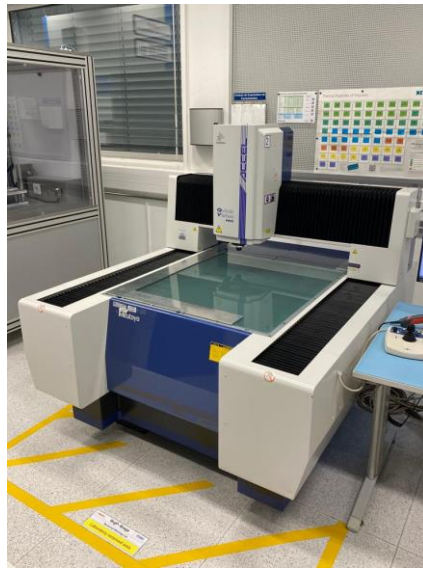
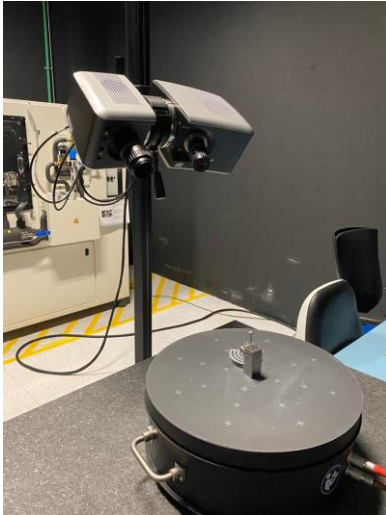


Figura 41 - Foto do equipamento MITUTOYO - QUICK VISION ACCEL 808 PRO.

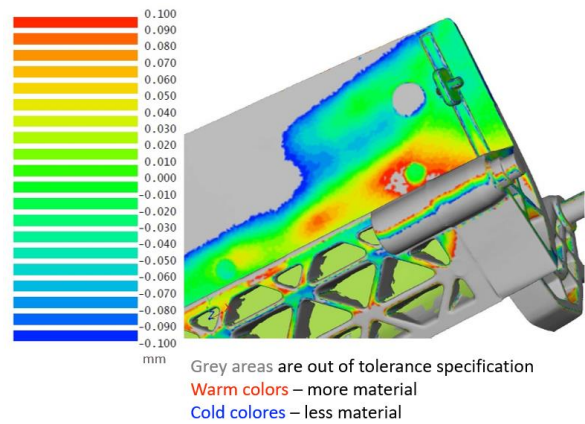
3.1.6.3 Laser luz estruturada

STEINBICHLER - COMET 6 16M

Trata-se de um scanner tridimensional com um sensor de 16 Megapixel de alto desempenho que utiliza a inovadora tecnologia de luz estruturada de iluminação led azul. Este equipamento possui um tripé com rodas, o que permite um ajuste rápido do campo de medição para a respetiva tarefa de medição. A projeção adaptativa integrada permite que a quantidade de luz projetada seja ajustada à respetiva superfície do objeto tendo em atenção o fenómeno de superexposição que deve ser reduzido ao mínimo. É utilizado principalmente na fase de desenvolvimento de projeto para a avaliação de moldes e desenvolvimento de produtos, permite fazer a comparação entre produtos que se encontram fora e dentro de especificação e também a comparação com o desenho CAD como podemos observar Figura 42.



(a)



(b)

Figura 42 – (a) Foto do equipamento STEINBICHLER - COMET 6 16M ; (b) Representação das potencialidades do equipamento.

3.1.6.4 Forças e cursos

ZWICKROELL - PROLINE Z010 TN

Tal como mostra a Figura 43, trata-se de um equipamento de testes de tração, compressão e flexão, que possui um eixo móvel que permite apenas a movimentação no eixo Z e uma célula de carga (transdutor) responsável por converter a carga que atua sobre a mesma num sinal elétrico mensurável. No laboratório mecânico existem duas células de carga para este equipamento, uma com um limite máximo de 500 N e outra com um limite máximo de 10 kN. Neste equipamento são realizados principalmente testes destrutivos para determinação da rigidez de um material, para simulação da inserção de componentes na linha de produção, de modo a determinar a força necessária a implementar nos equipamentos de inserção da linha e para a inspeção de produtos que durante o processo de produção passaram por um processo de colagem, de maneira a determinar a força máxima para a descolagem dos mesmos, permitindo assim conseguir estudar as propriedades da cola.



Figura 43 – Foto do equipamento ZWICKROELL - PROLINE Z010 TN.

3.1.6.5 Equipamento de transmissão de luz

SOFTING - TRANSMISSION TESTER LTW-1

Tal como mostra a Figura 44, trata-se de um equipamento de medição da transmissão de luz, onde existe um emissor de luz na parte inferior, coloca-se a amostra sobre esse emissor de luz e do outro lado da amostra existe um recetor em fibra ótica, a luz transmitida através da amostra é captada e enviada para um fotodíodo que converte a luz em corrente elétrica, sendo esta proporcional à quantidade de luz transmitida através da amostra.

Este equipamento é utilizado para medições de transparência em peças plásticas e existem peças que sofrem soldadura a laser, especialmente tampas de produtos e que, por vezes se torna necessário a inspeção da percentagem de transmissão de luz para garantir que os parâmetros do laser de soldadura estão adequados à transmissibilidade de luz através da peça.



Figura 44 – Foto do equipamento SOFTING - TRANSMISSION TESTER LTW-1.

3.1.6.6 Outros

O laboratório possui também equipamentos mais simples tais como balanças, paquímetros, micrómetros e calibres.

3.2 Procedimento experimental

O estudo desenvolvido teve como objetivo a análise dos sistemas de medição existentes no laboratório mecânico, em específico, as máquinas de medição por coordenadas. Aquando da realização deste estudo, apenas existiam quatro máquinas de medição por coordenadas, as quais foram descritas no capítulo anterior:

- MITUTOYO - BHN 305 – CMM1;
- MITUTOYO - CRYSTA APEX S 700 – CMM2;
- MITUTOYO - CRYSTA APEX S 900 – CMM3;
- MITUTOYO - CRYSTA APEX C 900 – CMM4.

As medições de uma determinada característica realizadas através de um processo de medição estão dependentes de inúmeras fontes de variação tal como já foi apresentado. A análise dos sistemas de medição dos equipamentos do laboratório teve como objetivo:

- Perceber quais as fontes de variação que podem influenciar os resultados das medições, fontes de variação de localização (estabilidade, tendência e linearidade) e de dispersão (repetibilidade e reprodutibilidade);
- Identificar os elementos de variação no decorrer da medição;
- Verificar a capacidade dos sistemas de medição;
- Determinar o erros e desvios causados pelos sistemas de medição;
- Analisar a qualidade dos dados obtidos.

O principal propósito deste estudo é a avaliação da adequação das máquinas de medição por coordenadas tendo em conta a especificidade das medições nelas realizadas e com isto obter um grau de confiança mais elevado nos dados obtidos para que a tomada de decisão seja o mais assertiva possível, garantindo o controlo da qualidade. Permite ainda perceber se existem diferenças entre as máquinas de medição por coordenadas (CMM's) e compreender quando é que estes instrumentos de medição necessitam de manutenção. Para a implementação da análise dos sistemas de medição foi necessário seguir os procedimentos

descritos num documento interno da Bosch, *Booklet 10* [20], o qual se encontra em conformidade com o Manual AIAG MSA. Recorreu-se ao *Software Solara.MP*[®] para realizar uma análise estatística dos resultados obtidos nas diferentes medições.

3.2.1 Seleção de peças

Para a implementação da análise dos sistemas de medição (MSA) foi necessário primeiramente definir que tipo de padrão de medição se poderia utilizar neste estudo. Segundo o documento interno da Bosch, o padrão de medição deve ser estável ao longo do tempo e fornecer resultados de medições inequívocos no caso de as medições serem realizadas em condições de repetibilidade [20]. Este padrão pode ser reproduzido a partir de uma peça da produção e deve possuir características idênticas às peças que são medidas no laboratório, para que os dados obtidos reflitam da melhor forma possível a realidade das medições efetuadas recorrentemente nas peças da produção.

No laboratório mecânico são efetuadas medições em todas as peças individuais provenientes de fornecedores e produtos completos montados na Bosch Car Multimédia, S.A.. Definiu-se que seriam utilizadas para o estudo apenas peças individuais e não produtos completos como padrões, por dois motivos, os produtos completos são compostos por várias peças individuais, logo a variabilidade dos produtos ia demonstrar-se superior às das peças individuais uma vez que o erro é cumulativo. Outro ponto desfavorável é que para a realização do estudo, segundo o documento interno da Bosch, é necessária a aquisição de pelos menos 25 peças da produção, levando a que o custo associado à aquisição de produtos completos fosse bastante superior ao das peças individuais.

Devido à elevada diversidade de peças individuais com que a Bosch trabalha, foi necessário efetuar um estudo para se decidir quais as peças a utilizar como padrão. Deste modo, optou-se por dividir as peças de acordo com os seus processos de fabrico, visto que é um dos principais fatores que permite a distinção entre as mesmas. Verificou-se que as peças podem ser divididas em três famílias:

- Peças obtidas através da conformação de chapa;
- Peças plásticas obtidas através de injeção;
- Peças metálicas obtidas através de fundição.

Visto que no laboratório mecânico são efetuadas medições a peças individuais destas três famílias de peças, e de modo que o presente estudo reflita da melhor forma possível as medições realizadas no laboratório, decidiu-se selecionar uma peça de cada uma destas famílias para a realização do estudo. Para a seleção das peças foi necessário ter em conta vários fatores:

- As peças devem ser rígidas e não devem sofrer deformação aquando da sua fixação no equipamento;
- Devem possuir um volume que seja inferior ao volume útil de medição dos quatro equipamentos para que seja possível efetuar a medição nas CMM's 1,2,3 e 4;
- Devem possuir um sistema de fixação que reduza os erros associados à colocação da peça no equipamento.

Com base nos fatores supramencionados selecionaram-se três peças para a realização do estudo com base nos seus processos de fabrico:

- Peça obtida através da conformação de chapa, denominada *Housing Base*, como se pode observar na Figura 45;
- Peça obtida através da injeção de plástico, denominada *System Carrier 1*, apresentada na Figura 51;
- Peça metálica obtida através de fundição, denominada *System Carrier 2*, apresentada na Figura 53.

Além da seleção de três peças para a realização do estudo, devido a condições de ocupação dos equipamentos para realização de trabalho interno da Bosch, tornou-se impossível a realização dos estudos nos equipamentos por longos períodos de tempo para a implementação dos vários procedimentos do MSA nos três padrões selecionados, portanto, surgiu a necessidade de o estudo se restringir apenas a um tipo de peça. Para a escolha de uma única peça para a realização do estudo, tiveram-se em conta vários dos fatores já mencionados, tendo predominado o fator do volume da peça, isto porque a única peça que conseguiria ser medida nos quatro equipamentos disponíveis era a peça *Housing Base*, as restantes peças possuíam um volume superior ao volume útil de medição da CMM1 – Mitutoyo BHN. A escolha destas duas peças, *System Carrier 1 e 2*, não se encontra de acordo com os fatores apresentados para a seleção de peça, visto que não poderão ser efetuadas

medições no equipamento CMM1– Mitutoyo BHN. No entanto, tendo em conta que este equipamento é o mais antigo, com uma tecnologia inferior comparativamente aos restantes equipamentos, menos utilizado devido às características do seu volume e todos os outros possuem dimensões superiores, decidiu-se seleccionar apenas uma peça com dimensões restritas aos quatro equipamentos, *Housing Base*, e as duas peças para os três restantes equipamentos, *System Carrier 1 e 2*, de modo a tornar-se possível a avaliação de dimensões superiores.

Como já referido anteriormente, a peça obtida através da conformação de chapa trata-se de uma tampa de um rádio, denominada *Housing Base*, apresentada na Figura 45. Esta peça individual não possui um sistema de fixação (*Jig*), no entanto foi criado um com auxílio dos legos existentes no laboratório, como se pode observar na Figura 46. Para a realização do estudo do MSA, foi necessário a escolha de algumas dimensões lineares, com base no desenho disponibilizado pelo cliente, as quais serão denominadas como características.

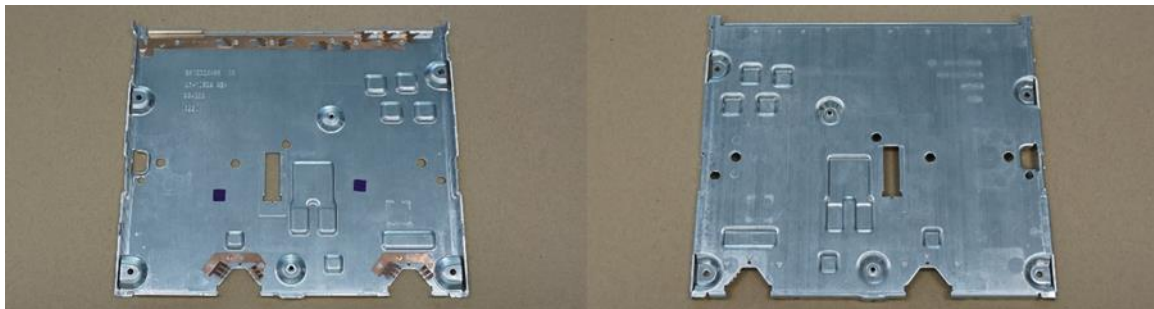


Figura 45 – Peça *Housing Base*.

Para a realização do estudo foi necessário primeiramente construir um sistema de fixação para a peça *Housing Base*, recorrendo aos legos existentes no laboratório mecânico da Bosch, apresentados na Figura 46. Este sistema de fixação consistiu em acentar a peça em três legos cilíndricos, permitindo bloquear a peça no eixo Z, e através de dois martelos e legos cilíndricos colocados lateralmente, foi possível fixar a peça nos restantes eixos, X e Y, tal como demonstrado na Figura 47.



Figura 46 – Legos para realização de montagens.

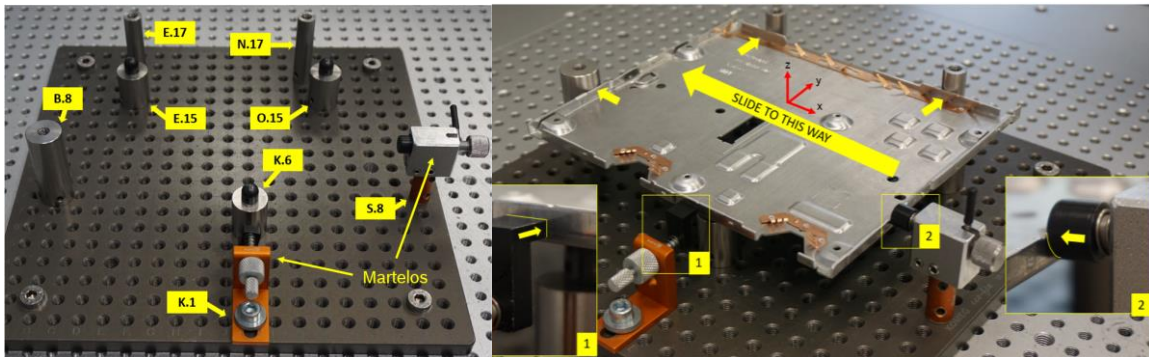


Figura 47 – Sistema de fixação da peça *Housing Base*.

Como este sistema de fixação foi construído através de legos, efetuaram-se algumas medições a determinadas características (dimensões lineares) de modo a perceber se este sistema era estável ou não, tendo em atenção que entre cada medição a peça era removida e de seguida recolocada na montagem. Após uma análise visual e uma análise dos resultados obtidos das medições, verificou-se que estes possuíam uma variabilidade elevada e através de uma análise visual verificou-se que os martelos utilizados na fixação da peça introduziam variabilidade nas medições pois a posição da peça variava quando estes eram colocados e exerciam pressão na mesma. Após um estudo, verificou-se que esta instabilidade se devia à restrita zona de contacto entre o martelo e a lateral da peça, devido ao ângulo de quinagem da superfície onde estes martelos exercem força. Inicialmente decidiu-se utilizar martelos com mola para que o operador não tivesse influência no processo de fixação, mas verificou-se que a superfície onde um dos martelos estava encostado possuía um ângulo de quinagem da chapa superior a 90° , o que implicou que a zona de contacto do martelo com a peça fosse bastante reduzida e

devido a esse ângulo, a peça acabava por escorregar e movimentar-se no eixo Z aquando da medição, devido ao toque do apalpador, tal como mostra a Figura 48.

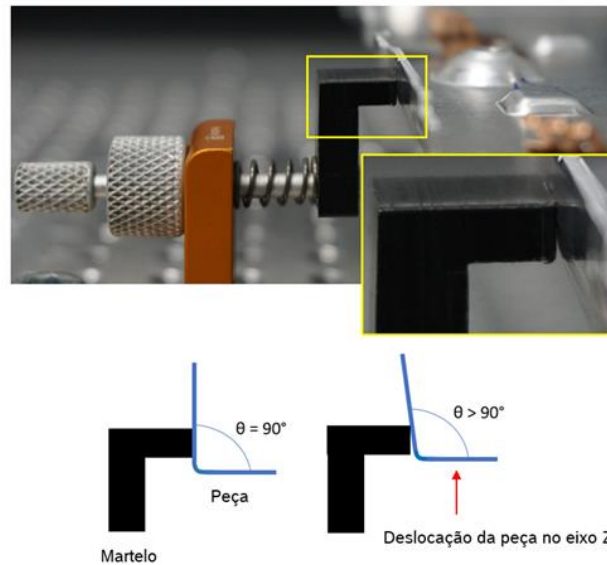


Figura 48 – Representação do erro detetado na montagem devido ao ângulo.

Foi, portanto, necessária a elaboração de um novo sistema de fixação da peça. Nesta nova montagem efetuada com os legos, decidiu-se remover todos os martelos existentes na montagem anterior e para que fosse possível constringer a peça nos três eixos simultaneamente, utilizaram-se legos íman. A peça *Housing Base* não se trata de uma peça magnética portanto, foi necessário colocar sobre a sua superfície três ímans retangulares, como é possível observar na Figura 49, para que em conjunto com os legos ímans (Magnets 1, 2 e 3 da Figura 49), se pudesse fixar a peça. Como a peça se encontra assente em apenas três pontos, não existe a possibilidade de esta se deformar através da utilização dos ímans.

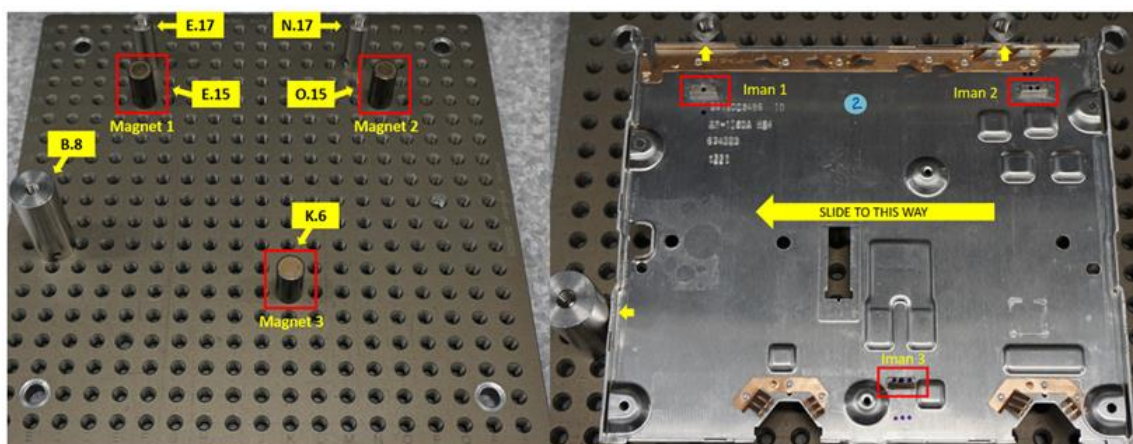


Figura 49 – Fotos do sistema de fixação e respetiva esquematização dos ímans.

Repetiram-se novamente as medições efetuadas anteriormente para verificar a estabilidade da peça na nova montagem e verificou-se que os resultados se encontravam mais estáveis do que nas medições anteriores. Os resultados das medições estão representados na Figura 50 através da linha amarela do gráfico, as medições “Before” correspondem às medições efetuadas com o primeiro sistema de fixação e as medições “After” correspondem às medições efetuadas com o segundo sistema de fixação. A “Dim 5” corresponde a uma dimensão linear, enquanto que a “Dim 7” corresponde à planicidade da superfície da peça.

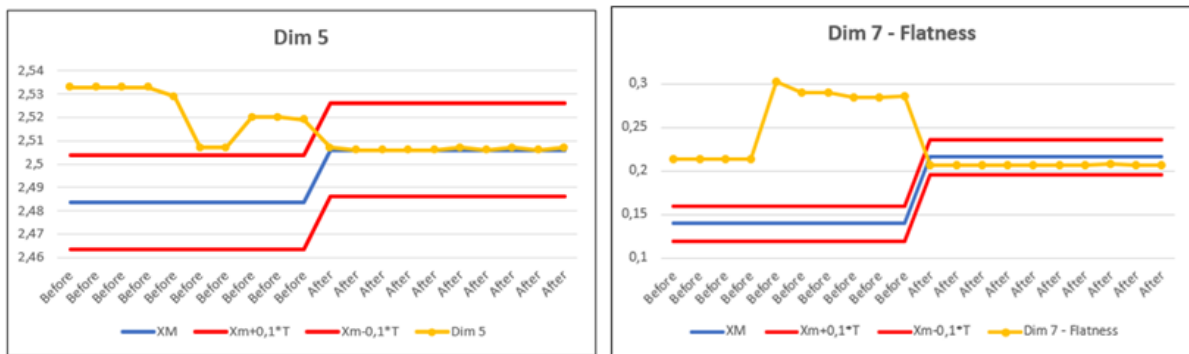


Figura 50 – Gráficos das medições referentes ao sistema de fixação.

Apesar de não terem sido efetuadas medições nas peças *System Carrier 1 e 2*, foram também adquiridas para a realização de um estudo posterior. De seguida serão apresentadas estas peças e os seus “jigs” de medição.

A peça obtida através de injeção de plástico, trata-se de uma peça de um quadrante de um carro, denominada *System Carrier 1*, representada na Figura 51 e possui um “jig” de medição que se encontra representado na Figura 52.

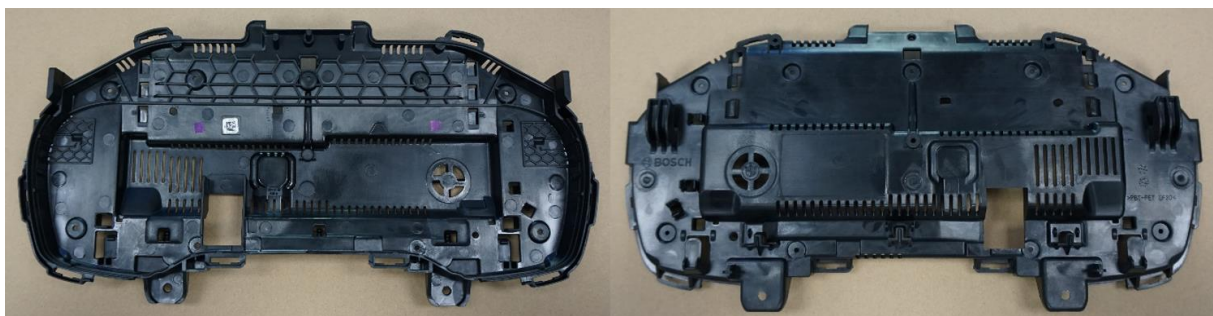


Figura 51 -Foto da peça *System Carrier 1*.

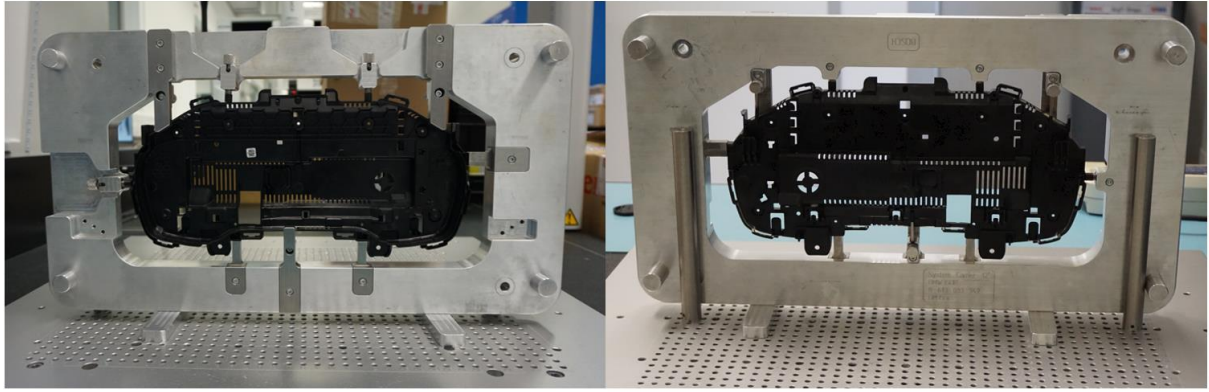


Figura 52 – Foto do Jig de medição do *System Carrier 1* com a peça.

A peça metálica obtida através do processo de fundição, trata-se de uma peça de quadrante da Audi e possui um “*Jig*” de medição, tal como mostram as Figura 53 e Figura 54 respetivamente.

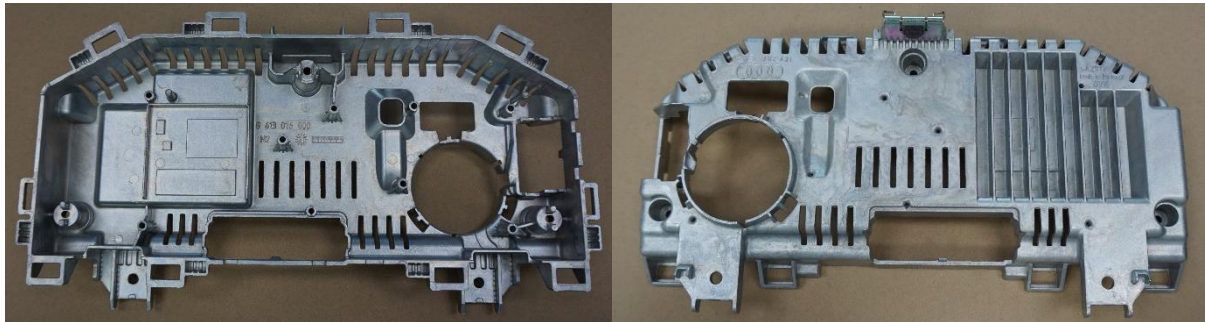


Figura 53 – Foto de uma peça *System Carrier 2*.

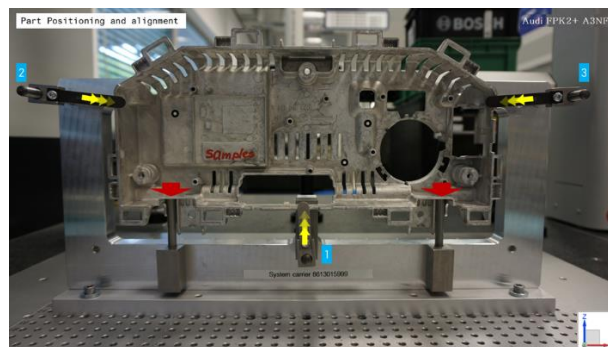


Figura 54 – Foto do *jig* de medição da peça *System Carrier 2* e respetiva peça.

3.2.2 Metodologia e protocolos de medição

Após a seleção das peças a serem medidas foram analisados os desenhos técnicos e selecionadas as características que se pretendem avaliar. Definiu-se que seriam medidos dois tipos de características, dimensões lineares e dimensões geométricas. Para a seleção das dimensões a serem medidas, recorreu-se às normas presentes no desenho na qual são

apresentadas tabelas onde estão definidas as tolerâncias para intervalos de dimensão que não apresentam tolerâncias no desenho técnico. Recorreu-se à norma com o intuito de selecionar dimensões do desenho que pudessem controlar os diferentes intervalos base. O objetivo não foi selecionar uma tolerância para as dimensões, pois todas as dimensões já apresentavam tolerância no desenho. Para a peça de chapa, *Housing Base*, e para a peça de injeção de plástico, *System Carrier 1* recorreu-se à norma ISO 2768-1 : 1989 (E) – *General Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications*, tal como mostra a Figura 55. Para a peça de injeção de metálica, *System Carrier 2*, recorreu-se à norma ISO 8062-3 : 2019 - *Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais para peças fundidas*, como se encontra representado na Figura 56.

Table 1 – Permissible deviations for linear dimensions except for broken edges (external radii and chamfer heights, see table 2)

Values in millimetres

| Tolerance class | | Permissible deviations for basic size range | | | | | | | |
|-----------------|-------------|---|-------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | 0,5 ¹⁾ up to 3 | over 3 up to 6 | over 6 up to 30 | over 30 up to 120 | over 120 up to 400 | over 400 up to 1 000 | over 1 000 up to 2 000 | over 2 000 up to 4 000 |
| Designation | Description | | | | | | | | |
| f | fine | ±0,05 | ±0,05 | ±0,1 | ±0,15 | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | — |
| m | medium | ±0,1 | ±0,1 | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | ±0,8 | ±1,2 | ±2 |
| c | coarse | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | ±0,8 | ±1,2 | ±2 | ±3 | ±4 |
| v | very coarse | — | ±0,5 | ±1 | ±1,5 | ±2,5 | ±4 | ±6 | ±8 |

1) For nominal sizes below 0,5 mm, the deviations shall be indicated adjacent to the relevant nominal size(s).

Figura 55 – Tabelas auxiliares dos desvios permitidos para dimensões lineares das peças obtidas através de conformação de chapa e injeção de plástico.

All dimensions in millimetres

| Nominal dimensions related to the moulded part | up to and including | Linear dimensional tolerance for dimensional casting tolerance grade (DCTG) ^{a)} | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|
| | | DCTG 1 | DCTG 2 | DCTG 3 | DCTG 4 | DCTG 5 | DCTG 6 | DCTG 7 | DCTG 8 | DCTG 9 | DCTG 10 | DCTG 11 | DCTG 12 | DCTG 13 | DCTG 14 | DCTG 15 | DCTG 16 ^{b)} |
| - | 10 | 0,09 | 0,13 | 0,18 | 0,26 | 0,36 | 0,52 | 0,74 | 1 | 1,5 | 2 | 2,8 | 4,2 | - | - | - | - |
| 10 | 16 | 0,1 | 0,14 | 0,2 | 0,28 | 0,38 | 0,54 | 0,78 | 1,1 | 1,6 | 2,2 | 3 | 4,4 | - | - | - | - |
| 16 | 25 | 0,11 | 0,15 | 0,22 | 0,3 | 0,42 | 0,58 | 0,82 | 1,2 | 1,7 | 2,4 | 3,2 | 4,6 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| 25 | 40 | 0,12 | 0,17 | 0,24 | 0,32 | 0,46 | 0,64 | 0,9 | 1,3 | 1,8 | 2,6 | 3,6 | 5 | 7 | 9 | 11 | 14 |
| 40 | 63 | 0,13 | 0,18 | 0,26 | 0,36 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,4 | 2 | 2,8 | 4 | 5,6 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| 63 | 100 | 0,14 | 0,2 | 0,28 | 0,4 | 0,56 | 0,78 | 1,1 | 1,6 | 2,2 | 3,2 | 4,4 | 6 | 9 | 11 | 14 | 18 |
| 100 | 160 | 0,15 | 0,22 | 0,3 | 0,44 | 0,62 | 0,88 | 1,2 | 1,8 | 2,5 | 3,6 | 5 | 7 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| 160 | 250 | - | 0,24 | 0,34 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,4 | 2 | 2,8 | 4 | 5,6 | 8 | 11 | 14 | 18 | 22 |
| 250 | 400 | - | - | 0,4 | 0,56 | 0,78 | 1,1 | 1,6 | 2,2 | 3,2 | 4,4 | 6,2 | 9 | 12 | 16 | 20 | 25 |

Figura 56 – Tabelas auxiliares dos desvios permitidos para dimensões lineares para peças fundidas.

Apesar de terem sido selecionadas as dimensões/caraterísticas através destas tabelas para a realização do estudo do MSA, este focar-se-á, unicamente, na peça obtida através de conformação de chapa, *Housing Base*, no qual se focará a dissertação a partir deste ponto.

Para o estudo da peça, *Housing Base*, foram selecionadas 8 dimensões lineares e 1 dimensão geométrica (planicidade da superfície). Na Tabela 6 são apresentadas as dimensões, a tolerância associada a estas e o intervalo da norma no qual se inserem. O desenho técnico da peça encontra-se no Anexo B.

Tabela 6 – Dimensões selecionadas da peça *Housing Base*.

| Dimensions | | Nominal | LSL | USL | Tolerance | ISO 2768-1: 1989 | Unit |
|------------|---------------------|---------|-------|-------|-----------|------------------|------|
| 1 | Dim 1 (Diameter) | 4 | 0 | 0,05 | 0,05 | 3 a 6 | mm |
| 2 | Dim 2 -Teo.X | 80 | 0,15 | -0,15 | 0,3 | 30 a 120 | mm |
| 3 | Dim 3 Left | 23 | -0,1 | 0,1 | 0,2 | 6 a 30 | mm |
| 4 | Dim 3 Right | 23 | -0,1 | 0,1 | 0,2 | 6 a 30 | mm |
| 5 | Dim 4 | 61,80 | -0,1 | 0,1 | 0,2 | 30 a 120 | mm |
| 6 | Dim 5 | 2,60 | -0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,5 a 3 | mm |
| 7 | Dim 6 | 178 | -0,15 | 0,15 | 0,3 | 120 a 400 | mm |
| 8 | Dim 7 – Flatness | 0 | 0 | 0,2 | 0,2 | n.a. | mm |
| 9 | Dim 8 | 4 | 0 | 0,05 | 0,05 | 3 a 6 | mm |

Finalizada a seleção das dimensões a serem medidas para cada uma das peças, elaboraram-se os métodos de medição para que pudessem ser enviados para um laboratório externo acreditado com o objetivo de certificar as características das peças a serem controladas. É crucial que tanto o laboratório externo como o laboratório da Bosch efetuem as medições da peça com a mesma estratégia de medição. O método de medição da peça, *Housing Base*, encontra-se no Anexo C.

Findada a elaboração dos métodos de medição, foi então necessária a seleção de um laboratório que certificasse a peça que viria a ser usada como padrão, *Housing Base*. Um dos requisitos necessários foi que o equipamento do laboratório externo acreditado, apresentasse uma incerteza de medição inferior à incerteza dos equipamentos do laboratório da Bosch, tal como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 -Incerteza de medição dos equipamentos do laboratório mecânico da Bosch.

| Equipamentos do laboratório | Incerteza de medição | Resolução |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----------|
| CMM1 – Mitutoyo BHN305 | $U=3+4*L/1000 \mu m (L:mm)$ | 0,0005 mm |
| CMM2 – mitutoyo CRYSTA APEX S 700 | $U=1,7+4*L/1000 \mu m (L:mm)$ | 0,0001 mm |

| Equipamentos do laboratório | Incerteza de medição | Resolução |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----------|
| CMM3 - Mitutoyo CRYSTA APEX S 900 | $U=1,9+4*L/1000 \mu m (L:mm)$ | 0,0001 mm |
| CMM4 - Mitutoyo CRYSTA APEX C 900 | $U=2,2+4*L/1000 \mu m (L:mm)$ | 0,0001 mm |

Foi então selecionado de entre os fornecedores que prestam serviços à empresa o que possui uma máquina de medição por coordenadas com menor incerteza de medição, sendo o CATIM o que melhor satisfaz os requisitos pretendidos tal como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Incerteza de medição do equipamento do CATIM

| Equipamento do CATIM | Incerteza de medição |
|----------------------|---------------------------|
| ZEISS UPMC | $U=0,41+3,3L \mu m (L:m)$ |

Os resultados das medições obtidas por este equipamento para a peça obtida através de conformação de chapa, *Housing Base*, encontra-se nos Anexos D. Na Tabela 9 são apresentados os resultados obtidos das medições efetuadas pelo CATIM, à peça *Housing Base*, resultados esses representados na tabela por X_m .

Tabela 9 – Resultados das medições efetuadas no CATIM para a peça *Housing Base*.

| Dimensions | | LSL | USL | Tolerance | CATIM | | Unit |
|------------|------------------|-------|-------|-----------|----------|-----------|------|
| | | | | | X_m | U_{cal} | |
| 1 | Dim 1 (Diameter) | 0 | 0,05 | 0,05 | 4,10326 | 0,00057 | mm |
| 2 | Dim 2 – Teo.X | 0,15 | -0,15 | 0,3 | 79,98806 | 0,00067 | mm |
| 3 | Dim 3 Left | -0,1 | 0,1 | 0,2 | 22,97982 | 0,00052 | mm |
| 4 | Dim 3 Right | -0,1 | 0,1 | 0,2 | 23,06756 | 0,00050 | mm |
| 5 | Dim 4 | -0,1 | 0,1 | 0,2 | 61,75781 | 0,00061 | mm |
| 6 | Dim 5 | -0,1 | 0,1 | 0,2 | 2,50595 | 0,00047 | mm |
| 7 | Dim 6 | -0,15 | 0,15 | 0,3 | 178,1282 | 0,00100 | mm |
| 8 | Dim 7 – Flatness | 0,00 | 0,2 | 0,2 | 0,21614 | 0,00047 | mm |
| 9 | Dim 8 | 0 | 0,05 | 0,05 | 4,12740 | 0,00052 | mm |

Após a obtenção dos resultados das medições efetuadas pelo laboratório externo acreditado, CATIM, e antes de serem implementados os procedimentos para o estudo do MSA decidiu-se verificar a conformidade dos módulos das máquinas de medição por coordenadas. Como não existe um método definido para efetuar esse estudo, foi elaborada uma instrução de trabalho

para a sua realização, a qual se encontra no Anexo E. Este estudo consistiu em efetuar medições num bloco padrão calibrado com dimensão de 100 mm comprimento com todos os módulos da árvore da máquina de medição por coordenadas, efetuando também essa medição com um módulo novo, de modo a comparar os resultados desse novo módulo, com os resultados obtidos pelos módulos existentes no equipamento. Após a verificação dos resultados, verificou-se que todos os módulos das árvores apresentavam os valores das medições idênticos aos valores da medição efetuada com o novo módulo. Portanto, concluiu-se que se apresentavam as condições necessárias para a continuidade do processo de medição.

Passou-se então para a implementação dos procedimentos do estudo do MSA.

De acordo com a regra da resolução e a regra da Incerteza de calibração, para a realização destes estudos deve garantir-se que: a resolução do equipamento de medição deve ser inferior à tolerância da característica a ser medida:

Resolução do equipamento

Equação 10

$\leq 5\%$ tolerância da característica a ser medida (T)

$$\text{Resolução CMM 1} \leq 5\% \cdot T \Leftrightarrow 0,0005 \leq 5\% \times T \Leftrightarrow T \geq 0,01 \text{ mm}$$

$$\text{Resolução CMM 2, 3 e 4} \leq 5\% \cdot T \Leftrightarrow 0,0001 \leq 5\% \times T \Leftrightarrow T \geq 0,002 \text{ mm}$$

Isto significa que a tolerância mínima aceitável para uma característica a ser medida pelos equipamentos deve ser superior a 0,01 mm. De acordo com a regra da incerteza de calibração, a incerteza de calibração da característica do padrão de medição, U_{cal} , documentada no certificado de calibração deve ser consideravelmente menor que a tolerância T dessa característica, regra geral para o caso ideal:

$$U_{cal} < 0,01 \cdot T \text{ ou } U_{cal} < 0,1 \cdot T$$

Equação 11

Foi realizada uma análise a todas as dimensões selecionadas e verificou-se que as que apresentavam menor tolerância eram as dimensões 1 e 8, portanto se estas duas regras se verificarem para estas tolerâncias, que são as mais apertadas, as restantes são garantidas pois apresentam valores superiores, tal como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Verificação de requisitos para a dimensão 1 e 8, respetivamente.

| | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|---|------------|
| T_{min} = 0,05 mm (Dim 1 e 8) | Resolução (mm) | $0,05 > 0,01$ e $0,05 > 0,002$ | Verdadeiro |
| | Incerteza Dim 1 (mm) | $U_{cal} < 0,01 \times T \Leftrightarrow 0,00057 < 0,01 \times 0,05 \Leftrightarrow 0,00057 < 0,0005$ | Falso |
| | | $U_{cal} < 0,1 \times T \Leftrightarrow 0,00057 < 0,1 \times 0,05 \Leftrightarrow 0,00057 < 0,005$ | Verdadeiro |
| | Incerteza Dim 8 (mm) | $U_{cal} < 0,01 \times T \Leftrightarrow 0,00052 < 0,01 \times 0,05 \Leftrightarrow 0,00052 < 0,0005$ | Verdadeiro |
| | | $U_{cal} < 0,1 \times T \Leftrightarrow 0,00052 < 0,1 \times 0,05 \Leftrightarrow 0,00052 < 0,005$ | Verdadeiro |

Através desta tabela, percebeu-se que a tolerância mínima das dimensões selecionadas ($T=0,05$ mm) se demonstra superior à tolerância mínima permitida para efetuar medições no equipamento CMM1. Para que se possam efetuar as medições neste equipamento é também necessário que se verifique que a incerteza de calibração U_{cal} seja pelo menos inferior a 1% ou 10% da tolerância da dimensão/caraterística a medir. Verificou-se que esta regra é respeitada, apenas para a dimensão 1 a incerteza de calibração se demonstrou superior a 1% da tolerância, no entanto como se verificou que esta é inferior a 10% da tolerância da caraterística, é possível dar continuidade ao estudo.

3.2.3 Apresentação e discussão de resultados

Para a implementação da análise dos sistemas de medição (MSA), começou-se por aplicar o procedimento 1, que tem como objetivo a verificação da capacidade de um processo de medição em termos de localização e variação dos valores medidos dentro do campo de tolerância desta característica, tal como mostra a Tabela 11.

Tabela 11 – Condições de entrada para o procedimento 1.

| Peças utilizadas | Operadores | Repetições |
|------------------|------------|------------|
| 1 | 1 | 50 |

Primeiramente, com o propósito de se obter a medição padrão (Valor de Referência X_m), através de um certificado de calibração, recorreu-se a uma entidade externa para efetuar as

medições, segundo o método de medição desta peça. Seguidamente, com o valor de referência da peça conhecido, procedeu-se à medição no laboratório da mesma peça. Este estudo foi efetuado por um operador, tendo sido efetuadas 50 medições, de modo a reduzir a percentagem de erros de operação, tornando o estudo mais preciso.

Por fim, colocaram-se os resultados obtidos das medições efetuadas nas CMM1, 2, 3 e 4, no *software Solara*, e verificou-se a capacidade do processo, calculando os índices $Cg \geq 1,33$ e $Cgk \geq 1,33$. As respetivas medições encontram-se representadas na Tabela 12, 13, 14 e 15 respetivamente.

Tabela 12 - Resultados da CMM 1 – Procedimento 1.

| Dimensions | X_m (mm) | Mean (mm) | Bias (mm) | C_g | C_{gk} |
|--------------------|------------|-----------|-----------|-------|----------|
| 1 Dim 1 (Diameter) | 4,10326 | 4,1059 | 0,00264 | 2,87 | 1,36 |
| 2 Dim 2 – Teo.X | 79,98806 | 79,99708 | 0,000902 | 11,40 | 7,97 |
| 3 Dim 3 Left | 22,97982 | 22,97826 | 0,00138 | 6,62 | 6,17 |
| 4 Dim 3 Right | 23,06756 | 23,06578 | 0,00178 | 5,81 | 5,29 |
| 5 Dim 4 | 61,75781 | 6,76062 | 0,00281 | 4,37 | 3,76 |
| 6 Dim 5 | 2,50595 | 2,50778 | 0,00183 | 9,05 | 8,22 |
| 7 Dim 6 | 178,1282 | 178,12594 | 0,00226 | 5,86 | 5,42 |
| 8 Dim 7 – Flatness | 0,21614 | 0,21398 | 0,00216 | 3,72 | 3,32 |
| 9 Dim 8 | 4,12740 | 4,12984 | 0,00244 | 2,40 | 1,19 |

Como se pode verificar através da Tabela 12, o sistema de medição da CMM1 apresentou repetibilidade nos resultados das medições efetuados em todas as dimensões, exceto para a dimensão 8. Esta tabela foi elaborada em função dos resultados obtidos no relatório do estudo do procedimento 1, presente no Anexo F.

Como se pode observar na Figura 57, excerto do relatório do procedimento 1 efetuado na CMM1, verificou-se que para obter um Cgk superior a 1,33 a tolerância mínima para a característica a ser medida, deveria ter o valor de $T_{min} = 0,052937 \text{ mm}$, o que na realidade não acontece, a tolerância da dimensão 8 é de 0,05 mm. Portanto, os restantes procedimentos não podem ser aplicados a esta dimensão, visto que não passou através do procedimento 1.

| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|--|--------------------------------|------------------|--|-----------------------|--------------|
| $X_m+0.1XT$ | = 4.13240 | X_{maxg} | = 4.131 | $\bar{X}_g+3\sigma_g$ | = 4.1320055 |
| X_m | = 4.12740 | $ B $ | = 0.0025200 | \bar{X}_n | = 4.1299200 |
| $X_m-0.1XT$ | = 4.12240 | X_{ming} | = 4.129 | $\bar{X}_g-3\sigma_g$ | = 4.1278345 |
| $0.2XT$ | = 0.01000 | R_g | = 0.002 | $6\sigma_g$ | = 0.0041710 |
| T | = 0.050 | n_{tot} | = 50 | ϵ_n | = 0.00069517 |
| Unit | = mm | | | | |
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0.2XT}{6\sigma_g}$ | = 1.92 \leq 2.40 \leq 2.87 | | $T_{min}(C_g)$ | = 0.027708 | |
| $C_{gk} = \frac{0.1XT - X_g - X_m }{3\sigma_g}$ | = 0.94 \leq 1.19 \leq 1.44 | | $T_{min}(C_{gk})$ | = 0.052937 | |
| Resolution | %RE = 1.00% | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.010000 | |
| The requirements were not met (%RE,min,C _g ,C _{gk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Figura 57 – Excerto do procedimento 1, realizado na CMM1.

Nas Tabelas 13, 14 e 15 são apresentados os resultados do procedimento 1 para a CMM2, CMM3 e CMM4 respetivamente. Através destas tabelas é possível verificar que os índices C_g e C_{gk} se demonstraram superiores a 1,33, o que indica que os equipamentos apresentam repetibilidade, isto é, os resultados das medições efetuadas na mesma peça são consistentes.

Tabela 13 - Resultados da CMM 2 – Procedimento 1.

| Dimensions | X_m (mm) | Mean(mm) | Bias (mm) | C_g | C_{gk} |
|--------------------|------------|-----------|-----------|-------|----------|
| 1 Dim 1 (Diameter) | 4,10326 | 4,10374 | 0,00048 | 3,76 | 3,40 |
| 2 Dim 2 – Teo.X | 79,98806 | 79,99374 | 0,00568 | 17,71 | 14,36 |
| 3 Dim 3 Left | 22,97982 | 22,97858 | 0,00106 | 10,94 | 10,36 |
| 4 Dim 3 Right | 23,06756 | 23,06298 | 0,00458 | 9,73 | 7,51 |
| 5 Dim 4 | 61,75781 | 61,75846 | 0,00065 | 7,53 | 7,28 |
| 6 Dim 5 | 2,50595 | 2,5062 | 0,00025 | 8,82 | 8,71 |
| 7 Dim 6 | 178,1282 | 178,13104 | 0,00284 | 10,81 | 9,79 |
| 8 Dim 7 – Flatness | 0,21614 | 0,206989 | 0,00916 | 5,54 | 3,00 |

Tabela 14 - Resultados da CMM3 – Procedimento 1.

| Dimensions | X_m (mm) | Mean (mm) | Bias | C_g | C_{gk} |
|--------------------|------------|-----------|---------|-------|----------|
| 1 Dim 1 (Diameter) | 4,10326 | 4,10336 | 0,0001 | 2,96 | 2,90 |
| 2 Dim 2 – Teo.X | 79,98806 | 79,99206 | 0,004 | 14,65 | 12,70 |
| 3 Dim 3 Left | 22,97982 | 22,98184 | 0,0022 | 9,79 | 8,71 |
| 4 Dim 3 Right | 23,06756 | 23,06582 | 0,00174 | 9,26 | 8,46 |
| 5 Dim 4 | 61,75781 | 61,75696 | 0,00085 | 7,39 | 7,07 |
| 6 Dim 5 | 2,50595 | 2,50496 | 0,00099 | 9,17 | 8,71 |
| 7 Dim 6 | 178,1282 | 178,12892 | 0,00072 | 9,55 | 9,32 |
| 8 Dim 7 – Flatness | 0,21614 | 0,20784 | 0,0083 | 5,99 | 3,50 |

Tabela 15 – Resultados da CMM4 – Procedimento 1.

| Dimensions | X_m (mm) | Mean (mm) | Bias (mm) | C_g | C_{gk} |
|--------------------|------------|-----------|-----------|-------|----------|
| 1 Dim 1 (Diameter) | 4,10326 | 4,10626 | 0,003 | 3,42 | 1,37 |
| 2 Dim 2 – Teo.X | 79,98806 | 79,9981 | 0,010040 | 12,68 | 8,43 |
| 3 Dim 3 Left | 22,97982 | 22,98442 | 0,00478 | 7,98 | 6,07 |
| 4 Dim 3 Right | 23,06756 | 23,07058 | 0,00302 | 9,12 | 7,74 |
| 5 Dim 4 | 61,75781 | 61,7598 | 0,00199 | 8,82 | 7,94 |
| 6 Dim 5 | 2,50595 | 2,50334 | 0,00261 | 6,17 | 5,36 |
| 7 Dim 6 | 178,1282 | 178,12374 | 0,00446 | 12,86 | 10,95 |
| 8 Dim 7 – Flatness | 0,21614 | 0,20858 | 0,00756 | 5,92 | 3,68 |

Após a avaliação dos sistemas de medição através do procedimento 1, pôde passar-se para o procedimento 2 pelo facto de se ter verificado repetibilidade dos sistemas de medição. O procedimento 2 tem como objetivo a verificação da capacidade de um processo de medição em termos da variação do seu comportamento. Para este procedimento foram selecionados 3 operadores para efetuarem as medições de forma aleatória, tal como mostra a Tabela 16.

Tabela 16 - Condições de entrada para o procedimento 2.

| Peças | Operadores | Repetições |
|-------|------------|------------|
| 10 | 3 | 2 |

Como se está a avaliar a influência do operador e não do equipamento de medição, optou-se por utilizar apenas um equipamento para este estudo. Este estudo foi realizado na CMM3 pelo facto de os restantes equipamentos de encontrarem ocupados a efetuar trabalho interno do laboratório.

Aleatoriamente selecionaram-se 10 peças, sendo que cada uma destas foi sujeita a duas séries de medições, por cada um dos operadores envolvidos. O resultado das medições efetuadas pelos três operadores dispõe-se na Tabela 17 e no Anexo G.

Tabela 17 - Resultados da CMM3 – Procedimento 2.

| Dimensions | %GRR | ndc |
|--------------------|------|-----|
| 1 Dim 1 (Diameter) | 7,39 | 8 |
| 2 Dim 2 – Teo.X | 1,74 | 16 |
| 3 Dim 3 Left | 4,57 | 10 |
| 4 Dim 3 Right | 3,10 | 22 |
| 5 Dim 4 | 2,06 | 11 |
| 6 Dim 5 | 5,43 | 12 |
| 7 Dim 6 | 2,42 | 12 |

Como se pode averiguar, através da tabela suprarreferida, o sistema de medição demonstrou-se capaz, dado que o $%GRR \leq 10\%$ e o $ndc \geq 5$. Após se garantir que os operadores não possuem influência no processo de medição, pôde passar-se para o procedimento 3, o qual tem como objetivo avaliar a capacidade do sistema, sendo que o operador não possui qualquer influência nas medições. Os resultados do estudo são passíveis de observação na Tabela 18.

Tabela 18 - Condições de entrada para o procedimento 3.

| Peças | Operadores | Repetições |
|-------|------------|------------|
| 25 | 1 | 2 |

Para o estudo, selecionaram-se aleatoriamente 25 peças, tendo-se efetuado duas séries de medições, pelo mesmo operador. Os resultados encontram-se apresentados nas Tabelas 19, 20, 21 e 22 e no Anexo H.

Tabela 19 – Resultados da CMM1 – Procedimento 3.

| Dimensions | %GRR | ndc |
|--------------------|------|-----|
| 1 Dim 1 (Diameter) | 9,60 | 6 |
| 2 Dim 2 – Teo.X | 2,40 | 18 |
| 3 Dim 3 Left | 4,47 | 9 |
| 4 Dim 3 Right | 2,28 | 17 |
| 5 Dim 4 | 3,26 | 10 |
| 6 Dim 5 | 2,94 | 20 |
| 7 Dim 6 | 4,02 | 12 |

Tabela 20 – Resultados da CMM2 – Procedimento 3.

| Dimensions | %GRR | ndc |
|--------------------|------|-----|
| 1 Dim 1 (Diameter) | 5,88 | 10 |
| 2 Dim 2 – Teo.X | 1,23 | 34 |
| 3 Dim 3 Left | 2,44 | 20 |
| 4 Dim 3 Right | 4,02 | 10 |
| 5 Dim 4 | 2,44 | 13 |
| 6 Dim 5 | 2,68 | 21 |
| 7 Dim 6 | 2,06 | 23 |
| 8 Dim 7 – Flatness | 5,89 | 16 |

Tabela 21 – Resultados da CMM3 – Procedimento 3.

| Dimensions | %GRR | ndc |
|--------------------|------|-----|
| 1 Dim 1 (Diameter) | 7,20 | 8 |
| 2 Dim 2 – Teo.X | 1,50 | 28 |
| 3 Dim 3 Left | 3,72 | 13 |
| 4 Dim 3 Right | 4,55 | 9 |
| 5 Dim 4 | 3,79 | 9 |
| 6 Dim 5 | 3,20 | 19 |
| 7 Dim 6 | 2,10 | 23 |
| 8 Dim 7 – Flatness | 4,07 | 23 |

Tabela 22 – Resultados CMM4 – Procedimento 3.

| Dimensions | %GRR | ndc |
|--------------------|------|-----|
| 1 Dim 1 (Diameter) | 6,12 | 10 |
| 2 Dim 2 – Teo.X | 1,36 | 31 |
| 3 Dim 3 Left | 2,58 | 18 |
| 4 Dim 3 Right | 3,09 | 13 |
| 5 Dim 4 | 2,47 | 13 |
| 6 Dim 5 | 2,81 | 21 |
| 7 Dim 6 | 1,62 | 30 |
| 8 Dim 7 – Flatness | 1,90 | 52 |

Como se verifica na Tabela 19, 20, 21 e 22, os equipamentos do laboratório obtiveram um valor de $10 < \%GRR \leq 30$, o que indica que este sistemas possuem repetibilidade e reprodutibilidade nas medições obtidas, e um valor de $ndc > 5$, o que indica que o sistema de medição apresenta discriminação adequada para efetuar medições na gama de dimensões selecionadas. Passou-se então para o procedimento 4, no qual é efetuada uma verificação da linearidade do sistema de medição, cujo processo é efetuado a cada calibração anual dos

equipamentos de medição do laboratório, sendo que não há necessidade de efetuar novo estudo, pois a linearidade é garantida pela calibração do equipamento.

Como não foi necessário efetuar o procedimento 4, passou-se para o procedimento 5, o qual tem como objetivo garantir a estabilidade do processo de medição, contudo, por limitação de ocupação de equipamentos, não foi possível efetuarem-se as medições, tendo sido apenas definida uma periodicidade de seis meses para a repetição deste procedimento.

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões adquiridas sobre o presente tema desenvolvido e quais as perspectivas de evolução futura que podem ser aplicáveis.

Desde cedo que a metrologia é parte integrante da sociedade, desde os primórdios da civilização que o homem faz uso desta ciência para a realização de atividades necessárias, como por exemplo, a criação de obras em grande escala e atividade comercial. Com efeito, a compatibilização de uma unidade de medida transversal e unificada, tornou-se algo preponderante.

Nos dias de hoje, o desenvolvimento tecnológico acarreta consigo não só o surgimento de produtos mais capazes e autónomos, como também os desafios para o controlo da qualidade dos mesmos. Para que as técnicas de controlo da qualidade sejam implementadas de forma correta, a metrologia adquire um papel imprescindível.

Na presente dissertação procurou-se entender de que forma as técnicas da análise dos sistemas de medição (MSA) contribuía para um controlo de qualidade mais criterioso, rigoroso e exato. Para tal, tiveram-se como alvo de estudo, quatro máquinas de medição por coordenadas, sujeitas aos mesmos procedimentos de avaliação. Estes procedimentos englobaram cinco modos de estudo: repetibilidade, repetibilidade e reprodutibilidade com influência do operador, repetibilidade e reprodutibilidade sem influência do operador, linearidade e estabilidade.

Do trabalho de investigação-ação retirou-se que todos os equipamentos do laboratório mecânico se apresentam em conformidade para efetuar medições para a gama de tolerâncias de dimensões de peças estudadas no laboratório. Percebeu-se também, que no equipamento 1 (Mitutoyo BHN) não é possível efetuar medições de características com tolerâncias inferiores a aproximadamente 0,053 mm, como se pode observar na Tabela 12.

Destes resultados depreende-se o papel importante que o controlo da qualidade adquire no processo industrial. Para trabalhos futuros, ficam a implementação do procedimento 5 (análise da estabilidade) do MSA e a realização do estudo para as restantes peças que acabaram por ser negligenciadas.

Contudo, o trabalho realizado com o foco na peça obtida através da conformação de chapa, foi suficiente para evidenciar a importância do controlo da qualidade dos sistemas de medição.

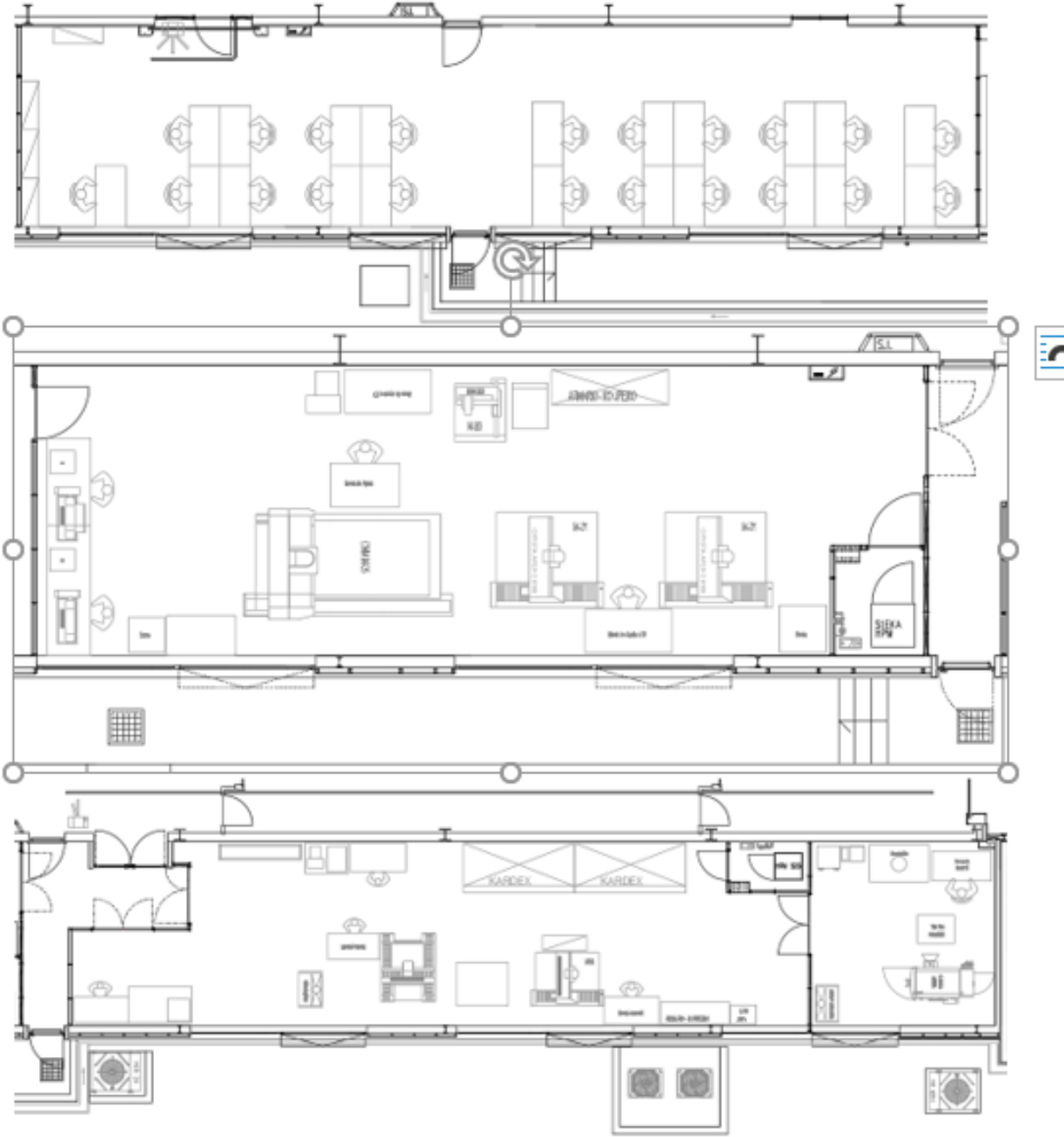
Em suma, o estudo desenvolvido demonstrou que a qualidade de um produto advém não só do seu processo de fabrico como também do controlo da qualidade do mesmo, assim os vários processos de medição contribuem para um filtro mais apurado do produto final, capaz de satisfazer na totalidade o cliente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

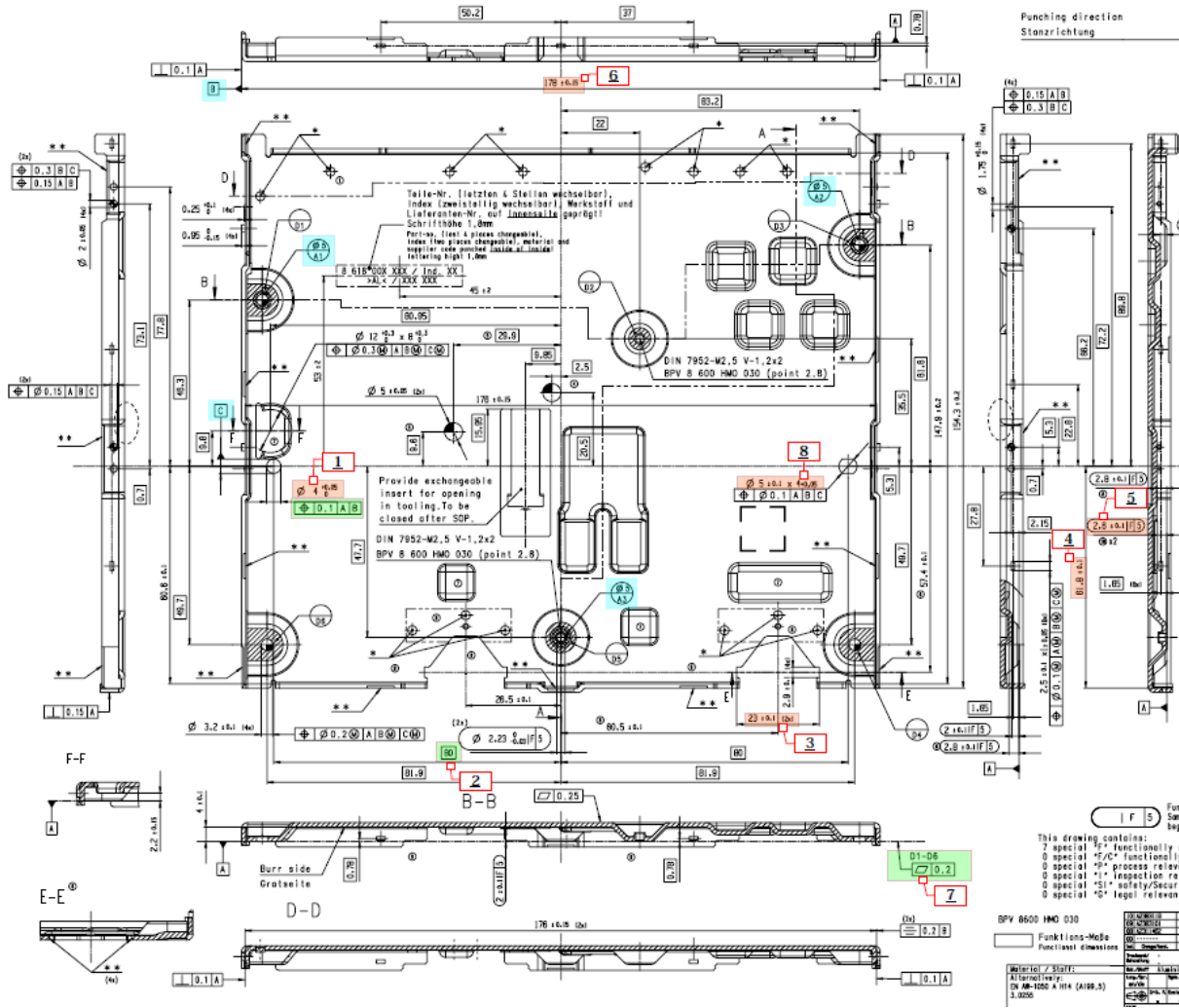
- [1] Bosch Car Multimedia Portugal, “A história do nosso sucesso,” 2022.
- [2] Bosch Car Multimedia Portugal, “Bem-Vindo à nossa equipa,” 2022.
- [3] R. F. Howarth P, *Metrology – in short*, 3ª Edição. 2008.
- [4] C. Sousa, “A Metrologia em Laboratório Fabril,” Sep. 2011.
- [5] BIPM, “Bureau International des Poids et Mesures, .” <http://www.bipm.org> (accessed Sep. 20, 2022).
- [6] NIST, “NIST.” <https://www.nist.gov/> (accessed May 10, 2022).
- [7] P. B. Crosby, *Quality is Free - The Art of Making Quality Certain*, Hill Book Company. 1979.
- [8] J. M. Juran, *Quality Control Handbook*. 1974.
- [9] R. A. Broh, *Managing Quality for Higher Profits: A Guide for Business Executive and Quality Managers*. McGraw Hill Higher Education, 1982.
- [10] O. de Projeto, D. José, and M. Fonseca, “Gestão da Qualidade: Decisão ou Constrangimento Estratégico Mestrado em Estratégia Empresarial.”
- [11] D. Duret and M. Pillet, “Qualidade na Produção da ISO 9000 aos Seis Sigma, Lidel ,” *Edições Técnicas, Lda.*, 2009.
- [12] A. Isabel and R. Pereira, “Universidade do Minho Escola de Engenharia.”
- [13] P. N. Peixoto, “Preparação inicial da empresa DieselSys para o processo de implementação e certificação do Sistema de Gestão da Qualidade, de acordo com a Norma NP EN ISO 9001 2008. ,” Universidade do Minho, 2015.
- [14] J. J. Tarí and V. Sabater, “Quality tools and techniques: Are they necessary for quality management?,” *International Journal of Production Economics*, vol. 92, no. 3, pp. 267–280, Dec. 2004, doi: 10.1016/j.ijpe.2003.10.018.
- [15] Y. O. Prieto, “Good Laboratory Practices and the ISO 9001:2000 standards,” 2008.
- [16] IPQ, “IPQ – Instituto Português da Qualidade.” <http://www1.ipq.pt> (accessed May 10, 2022).
- [17] “Cadernos Técnicos Carlos Sousa CATEGORIAS DA METROLOGIA,” 2008.
- [18] D. C. Montgomery and J. Wiley, “Sixth Edition I ntroduction to Statistical Quality Control.”

- [19] N. R. Tague, *The quality toolbox*. ASQ Quality Press, 2005.
- [20] Bosch Car Multimedia Portugal, *Capability of Measurement and Test Processes*. Quality Management in the Bosch Group Technical Statistics, 2010.
- [21] B. L. Curless, "NEW METHODS FOR SURFACE RECONSTRUCTION FROM RANGE IMAGES," 1997.
- [22] R. J. Hocken and P. H. Pereira, "Coordinate Measuring Machines and Systems Second Edition."
- [23] K. G. Harding, *Handbook of optical dimensional metrology*, CRC Press. 2013.
- [24] F. Bernardini and H. Rushmeier, "The 3D Model Acquisition Pipeline," 2002.
- [25] Q. Gu, K. Herakleous, and C. Poullis, "3DUNDERWORLD-SLS: An Open-Source Structured-Light Scanning System for Rapid Geometry Acquisition," Jun. 2014, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1406.6595>
- [26] M. António and F. Vicente, "Estimação dos Erros de uma Máquina Estacionária de Medição de Coordenadas," 1997.
- [27] U. D. L. F. D. C. Departamento de Física, A. Rita das Neves Sousa Dissertação orientada por, and D. Alexandre Pereira Cabral Pedro Silva Gomes, "A Metrologia no Controlo de Qualidade de Equipamentos de Radiodiagnóstico," 2015.
- [28] M. Saunders, "Renishaw scanning technology," *Renishaw*.
- [29] M. Sauders, "CMM inspection fundamentals," *Renishaw*.
- [30] P. F. Watson and A. Petrie, "Method agreement analysis: A review of correct methodology," *Theriogenology*, vol. 73, no. 9. pp. 1167–1179, Jun. 2010. doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.01.003.
- [31] D. Nunes Dalosto, "UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UMA ABORDAGEM PARA FMEA BASEADA EM MÉTODOS QUANTITATIVOS."
- [32] DaimlerChrysler., Ford Motor Company., and General Motors Corporation., *Measurement systems analysis : reference manual*. [DaimlerChrysler], 2010.


ANEXO A - LAYOUT DO LABORATÓRIO MECÂNICO



ANEXO B – DESENHO TÉCNICO DA PEÇA *HOUSING BASE*




ANEXO C – MÉTODO DE MEDIÇÃO

| | | |
|--|---------------------------|--------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 2 de 15 |

CONTENTS

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | GENERAL | 1 |
| 2 | SPECIFICATION | 1 |
| 2.1 | Fixation Method | 1 |
| 2.2 | Reference Alignment (Plane / Line / Origin) | 2 |
| 2.2.1 | Pre-Alignment Plane | 2 |
| 2.2.2 | Pre-Alignment Line..... | 4 |
| 2.2.3 | Pre-Alignment Point | 5 |
| 2.2.4 | Alignment Plane | 7 |
| 2.2.5 | Alignment Line | 8 |
| 2.2.6 | Alignment Point..... | 9 |
| 3 | CONTROLLED DIMENSIONS | 11 |
| 3.1 | Dimension 1 ↔ 4 + 0.05 mm..... | 11 |
| 3.2 | Dimension 2 ↔ 0.1 mm (Position) | 12 |
| 3.3 | Dimension 3 ↔ 23 ± 0.1 mm | 13 |
| 3.4 | Dimension 4 ↔ 61.8 ± 0.1 mm..... | 14 |
| 3.5 | Dimension 5 ↔ 2.60 ± 0.1 mm..... | 16 |
| 3.6 | Dimension 6 ↔ 178.00 ± 0.15 mm..... | 17 |
| 3.7 | Dimension 7 ↔ 0.2 mm (Flatness) | 18 |
| 3.8 | Dimension 8 ↔ 4 + 0.05 mm..... | 20 |
| 4 | APPENDIX | 21 |
| 4.1 | Appendix A..... | 21 |
| 4.2 | Appendix B..... | 21 |

| | | |
|--|---------------------------|--------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | Page 1 de 15 |

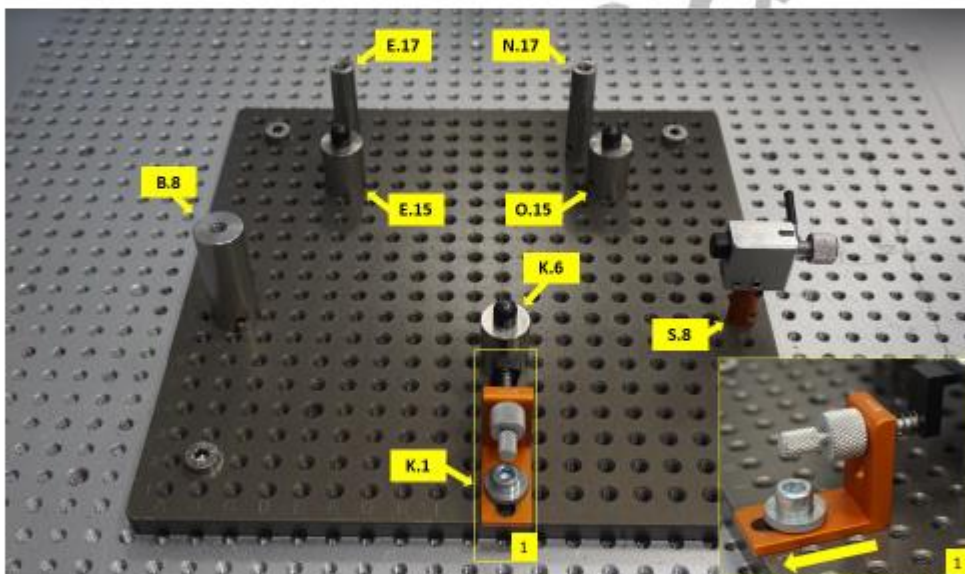
1 GENERAL


The purpose of this specification is to define the method for measuring the critical dimensions of the part described below. CATIM and Bosch must measure with this method so that the results can be consistent. The dimensions of the individual parts must be the same as that of the assembly. **The Gauss method are used for all dimensions.**

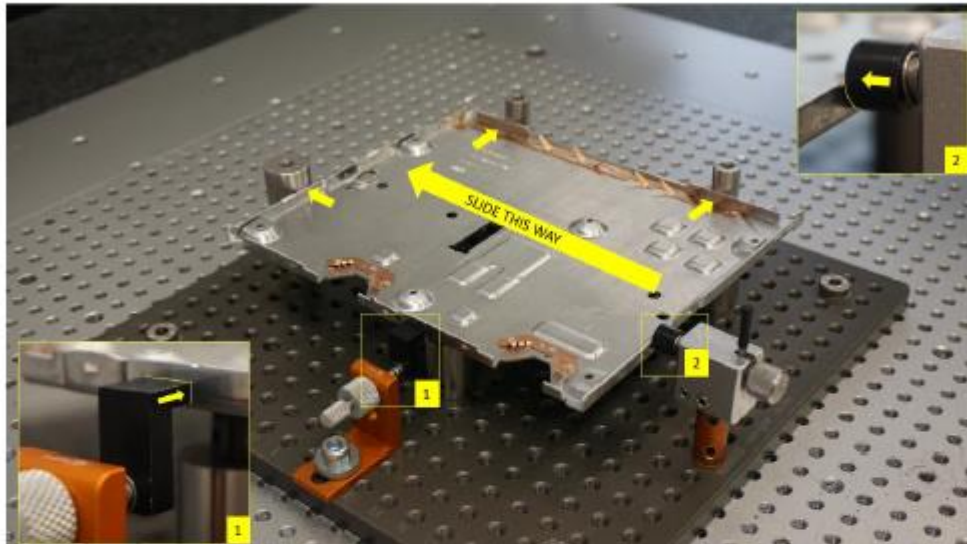
The parts, when supplied to BrgP/ENG-LAB for measurement, should arrive properly confined, and will be submitted to a temperature of $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and $50\% \pm 10\%$ of relative humidity for a minimum of 24 hours, according to DIN EN ISO 291.

2 SPECIFICATION

2.1 Fixation Method



| | | |
|--|---------------------------|--------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 2 de 15 |



2.2 Reference Alignment (Plane / Line / Origin)


2.2.1 Pre-Alignment Plane

Measurement method Setup

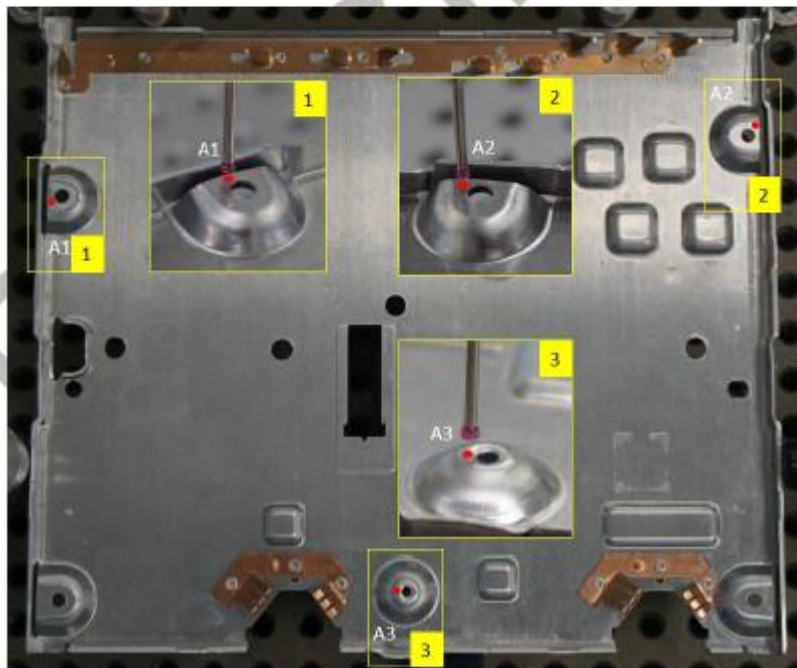
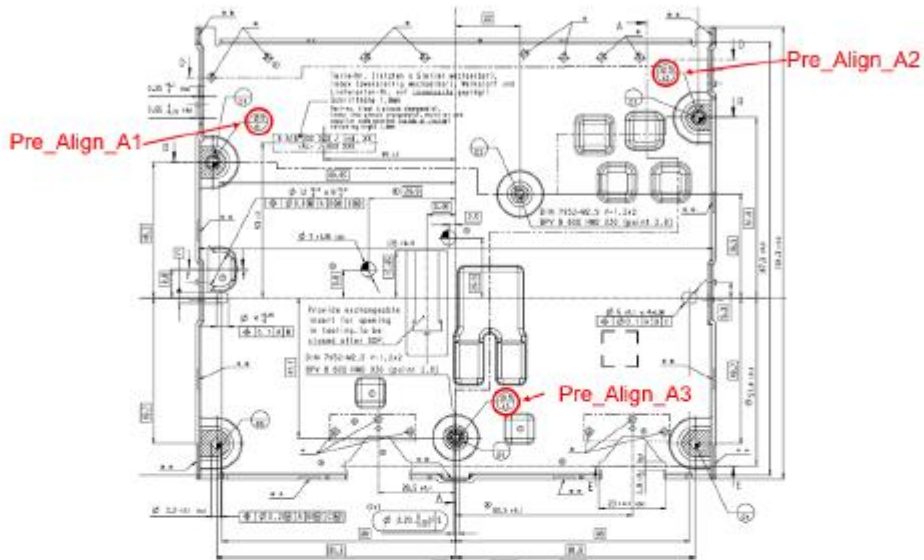
| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, Ø 1.5mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |


Measurement method description

| | |
|-------------------------|--|
| Measurement description | Change probe angle to 0 degrees. Create a plane with 3 points on the emboss as specified on the drawing and align it to the Z axis. Measure points A1, A2 and A3 at the locations specified in the sketches. |
| Probe Rotation | A = 0°; B = 0° |

| | | |
|--|---------------------------|--------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 3 de 15 |

Measurement method sketches



| | | |
|---|--------------------|--------------|
|  | SPECIFICATION | |
| | MEASUREMENT METHOD | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | | Page 4 de 15 |

2.2.2 Pre-Alignment Line

Measurement method Setup

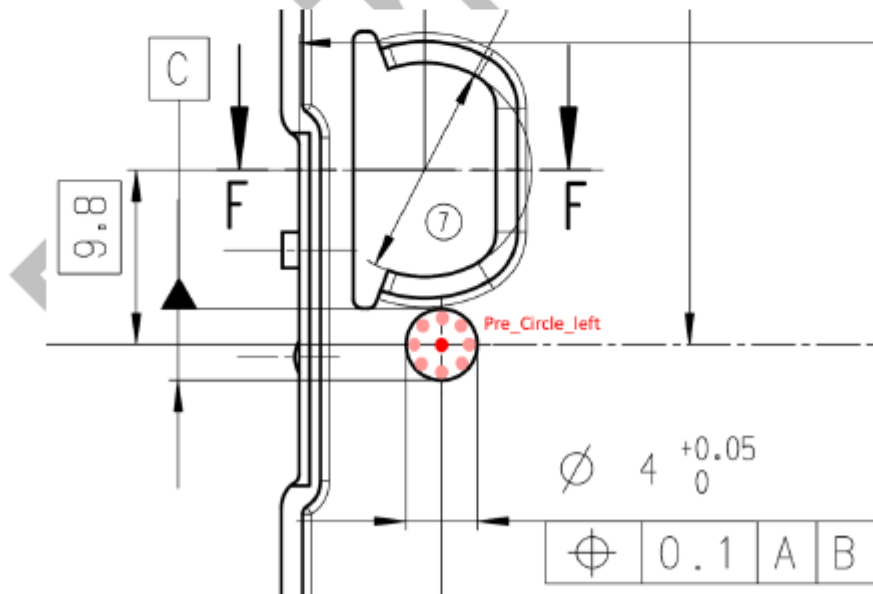
| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, \varnothing 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |


Measurement method description

| | |
|-------------------------|---|
| Measurement description | <ol style="list-style-type: none"> 1. Change probe angle to 0 degrees. Create a circle with 8 points 4.2 mm below datum A and make it the origin. 2. Create 2 points on the oblong at the same height ($z = -4.2$ mm) and create a symmetric point. Connect the origin and the symmetric point with a line and align it to the x axis. |
| Probe Rotation | $A = 0^\circ$; $B = 0^\circ$ |

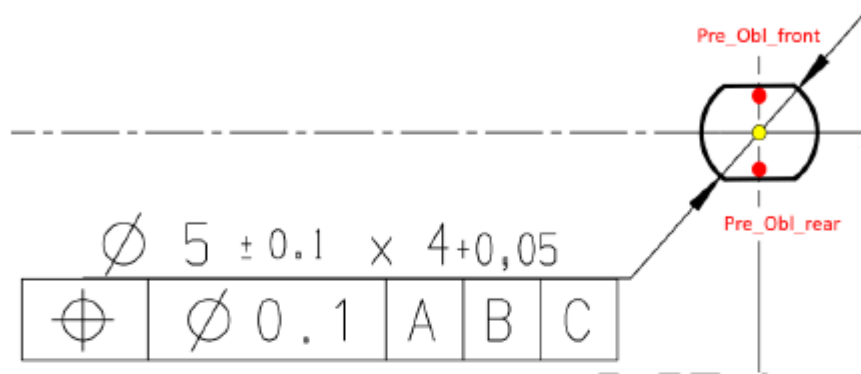
Measurement method sketches

1. Circle with 8 points 4.2 mm below datum A.



| | | |
|--|---------------------------|--------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 5 de 15 |

2. Create 2 points on the oblong at the same height (z = - 4.2 mm) and create a symmetric point.




2.2.3 Pre-Alignment Point

Measurement method Setup

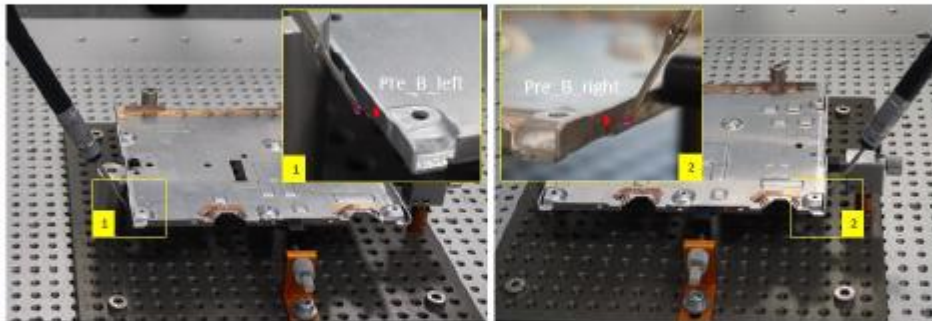
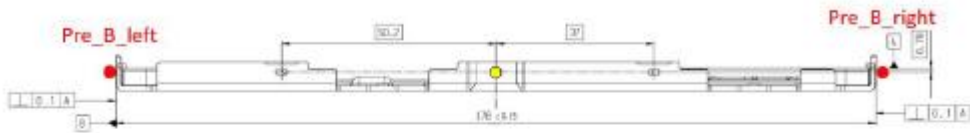
| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, $\varnothing 1.5$ mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |

Measurement method description


| | | | | |
|-------------------------|---|----------|----------|----------|
| Measurement description | Change probe angle to 30 degrees. Create the first point (Pre_B_left) at y = - 43 mm and z = -1 mm, and the second point (Pre_B_right) at the same yz coordinates. Create a symmetric point using these points and align it using the X axis. Make this the origin to the x axis. | | | |
| Coordinates | | X | Y | Z |
| | Pre_B_left | - | - 43 | - 1 |
| | Pre_B_right | - | - 43 | - 1 |
| Probe Rotation | Pre_B_left: A = 30°; B = 90° Pre_B_right: A = 30°; B = - 90° | | | |

| | | |
|--|---------------------------|------------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | Page 6 de 15 |

Measurement method sketches



Preliminary

| | | |
|--|---------------------------|--------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 7 de 15 |

2.2.4 Alignment Plane

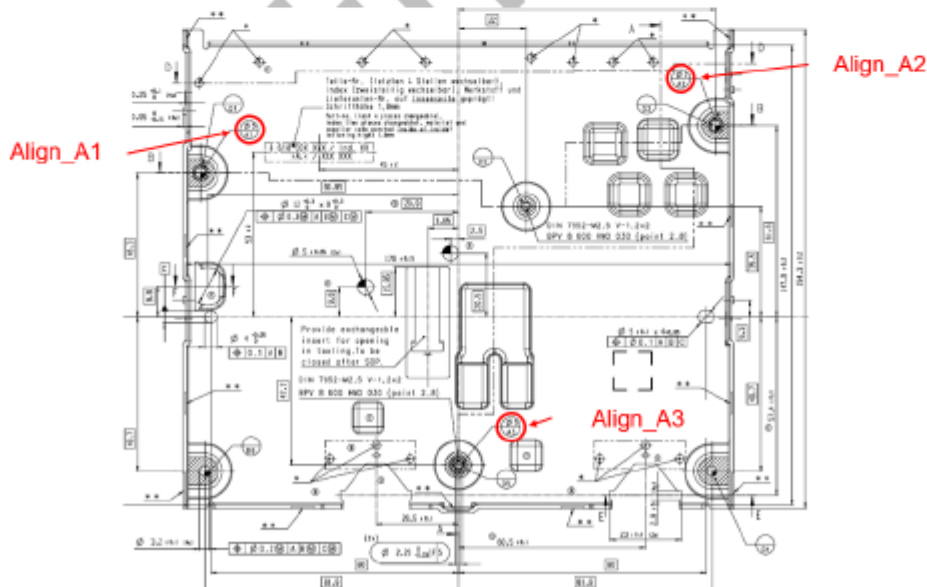
Measurement method Setup


| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, \varnothing 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |

Measurement method description

| Measurement description | Change probe angle to 30 degrees. Create a plane with 3 points as done before for the pre-alignment on the emboss and align it to the Z axis. | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---------|-------|---|---|----|---------|-------|-------|----|--------|--------|-------|----|-------|---------|-------|
| Coordinates | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A1</td> <td>-79,959</td> <td>48,19</td> <td>1,202</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>80,393</td> <td>61,566</td> <td>3,055</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>0,153</td> <td>-45,708</td> <td>1,864</td> </tr> </tbody> </table> | | X | Y | Z | A1 | -79,959 | 48,19 | 1,202 | A2 | 80,393 | 61,566 | 3,055 | A3 | 0,153 | -45,708 | 1,864 |
| | X | Y | Z | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 | -79,959 | 48,19 | 1,202 | | | | | | | | | | | | | | |
| A2 | 80,393 | 61,566 | 3,055 | | | | | | | | | | | | | | |
| A3 | 0,153 | -45,708 | 1,864 | | | | | | | | | | | | | | |
| Probe Rotation | A = 30°; B = 0° | | | | | | | | | | | | | | | | |

Measurement method sketches



| | | |
|--|---------------------------|--------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 8 de 15 |

2.2.5 Alignment Line

Measurement method Setup

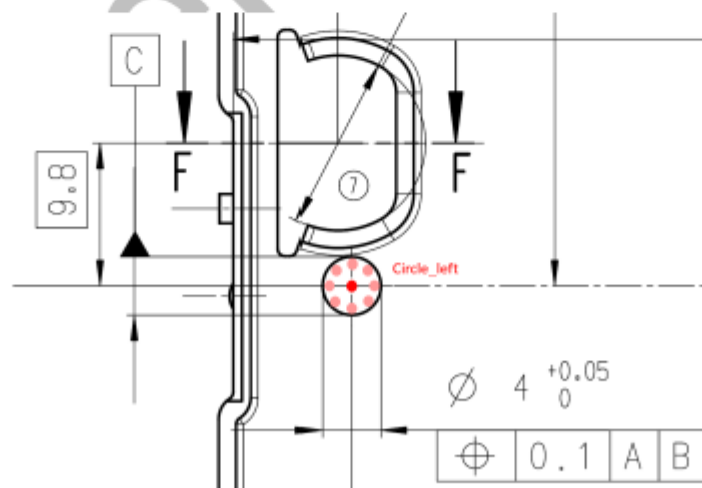
| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, Ø 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |


Measurement method description

| | | | | |
|-------------------------|---|----------|----------|----------|
| Measurement description | Change probe angle to 0 degrees. Create a circle with 8 points 4.2 mm below datum A and make it the origin. Create 2 points on the oblong at the same height and create a symmetric point. Connect the origin and the symmetric point with a line and align it to the X axis. | | | |
| Coordinates | | X | Y | Z |
| | Circle_left | -79,803 | 0 | -4,2 |
| | Obl_rear | 80,11 | -0,21 | -4,2 |
| | Obl_front | 80,11 | -0,21 | -4,2 |
| Probe Rotation | A = 0°; B = 0° | | | |

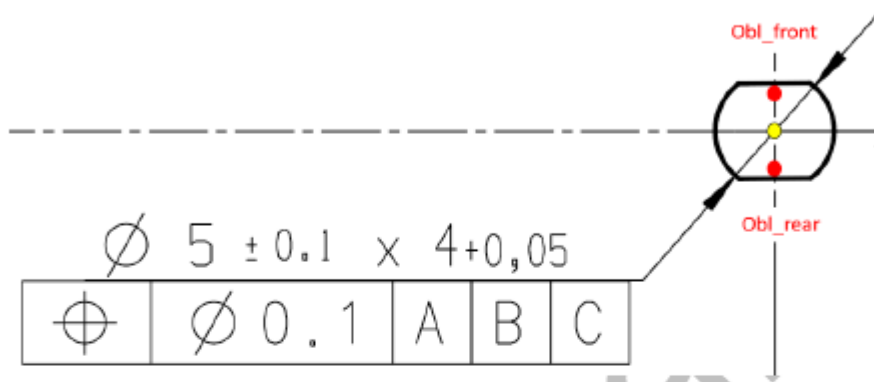
Measurement method sketches

1. Circle with 8 points 4.2 mm below datum A.



| | | |
|--|---------------------------|--------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 9 de 15 |

2. Create 2 points on the oblong at the same height ($z = -4.2$ mm) and create a symmetric point.




2.2.6 Alignment Point

Measurement method Setup

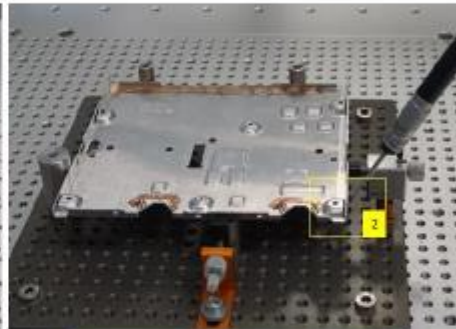
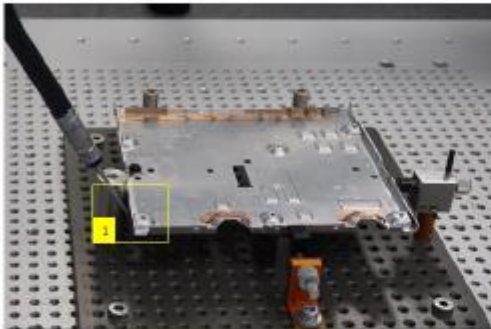
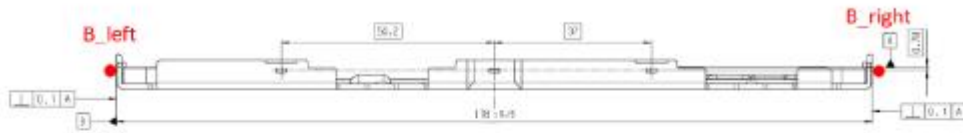
| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, \varnothing 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |

Measurement method description


| Measurement description | Change probe angle to 30 degrees. Create the first point (B_left), and the second point (B_right) at the same yz coordinates. Create a symmetric point using these points and align it using the x axis. Make this the origin. | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|------|-------|---|---|--------|------|------|-------|---------|----|------|-------|
| Coordinates | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B_left</td> <td>- 92</td> <td>- 46</td> <td>- 0.7</td> </tr> <tr> <td>B_right</td> <td>92</td> <td>- 46</td> <td>- 0.7</td> </tr> </tbody> </table> | | X | Y | Z | B_left | - 92 | - 46 | - 0.7 | B_right | 92 | - 46 | - 0.7 |
| | X | Y | Z | | | | | | | | | | |
| B_left | - 92 | - 46 | - 0.7 | | | | | | | | | | |
| B_right | 92 | - 46 | - 0.7 | | | | | | | | | | |
| Probe Rotation | B_left: A = 30°; B = 90° B_right: A = 30°; B = - 90° | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 10 de 15 |

Measurement method sketches



Pre

| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 11 de 15 |

3 CONTROLLED DIMENSIONS

Measurement method setup

| | |
|-------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | 1.5 mm |
| Part orientation | (See section 2.1) |

Measurement method description

| | |
|--------------------------|--|
| Part reference alignment | ABC |
| Measurement description | Evaluate the mean diameter with Gauss method of Circle_left. |

3.1 Dimension 1 ↔ 4 + 0.05 mm


Function: Diameter

Measurement method Setup

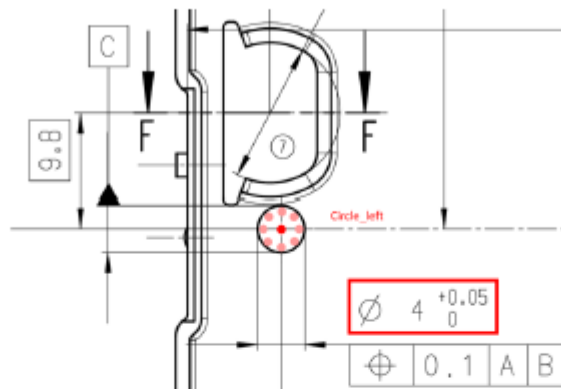
| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, Ø 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |

Measurement method description

| | |
|-------------------------|--|
| Measurement description | Evaluate the mean diameter with Gauss method of Circle_left. |
|-------------------------|--|

| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 12 de 15 |

Measurement method sketches



3.2 Dimension 2 ↔ 0.1 mm (Position)

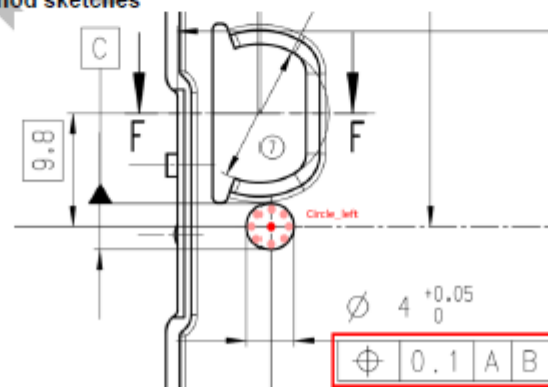
Measurement method Setup


| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, \varnothing 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |

Measurement method description

| | |
|-------------------------|---|
| Measurement description | Evaluate the positioning of Circle_left (Report XY coordinates) |
|-------------------------|---|

Measurement method sketches



| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 13 de 15 |

3.3 Dimension 3 ↔ 23 ± 0.1 mm


Function: Distance

Measurement method Setup

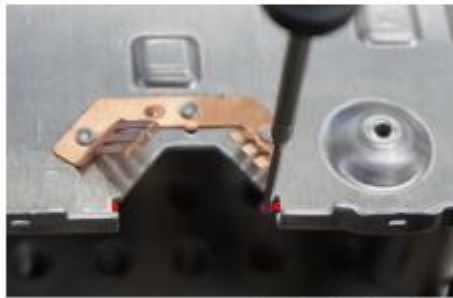
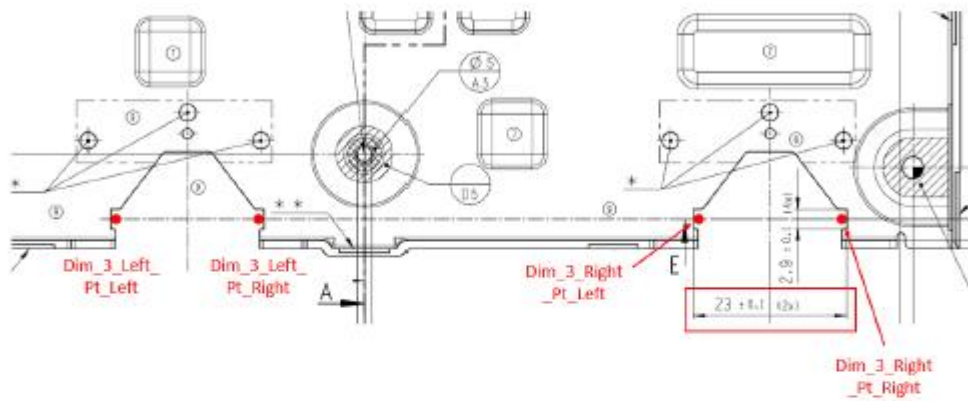
| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, Ø 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |

Measurement method description

| | | | | |
|-------------------------|--|----------|----------|----------|
| Measurement description | <p>Change probe angle to 0 degrees. Measurement of Distance_Dim_3_Left and Distance_Dim_3_Right according to the 2D DRW sketch and complementing it with the coordinates specified below.</p> <p>Evaluate the distance in X-axis:</p> <p>a) Distance_Dim_3_Left: Between Dim_3_Left_Pt_Left and Dim_3_Left_Pt_Right</p> <p>b) Distance_Dim_3_Right: Between Dim_3_Right_Pt_Left and Dim_3_Right_Pt_Right</p> | | | |
| Coordinates | | X | Y | Z |
| | Dim_3_Left_Pt_Left | - 35 | - 57,5 | - 4,4 |
| | Dim_3_Left_Pt_Right | -18,9 | - 57,5 | - 4,4 |
| | Dim_3_Right_Pt_Left | 51,5 | - 57,5 | - 4,4 |
| | Dim_3_Right_Pt_Right | 89,8 | - 57,5 | - 4,4 |
| Probe Rotation | A = 0°; B = 0° | | | |

| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | Page 14 de 15 |

Measurement method sketches




3.4 Dimension 4 ↔ 61.8 ± 0.1 mm

Function: Distance

Measurement method Setup

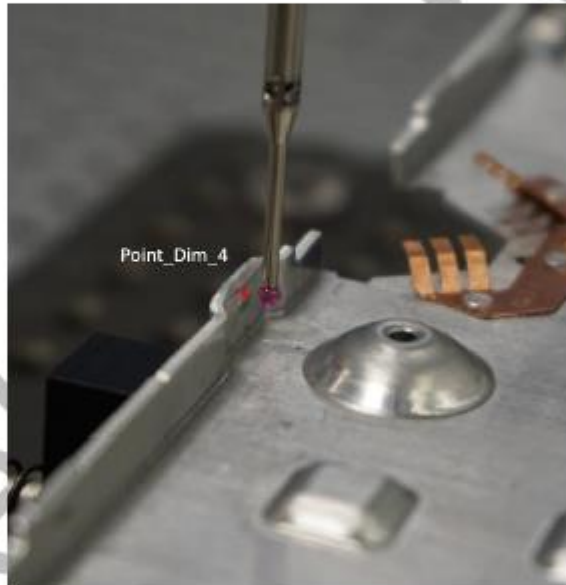
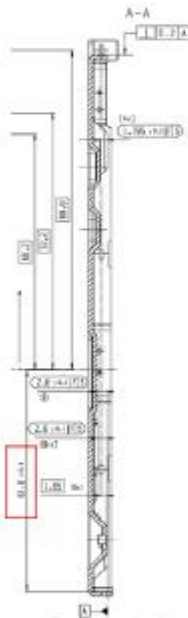
| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, Ø 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |


| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 15 de 15 |

Measurement method description

| | | | | |
|-------------------------|---|----------|----------|----------|
| Measurement description | Calculate the distance in Y-axis between the Point_Dim_4 to Origin. | | | |
| Coordinates | | X | Y | Z |
| | Point_Dim_4 | 0 | - 59,6 | 0,67 |
| Probe Rotation | A = 0°; B = 0° | | | |

Measurement method sketches



| | | |
|---|--------------------|---------------|
|  BOSCH Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | SPECIFICATION | |
| | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 16 de 15 |

3.5 Dimension 5 \leftrightarrow 2.60 ± 0.1 mm

Function: Distance

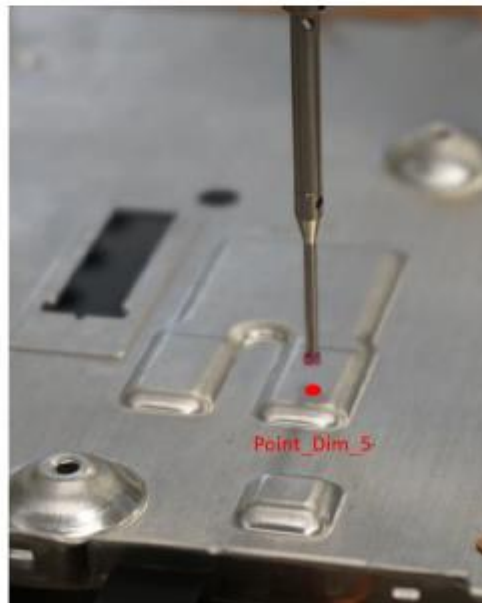
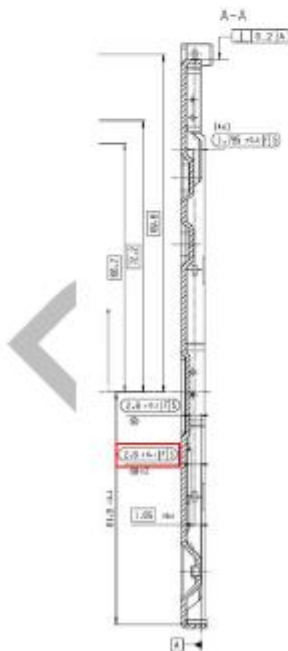
Measurement method Setup


| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, \varnothing 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |

Measurement method description

| | | | |
|-------------------------|---|----------|----------|
| Measurement description | Calculate the distance in Z-axis between the Point_Dim_5 to Origin. | | |
| Coordinates | X | Y | Z |
| | Point_Dim_5 | 18.9 | -21.8 |
| Probe Rotation | A = 0°; B = 0° | | |

Measurement method sketches



| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 17 de 15 |

3.6 Dimension 6 \leftrightarrow 178.00 \pm 0.15 mm

Function: Distance

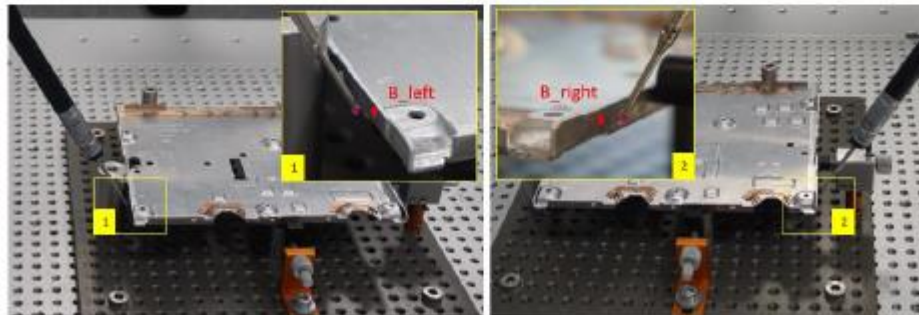
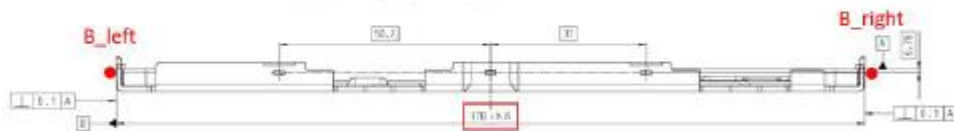
Measurement method Setup


| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, \varnothing 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |

Measurement method description

| | | | | |
|-------------------------|---|----------|----------|----------|
| Measurement description | Calculate the distance in X-axis between the points B_left and B_right already determined in the alignment. | | | |
| Coordinates | | X | Y | Z |
| | B_left | -92 | -46 | -0,7 |
| | B_right | 92 | -46 | -0,7 |
| Probe Rotation | A = 0°; B = 0° | | | |

Measurement method sketches



| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 18 de 15 |


3.7 Dimension 7 ↔ 0.2 mm (Flatness)

Measurement method Setup

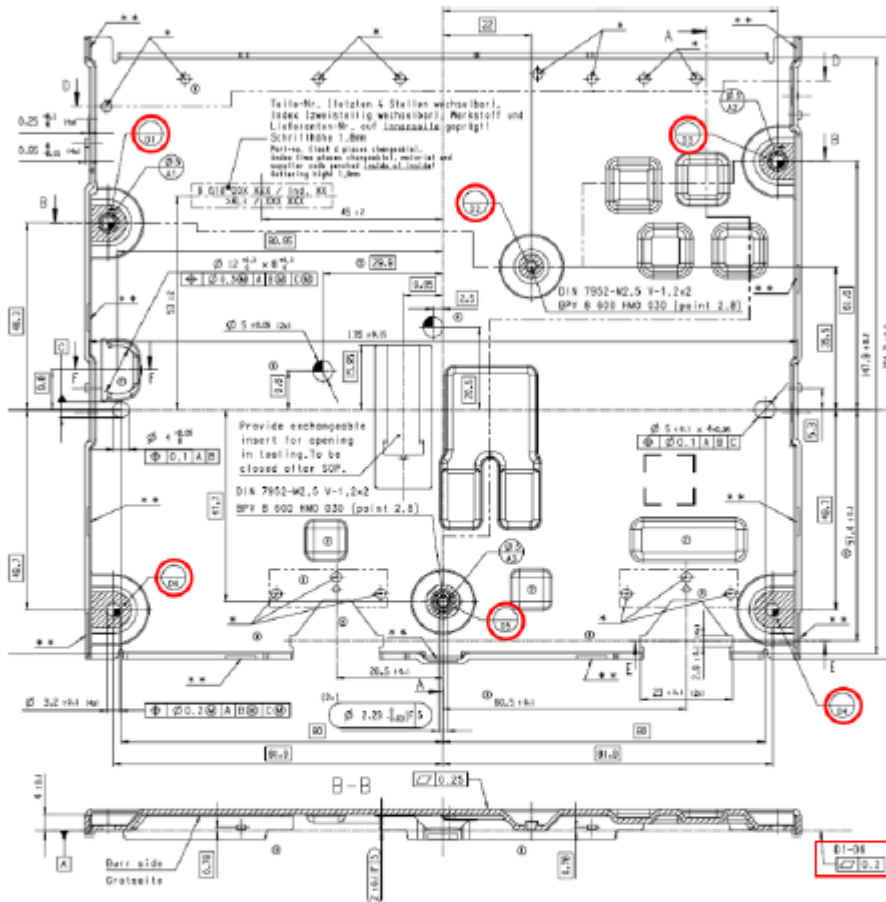
| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, Ø 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |


Measurement method description

| Measurement description | Change probe angle to 30 degrees. Determine the Flatness indicated in the 2D drawing, using the coordinates of the points in the table. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|----------|-------|---|---|----|---------|-------|-------|----|--------|--------|-------|----|--------|-------|-------|----|--------|----------|-------|----|---------|----------|-------|----|---------|----------|-------|
| Coordinates | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1</td> <td>-80,198</td> <td>46,48</td> <td>1,235</td> </tr> <tr> <td>D2</td> <td>20,326</td> <td>34,856</td> <td>1,773</td> </tr> <tr> <td>D3</td> <td>80,488</td> <td>61,54</td> <td>4,372</td> </tr> <tr> <td>D4</td> <td>78,091</td> <td>- 50,189</td> <td>1,271</td> </tr> <tr> <td>D5</td> <td>- 1,796</td> <td>- 47,609</td> <td>1,558</td> </tr> <tr> <td>D6</td> <td>- 78,86</td> <td>- 49,909</td> <td>1,575</td> </tr> </tbody> </table> | | X | Y | Z | D1 | -80,198 | 46,48 | 1,235 | D2 | 20,326 | 34,856 | 1,773 | D3 | 80,488 | 61,54 | 4,372 | D4 | 78,091 | - 50,189 | 1,271 | D5 | - 1,796 | - 47,609 | 1,558 | D6 | - 78,86 | - 49,909 | 1,575 |
| | X | Y | Z | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D1 | -80,198 | 46,48 | 1,235 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D2 | 20,326 | 34,856 | 1,773 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D3 | 80,488 | 61,54 | 4,372 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D4 | 78,091 | - 50,189 | 1,271 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D5 | - 1,796 | - 47,609 | 1,558 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D6 | - 78,86 | - 49,909 | 1,575 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Probe Rotation | A = 30°; B = 0° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | Page 13 de 15 |

Measurement method sketches



| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 20 de 15 |

3.8 Dimension 8 ↔ 4 + 0.05 mm

Function: Distance

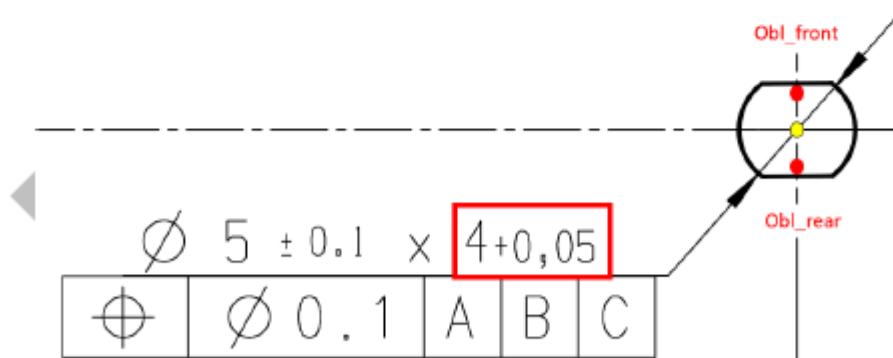
Measurement method Setup


| | |
|------------------|---|
| Equipment | Coordinate Measuring Machine (CMM) Bosch's: Mitutoyo Crysta Apex |
| Ball size (CMM) | Bosch's: Spherical probe, Ø 1.5 mm |
| Part orientation | As seen in section 2.1. |

Measurement method description

| | | | | |
|-------------------------|--|----------|----------|----------|
| Measurement description | Calculate the distance in Y-axis between the Obl_rear and Obl_front already determined in the alignment. | | | |
| Coordinates | | X | Y | Z |
| | Obl_rear | 80,11 | -0,21 | -4,2 |
| | Obl_front | 80,11 | -0,21 | -4,2 |
| Probe Rotation | A = 0°; B = 0° | | | |

Measurement method sketches

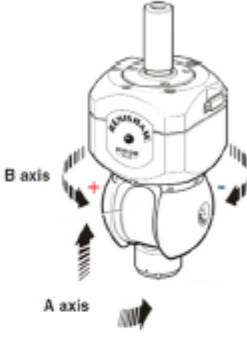


| | | |
|--|---------------------------|---------------|
|  BOSCH | SPECIFICATION | |
| Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. | MEASUREMENT METHOD | |
| | | Page 21 de 15 |

4 APPENDIX

4.1 Appendix A

| Pos. | Angle A | Angle B | Pos. | Angle A | Angle B | Pos. | Angle A | Angle B | Pos. | Angle A | Angle B |
|------|---------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 21 | 52.5 | 90.0 | 41 | 22.5 | 90.0 | 61 | 45.0 | 0.0 |
| 2 | 90.0 | -90.0 | 22 | 52.5 | 180.0 | 42 | 105.0 | -90.0 | 62 | 45.0 | 90.0 |
| 3 | 90.0 | 90.0 | 23 | 52.5 | -90.0 | 43 | 105.0 | 0.0 | 63 | 45.0 | 180.0 |
| 4 | 90.0 | 0.0 | 24 | 22.5 | 15.0 | 44 | 105.0 | 90.0 | 64 | 90.0 | -157.5 |
| 5 | 30.0 | 0.0 | 25 | 22.5 | -15.0 | 45 | 75.0 | -7.5 | 65 | 75.0 | 97.5 |
| 6 | 30.0 | -90.0 | 26 | 90.0 | -22.5 | 46 | 75.0 | -97.5 | 66 | 45.0 | -45.0 |
| 7 | 30.0 | 180.0 | 27 | 90.0 | 22.5 | 47 | 15.0 | 90.0 | 67 | 45.0 | 45.0 |
| 8 | 30.0 | 90.0 | 28 | 90.0 | 165.0 | 48 | 15.0 | -90.0 | 68 | 45.0 | 135.0 |
| 9 | 90.0 | 180.0 | 29 | 90.0 | -165.0 | 49 | 22.5 | -180.0 | 69 | 45.0 | -135.0 |
| 10 | 15.0 | -45.0 | 30 | 82.5 | 180.0 | 50 | 75.0 | 172.5 | 70 | 90.0 | 30.0 |
| 11 | 15.0 | 45.0 | 31 | 82.5 | 172.5 | 51 | 90.0 | -75.0 | 71 | 90.0 | 75.0 |
| 12 | 52.5 | -30.0 | 32 | 82.5 | -172.5 | 52 | 0.0 | 15.0 | 72 | 90.0 | 150.0 |
| 13 | 52.5 | 30.0 | 33 | 105.0 | -180.0 | 53 | 90.0 | -142.5 | 73 | 75.0 | 7.5 |
| 14 | 15.0 | 0.0 | 34 | 105.0 | -37.5 | 54 | 105.0 | 7.5 | 74 | 75.0 | -172.5 |
| 15 | 15.0 | 180.0 | 35 | 105.0 | 37.5 | 55 | 105.0 | -7.5 | 75 | 22.5 | -90.0 |
| 16 | 52.5 | 0.0 | 36 | 82.5 | -37.5 | 56 | 97.5 | 0.0 | | | |
| 17 | 37.5 | -157.5 | 37 | 82.5 | 37.5 | 57 | 90.0 | -120.0 | | | |
| 18 | 37.5 | 157.5 | 38 | 90.0 | -150.0 | 58 | 90.0 | 120.0 | | | |
| 19 | 37.5 | 142.5 | 39 | 90.0 | 157.5 | 59 | 90.0 | 142.5 | | | |
| 20 | 37.5 | -142.5 | 40 | 90.0 | -30.0 | 60 | 45.0 | -90.0 | | | |



Total angular movement:






- A axis** 0° to 105° in 7.5 steps
- B axis** 0° to ±180° in 7.5 steps

4.2. Appendix B

Most used references




Ruby ball styli

| Ball Material | Part number | | | | |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ruby | A-5003-1345 | A-5003-0577 | A-5000-8863 | A-5003-0035 | A-5003-3822 |
| Silicon nitride | A-5004-2019 | | A-5004-2022 | A-5004-1931 | A-5004-1017 |
| Zirconia | A-5004-2920 | A-5004-1714 | A-5004-2927 | A-5004-1711 | A-5004-2923 |
| A Ball dia. mm (in.) | 0.5 (0.020) | 0.7 (0.028) | 1.0 (0.04) | 1.5 (0.06) | 2.0 (0.08) |
| B Length mm (in.) | 20.0 (0.79) | 20.0 (0.79) | 27.5 (1.08) | 20.0 (1.18) | 20.0 (0.79) |
| C Stem dia. mm (in.) | 0.3 (0.012) | 0.5 (0.020) | 0.7 (0.028) | 1.0 (0.04) | 1.0 (0.04) |
| D SW, mm (in.) | 7.0 (0.28) | 12.0 (0.48) | 20.5 (0.81) | 22.5 (0.89) | 14.0 (0.55) |
| Mass gramms | 0.48 | 0.32 | 0.40 | 0.58 | 0.48 |

Cylinder ball styli

| Part number | A-5000-8876 | A-5000-8877 | A-5000-7812 |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Cylinder dia. mm (in.) | 1.0 (0.04) | 1.5 (0.06) | 2.0 (0.08) |
| Overall length mm (in.) | 15.0 (0.60) | 15.0 (0.60) | 20.0 (0.79) |
| Stem dia. mm (in.) | N/A | N/A | 1.6 (0.07) |
| SW, mm (in.) | 8.0 (0.32) | 8.0 (0.32) | 7.2 (0.29) |
| Mass gramms | 0.3 | 0.3 | 0.5 |

ANEXO D – RESULTADOS DIMENSIONAIS OBTIDOS PELO CATIM DA PEÇA *HOUSING BASE*



RELATÓRIO DE ENSAIO LABORATÓRIO DE METROLOGIA - DIMENSIONAL

DATA: 2021-06-14

PÁGINA 1 DE 3

CLIENTE

BOSCH CAR MULTIMÉDIA PORTUGAL, SA
Rua Max Grundig nº35 LOMAR
BRAGA
4705 - 820 - BRAGA

DESCRIÇÃO

Equipamento: Peça "Housing Base"
Marca: - - -
Número de Série: - - - Referência Interna: Peça 1

PRINCIPAL EQUIPAMENTO UTILIZADO

| Padrão | CATIM Nº | Rastreabilidade |
|--|-----------|--------------------|
| Máquina de medição por coordenadas ZEISS UPMC ultra | 06.30.854 | CARL ZEISS (DAKKS) |

OPERAÇÕES EFECTUADAS

Ensaio dimensional e geométrico tomando como base o procedimento interno LMD - P53 : 2018-01-22.
Medições efectuadas segundo requisitos específicos do cliente.
Os resultados apresentam-se na(s) seguinte(s) página(s).
Os valores obtidos correspondem ao valor médio de 5 medições independentes, cuja dispersão está incluída no cálculo da incerteza expandida apresentada.
A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor $k=2$, o qual para uma distribuição normal corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/16.
Todas as medições foram efectuadas em ambiente controlado a $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ e humidade entre $(45 \pm 10)\%$, no CATIM - Porto.

EXAME VISUAL

O equipamento sujeito a ensaio encontra-se em bom estado.

O IPAC é um dos signatários do Acordo de reconhecimento mútuo da EA e do ILAC para ensaios.

Data do ensaio: 2021-06-07

Técnico

Responsável Técnico

Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens calibrados ou encalados. Este documento não pode ser reproduzido, exceto integralmente, sem a autorização por escrito do CATIM.

RELATÓRIO DE ENSAIO

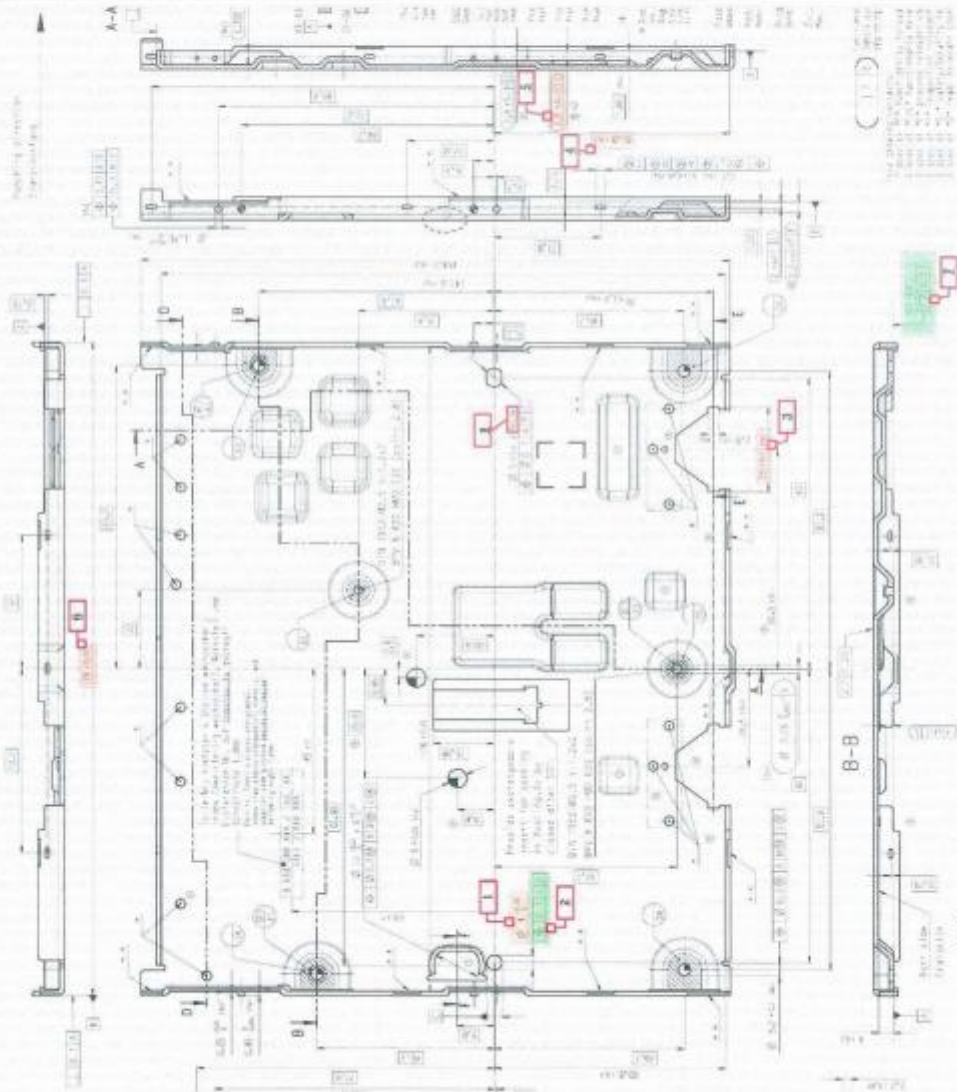
LABORATÓRIO DE METROLOGIA - DIMENSIONAL

DATA: 2021-06-14

PÁGINA 2 DE 3

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA:

Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens calibrados ou ensaiados. Este documento não pode ser reproduzido, exceto integralmente, sem a autorização por escrito do CATIM.



RELATÓRIO DE ENSAIO

LABORATÓRIO DE METROLOGIA - DIMENSIONAL

DATA: 2021-06-14

PÁGINA 3 DE 3

RESULTADOS:

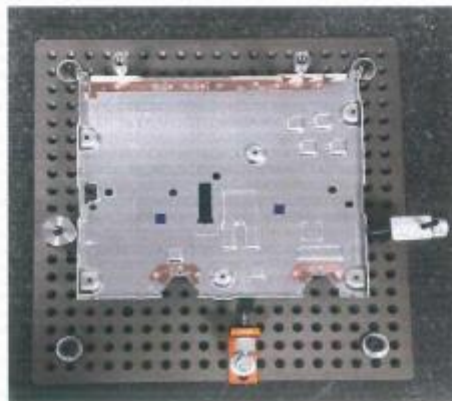
| Características | Valor Médio Obtido | Valor Máximo Medido | Valor Mínimo Medido | Incerteza Expandida |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Dimensão 1 | 4,10326 mm | 4,10388 mm | 4,10294 mm | 0,00057 mm |
| Dimension 2 - X ^m -80 mm | 0,02387 mm | 0,02395 mm | 0,02381 mm | 0,00047 mm |
| | -79,98806 mm | -79,98802 mm | -79,98809 mm | 0,00067 mm |
| Dimension 3 - Right | 23,06756 mm | 23,06771 mm | 23,06740 mm | 0,00050 mm |
| Dimension 3 - Left | 22,97964 mm | 22,97982 mm | 22,97933 mm | 0,00052 mm |
| Dimension 4 | 61,75781 mm | 61,75786 mm | 61,75780 mm | 0,00061 mm |
| Dimension 5 | 2,50595 mm | 2,50600 mm | 2,50587 mm | 0,00047 mm |
| Dimension 6 | 178,1282 mm | 178,1283 mm | 178,1281 mm | 0,0010 mm |
| Dimension 7 | 0,21614 mm | 0,21628 mm | 0,21603 mm | 0,00047 mm |
| Dimension 8 | 4,12740 mm | 4,12783 mm | 4,12724 mm | 0,00052 mm |

NOTAS:

Fixação, alinhamento e medições efectuadas de acordo com o documento fornecido pelo cliente.

Medições efectuadas com a peça montada num gabarito também fornecido pelo cliente.

FOTOGRAFIA:



Análise dos módulos TP20

Instrução de trabalho



Para: BrgP/QMM3-Employees

1 Introdução

Esta Instrução de Trabalho (IT) descreve o procedimento a seguir para a execução da calibração dos módulos Mitutoyo TP20 das máquinas de medição por coordenadas existentes no laboratório de Metrologia. Esta calibração tem como objetivo o estudo da qualidade dos módulos existentes nas máquinas CMM do laboratório de Metrologia, para isso são calibrados todos os módulos existentes na árvore da respectiva CMM e também um módulo novo.

Os resultados obtidos da calibração serão comparados de modo a identificar quais os desvios máximos de cada um para que se identifiquem quais os módulos que necessitam de ser substituídos. Após a calibração de cada módulo será medida cinco vezes a distância entre duas superfícies retificadas de um bloco padrão e através da comparação dos resultados obtidos na medição do bloco podemos constatar quais os módulos que se encontram a tirar dimensões dentro do valor nominal.

2 Procedimentos para a calibração dos módulos

1. Material necessário para a calibração dos módulos:

- **Master ball 1**
 - Diâmetro: 19.9727 mm
 - Número de identificação: P0482
 - *Part Number* : 06ABM944
- **Bloco padrão Mitutoyo Corporation**
 - Número de identificação: 897238
 - Valor de referência: $X_m = 100,00004$ mm (Grade 2)
 - Incerteza de calibração: $U_{cal} = \pm 0,00018$ mm

O valor de referência e a incerteza de calibração foram obtidos do certificado de calibração do bloco padrão.

Nota: Antes de efetuar a montagem limpe o bloco padrão com álcool e um pano microfibras para retirar a lubrificação e todas as impurezas. Após a medição, voltar a lubrificar com vaselina as superfícies indetificadas na Figura 2.

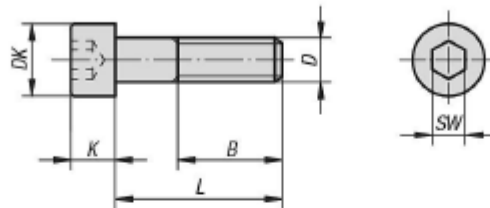
| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|--------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 3 / 13 |

**BOSCH**

Instruções de trabalho
Análise dos módulos TP20

Para: BrgP/QMM3-Employees

- **Três parafusos M6 de cabeça cilíndrica com sextavado interno**



- DK = 9,85 mm

- K = 5,91

- **Um clamp pequeno (Nr: 550554)**
- **Módulo novo – TP20 Standard Force Module**
 - Serial No: 2VY323
- **Novo apalpador**
 - Diâmetro: 3,98 mm

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|--------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 4 / 13 |

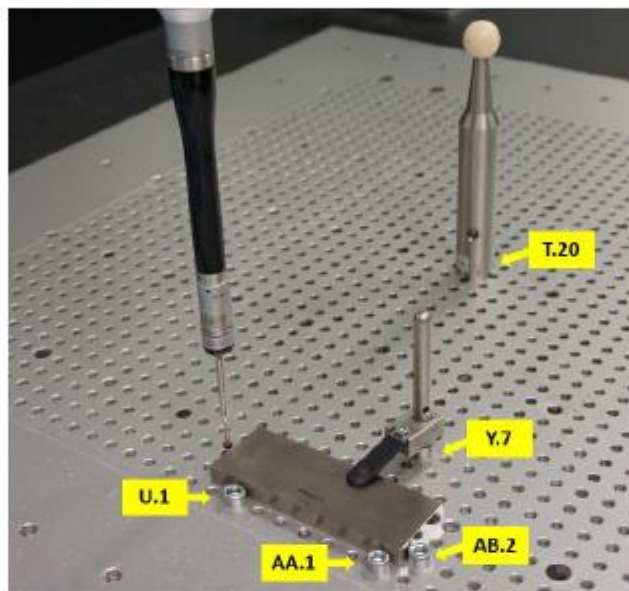



Figura 1 - Montagem para calibração dos módulos.



Figura 2 - Superfícies retificadas do bloco padrão.

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|--------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 5 / 13 |

| | | |
|--|--|--|
|  BOSCH | Instruções de trabalho Análise dos módulos TP20 | |
|--|--|--|

Para: BrgP/QMM3-Employees

2. Abrir o programa *MCOSMOS* (*Coordinate Measuring Machine Software*).
3. Na barra superior selecionar Settings e escolher a opção CMM SystemManager (Figura 3).

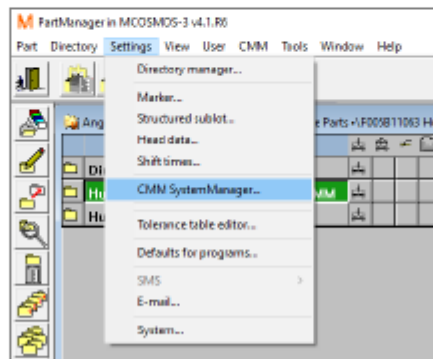


Figura 3 - Janela Settings do programa MCOSMOS

4. Abrirá uma nova janela com as máquinas virtuais existentes. Selecionar a máquina MSA pretendida e clicar em OK (Figura 4).
 - MSA-1 → máquina 1 (BHN 305)
 - MSA-2 → máquina 2 (Crysta-Apex S7106)
 - MSA-3 → máquina 3 (Crysta-Apex S9108)
 - MSA-4 → máquina 4 (Crysta-Apex C9108)

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|--------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 6 / 13 |

Para: BrgP/QMM3-Employees

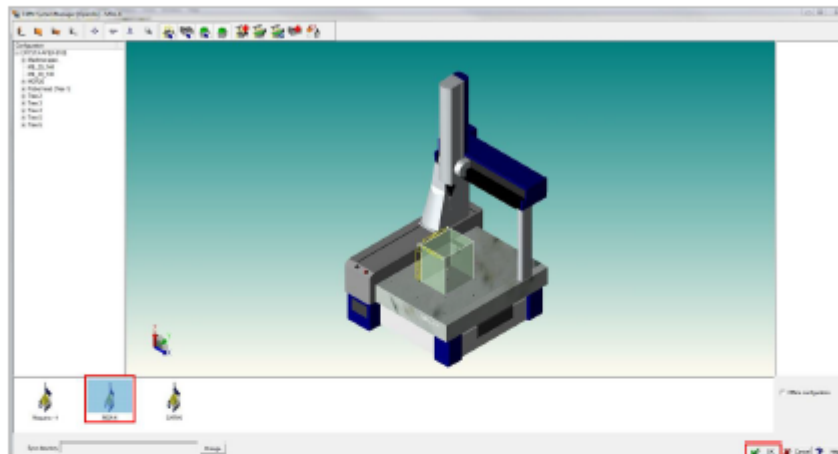


Figura 4 – Janela do programa MCOSMOS que contém as máquinas virtuais existentes.

5. Selecionar o programa MSA-? Esfera Padrão 1 + Bloco 100 mm e executá-lo (Figura 5).

| Part name | Created | Time | Modified | Tim |
|-------------------------------------|------------|----------|------------|---------|
| MSA-4 Esfera Padrão 1 + Bloco 100mm | 08-05-2021 | 03:50:04 | 11-05-2021 | 11:24:1 |
| MSA-4 Esfera Padrão 1 | 07-05-2021 | 02:53:32 | 08-05-2021 | 01:25:1 |

Figura 5 – Programas de medição do existentes na máquina virtual selecionada.

6. O programa começa por pegar nos cinco ou seis módulos da árvore dependendo da máquina selecionada de modo a garantir que se encontram bem posicionados e que o encaixe dos módulos na haste é feito corretamente.
7. Após a verificação da posição de todos os módulos, volta a pegar no primeiro módulo, movendo-o para perto do operador (Figura 6). É feita uma paragem no programa através da função "Programmable Stop" para que se possa retirar o módulo da extensão.

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|--------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 7 / 13 |

Para: BrgP/QMM3-Employees

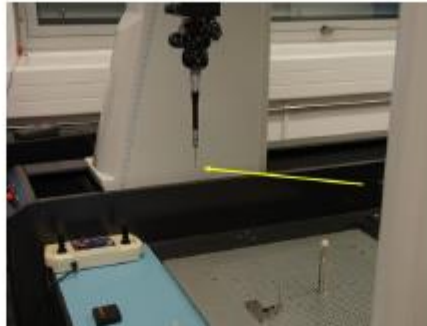


Figura 6 - Deslocação do módulo para perto do operador.

8. Para retirar o módulo é necessário premir o botão R.STOP do *joystick box*. Aparecerá o erro E497 no ecrã do *joystick box* (Figura 7) e no software abrirá a janela da Figura 8.



Figura 7 – Erro 497 apresentado no ecrã do *Joystick box*.

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|--------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 8 / 13 |

Para: BrgP/QMM3-Employees

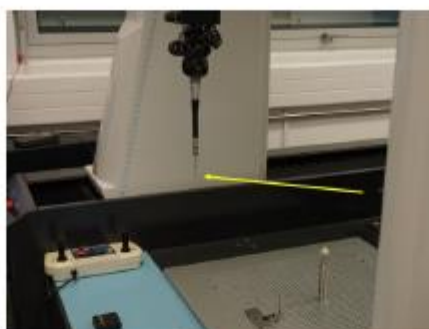


Figura 6 - Deslocação do módulo para perto do operador.

8. Para retirar o módulo é necessário premir o botão R.STOP do joystick box. Aparecerá o erro E497 no ecrã do joystick box (Figura 7) e no software abrirá a janela da Figura 8.

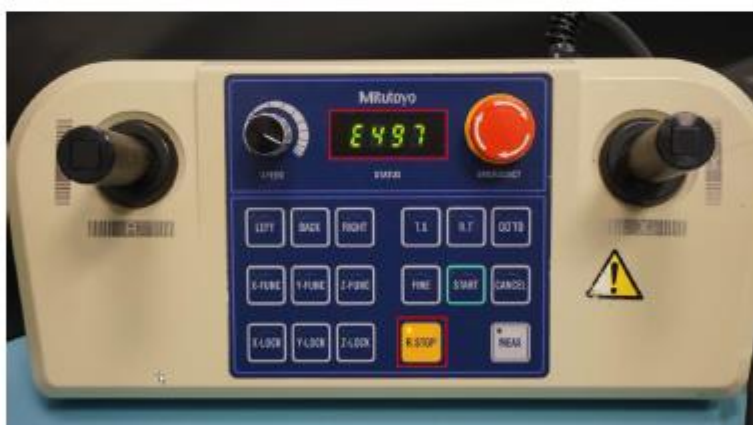


Figura 7 – Erro 497 apresentado no ecrã do joystick box.

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|--------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 8 / 13 |

Para: BrgP/QMM3-Employees



Figura 8 - Erro apresentado no software MCOSMOS quando pressionado o botão R_STOP do joystick box.
 9. Clicar em OK na janela aberta no software ([0323 Programmable stop]), o erro 497 desaparecerá do joystick box e irá acender-se o led verde T_S (Figura 9).



Figura 9 – Ativação do botão T_S do Joystick box.

10. Pressionar o botão T_S do joystick box, o led verde irá apagar-se (Figura 10).

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|--------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 9 / 13 |

Figura 10 - Desativação do botão TS do Joystick box.

11. Retirar manualmente o módulo da haste.

Nota: Nunca puxar pela ponteira, sempre pelo corpo do módulo.

12. Retirar a ponteira do respetivo módulo com a ajuda da ferramenta da Figura 11, procede-se à limpeza do módulo com um kit de limpeza próprio, *Cleaning Kit A-1085-0016* (Figura 12) e à limpeza da ponteira usada para a calibração dos módulos com álcool e um pano microfibras.

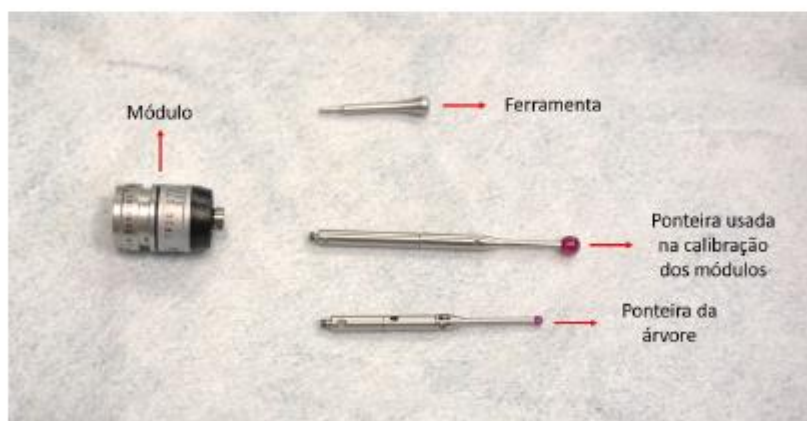


Figura 11 - Componentes utilizados na calibração.

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|---------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 10 / 13 |

Para: BrgP/QMM3-Employees



Figura 12 - Kit de limpeza para a parte magnética dos módulos.

13. Apertar manualmente a ponteira de calibração no módulo a ser calibrado e com a ajuda da ferramenta adequada dar o aperto final (Figura 13 (a)). Ter especial atenção no aperto final, o torque de aperto recomendado varia entre os 0.05 Nm e o 0.15 Nm, nunca deve exceder os 0.3 Nm. Colocar o módulo com a respetiva ponteira de calibração na haste, tendo em atenção que as figuras geométricas presentes no módulo e na haste se encontrem alinhadas (Figura 13 (b)).



Figura 13 – (a) ferramenta adequada para dar o aperto final da ponteira no módulo.
(b) Alinhamento das figuras geométricas da haste e do módulo.

14. Carregar no botão T.S do joystick box, o led verde voltará a acender-se (Figura 14)

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|---------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 11 / 13 |

Para: BrgP/QMM3-Employees



Figura 14 - Ativação do botão T.S do joystick box.

- No software encontra-se uma janela aberta (Figura 15), escolher a opção Repeat command e selecionar Ok. O programa será executado e será feita a calibração do módulo.

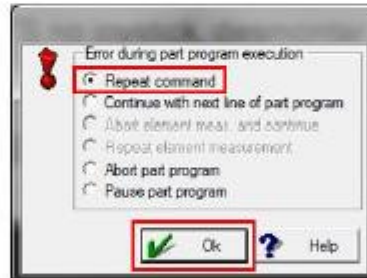


Figura 15 – Janela aberta no software após clicar em Ok na janela da Figura 7.

- Após a calibração a máquina envia o módulo para junto do operador e repetem-se todos os passos anteriormente documentados desde o procedimento 8 até ao procedimento 15 para todos os módulos existentes na árvore.
- Após a calibração dos módulos da árvore a máquina volta a pegar no primeiro módulo da árvore, retira-se o módulo da haste e coloca-se o módulo novo/padrão com a respetiva ponteira de calibração seguindo todos os procedimentos descritos anteriormente. Após a calibração do módulo novo/padrão o programa termina.

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|---------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 12 / 13 |



Instruções de trabalho

Análise dos módulos TP20

Para: BrgP/QMM3-Employees

18. Retirar o módulo novo/padrão da haste e voltar a colocar na haste o primeiro módulo da árvore com a respetiva ponteira sempre respeitando os procedimentos de montagem e desmontagem descritos anteriormente.
19. Serão guardados os resultados das calibrações dos diferentes módulos e os resultados das medições do bloco padrão nas seguintes pastas:

- **Resultados das calibrações dos módulos:**

CMM 1: O:\D_QMM3\02_MecMetrologyLAB\12_Equipments\Módulos TP20\MSA_1\Resultados da Calibração

CMM 2: O:\D_QMM3\02_MecMetrologyLAB\12_Equipments\Módulos TP20\MSA_2\Resultados da Calibração

CMM 3: O:\D_QMM3\02_MecMetrologyLAB\12_Equipments\Módulos TP20\MSA_3\Resultados da Calibração

CMM 4: O:\D_QMM3\02_MecMetrologyLAB\12_Equipments\Módulos TP20\MSA_4\Resultados da Calibração

- **Resultados das medições do bloco padrão:**

CMM1: O:\D_QMM3\02_MecMetrologyLAB\12_Equipments\Módulos TP20\MSA_1\Resultados do Bloco Padrão

CMM2: O:\D_QMM3\02_MecMetrologyLAB\12_Equipments\Módulos TP20\MSA_2\Resultados do Bloco Padrão

CMM3: O:\D_QMM3\02_MecMetrologyLAB\12_Equipments\Módulos TP20\MSA_3\Resultados do Bloco Padrão

CMM4: O:\D_QMM3\02_MecMetrologyLAB\12_Equipments\Módulos TP20\MSA_4\Resultados do Bloco Padrão

| Coordenador | Autor | Aprovação | Versão | Data | Página |
|-------------|-------|-----------|--------|------------|---------|
| | | | V1 | 18.05.2021 | 13 / 13 |

ANEXO F – RELATÓRIO DAS MEDIÇÕES EFETUADAS NO PROCEDIMENTO 1 DO MSA PARA O HOUSING BASE

Measurement System Analysis
Type-1 Study

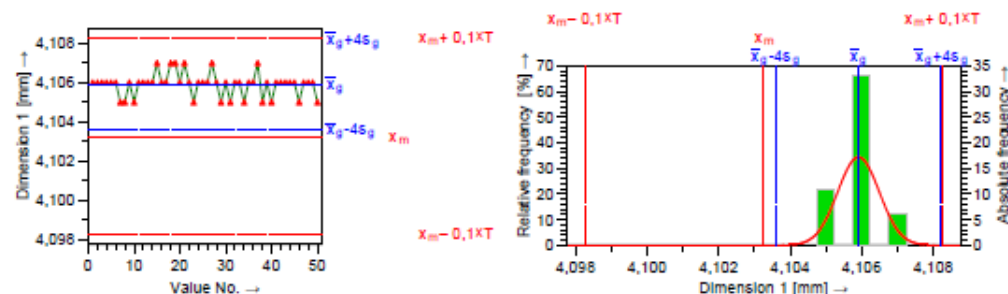
Sheet: 1 / 9

| | | |
|--|--------------------------------|---------------------------|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 1 |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 1 |
| Mach.Descr. : 1.Mitutoyo BHN 305 | Part number : | Nom.val. : 4,000 |
| Mach.No. : M_MAQ0001 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : 0,000 |
| Resolution : 0,0005 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,050 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 08.07.2021 | Tol. : 0,050 |
| | | Unit : mm |

Comment :
Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 4,10326 Calibration uncertainty : 0,00057

| l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 4,106 | 11 | 4,106 | 21 | 4,107 | 31 | 4,105 | 41 | 4,106 |
| 2 | 4,106 | 12 | 4,106 | 22 | 4,106 | 32 | 4,106 | 42 | 4,106 |
| 3 | 4,106 | 13 | 4,106 | 23 | 4,105 | 33 | 4,106 | 43 | 4,106 |
| 4 | 4,106 | 14 | 4,106 | 24 | 4,106 | 34 | 4,105 | 44 | 4,106 |
| 5 | 4,106 | 15 | 4,107 | 25 | 4,106 | 35 | 4,106 | 45 | 4,106 |
| 6 | 4,106 | 16 | 4,106 | 26 | 4,106 | 36 | 4,106 | 46 | 4,105 |
| 7 | 4,105 | 17 | 4,106 | 27 | 4,107 | 37 | 4,107 | 47 | 4,106 |
| 8 | 4,105 | 18 | 4,107 | 28 | 4,106 | 38 | 4,105 | 48 | 4,106 |
| 9 | 4,106 | 19 | 4,107 | 29 | 4,105 | 39 | 4,106 | 49 | 4,106 |
| 10 | 4,105 | 20 | 4,106 | 30 | 4,106 | 40 | 4,105 | 50 | 4,105 |



| Drawing Values | Collected Values | Statistics |
|---------------------------------|----------------------------|---|
| X _m +0,1XT = 4.10826 | X _{max g} = 4.107 | X _g +3σ _g = 4.1076409 |
| X _m = 4.10326 | BI = 0.0026400 | X _g = 4.1059000 |
| X _m -0,1XT = 4.09826 | X _{min g} = 4.105 | X _g -3σ _g = 4.1041591 |
| 0,2XT = 0.01000 | R _g = 0.002 | σ _g = 0.0034817 |
| T = 0,050 | n _{tot} = 50 | σ _g = 0.00058029 |
| Unit = mm | | |

Test for Bias Test results : significant (α = 0,1%)

| Minimum reference figure for capable measuring system | | | |
|---|----------------------|--------|--|
| $C_g = \frac{0,2XT}{6\sigma_g}$ | = 2.30 ≈ 2.87 ≈ 3.44 | 0 1.33 | T _{min} (C _g) = 0.023171 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3\sigma_g}$ | = 1.07 ≈ 1.36 ≈ 1.64 | 0 1.33 | T _{min} (C _{pk}) = 0.049554 |
| Resolution | %RE = 1.00% | 0 1.33 | T _{min} (%RE) = 0.010000 |

Measurement system capable (%RE,min,C_g,C_{pk}) 😊

BOSCH 2018: Type 1

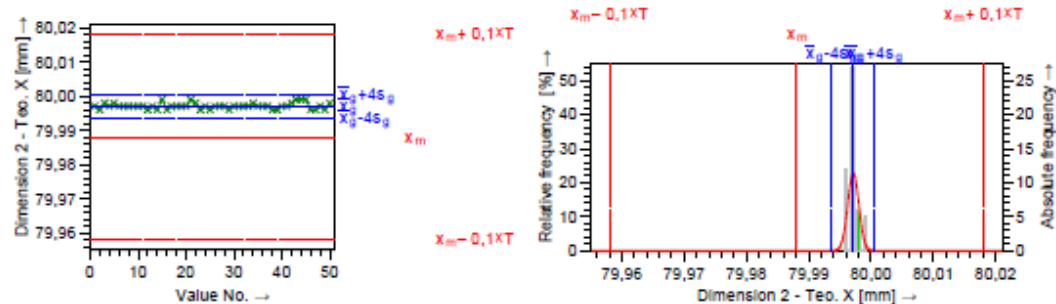
Test Plan Development Date : 08.07.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :

Department : BrgP/QMM3 Date : 04.08.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 1.Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0005 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 08.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 2 - Teo. X Char.No. : 2 Nom.val. : 80,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0,300 Unit : mm |
|---|--|---|

| | |
|-----------------|--|
| Comment : | Comment : |
| Master Descr. : | Master No. : Std.ref. Value : 79,98806 Calibration uncertainty : 0,00067 |

| I | X _I | I | X _I | I | X _I | I | X _I | I | X _I |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 79,997 | 11 | 79,997 | 21 | 79,999 | 31 | 79,997 | 41 | 79,997 |
| 2 | 79,996 | 12 | 79,996 | 22 | 79,998 | 32 | 79,997 | 42 | 79,998 |
| 3 | 79,998 | 13 | 79,997 | 23 | 79,996 | 33 | 79,997 | 43 | 79,999 |
| 4 | 79,997 | 14 | 79,996 | 24 | 79,997 | 34 | 79,998 | 44 | 79,999 |
| 5 | 79,998 | 15 | 79,999 | 25 | 79,996 | 35 | 79,997 | 45 | 79,999 |
| 6 | 79,997 | 16 | 79,996 | 26 | 79,997 | 36 | 79,997 | 46 | 79,996 |
| 7 | 79,997 | 17 | 79,997 | 27 | 79,997 | 37 | 79,997 | 47 | 79,996 |
| 8 | 79,997 | 18 | 79,997 | 28 | 79,997 | 38 | 79,996 | 48 | 79,997 |
| 9 | 79,997 | 19 | 79,997 | 29 | 79,996 | 39 | 79,996 | 49 | 79,996 |
| 10 | 79,997 | 20 | 79,997 | 30 | 79,997 | 40 | 79,997 | 50 | 79,998 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|------------|------------------|-------------|-----------------------|--------------|
| $X_m+0,1XT$ | = 80,01806 | $X_{max\ g}$ | = 79,999 | $\bar{X}_g+3\sigma_g$ | = 79,9997107 |
| X_m | = 79,98806 | $ BI $ | = 0,0090200 | \bar{X}_g | = 79,9970800 |
| $X_m-0,1XT$ | = 79,95806 | $X_{min\ g}$ | = 79,996 | $\bar{X}_g-3\sigma_g$ | = 79,9944493 |
| $0,2XT$ | = 0,06000 | R_g | = 0,003 | $6\sigma_g$ | = 0,0052615 |
| T | = 0,300 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0,00087691 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|-------------------------------|---|--|-------------------|------------|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6\sigma_g}$ | $-9,15 \leq 11,40 \leq 13,65$ | 0 | 1,33 | $T_{min}(C_g)$ | = 0,035000 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3\sigma_g}$ | $= 6,39 \leq 7,97 \leq 9,56$ | 0 | 1,33 | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0,12519 |
| Resolution | %RE = 0,17% | 0 | 5 | $T_{min}(\%RE)$ | = 0,010000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|-----|-----------------|--|---------------|--|
| Test Plan Development Date | 08.07.2021 | Test Plan Developer | MSA | Test Begin | | Operator name | |
| Department | Date | Name | | | | | |
| BrgP/QMM3 | 04.08.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | | Signature _____ | | | |

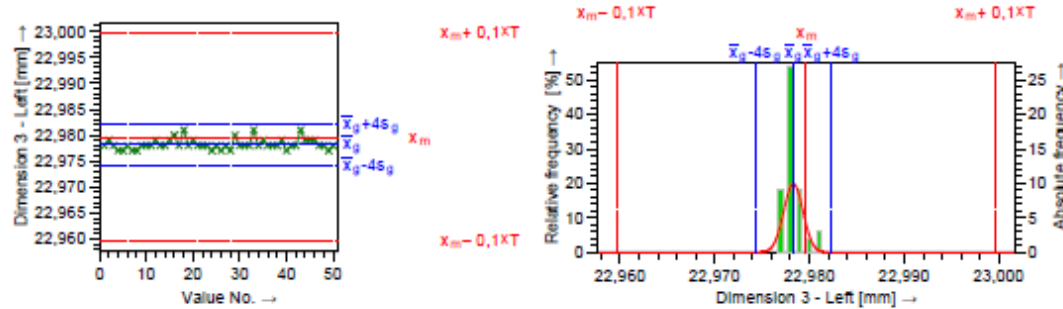
| | | |
|--|---|--------------|
| | Measurement System Analysis Type-1 Study | Sheet: 3 / 9 |
|--|---|--------------|

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 1.Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0005 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 08.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 - Left Char.No. : 3 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
|---|--|---|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 22,97964 Calibration uncertainty : 0,00052

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 22,978 | 11 | 22,978 | 21 | 22,978 | 31 | 22,978 | 41 | 22,978 |
| 2 | 22,979 | 12 | 22,979 | 22 | 22,978 | 32 | 22,978 | 42 | 22,978 |
| 3 | 22,978 | 13 | 22,978 | 23 | 22,978 | 33 | 22,981 | 43 | 22,981 |
| 4 | 22,977 | 14 | 22,978 | 24 | 22,977 | 34 | 22,978 | 44 | 22,979 |
| 5 | 22,977 | 15 | 22,979 | 25 | 22,978 | 35 | 22,979 | 45 | 22,979 |
| 6 | 22,978 | 16 | 22,980 | 26 | 22,977 | 36 | 22,978 | 46 | 22,979 |
| 7 | 22,977 | 17 | 22,978 | 27 | 22,978 | 37 | 22,978 | 47 | 22,978 |
| 8 | 22,977 | 18 | 22,981 | 28 | 22,977 | 38 | 22,978 | 48 | 22,978 |
| 9 | 22,978 | 19 | 22,978 | 29 | 22,980 | 39 | 22,979 | 49 | 22,977 |
| 10 | 22,978 | 20 | 22,979 | 30 | 22,978 | 40 | 22,977 | 50 | 22,978 |



| Drawing Values | Collected Values | Statistics |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------|
| $x_m + 0,1XT$ = 22,99964 | $x_{max g}$ = 22,981 | $\bar{x}_g + 3s_g$ = 22,9812789 |
| x_m = 22,97964 | $ B $ = 0,0013800 | \bar{x}_g = 22,9782600 |
| $x_m - 0,1XT$ = 22,95964 | $x_{min g}$ = 22,977 | $\bar{x}_g - 3s_g$ = 22,9752411 |
| $0,2XT$ = 0,04000 | R_g = 0,004 | s_g = 0,0060378 |
| T = 0,200 | n_{tot} = 50 | s_g = 0,0010063 |
| Unit = mm | | |

Test for Bias Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$)

| Minimum reference figure for capable measuring system | | |
|--|--|------------------------------|
| $C_g = \frac{0,2XT}{6x s_g}$ = 5,32 ± 6,62 ± 7,93 | | $T_{min}(C_g)$ = 0,040181 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3x s_g}$ = 4,94 ± 6,17 ± 7,39 | | $T_{min}(C_{pk})$ = 0,053952 |
| Resolution %RE = 0,25% | | $T_{min}(\%RE)$ = 0,010000 |

Measurement system capable (%RE,min,C_g,C_{pk})

BOSCH 2018: Type 1

Test Plan Development Date : 08.07.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :

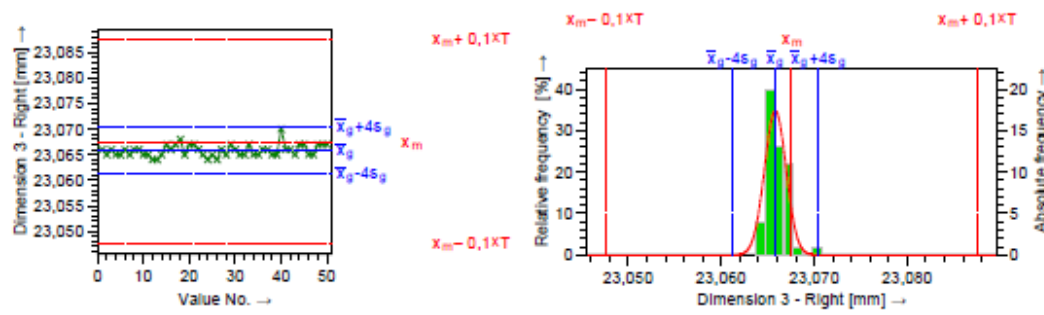
Department : BrgP/QMM3 Date : 04.08.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

| | | |
|---|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 1.Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MÁQ0001 Resolution : 0,0005 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. Part number Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 08.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 - Right Char.No. : 4 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
|---|--|--|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 23,06756 Calibration uncertainty : 0,0005

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 23,066 | 11 | 23,065 | 21 | 23,067 | 31 | 23,065 | 41 | 23,066 |
| 2 | 23,065 | 12 | 23,064 | 22 | 23,066 | 32 | 23,065 | 42 | 23,066 |
| 3 | 23,066 | 13 | 23,064 | 23 | 23,065 | 33 | 23,067 | 43 | 23,065 |
| 4 | 23,065 | 14 | 23,065 | 24 | 23,064 | 34 | 23,065 | 44 | 23,067 |
| 5 | 23,065 | 15 | 23,067 | 25 | 23,065 | 35 | 23,065 | 45 | 23,067 |
| 6 | 23,066 | 16 | 23,066 | 26 | 23,064 | 36 | 23,066 | 46 | 23,065 |
| 7 | 23,065 | 17 | 23,067 | 27 | 23,066 | 37 | 23,066 | 47 | 23,065 |
| 8 | 23,066 | 18 | 23,068 | 28 | 23,065 | 38 | 23,065 | 48 | 23,067 |
| 9 | 23,066 | 19 | 23,065 | 29 | 23,067 | 39 | 23,065 | 49 | 23,067 |
| 10 | 23,065 | 20 | 23,067 | 30 | 23,066 | 40 | 23,070 | 50 | 23,067 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|-----------------------|------------|--------------------|-------------|----------------------------------|--------------|
| x _m +0,1xT | = 23,08756 | x _{max,g} | = 23,070 | x̄ _g +3s _g | = 23,0692241 |
| x _m | = 23,06756 | B | = 0,0017800 | x̄ _g | = 23,0657800 |
| x _m -0,1xT | = 23,04756 | x _{min,g} | = 23,064 | x̄ _g -3s _g | = 23,0623359 |
| 0,2xT | = 0,04000 | R _g | = 0,006 | s _g | = 0,0068881 |
| T | = 0,200 | n _{tot} | = 50 | s _u | = 0,0011480 |
| Unit | = mm | | | | |

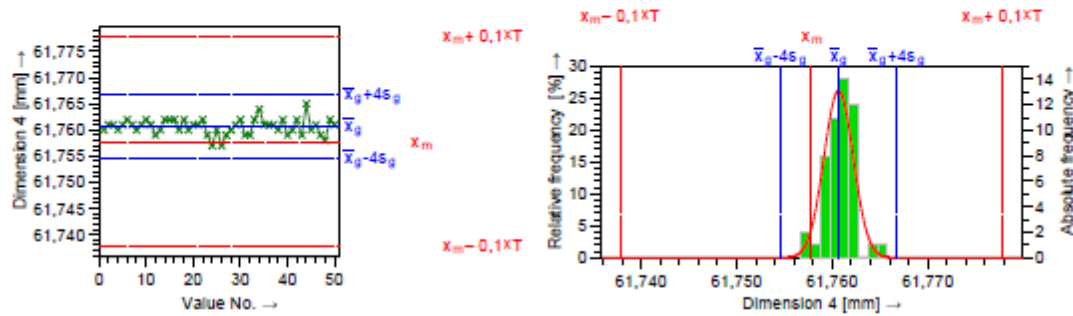
| | | | | | |
|---|----------------------|----------|---------------------------------------|------------|--|
| Test for Bias | | | Test results : significant (α ≠ 0,1%) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| C _g = $\frac{0,2xT}{6xs_g}$ | = 4,66 ± 5,81 ± 6,95 | 0 1.33 5 | T _{min} (C _g) | = 0,045783 | |
| C _{pk} = $\frac{0,1xT - x̄_g - x_m }{3xs_g}$ | = 4,24 ± 5,29 ± 6,34 | 0 1.33 5 | T _{min} (C _{pk}) | = 0,063606 | |
| Resolution | %RE = 0,25% | 0 5 | T _{min} (%RE) | = 0,010000 | |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date : 08.07.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name : _____

Department : BrgP/QMM3 Date : 04.08.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

| | | |
|--|---------------------------------|---------------------------|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 4 |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 5 |
| Mach.Descr. : 1.Mitutoyo BHN 305 | Part number : | Nom.val. : 61,800 |
| Mach.No. : M_MAQ0001 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : -0,100 |
| Resolution : 0,0005 mm | Test Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,100 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 08.07.2021 | Tol. : 0.200 |
| | | Unit : mm |
| Comment : | | |
| Master Decor. : Master No. : Std.ref. Value : 61,75781 Calibration uncertainty : 0,00061 | | |

| | | | | | | | | | |
|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|
| 1 | 61,760 | 11 | 61,761 | 21 | 61,761 | 31 | 61,759 | 41 | 61,760 |
| 2 | 61,761 | 12 | 61,759 | 22 | 61,762 | 32 | 61,759 | 42 | 61,762 |
| 3 | 61,761 | 13 | 61,760 | 23 | 61,759 | 33 | 61,762 | 43 | 61,759 |
| 4 | 61,760 | 14 | 61,762 | 24 | 61,757 | 34 | 61,764 | 44 | 61,765 |
| 5 | 61,761 | 15 | 61,762 | 25 | 61,760 | 35 | 61,761 | 45 | 61,760 |
| 6 | 61,762 | 16 | 61,762 | 26 | 61,757 | 36 | 61,761 | 46 | 61,761 |
| 7 | 61,761 | 17 | 61,760 | 27 | 61,759 | 37 | 61,761 | 47 | 61,759 |
| 8 | 61,760 | 18 | 61,762 | 28 | 61,760 | 38 | 61,760 | 48 | 61,758 |
| 9 | 61,761 | 19 | 61,760 | 29 | 61,761 | 39 | 61,762 | 49 | 61,762 |
| 10 | 61,762 | 20 | 61,761 | 30 | 61,762 | 40 | 61,759 | 50 | 61,761 |



| Drawing Values | Collected Values | Statistics |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| $x_{m+0.1xT}$ = 61.77781 | $x_{max\ g}$ = 61.765 | \bar{x}_g+3s_g = 61.7651915 |
| x_m = 61.75781 | $ B $ = 0.0028100 | \bar{x}_g = 61.7606200 |
| $x_{m-0.1xT}$ = 61.73781 | $x_{min\ g}$ = 61.757 | \bar{x}_g-3s_g = 61.7560485 |
| $0.2xT$ = 0.04000 | R_g = 0.008 | $6s_g$ = 0.0091429 |
| T = 0.200 | n_{tot} = 50 | s_g = 0.0015238 |
| Unit = mm | | |

| | | | |
|---|--------------------------------------|--|------------------------------|
| Test for Bias | | Test results : significant ($\alpha \neq 0,1\%$) | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | |
| $C_g = \frac{0.2xT}{6x s_g}$ | = 3.51 \approx 4.37 \approx 5.24 | | $T_{min}(C_g)$ = 0.060870 |
| $C_{pk} = \frac{0.1xT - x_g - x_m }{3x s_g}$ | = 3.01 \approx 3.76 \approx 4.51 | | $T_{min}(C_{pk})$ = 0.088901 |
| Resolution | %RE = 0.25% | | $T_{min}(\%RE)$ = 0.010000 |
| Measurement system capable (%RE,min,Cg,Cpk) | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | |

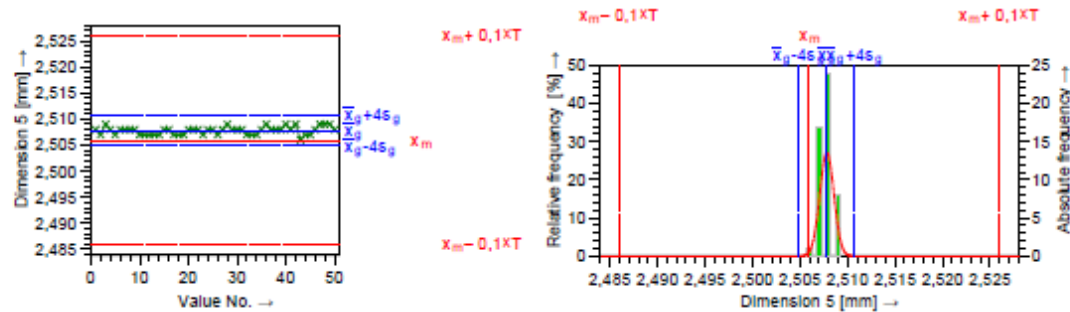
| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|-----|------------|--|---------------|--|
| Test Plan Development Date | 08.07.2021 | Test Plan Developer | MSA | Test Begin | | Operator name | |
| Department | Date | Name | | | | Signature | |
| BrgP/QMM3 | 04.08.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | | | | _____ | |

| | | |
|--|---------------------------------|---------------------------|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 5 |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 6 |
| Mach.Descr. : 1.Mitutoyo BHN 305 | Part number : | Nom.val. : 2,600 |
| Mach.No. : M_MAQ0001 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : -0,100 |
| Resolution : 0,0005 mm | Test Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,100 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 08.07.2021 | Tol. : 0.200 |
| | | Unit : mm |

Comment :
Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 2,50595 Calibration uncertainty : 0,00047

| l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 2,508 | 11 | 2,507 | 21 | 2,508 | 31 | 2,508 | 41 | 2,508 |
| 2 | 2,507 | 12 | 2,507 | 22 | 2,508 | 32 | 2,507 | 42 | 2,509 |
| 3 | 2,509 | 13 | 2,507 | 23 | 2,507 | 33 | 2,507 | 43 | 2,506 |
| 4 | 2,508 | 14 | 2,507 | 24 | 2,508 | 34 | 2,507 | 44 | 2,507 |
| 5 | 2,507 | 15 | 2,508 | 25 | 2,508 | 35 | 2,508 | 45 | 2,507 |
| 6 | 2,508 | 16 | 2,508 | 26 | 2,507 | 36 | 2,509 | 46 | 2,508 |
| 7 | 2,508 | 17 | 2,507 | 27 | 2,508 | 37 | 2,508 | 47 | 2,509 |
| 8 | 2,508 | 18 | 2,507 | 28 | 2,509 | 38 | 2,508 | 48 | 2,509 |
| 9 | 2,508 | 19 | 2,507 | 29 | 2,508 | 39 | 2,508 | 49 | 2,509 |
| 10 | 2,507 | 20 | 2,508 | 30 | 2,508 | 40 | 2,509 | 50 | 2,508 |



| Drawing Values | Collected Values | Statistics |
|---------------------------------|----------------------------|---|
| X _m +0.1xT = 2.52595 | X _{max g} = 2.509 | X _g +3s _g = 2.5099895 |
| X _m = 2.50595 | BI = 0.0018300 | X _g = 2.5077800 |
| X _m -0.1xT = 2.48595 | X _{min g} = 2.506 | X _g -3s _g = 2.5055705 |
| 0.2xT = 0.04000 | R _g = 0.003 | 6s _g = 0.0044191 |
| T = 0.200 | n _{tot} = 50 | s _g = 0.00073651 |
| Unit = mm | | |

| | | | |
|---|-----------------------|--|--|
| Test for Bias | | Test results : significant (α ≤ 0,1%) | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | |
| $C_g = \frac{0.2xT}{6xs_g}$ | = 7.26 ≤ 9.05 ≤ 10.84 | | T _{min} (C _g) = 0.029392 |
| $C_{gk} = \frac{0.1xT - X_g - X_m }{3xs_g}$ | = 6.59 ≤ 8.22 ≤ 9.85 | | T _{min} (C _{gk}) = 0.047687 |
| Resolution | %RE = 0.25% | | T _{min} (%RE) = 0.010000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{gk}) | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | |

Test Plan Development Date : 08.07.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :

Department : BrgP/QMM3 Date : 04.08.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

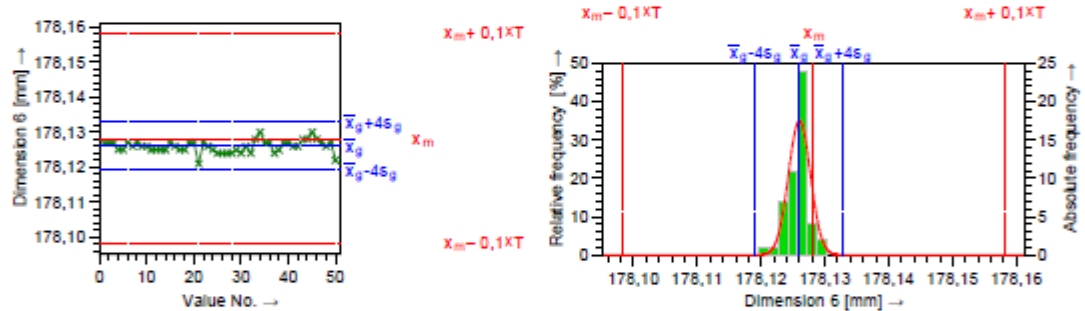
| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-1 Study</h3> | Sheet: 7 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 1.Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0005 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Test Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 08.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 6 Char.No. : 7 Nom.val. : 178,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0.300 Unit : mm |
|---|---|---|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 178,1282 Calibration uncertainty : 0,001

| i | x _i | i | x _i | i | x _i | i | x _i | i | x _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 178,127 | 11 | 178,125 | 21 | 178,121 | 31 | 178,126 | 41 | 178,126 |
| 2 | 178,127 | 12 | 178,125 | 22 | 178,127 | 32 | 178,124 | 42 | 178,126 |
| 3 | 178,127 | 13 | 178,125 | 23 | 178,126 | 33 | 178,128 | 43 | 178,128 |
| 4 | 178,125 | 14 | 178,125 | 24 | 178,125 | 34 | 178,130 | 44 | 178,128 |
| 5 | 178,125 | 15 | 178,127 | 25 | 178,124 | 35 | 178,127 | 45 | 178,130 |
| 6 | 178,127 | 16 | 178,126 | 26 | 178,124 | 36 | 178,127 | 46 | 178,128 |
| 7 | 178,126 | 17 | 178,125 | 27 | 178,124 | 37 | 178,124 | 47 | 178,127 |
| 8 | 178,127 | 18 | 178,125 | 28 | 178,124 | 38 | 178,125 | 48 | 178,126 |
| 9 | 178,126 | 19 | 178,127 | 29 | 178,125 | 39 | 178,127 | 49 | 178,127 |
| 10 | 178,126 | 20 | 178,127 | 30 | 178,124 | 40 | 178,127 | 50 | 178,122 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-------------|------------------|-------------|------------------|---------------|
| $x_{m+0,1XT}$ | = 178,15820 | $x_{max g}$ | = 178,130 | \bar{x}_g+3s_g | = 178,1310617 |
| x_m | = 178,12820 | $ B $ | = 0,0022600 | \bar{x}_g | = 178,1259400 |
| $x_{m-0,1XT}$ | = 178,09820 | $x_{min g}$ | = 178,121 | \bar{x}_g-3s_g | = 178,1208183 |
| $0,2XT$ | = 0,06000 | R_g | = 0,009 | $6s_g$ | = 0,0102435 |
| T | = 0,300 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0,0017072 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|----------------------|--|--|------------|--|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6s_g}$ | = 4.70 ± 5.86 ± 7.01 | | $T_{min}(C_g)$ | = 0.068089 | |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3s_g}$ | = 4.34 ± 5.42 ± 6.49 | | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.090719 | |
| Resolution | %RE = 0.17% | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.010000 | |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

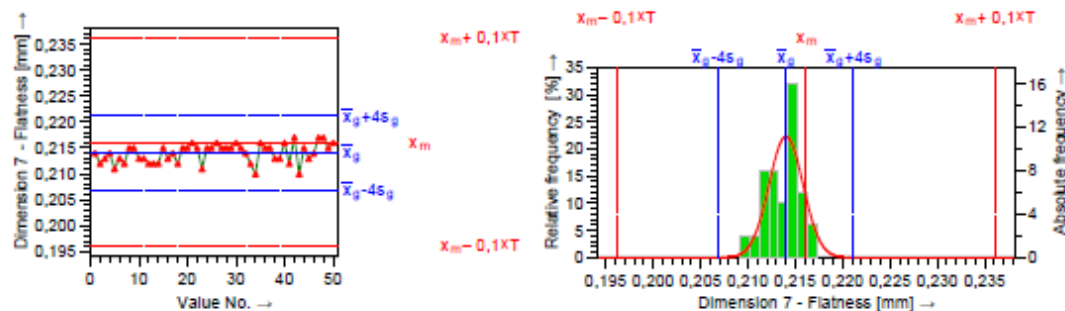
Test Plan Development Date : 08.07.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :

Department : BrgP/QMM3 Date : 04.08.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 1.Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0005 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 08.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 7 - Flatness Char.No. : 8 Nom.val. : 0,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,200 Tol. : 0,200 Unit : mm |
|---|--|---|

| | | | | |
|-----------|-----------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Comment : | Master Descr. : | Master No. : | Std.ref. Value : 0,21614 | Calibration uncertainty : 0,00047 |
|-----------|-----------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------|

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 0,214 | 11 | 0,213 | 21 | 0,216 | 31 | 0,215 | 41 | 0,212 |
| 2 | 0,212 | 12 | 0,212 | 22 | 0,215 | 32 | 0,214 | 42 | 0,217 |
| 3 | 0,213 | 13 | 0,212 | 23 | 0,211 | 33 | 0,212 | 43 | 0,210 |
| 4 | 0,214 | 14 | 0,212 | 24 | 0,215 | 34 | 0,210 | 44 | 0,215 |
| 5 | 0,211 | 15 | 0,215 | 25 | 0,215 | 35 | 0,216 | 45 | 0,213 |
| 6 | 0,213 | 16 | 0,213 | 26 | 0,216 | 36 | 0,215 | 46 | 0,214 |
| 7 | 0,212 | 17 | 0,214 | 27 | 0,215 | 37 | 0,215 | 47 | 0,217 |
| 8 | 0,215 | 18 | 0,212 | 28 | 0,215 | 38 | 0,213 | 48 | 0,217 |
| 9 | 0,215 | 19 | 0,215 | 29 | 0,215 | 39 | 0,213 | 49 | 0,215 |
| 10 | 0,213 | 20 | 0,215 | 30 | 0,216 | 40 | 0,216 | 50 | 0,216 |



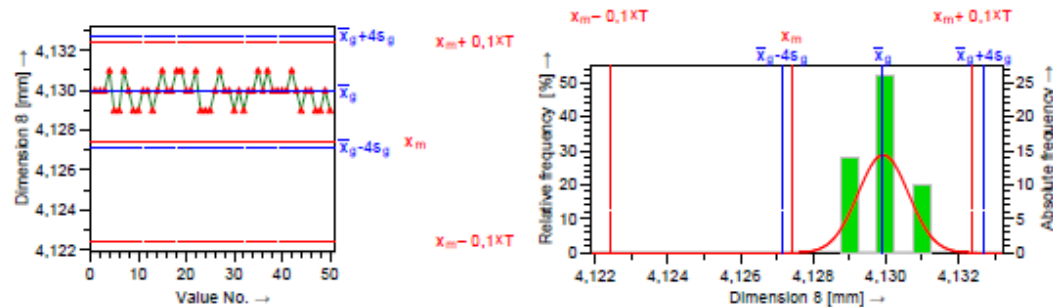
| Drawing Values | Collected Values | Statistics |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|
| $x_m + 0,1XT$ = 0,23614 | $x_{max g}$ = 0,217 | $\bar{x}_g + 3s_g$ = 0,2193496 |
| x_m = 0,21614 | $ B $ = 0,0021600 | \bar{x}_g = 0,2139800 |
| $x_m - 0,1XT$ = 0,19614 | $x_{min g}$ = 0,210 | $\bar{x}_g - 3s_g$ = 0,2086104 |
| $0,2XT$ = 0,04000 | R_g = 0,007 | $6s_g$ = 0,0107393 |
| T = 0,200 | n_{tot} = 50 | s_g = 0,0017899 |
| Unit = mm | | |

| | | | |
|---|--------------------------------|--|------------------------------|
| Test for Bias | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6Xs_g}$ | = 2,99 \leq 3,72 \leq 4,46 | | $T_{min}(C_g)$ = 0,071505 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3Xs_g}$ | = 2,66 \leq 3,32 \leq 3,99 | | $T_{min}(C_{pk})$ = 0,093016 |
| Resolution | %RE = 0,25% | | $T_{min}(\%RE)$ = 0,010000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | |

| | | | |
|---|---------------------------|--|-------------------|
| Test Plan Development Date : 08.07.2021 | Test Plan Developer : MSA | Test Begin : | Operator name : |
| Department : BrgP/QMM3 | Date : 04.08.2021 | Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | Signature : _____ |

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 1.Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0005 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Test Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 08.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 8 Char.No. : 9 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |
| Master Descr. : Master No. : Std./ref. Value : 4,1274 Calibration uncertainty : 0,00052 | | |

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 4,130 | 11 | 4,130 | 21 | 4,130 | 31 | 4,130 | 41 | 4,130 |
| 2 | 4,130 | 12 | 4,130 | 22 | 4,131 | 32 | 4,129 | 42 | 4,131 |
| 3 | 4,130 | 13 | 4,129 | 23 | 4,129 | 33 | 4,130 | 43 | 4,130 |
| 4 | 4,131 | 14 | 4,130 | 24 | 4,129 | 34 | 4,130 | 44 | 4,129 |
| 5 | 4,129 | 15 | 4,131 | 25 | 4,129 | 35 | 4,131 | 45 | 4,130 |
| 6 | 4,129 | 16 | 4,130 | 26 | 4,130 | 36 | 4,130 | 46 | 4,130 |
| 7 | 4,131 | 17 | 4,130 | 27 | 4,131 | 37 | 4,131 | 47 | 4,129 |
| 8 | 4,130 | 18 | 4,131 | 28 | 4,130 | 38 | 4,130 | 48 | 4,129 |
| 9 | 4,129 | 19 | 4,131 | 29 | 4,130 | 39 | 4,130 | 49 | 4,130 |
| 10 | 4,129 | 20 | 4,130 | 30 | 4,129 | 40 | 4,130 | 50 | 4,129 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|--|--------------------------------------|------------------|--|--------------------|--------------|
| $x_{m+0,1XT}$ | = 4.13240 | $x_{max g}$ | = 4.131 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 4.1320055 |
| x_m | = 4.12740 | B | = 0.0025200 | \bar{x}_g | = 4.1299200 |
| $x_{m-0,1XT}$ | = 4.12240 | $x_{min g}$ | = 4.129 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 4.1278345 |
| 0.2XT | = 0.01000 | R_g | = 0.002 | s_g | = 0.0041710 |
| T | = 0.050 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0.00069517 |
| Unit | = mm | | | | |
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \neq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6x s_g}$ | = 1.92 \approx 2.40 \approx 2.87 | | 1.33 | $T_{min}(C_g)$ | = 0.027708 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3x s_g}$ | = 0.94 \approx 1.19 \approx 1.44 | | 1.33 | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.052937 |
| Resolution | %RE = 1.00% | | 5 | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.010000 |
| The requirements were not met (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

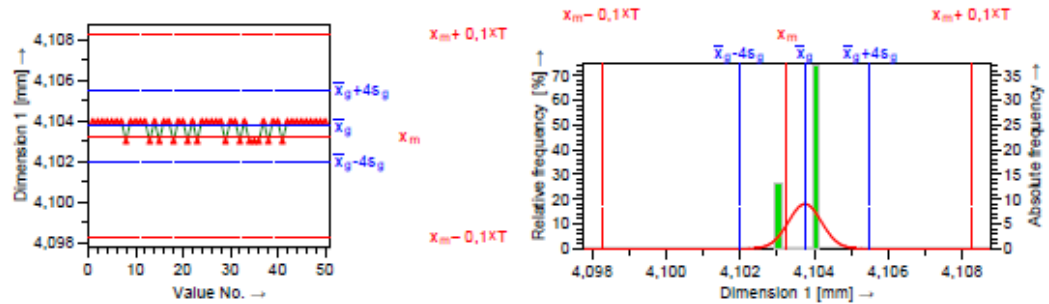
| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|-----|------------|--|---------------|--|
| Test Plan Development Date | 08.07.2021 | Test Plan Developer | MSA | Test Begin | | Operator name | |
| Department | Date | Name | | Signature | | | |
| BrgP/QMM3 | 04.08.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | | | | | |

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25235 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Test Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 30.06.2021 | Char.Descr. : Dimension 1 Char.No. : 1 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
|---|---|--|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 4,10326 Calibration uncertainty : 0,00057

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 4,104 | 11 | 4,104 | 21 | 4,103 | 31 | 4,104 | 41 | 4,103 |
| 2 | 4,104 | 12 | 4,104 | 22 | 4,104 | 32 | 4,103 | 42 | 4,104 |
| 3 | 4,104 | 13 | 4,103 | 23 | 4,103 | 33 | 4,104 | 43 | 4,104 |
| 4 | 4,104 | 14 | 4,104 | 24 | 4,104 | 34 | 4,103 | 44 | 4,104 |
| 5 | 4,104 | 15 | 4,103 | 25 | 4,104 | 35 | 4,103 | 45 | 4,104 |
| 6 | 4,104 | 16 | 4,104 | 26 | 4,104 | 36 | 4,103 | 46 | 4,104 |
| 7 | 4,104 | 17 | 4,104 | 27 | 4,104 | 37 | 4,104 | 47 | 4,104 |
| 8 | 4,103 | 18 | 4,103 | 28 | 4,104 | 38 | 4,103 | 48 | 4,104 |
| 9 | 4,104 | 19 | 4,104 | 29 | 4,103 | 39 | 4,104 | 49 | 4,104 |
| 10 | 4,104 | 20 | 4,104 | 30 | 4,104 | 40 | 4,104 | 50 | 4,104 |



| Drawing Values | Collected Values | Statistics |
|-------------------------|----------------------|------------------------------|
| $x_{m+0,1XT}$ = 4.10826 | $x_{max\ g}$ = 4.104 | \bar{x}_g+3s_g = 4.1050693 |
| x_m = 4.10326 | $ B $ = 0.00048000 | \bar{x}_g = 4.1037400 |
| $x_{m-0,1XT}$ = 4.09826 | $x_{min\ g}$ = 4.103 | \bar{x}_g-3s_g = 4.1024107 |
| $0,2XT$ = 0.01000 | R_g = 0.001 | $6s_g$ = 0.0026585 |
| T = 0.050 | n_{tot} = 50 | s_g = 0.00044309 |
| Unit = mm | | |

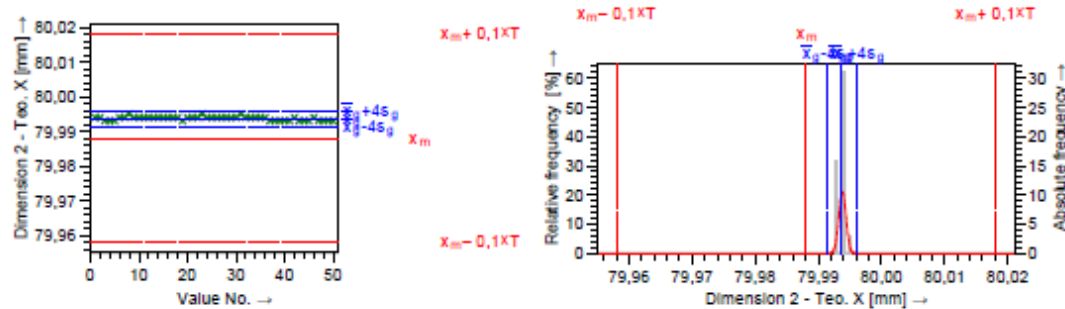
| | | | |
|---|----------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Test for Bias | | Test results : significant (α ≤ 0,1%) | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6Xs_g}$ | = 3.02 ≤ 3.76 ≤ 4.50 | | $T_{min}(C_g)$ = 0.017686 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3Xs_g}$ | = 2.72 ≤ 3.40 ≤ 4.08 | | $T_{min}(C_{pk})$ = 0.022479 |
| Resolution | %RE = 0.20% | | $T_{min}(\%RE)$ = 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | |

Test Plan Development Date : 30.06.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :

Department : BrgP/QMM3 Date : 05.07.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

| | | |
|--|---------------------------------|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 2 - Teo. X |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 2 |
| Mach.Descr. : 2.Mitutoyo Crysta Apex S | Part number : | Nom.val. : 80,000 |
| Mach.No. : 25235 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : -0,150 |
| Resolution : 0,0001 mm | Test Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,150 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begn : 30.06.2021 | Tol. : 0.300 |
| | | Unit : mm |
| Comment : | | |
| Comment : | | |
| Master Descr. : | Master No. : | Std.ref. Value : 79,98806 Calibration uncertainty : 0,00067 |

| I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 79,994 | 11 | 79,994 | 21 | 79,994 | 31 | 79,995 | 41 | 79,993 |
| 2 | 79,994 | 12 | 79,994 | 22 | 79,994 | 32 | 79,994 | 42 | 79,994 |
| 3 | 79,993 | 13 | 79,994 | 23 | 79,995 | 33 | 79,994 | 43 | 79,993 |
| 4 | 79,993 | 14 | 79,994 | 24 | 79,994 | 34 | 79,994 | 44 | 79,993 |
| 5 | 79,993 | 15 | 79,994 | 25 | 79,994 | 35 | 79,994 | 45 | 79,993 |
| 6 | 79,994 | 16 | 79,994 | 26 | 79,994 | 36 | 79,994 | 46 | 79,994 |
| 7 | 79,994 | 17 | 79,994 | 27 | 79,994 | 37 | 79,993 | 47 | 79,993 |
| 8 | 79,995 | 18 | 79,994 | 28 | 79,994 | 38 | 79,993 | 48 | 79,993 |
| 9 | 79,994 | 19 | 79,993 | 29 | 79,994 | 39 | 79,993 | 49 | 79,993 |
| 10 | 79,994 | 20 | 79,994 | 30 | 79,994 | 40 | 79,993 | 50 | 79,993 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|------------|------------------|-------------|--------------------|--------------|
| $X_m + 0,1XT$ | = 80,01806 | $X_{max,g}$ | = 79,995 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 79,9954338 |
| X_m | = 79,98806 | BI | = 0,0056800 | \bar{x}_g | = 79,9937400 |
| $X_m - 0,1XT$ | = 79,95806 | $X_{min,g}$ | = 79,993 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 79,9920462 |
| $0,2XT$ | = 0,06000 | R_g | = 0,002 | $6s_g$ | = 0,0033876 |
| T | = 0,300 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0,00056460 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|------------------------|------|--|---|-----------|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6Xs_g}$ | -14,21 ≤ 17,71 ≤ 21,20 | 1,33 | $T_{min}(C_g)$ | = | 0,022530 |
| $C_{gk} = \frac{0,1XT - x_g - X_m }{3Xs_g}$ | -11,51 ≤ 14,36 ≤ 17,20 | 1,33 | $T_{min}(C_{gk})$ | = | 0,079328 |
| Resolution | %RE = 0,03% | 5 | $T_{min}(\%RE)$ | = | 0,0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{gk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date: 30.06.2021 Test Plan Developer: MSA Test Begn: Operator name: _____

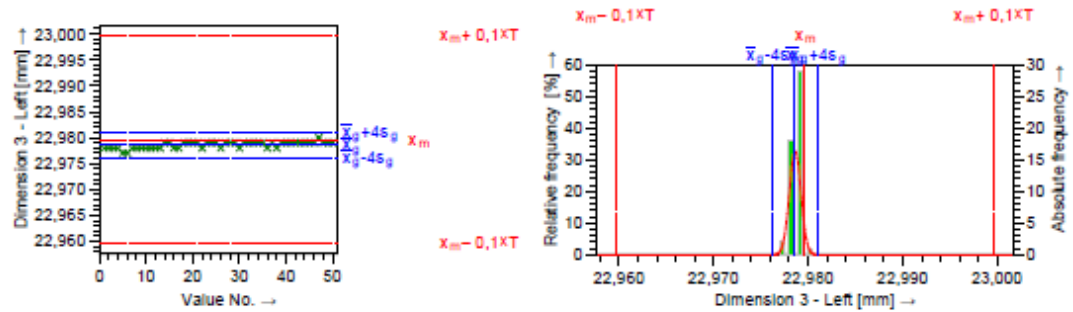
Department: BrgP/QMM3 Date: 05.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 3 - Left |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 3 |
| Mach.Descr. : 2.Mitutoyo Crysta Apex S | Part number : | Nom.val. : 23,000 |
| Mach.No. : 25235 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : -0,100 |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,100 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 30.06.2021 | Tol. : 0.200 |
| | | Unit : mm |

Comment :
Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 22,97964 Calibration uncertainty : 0,00052

| | | | | | | | | | |
|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|
| 1 | 22,978 | 11 | 22,978 | 21 | 22,979 | 31 | 22,979 | 41 | 22,979 |
| 2 | 22,978 | 12 | 22,978 | 22 | 22,978 | 32 | 22,979 | 42 | 22,979 |
| 3 | 22,978 | 13 | 22,978 | 23 | 22,979 | 33 | 22,979 | 43 | 22,979 |
| 4 | 22,978 | 14 | 22,979 | 24 | 22,979 | 34 | 22,979 | 44 | 22,979 |
| 5 | 22,977 | 15 | 22,979 | 25 | 22,979 | 35 | 22,979 | 45 | 22,979 |
| 6 | 22,977 | 16 | 22,978 | 26 | 22,978 | 36 | 22,978 | 46 | 22,979 |
| 7 | 22,978 | 17 | 22,978 | 27 | 22,979 | 37 | 22,979 | 47 | 22,980 |
| 8 | 22,978 | 18 | 22,979 | 28 | 22,979 | 38 | 22,978 | 48 | 22,979 |
| 9 | 22,978 | 19 | 22,979 | 29 | 22,979 | 39 | 22,979 | 49 | 22,979 |
| 10 | 22,978 | 20 | 22,979 | 30 | 22,978 | 40 | 22,979 | 50 | 22,979 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|------------|------------------|-------------|--------------------|--------------|
| $X_{m+0,1XT}$ | = 22.99964 | $X_{max g}$ | = 22.980 | $\bar{X}_g + 3s_g$ | = 22.9804073 |
| X_m | = 22.97964 | $ BI $ | = 0.0010600 | \bar{X}_g | = 22.9785800 |
| $X_{m-0,1XT}$ | = 22.95964 | $X_{min g}$ | = 22.977 | $\bar{X}_g - 3s_g$ | = 22.9767527 |
| $0,2XT$ | = 0.04000 | R_g | = 0.003 | $6s_g$ | = 0.0036547 |
| T | = 0.200 | n_{test} | = 50 | s_g | = 0.00060911 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|--------|--------------|--------------|--|------|
| Test for Bias | | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6X_{s_g}}$ | = 8.78 | ≤ 10.94 | ≤ 13.10 | 0 | 1.33 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3X_{s_g}}$ | = 8.31 | ≤ 10.36 | ≤ 12.42 | 0 | 1.33 |
| Resolution | %RE | = 0.05% | | 0 | 5 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date: 30.06.2021 Test Plan Developer: MSA Test Begin: Operator name: _____

Department: BrgP/QMM3 Date: 05.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

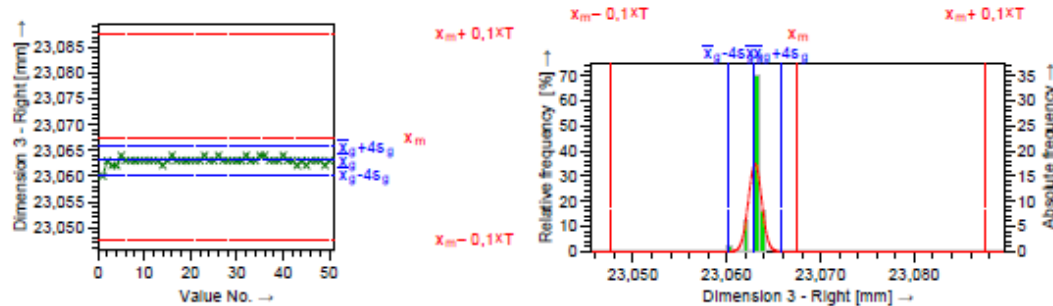
| | | |
|--|---|--------------|
| | Measurement System Analysis Type-1 Study | Sheet: 4 / 9 |
|--|---|--------------|

| | | |
|---|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25235 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 30.06.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 - Right Char.No. : 4 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
|---|--|--|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 23,06756 Calibration uncertainty : 0,0005

| i | x _i | i | x _i | i | x _i | i | x _i | i | x _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 23,060 | 11 | 23,063 | 21 | 23,063 | 31 | 23,063 | 41 | 23,063 |
| 2 | 23,063 | 12 | 23,063 | 22 | 23,063 | 32 | 23,064 | 42 | 23,063 |
| 3 | 23,062 | 13 | 23,063 | 23 | 23,064 | 33 | 23,063 | 43 | 23,062 |
| 4 | 23,062 | 14 | 23,062 | 24 | 23,063 | 34 | 23,063 | 44 | 23,063 |
| 5 | 23,064 | 15 | 23,063 | 25 | 23,063 | 35 | 23,064 | 45 | 23,062 |
| 6 | 23,063 | 16 | 23,064 | 26 | 23,064 | 36 | 23,064 | 46 | 23,063 |
| 7 | 23,063 | 17 | 23,063 | 27 | 23,063 | 37 | 23,063 | 47 | 23,063 |
| 8 | 23,063 | 18 | 23,063 | 28 | 23,063 | 38 | 23,063 | 48 | 23,063 |
| 9 | 23,063 | 19 | 23,063 | 29 | 23,063 | 39 | 23,063 | 49 | 23,062 |
| 10 | 23,063 | 20 | 23,063 | 30 | 23,063 | 40 | 23,064 | 50 | 23,063 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|-----------------------|------------|--------------------|-------------|----------------------------------|--------------|
| X _m +0,1XT | = 23,08756 | X _{max g} | = 23,064 | X̄ _g +3σ _g | = 23,0650345 |
| X _m | = 23,06756 | BI | = 0,0045800 | X̄ _g | = 23,0629800 |
| X _m -0,1XT | = 23,04756 | X _{min g} | = 23,060 | X̄ _g -3σ _g | = 23,0609255 |
| 0,2XT | = 0,04000 | R _g | = 0,004 | σ _g | = 0,0041089 |
| T | = 0,200 | n _{tot} | = 50 | σ _u | = 0,00068482 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|-----------------------|--|---------------------------------------|-------------|--|
| Test for Bias | | | Test results : significant (α = 0,1%) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6\sigma_g}$ | = 7,81 ≈ 9,73 ≈ 11,65 | | T _{min} (C _g) | = 0,027338 | |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X̄_g - X_m }{3\sigma_g}$ | = 6,02 ≈ 7,51 ≈ 8,99 | | T _{min} (C _{pk}) | = 0,073124 | |
| Resolution %RE | = 0,05% | | T _{min} (%RE) | = 0,0020000 | |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date : 30.06.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :

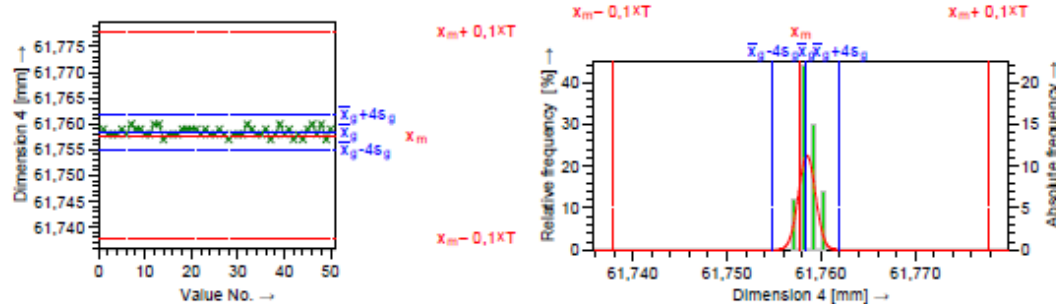
Department : BrgP/QMM3 Date : 05.07.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

| | | |
|---|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25235 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 30.06.2021 | Char.Descr. : Dimension 4 Char.No. : 5 Nom.val. : 61,800 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
|---|--|--|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 61,75781 Calibration uncertainty : 0,00061

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 61,759 | 11 | 61,758 | 21 | 61,759 | 31 | 61,758 | 41 | 61,759 |
| 2 | 61,758 | 12 | 61,760 | 22 | 61,758 | 32 | 61,760 | 42 | 61,757 |
| 3 | 61,758 | 13 | 61,760 | 23 | 61,759 | 33 | 61,759 | 43 | 61,758 |
| 4 | 61,758 | 14 | 61,757 | 24 | 61,758 | 34 | 61,758 | 44 | 61,757 |
| 5 | 61,759 | 15 | 61,758 | 25 | 61,758 | 35 | 61,758 | 45 | 61,759 |
| 6 | 61,758 | 16 | 61,758 | 26 | 61,759 | 36 | 61,759 | 46 | 61,760 |
| 7 | 61,760 | 17 | 61,758 | 27 | 61,758 | 37 | 61,757 | 47 | 61,758 |
| 8 | 61,759 | 18 | 61,759 | 28 | 61,757 | 38 | 61,758 | 48 | 61,760 |
| 9 | 61,759 | 19 | 61,759 | 29 | 61,758 | 39 | 61,760 | 49 | 61,757 |
| 10 | 61,758 | 20 | 61,759 | 30 | 61,758 | 40 | 61,758 | 50 | 61,759 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| $x_{m+0,1XT}$ | = 61.77781 | x_{maxg} | = 61.760 | \bar{x}_g+3s_g | = 61.7611165 |
| x_m | = 61.75781 | B | = 0.00065000 | \bar{x}_g | = 61.7584600 |
| $x_{m-0,1XT}$ | = 61.73781 | x_{ming} | = 61.757 | \bar{x}_g-3s_g | = 61.7558035 |
| 0.2XT | = 0.04000 | R_g | = 0.003 | $6s_g$ | = 0.0053129 |
| T | = 0.200 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0.00088548 |
| Unit | = mm | | | | |

Test for Bias Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$)

| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | | |
|---|--------|-------------|-------------|--|-------------------|-------------|
| $C_g = \frac{0,2XT}{6 \times s_g}$ | = 6.04 | ≤ 7.53 | ≤ 9.01 | | $T_{min}(C_g)$ | = 0.035325 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3 \times s_g}$ | = 5.84 | ≤ 7.28 | ≤ 8.73 | | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.041831 |
| Resolution | %RE | = 0.05% | | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 |

Measurement system capable (%RE,min,C_g,C_{pk})

BOSCH 2018: Type 1

Test Plan Development Date 30.06.2021 Test Plan Developer MSA Test Begin Operator name

Department Date Name
 BrgP/QMM3 05.07.2021 Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature _____

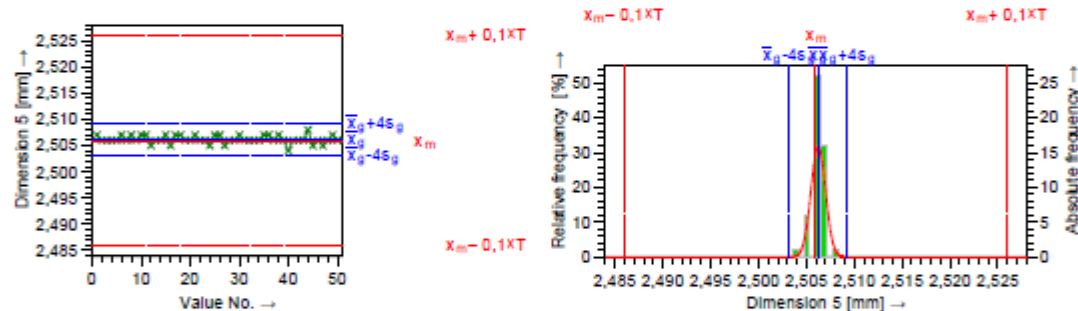
| | | |
|--|--|--------------|
| <b style="font-size: 1.2em;">BOSCH | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-1 Study</h3> | Sheet: 6 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25235 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 30.06.2021 | Char.Descr. : Dimension 5 Char.No. : 6 Nom.val. : 2,600 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
|---|--|---|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 2,50595 Calibration uncertainty : 0,00047

| I | x _i | I | x _i | I | x _i | I | x _i | I | x _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 2,507 | 11 | 2,507 | 21 | 2,507 | 31 | 2,506 | 41 | 2,506 |
| 2 | 2,506 | 12 | 2,505 | 22 | 2,506 | 32 | 2,506 | 42 | 2,506 |
| 3 | 2,506 | 13 | 2,506 | 23 | 2,506 | 33 | 2,506 | 43 | 2,506 |
| 4 | 2,506 | 14 | 2,506 | 24 | 2,505 | 34 | 2,506 | 44 | 2,508 |
| 5 | 2,506 | 15 | 2,507 | 25 | 2,507 | 35 | 2,507 | 45 | 2,505 |
| 6 | 2,507 | 16 | 2,505 | 26 | 2,507 | 36 | 2,507 | 46 | 2,506 |
| 7 | 2,506 | 17 | 2,507 | 27 | 2,505 | 37 | 2,506 | 47 | 2,505 |
| 8 | 2,507 | 18 | 2,507 | 28 | 2,506 | 38 | 2,507 | 48 | 2,506 |
| 9 | 2,506 | 19 | 2,506 | 29 | 2,506 | 39 | 2,506 | 49 | 2,507 |
| 10 | 2,507 | 20 | 2,506 | 30 | 2,507 | 40 | 2,504 | 50 | 2,506 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-----------|------------------|--------------|--------------------|--------------|
| $x_m + 0,1XT$ | = 2,52595 | $x_{max g}$ | = 2,508 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 2,5084678 |
| x_m | = 2,50595 | $ BI $ | = 0,00025000 | \bar{x}_g | = 2,5062000 |
| $x_m - 0,1XT$ | = 2,48595 | $x_{min g}$ | = 2,504 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 2,5039322 |
| $0,2XT$ | = 0,04000 | R_g | = 0,004 | $6s_g$ | = 0,0045356 |
| T | = 0,200 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0,00075593 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|-------------|------------------------|--|-------------------|-------------|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \neq 5\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6s_g}$ | = 7,08 | $\leq 8,82 \leq 10,56$ | | $T_{min}(C_g)$ | = 0,030159 |
| $C_{gk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3s_g}$ | = 6,98 | $\leq 8,71 \leq 10,44$ | | $T_{min}(C_{gk})$ | = 0,032662 |
| Resolution | %RE = 0,05% | | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0,0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{gk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date : 30.06.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :

Department : BrgP/QMM3 Date : 05.07.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

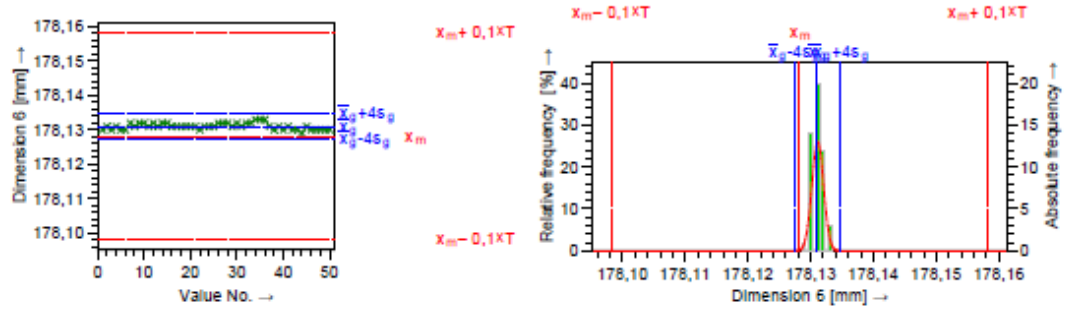
| | | |
|--|---|--------------|
| | Measurement System Analysis Type-1 Study | Sheet: 7 / 9 |
|--|---|--------------|

| | | |
|--|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 2.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25235 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 30.06.2021 | Char.Descri. : Dimension 6 Char.No. : 7 Nom.val. : 178,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0.300 Unit : mm |
|--|--|--|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std./ref. Value : 178,1282 Calibration uncertainty : 0,001

| i | x _i | i | x _i | i | x _i | i | x _i | i | x _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 178,130 | 11 | 178,131 | 21 | 178,131 | 31 | 178,131 | 41 | 178,131 |
| 2 | 178,131 | 12 | 178,132 | 22 | 178,130 | 32 | 178,132 | 42 | 178,130 |
| 3 | 178,130 | 13 | 178,131 | 23 | 178,131 | 33 | 178,132 | 43 | 178,130 |
| 4 | 178,131 | 14 | 178,132 | 24 | 178,131 | 34 | 178,133 | 44 | 178,129 |
| 5 | 178,130 | 15 | 178,132 | 25 | 178,131 | 35 | 178,133 | 45 | 178,131 |
| 6 | 178,130 | 16 | 178,131 | 26 | 178,132 | 36 | 178,133 | 46 | 178,130 |
| 7 | 178,132 | 17 | 178,131 | 27 | 178,132 | 37 | 178,131 | 47 | 178,130 |
| 8 | 178,131 | 18 | 178,131 | 28 | 178,132 | 38 | 178,130 | 48 | 178,130 |
| 9 | 178,132 | 19 | 178,131 | 29 | 178,131 | 39 | 178,131 | 49 | 178,130 |
| 10 | 178,132 | 20 | 178,131 | 30 | 178,132 | 40 | 178,130 | 50 | 178,130 |



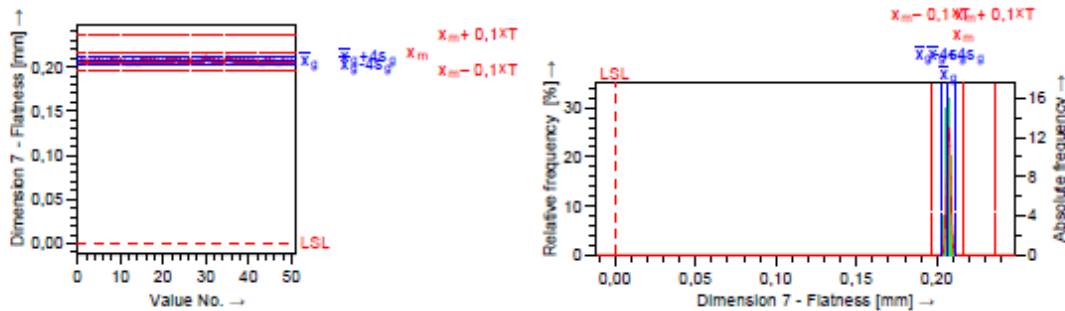
| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-------------|------------------|-------------|--------------------|---------------|
| $x_{m+0,1XT}$ | = 178,15820 | $x_{max g}$ | = 178,133 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 178,1336148 |
| x_m | = 178,12820 | BI | = 0,0028400 | \bar{x}_m | = 178,1310400 |
| $x_{m-0,1XT}$ | = 178,09820 | $x_{min g}$ | = 178,129 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 178,1282652 |
| $0,2XT$ | = 0,06000 | R_g | = 0,004 | s_g | = 0,0055496 |
| T | = 0,300 | n_{tot} | = 50 | s_m | = 0,00092494 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|------------------------|---|--|-------------------|-------------|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6 \times s_g}$ | = 8.68 ± 10.81 ± 12.94 | 0 | 1,33 | $T_{min}(C_g)$ | = 0.036910 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3 \times s_g}$ | = 7.85 ± 9.79 ± 11.73 | 0 | 1,33 | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.065305 |
| Resolution | %RE = 0.03% | 0 | 5 | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | 😊 |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date : 30.06.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :
 Department : BrgP/QMM3 Date : 05.07.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25235 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : I Part number : I Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 30.06.2021 | Char.Descr. : Dimension 7 - Flatness Char.No. : 8 Nom.val. : 0,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,200 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |
| Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 0,21614 Calibration uncertainty : 0,00047 | | |

| I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 0,207 | 11 | 0,206 | 21 | 0,208 | 31 | 0,209 | 41 | 0,207 |
| 2 | 0,206 | 12 | 0,205 | 22 | 0,208 | 32 | 0,207 | 42 | 0,206 |
| 3 | 0,206 | 13 | 0,207 | 23 | 0,209 | 33 | 0,207 | 43 | 0,205 |
| 4 | 0,207 | 14 | 0,205 | 24 | 0,207 | 34 | 0,206 | 44 | 0,208 |
| 5 | 0,207 | 15 | 0,208 | 25 | 0,206 | 35 | 0,210 | 45 | 0,207 |
| 6 | 0,206 | 16 | 0,208 | 26 | 0,208 | 36 | 0,209 | 46 | 0,206 |
| 7 | 0,206 | 17 | 0,208 | 27 | 0,206 | 37 | 0,207 | 47 | 0,205 |
| 8 | 0,208 | 18 | 0,208 | 28 | 0,206 | 38 | 0,208 | 48 | 0,207 |
| 9 | 0,207 | 19 | 0,206 | 29 | 0,207 | 39 | 0,207 | 49 | 0,206 |
| 10 | 0,207 | 20 | 0,206 | 30 | 0,210 | 40 | 0,207 | 50 | 0,206 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|--|----------------------|------------------|-------------------|--|-------------|
| $X_m + 0,1XT$ | = 0.23614 | $X_{max g}$ | = 0.210 | $\bar{X}_g + 3s_g$ | = 0.2105907 |
| X_m | = 0.21614 | $ BI $ | = 0.0091600 | \bar{X}_g | = 0.2069800 |
| $X_m - 0,1XT$ | = 0.19614 | $X_{min g}$ | = 0.205 | $\bar{X}_g - 3s_g$ | = 0.2033693 |
| $0,2XT^*$ | = 0.04000 | R_g | = 0.005 | s_g | = 0.0072214 |
| T^* | = 0.200 | n_{tot} | = 50 | s_u | = 0.0012036 |
| Unit | = mm | | | | |
| Test for Bias | | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6Xs_g}$ | = 4.45 ≤ 5.54 ≤ 6.63 | | $T_{min}(C_g)$ | = 0.048014 | |
| $C_{gk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3Xs_m}$ | = 2.40 ≤ 3.00 ≤ 3.60 | | $T_{min}(C_{gk})$ | = 0.13962 | |
| Resolution | %RE = 0.05% | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 | |
| Measurement system capable (%RE, min, C _g , C _{gk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date: 30.06.2021 Test Plan Developer: MSA Test Begin: Operator name:

Department: BrgP/QMM3 Date: 05.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

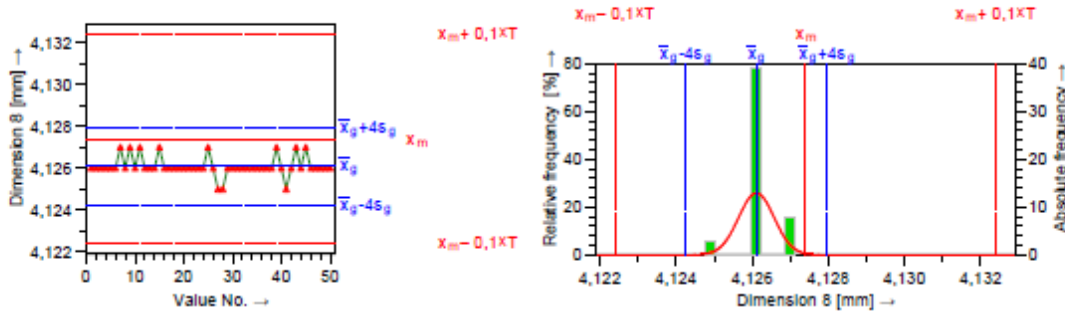


Measurement System Analysis Type-1 Study

Sheet: 9 / 9

| | | |
|---|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25235 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 30.06.2021 | Char.Descr. : Dimension 8 Char.No. : 9 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |
| Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 4,1274 Calibration uncertainty : 0,00052 | | |

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 4,126 | 11 | 4,127 | 21 | 4,126 | 31 | 4,126 | 41 | 4,125 |
| 2 | 4,126 | 12 | 4,126 | 22 | 4,126 | 32 | 4,126 | 42 | 4,126 |
| 3 | 4,126 | 13 | 4,126 | 23 | 4,126 | 33 | 4,126 | 43 | 4,127 |
| 4 | 4,126 | 14 | 4,126 | 24 | 4,126 | 34 | 4,126 | 44 | 4,126 |
| 5 | 4,126 | 15 | 4,127 | 25 | 4,127 | 35 | 4,126 | 45 | 4,127 |
| 6 | 4,126 | 16 | 4,126 | 26 | 4,126 | 36 | 4,126 | 46 | 4,126 |
| 7 | 4,127 | 17 | 4,126 | 27 | 4,125 | 37 | 4,126 | 47 | 4,126 |
| 8 | 4,126 | 18 | 4,126 | 28 | 4,125 | 38 | 4,126 | 48 | 4,126 |
| 9 | 4,127 | 19 | 4,126 | 29 | 4,126 | 39 | 4,127 | 49 | 4,126 |
| 10 | 4,126 | 20 | 4,126 | 30 | 4,126 | 40 | 4,126 | 50 | 4,126 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|--|--------------------------------|------------------|---|--------------------|--------------|
| $x_m + 0.1XT$ | = 4.13240 | $x_{max\ g}$ | = 4.127 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 4.1274887 |
| x_m | = 4.12740 | $ B $ | = 0.0013000 | \bar{x}_g | = 4.1261000 |
| $x_m - 0.1XT$ | = 4.12240 | $x_{min\ g}$ | = 4.125 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 4.1247113 |
| $0.2XT$ | = 0.01000 | R_g | = 0.002 | $6s_g$ | = 0.0027775 |
| T | = 0.050 | n_{ref} | = 50 | s_g | = 0.00046291 |
| Unit | = mm | | | | |
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha = 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0.2XT}{6x s_g}$ | = 2.89 \leq 3.60 \leq 4.31 | | $T_{min}(C_g)$ | = | 0.018472 |
| $C_{pk} = \frac{0.1XT - x_g - x_m }{3x s_g}$ | = 2.13 \leq 2.66 \leq 3.20 | | $T_{min}(C_{pk})$ | = | 0.031470 |
| Resolution | %RE = 0.20% | | $T_{min}(\%RE)$ | = | 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE, min, C _g , C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

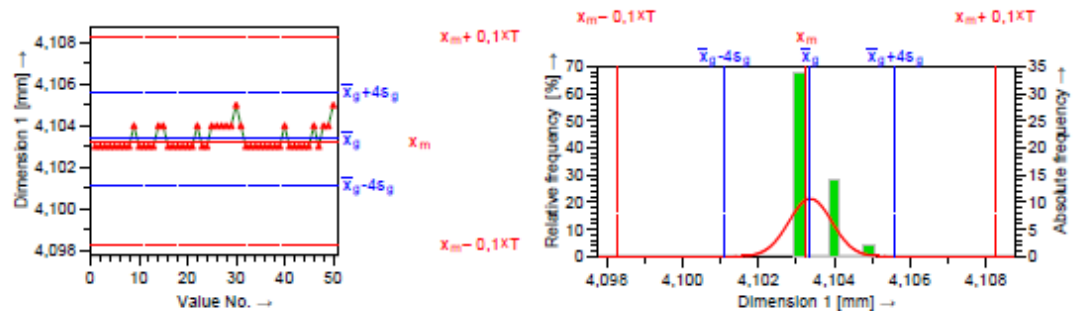
| | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|---------------|
| Test Plan Development Date | 30.06.2021 | Test Plan Developer | MSA |
| | | Test Begin | Operator name |
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Test Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 02.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 1 Char.No. : 1 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0.050 Unit : mm |
|---|---|--|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 4,10326 Calibration uncertainty : 0,00057

| l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 4,103 | 11 | 4,103 | 21 | 4,103 | 31 | 4,104 | 41 | 4,103 |
| 2 | 4,103 | 12 | 4,103 | 22 | 4,104 | 32 | 4,103 | 42 | 4,103 |
| 3 | 4,103 | 13 | 4,103 | 23 | 4,103 | 33 | 4,103 | 43 | 4,103 |
| 4 | 4,103 | 14 | 4,104 | 24 | 4,103 | 34 | 4,103 | 44 | 4,103 |
| 5 | 4,103 | 15 | 4,104 | 25 | 4,104 | 35 | 4,103 | 45 | 4,103 |
| 6 | 4,103 | 16 | 4,103 | 26 | 4,104 | 36 | 4,103 | 46 | 4,104 |
| 7 | 4,103 | 17 | 4,103 | 27 | 4,104 | 37 | 4,103 | 47 | 4,103 |
| 8 | 4,103 | 18 | 4,103 | 28 | 4,104 | 38 | 4,103 | 48 | 4,104 |
| 9 | 4,104 | 19 | 4,103 | 29 | 4,104 | 39 | 4,103 | 49 | 4,104 |
| 10 | 4,103 | 20 | 4,103 | 30 | 4,105 | 40 | 4,104 | 50 | 4,105 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|-----------------------|-----------|--------------------|---------------|---------------------------------|--------------|
| X _m +0,1XT | = 4.10826 | X _{max g} | = 4.105 | X _g +3s _g | = 4.1050484 |
| X _m | = 4.10326 | BI | = 0.000100000 | X _g | = 4.1033600 |
| X _m -0,1XT | = 4.09826 | X _{min g} | = 4.103 | X _g -3s _g | = 4.1016716 |
| 0,2XT | = 0.01000 | R _g | = 0.002 | 6s _g | = 0.0033768 |
| T | = 0.050 | n _{tot} | = 50 | s _g | = 0.00056279 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|----------------------|--|------|-------------------------------------|-------------|
| Test for Bias | | | | Test results : Insignificant | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6X_{s_g}}$ | = 2.38 ≈ 2.96 ≈ 3.55 | | 1.33 | T _{min} (C _g) | = 0.022466 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3X_{s_g}}$ | = 2.32 ≈ 2.90 ≈ 3.48 | | 1.33 | T _{min} (C _{pk}) | = 0.023455 |
| Resolution | %RE = 0.20% | | 5 | T _{min} (%RE) | = 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date: 02.07.2021 Test Plan Developer: MSA Test Begin: Operator name: _____

Department: BrgP/QMM3 Date: 05.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

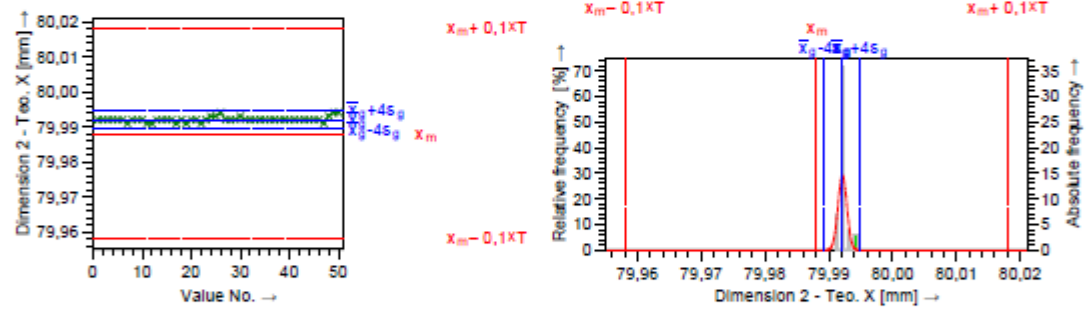
| | | |
|--|--|--------------|
| <b style="font-size: 1.2em;">BOSCH | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-1 Study</h3> | Sheet: 2 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 02.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 2 - Teo. X Char.No. : 2 Nom.val. : 80,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0.300 Unit : mm |
|---|--|---|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 79,98806 Calibration uncertainty : 0,00067

| i | X _i | i | X _i | i | X _i | i | X _i | i | X _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 79,992 | 11 | 79,991 | 21 | 79,992 | 31 | 79,992 | 41 | 79,992 |
| 2 | 79,992 | 12 | 79,991 | 22 | 79,991 | 32 | 79,992 | 42 | 79,992 |
| 3 | 79,992 | 13 | 79,992 | 23 | 79,992 | 33 | 79,992 | 43 | 79,992 |
| 4 | 79,992 | 14 | 79,992 | 24 | 79,993 | 34 | 79,992 | 44 | 79,992 |
| 5 | 79,992 | 15 | 79,992 | 25 | 79,993 | 35 | 79,992 | 45 | 79,992 |
| 6 | 79,992 | 16 | 79,992 | 26 | 79,994 | 36 | 79,992 | 46 | 79,992 |
| 7 | 79,991 | 17 | 79,991 | 27 | 79,992 | 37 | 79,992 | 47 | 79,991 |
| 8 | 79,992 | 18 | 79,992 | 28 | 79,992 | 38 | 79,992 | 48 | 79,993 |
| 9 | 79,992 | 19 | 79,991 | 29 | 79,992 | 39 | 79,992 | 49 | 79,994 |
| 10 | 79,992 | 20 | 79,992 | 30 | 79,993 | 40 | 79,992 | 50 | 79,994 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|------------|------------------|-------------|--------------------|--------------|
| $X_m + 0.1XT$ | = 80.01806 | $X_{min g}$ | = 79.994 | $\bar{X}_g + 3s_g$ | = 79.9941073 |
| X_m | = 79.98806 | BI | = 0.0040000 | \bar{X}_g | = 79.9920600 |
| $X_m - 0.1XT$ | = 79.95806 | $X_{min g}$ | = 79.991 | $\bar{X}_g - 3s_g$ | = 79.9900127 |
| $0.2XT$ | = 0.06000 | R_g | = 0.003 | $6s_g$ | = 0.0040946 |
| T | = 0.300 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0.00068243 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|--|--------------------------------|---|--|-------------------|-------------|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \neq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0.2XT}{6Xs_g}$ | $-11.76 \leq 14.65 \leq 17.54$ | 0 | 1.33 | $T_{min}(C_g)$ | = 0.027235 |
| $C_{pk} = \frac{0.1XT - X_g - X_m }{3Xs_g}$ | $-10.18 \leq 12.70 \leq 15.22$ | 0 | 1.33 | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.067229 |
| Resolution | %RE = 0.03% | 0 | S | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE, min, C _g , C _{pk}) | | | | | 😊 |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date : 02.07.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :

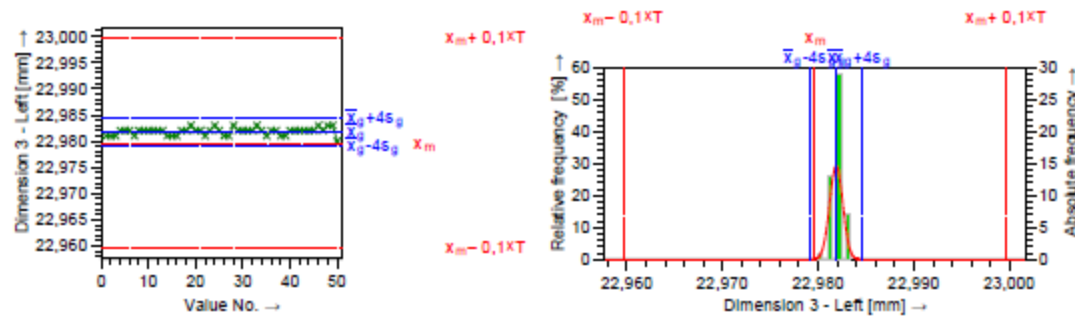
Department : BrgP/QMM3 Date : 05.07.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

| | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 3 - Left |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 3 |
| Mach.Descr. : 3.Mitutoyo Crysta Apex S | Part number : | Nom.val. : 23,000 |
| Mach.No. : 25712 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : -0,100 |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,100 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 02.07.2021 | Tol. : 0,200 |
| | | Unit : mm |

Comment :
Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 22,97964 Calibration uncertainty : 0,00052

| | | | | | | | | | |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | x ₁ | 11 | x ₁ | 21 | x ₁ | 31 | x ₁ | 41 | x ₁ |
| 2 | 22,981 | 12 | 22,982 | 22 | 22,981 | 32 | 22,982 | 42 | 22,982 |
| 3 | 22,981 | 13 | 22,982 | 23 | 22,982 | 33 | 22,983 | 43 | 22,982 |
| 4 | 22,982 | 14 | 22,981 | 24 | 22,983 | 34 | 22,982 | 44 | 22,982 |
| 5 | 22,982 | 15 | 22,981 | 25 | 22,982 | 35 | 22,981 | 45 | 22,982 |
| 6 | 22,982 | 16 | 22,981 | 26 | 22,981 | 36 | 22,982 | 46 | 22,983 |
| 7 | 22,981 | 17 | 22,982 | 27 | 22,981 | 37 | 22,982 | 47 | 22,982 |
| 8 | 22,982 | 18 | 22,982 | 28 | 22,983 | 38 | 22,981 | 48 | 22,983 |
| 9 | 22,982 | 19 | 22,983 | 29 | 22,982 | 39 | 22,981 | 49 | 22,983 |
| 10 | 22,982 | 20 | 22,982 | 30 | 22,982 | 40 | 22,982 | 50 | 22,980 |



| Drawing Values | Collected Values | Statistics |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------|
| $x_{m+0,1XT}$ = 22,99964 | $x_{max g}$ = 22,983 | $\bar{x}_g + 3s_g$ = 22,9838828 |
| x_m = 22,97964 | $ B $ = 0,0022000 | \bar{x}_g = 22,9818400 |
| $x_{m-0,1XT}$ = 22,95964 | $x_{min g}$ = 22,980 | $\bar{x}_g - 3s_g$ = 22,9797972 |
| $0,2XT$ = 0,04000 | R_g = 0,003 | s_g = 0,0040856 |
| T = 0,200 | n_{tot} = 50 | s_n = 0,00068094 |
| Unit = mm | | |

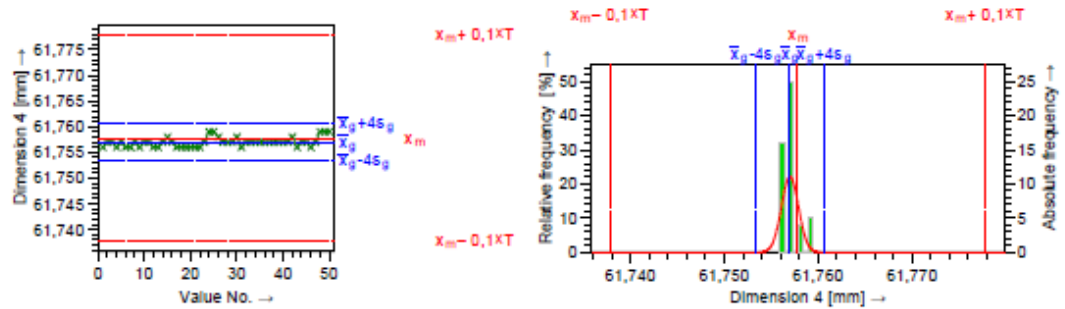
| | | | |
|---|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Test for Bias | | Test results : significant (α ≠ 0,1%) | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6x s_g}$ | = 7,86 ≈ 9,79 ≈ 11,72 | | $T_{min}(C_g)$ = 0,027171 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3x s_g}$ | = 6,99 ≈ 8,71 ≈ 10,44 | | $T_{min}(C_{pk})$ = 0,049169 |
| Resolution | %RE = 0,05% | | $T_{min}(\%RE)$ = 0,0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,Cg,Cpk) | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | |

Test Plan Development Date : 02.07.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :

Department : BrgP/QMM3 Date : 05.07.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____

| | | |
|--|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 3.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Test Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 02.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 4 Char.No. : 5 Nom.val. : 61,800 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |
| Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 61,75781 Calibration uncertainty : 0,00061 | | |

| i | X _i | i | X _i | i | X _i | i | X _i | i | X _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 61,756 | 11 | 61,757 | 21 | 61,756 | 31 | 61,756 | 41 | 61,757 |
| 2 | 61,757 | 12 | 61,756 | 22 | 61,756 | 32 | 61,757 | 42 | 61,758 |
| 3 | 61,757 | 13 | 61,756 | 23 | 61,757 | 33 | 61,757 | 43 | 61,756 |
| 4 | 61,756 | 14 | 61,757 | 24 | 61,759 | 34 | 61,757 | 44 | 61,757 |
| 5 | 61,757 | 15 | 61,758 | 25 | 61,759 | 35 | 61,757 | 45 | 61,757 |
| 6 | 61,756 | 16 | 61,757 | 26 | 61,758 | 36 | 61,757 | 46 | 61,756 |
| 7 | 61,756 | 17 | 61,756 | 27 | 61,757 | 37 | 61,757 | 47 | 61,757 |
| 8 | 61,757 | 18 | 61,756 | 28 | 61,757 | 38 | 61,757 | 48 | 61,759 |
| 9 | 61,756 | 19 | 61,756 | 29 | 61,757 | 39 | 61,757 | 49 | 61,759 |
| 10 | 61,757 | 20 | 61,756 | 30 | 61,758 | 40 | 61,757 | 50 | 61,759 |

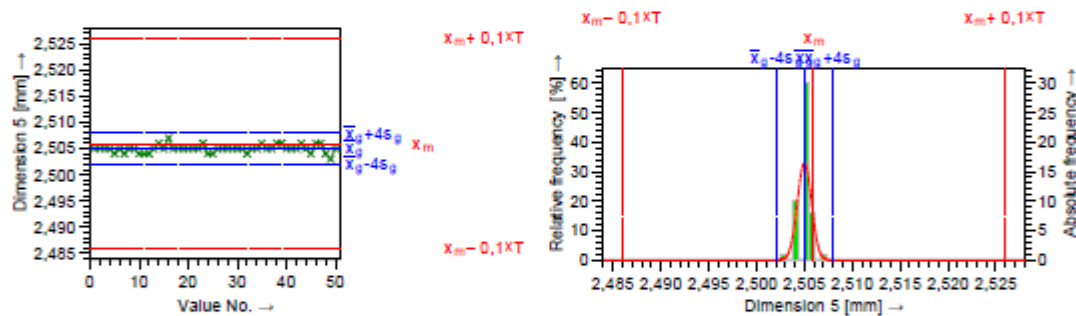


| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|--|--------------------------------------|------------------|---|--------------------|--------------|
| $X_m + 0,1XT$ | = 61,77781 | $X_{max\ g}$ | = 61,759 | $\bar{X}_g + 3s_g$ | = 61,7596678 |
| X_m | = 61,75781 | $ BI $ | = 0,00085000 | \bar{X}_g | = 61,7569600 |
| $X_m - 0,1XT$ | = 61,73781 | $X_{min\ g}$ | = 61,756 | $\bar{X}_g - 3s_g$ | = 61,7542522 |
| $0,2XT$ | = 0,04000 | R_g | = 0,003 | $6s_g$ | = 0,0054156 |
| T | = 0,200 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0,00090260 |
| Unit | = mm | | | | |
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \approx 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6X_{s_g}}$ | = 5,93 \approx 7,39 \approx 8,84 | | $T_{min}(C_g)$ | = 0,035995 | |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3X_{s_g}}$ | = 5,67 \approx 7,07 \approx 8,48 | | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0,044514 | |
| Resolution | %RE = 0,05% | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0,0020000 | |
| Measurement system capable (%RE, min, C _g , C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|-----|------------|--|---------------|--|
| Test Plan Development Date | 02.07.2021 | Test Plan Developer | MSA | Test Begin | | Operator name | |
| Department | Date | Name | | Signature | | | |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | | | | | |

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 02.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 5 Char.No. : 6 Nom.val. : 2,600 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |
| Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 2,50595 Calibration uncertainty : 0,00047 | | |

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 2,505 | 11 | 2,504 | 21 | 2,505 | 31 | 2,505 | 41 | 2,505 |
| 2 | 2,505 | 12 | 2,504 | 22 | 2,505 | 32 | 2,504 | 42 | 2,505 |
| 3 | 2,505 | 13 | 2,505 | 23 | 2,506 | 33 | 2,505 | 43 | 2,506 |
| 4 | 2,505 | 14 | 2,506 | 24 | 2,504 | 34 | 2,505 | 44 | 2,505 |
| 5 | 2,504 | 15 | 2,505 | 25 | 2,504 | 35 | 2,506 | 45 | 2,504 |
| 6 | 2,505 | 16 | 2,507 | 26 | 2,505 | 36 | 2,505 | 46 | 2,506 |
| 7 | 2,504 | 17 | 2,505 | 27 | 2,505 | 37 | 2,505 | 47 | 2,506 |
| 8 | 2,505 | 18 | 2,505 | 28 | 2,505 | 38 | 2,506 | 48 | 2,504 |
| 9 | 2,505 | 19 | 2,505 | 29 | 2,505 | 39 | 2,506 | 49 | 2,503 |
| 10 | 2,504 | 20 | 2,505 | 30 | 2,505 | 40 | 2,505 | 50 | 2,505 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-----------|------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| $X_{m+0,1XT}$ | = 2.52595 | $X_{max\ g}$ | = 2.507 | $\bar{X}_g + 3\sigma_g$ | = 2.5071419 |
| X_m | = 2.50595 | $ B $ | = 0.00099000 | \bar{X}_g | = 2.5049600 |
| $X_{m-0,1XT}$ | = 2.48595 | $X_{min\ g}$ | = 2.503 | $\bar{X}_g - 3\sigma_g$ | = 2.5027781 |
| $0,2XT$ | = 0.04000 | R_g | = 0.004 | $6\sigma_g$ | = 0.0043639 |
| T | = 0.200 | n_{tot} | = 50 | σ_g | = 0.00072731 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|---------------------------------|------|--|---|-----------|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \neq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6\sigma_g}$ | = 7.36 \leq 9.17 \leq 10.97 | 1.33 | $T_{min}(C_g)$ | = | 0.029008 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3\sigma_g}$ | = 6.99 \leq 8.71 \leq 10.44 | 1.33 | $T_{min}(C_{pk})$ | = | 0.038920 |
| Resolution | %RE = 0.05% | 1.33 | $T_{min}(\%RE)$ | = | 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | 😊 |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

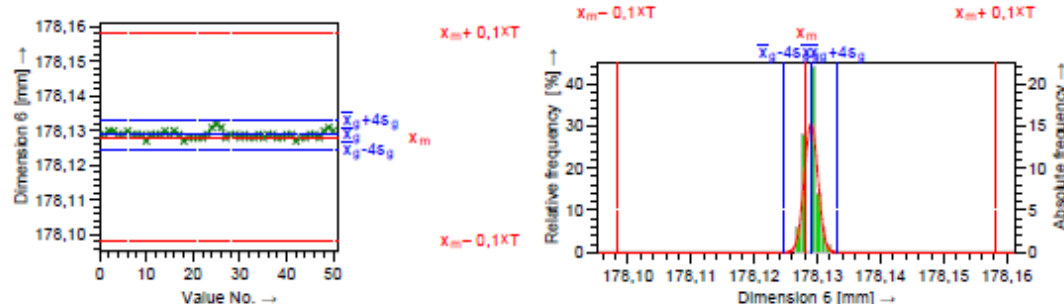
| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|-----|------------|--|---------------|--|
| Test Plan Development Date | 02.07.2021 | Test Plan Developer | MSA | Test Begin | | Operator name | |
| Department | Date | Name | | Signature | | | |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | | | | | |

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 02.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 6 Char.No. : 7 Nom.val. : 178,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0.300 Unit : mm |
|---|--|---|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 178,1262 Calibration uncertainty : 0,001

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 178,129 | 11 | 178,129 | 21 | 178,128 | 31 | 178,129 | 41 | 178,129 |
| 2 | 178,130 | 12 | 178,129 | 22 | 178,128 | 32 | 178,128 | 42 | 178,127 |
| 3 | 178,130 | 13 | 178,129 | 23 | 178,129 | 33 | 178,128 | 43 | 178,128 |
| 4 | 178,129 | 14 | 178,130 | 24 | 178,131 | 34 | 178,129 | 44 | 178,128 |
| 5 | 178,129 | 15 | 178,129 | 25 | 178,132 | 35 | 178,128 | 45 | 178,129 |
| 6 | 178,130 | 16 | 178,130 | 26 | 178,131 | 36 | 178,129 | 46 | 178,129 |
| 7 | 178,129 | 17 | 178,129 | 27 | 178,128 | 37 | 178,129 | 47 | 178,128 |
| 8 | 178,129 | 18 | 178,127 | 28 | 178,129 | 38 | 178,128 | 48 | 178,130 |
| 9 | 178,129 | 19 | 178,128 | 29 | 178,129 | 39 | 178,128 | 49 | 178,131 |
| 10 | 178,127 | 20 | 178,128 | 30 | 178,128 | 40 | 178,129 | 50 | 178,130 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-------------|------------------|--------------|--------------------|---------------|
| $x_m + 0,1XT$ | = 178,15820 | $x_{min g}$ | = 178,132 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 178,1320600 |
| x_m | = 178,12620 | BI | = 0,00072000 | \bar{x}_g | = 178,1289200 |
| $x_m - 0,1XT$ | = 178,09820 | $x_{min g}$ | = 178,127 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 178,1257800 |
| $0,2XT$ | = 0,06000 | R_g | = 0,005 | $6s_g$ | = 0,0062800 |
| T | = 0,300 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0,0010467 |
| Unit | = mm | | | | |

Test for Bias Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$)

| Minimum reference figure for capable measuring system | | | |
|---|---------------------------------|--|------------------------------|
| $C_g = \frac{0,2XT}{6Xs_g}$ | = 7,67 \leq 9,55 \leq 11,44 | 0 1,33 | $T_{min}(C_g)$ = 0,041780 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3Xs_g}$ | = 7,48 \leq 9,32 \leq 11,17 | 0 1,33 | $T_{min}(C_{pk})$ = 0,048962 |
| Resolution | %RE = 0,03% | 0 S | $T_{min}(\%RE)$ = 0,0020000 |

Measurement system capable (%RE, min, C_g, C_{pk}) 😊

BOSCH 2018: Type 1

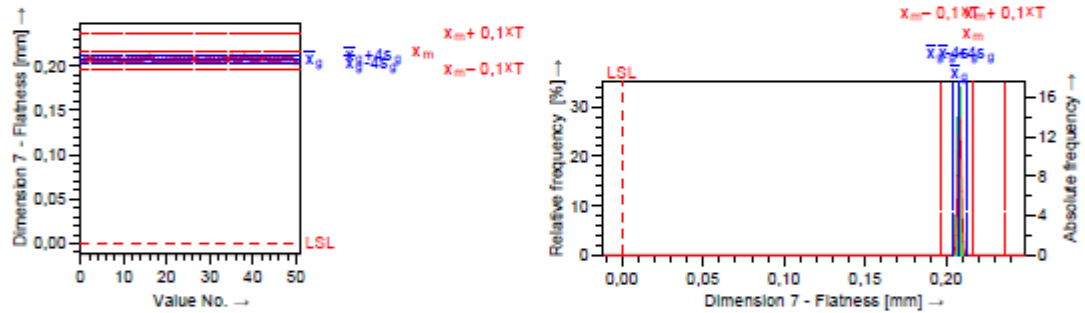
Test Plan Development Date 02.07.2021 Test Plan Developer MSA Test Begin Operator name

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Test Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 02.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 7 - Flatness Char.No. : 8 Nom.val. : 0,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,200 Tol. : 0,200 Unit : mm |
|---|---|---|

| | | | | |
|-----------|-----------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Comment : | Master Descr. : | Master No. : | Std.ref. Value : 0,21614 | Calibration uncertainty : 0,00047 |
|-----------|-----------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------|

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 0,207 | 11 | 0,207 | 21 | 0,207 | 31 | 0,207 | 41 | 0,208 |
| 2 | 0,209 | 12 | 0,208 | 22 | 0,208 | 32 | 0,207 | 42 | 0,209 |
| 3 | 0,208 | 13 | 0,208 | 23 | 0,208 | 33 | 0,209 | 43 | 0,209 |
| 4 | 0,207 | 14 | 0,208 | 24 | 0,207 | 34 | 0,208 | 44 | 0,208 |
| 5 | 0,207 | 15 | 0,209 | 25 | 0,208 | 35 | 0,210 | 45 | 0,208 |
| 6 | 0,207 | 16 | 0,210 | 26 | 0,209 | 36 | 0,208 | 46 | 0,207 |
| 7 | 0,207 | 17 | 0,207 | 27 | 0,208 | 37 | 0,208 | 47 | 0,209 |
| 8 | 0,209 | 18 | 0,206 | 28 | 0,206 | 38 | 0,210 | 48 | 0,209 |
| 9 | 0,208 | 19 | 0,206 | 29 | 0,207 | 39 | 0,209 | 49 | 0,209 |
| 10 | 0,206 | 20 | 0,207 | 30 | 0,208 | 40 | 0,208 | 50 | 0,205 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-----------|------------------|-------------|--------------------|-------------|
| $x_m + 0,1XT$ | = 0,23614 | $x_{max g}$ | = 0,210 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 0,2111796 |
| x_m | = 0,21614 | $ B $ | = 0,0083000 | \bar{x}_g | = 0,2078400 |
| $x_m - 0,1XT$ | = 0,19614 | $x_{min g}$ | = 0,205 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 0,2045004 |
| $0,2XT^*$ | = 0,04000 | R_g | = 0,005 | $6s_g$ | = 0,0066791 |
| T^* | = 0,200 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0,0011132 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|----------------------|--|--|-------------|--|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6s_g}$ | = 4.81 ± 5.99 ± 7.17 | | $T_{min}(C_g)$ | = 0.044407 | |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - \bar{x}_g - x_m }{3s_g}$ | = 2.80 ± 3.50 ± 4.20 | | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.12742 | |
| Resolution | %RE = 0.05% | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 | |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

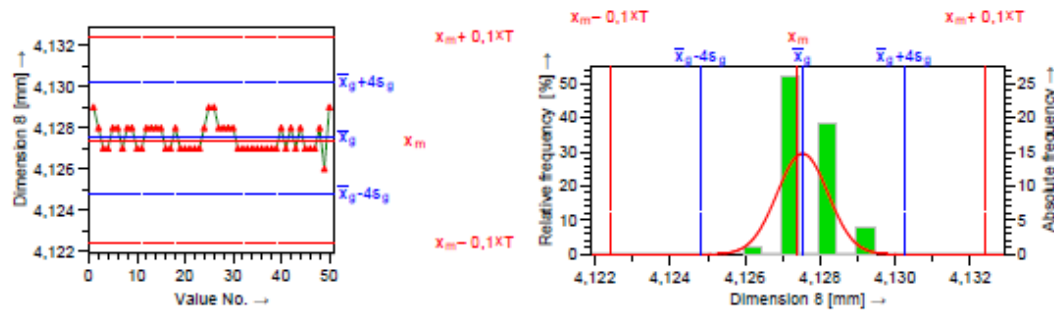
| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|-----|------------|--|---------------|--|
| Test Plan Development Date | 02.07.2021 | Test Plan Developer | MSA | Test Begin | | Operator name | |
| Department | Date | Name | | Signature | | | |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | | | | | |

| | | |
|--|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 3.Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Test Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 02.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 8 Char.No. : 9 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0.050 Unit : mm |
|--|---|---|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 4,1274 Calibration uncertainty : 0,00052

| i | x _i | i | x _i | i | x _i | i | x _i | i | x _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 4,129 | 11 | 4,127 | 21 | 4,127 | 31 | 4,127 | 41 | 4,127 |
| 2 | 4,128 | 12 | 4,128 | 22 | 4,127 | 32 | 4,127 | 42 | 4,128 |
| 3 | 4,127 | 13 | 4,128 | 23 | 4,127 | 33 | 4,127 | 43 | 4,127 |
| 4 | 4,127 | 14 | 4,128 | 24 | 4,128 | 34 | 4,127 | 44 | 4,128 |
| 5 | 4,128 | 15 | 4,128 | 25 | 4,129 | 35 | 4,127 | 45 | 4,127 |
| 6 | 4,128 | 16 | 4,127 | 26 | 4,129 | 36 | 4,127 | 46 | 4,127 |
| 7 | 4,127 | 17 | 4,127 | 27 | 4,128 | 37 | 4,127 | 47 | 4,127 |
| 8 | 4,128 | 18 | 4,128 | 28 | 4,128 | 38 | 4,127 | 48 | 4,128 |
| 9 | 4,128 | 19 | 4,127 | 29 | 4,128 | 39 | 4,127 | 49 | 4,126 |
| 10 | 4,127 | 20 | 4,127 | 30 | 4,128 | 40 | 4,128 | 50 | 4,129 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-----------|------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| $X_m+0.1XT$ | = 4.13240 | $X_{max,g}$ | = 4.129 | $\bar{X}_g+3\sigma_g$ | = 4.1295520 |
| X_m | = 4.12740 | $ BI $ | = 0.00012000 | \bar{X}_g | = 4.1275200 |
| $X_m-0.1XT$ | = 4.12240 | $X_{min,g}$ | = 4.126 | $\bar{X}_g-3\sigma_g$ | = 4.1254880 |
| $0.2XT$ | = 0.01000 | R_g | = 0.003 | $6\sigma_g$ | = 0.0040640 |
| T | = 0.050 | n_{tot} | = 50 | s_u | = 0.00067733 |
| Unit | = mm | | | | |

Test for Bias Test results : Insignificant

| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | | |
|---|--------|---------|--------|-----------------|-------------------|------------|
| $C_g = \frac{0.2XT}{6X\sigma_g}$ | = 1.97 | ≥ 2.46 | ≥ 2.95 | | $T_{min}(C_g)$ | = 0.027033 |
| $C_{pk} = \frac{0.1XT - X_g - X_m }{3X\sigma_g}$ | = 1.92 | ≥ 2.40 | ≥ 2.89 | | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.028225 |
| Resolution | %RE | = 0.20% | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 | |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | | |

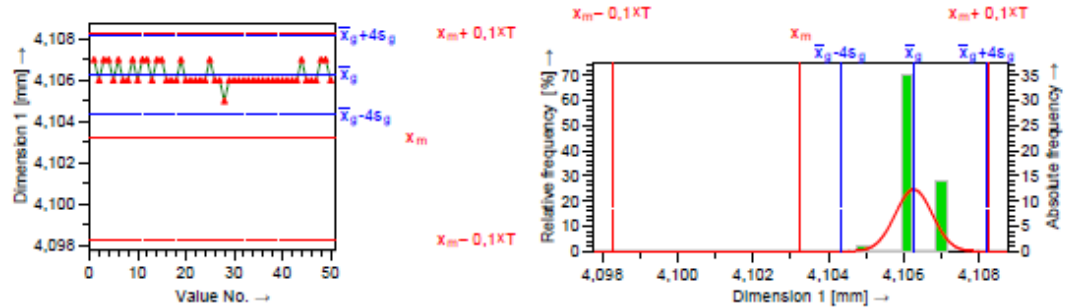
Test Plan Development Date 02.07.2021 Test Plan Developer MSA Test Begin Operator name

Department Date Name Signature _____

BrgP/QMM3 05.07.2021 Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 4.Mitutoyo Crysta Apex C Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Test Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 1 Char.No. : 1 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0.050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |
| Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 4,10326 Calibration uncertainty : 0,00057 | | |

| l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 4,107 | 11 | 4,107 | 21 | 4,106 | 31 | 4,106 | 41 | 4,106 |
| 2 | 4,106 | 12 | 4,107 | 22 | 4,106 | 32 | 4,106 | 42 | 4,106 |
| 3 | 4,107 | 13 | 4,106 | 23 | 4,106 | 33 | 4,106 | 43 | 4,106 |
| 4 | 4,107 | 14 | 4,107 | 24 | 4,106 | 34 | 4,106 | 44 | 4,107 |
| 5 | 4,106 | 15 | 4,107 | 25 | 4,107 | 35 | 4,106 | 45 | 4,106 |
| 6 | 4,107 | 16 | 4,106 | 26 | 4,106 | 36 | 4,106 | 46 | 4,106 |
| 7 | 4,106 | 17 | 4,106 | 27 | 4,106 | 37 | 4,106 | 47 | 4,106 |
| 8 | 4,106 | 18 | 4,106 | 28 | 4,105 | 38 | 4,106 | 48 | 4,107 |
| 9 | 4,107 | 19 | 4,107 | 29 | 4,106 | 39 | 4,106 | 49 | 4,107 |
| 10 | 4,106 | 20 | 4,106 | 30 | 4,106 | 40 | 4,106 | 50 | 4,106 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|-----------------------|-----------|--------------------|-------------|-----------------------|--------------|
| X _m +0,1XT | = 4.10826 | X _{max g} | = 4.107 | $\bar{X}_g+3\sigma_g$ | = 4.1077209 |
| X _m | = 4.10326 | B | = 0.0030000 | \bar{X}_g | = 4.1062600 |
| X _m -0,1XT | = 4.09826 | X _{min g} | = 4.105 | $\bar{X}_g-3\sigma_g$ | = 4.1047991 |
| 0,2XT | = 0.01000 | R _g | = 0.002 | 6σ _g | = 0.0029218 |
| T | = 0.050 | n _{tot} | = 50 | s _g | = 0.00048697 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|----------------------|--|---------------------------------------|-------------|--|
| Test for Bias | | | Test results : significant (α ≤ 0,1%) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6Xs_g}$ | = 2.75 ≤ 3.42 ≤ 4.10 | | T _{min} (C _g) | = 0.019444 | |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3Xs_g}$ | = 1.08 ≤ 1.37 ≤ 1.66 | | T _{min} (C _{pk}) | = 0.049430 | |
| Resolution | %RE = 0.20% | | T _{min} (%RE) | = 0.0020000 | |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

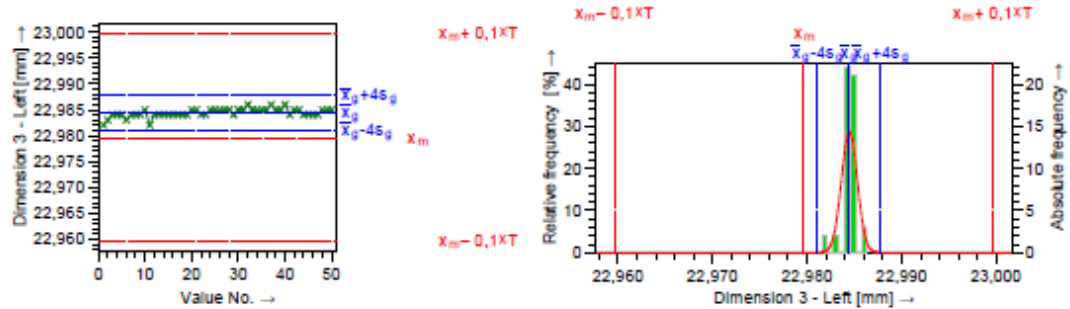
| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|-----|------------|--|---------------|--|
| Test Plan Development Date | 09.07.2021 | Test Plan Developer | MSA | Test Begin | | Operator name | |
| Department | Date | Name | | Signature | | | |
| BrgP/QMM3 | 09.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | | | | | |

| | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 3 - Left |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 3 |
| Mach.Descr. : 4.Mitutoyo Crysta Apex C | Part number : | Nom.val. : 23,000 |
| Mach.No. : M_MAQ0002 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : -0,100 |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,100 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 09.07.2021 | Tol. : 0.200 |
| | | Unit : mm |

Comment :
Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 22,97964 Calibration uncertainty : 0,00052

| l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l | l | X _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 22,982 | 11 | 22,982 | 21 | 22,985 | 31 | 22,985 | 41 | 22,984 |
| 2 | 22,983 | 12 | 22,984 | 22 | 22,984 | 32 | 22,986 | 42 | 22,985 |
| 3 | 22,984 | 13 | 22,984 | 23 | 22,984 | 33 | 22,985 | 43 | 22,985 |
| 4 | 22,984 | 14 | 22,984 | 24 | 22,985 | 34 | 22,985 | 44 | 22,984 |
| 5 | 22,984 | 15 | 22,984 | 25 | 22,985 | 35 | 22,985 | 45 | 22,984 |
| 6 | 22,983 | 16 | 22,984 | 26 | 22,985 | 36 | 22,985 | 46 | 22,984 |
| 7 | 22,984 | 17 | 22,984 | 27 | 22,985 | 37 | 22,986 | 47 | 22,984 |
| 8 | 22,984 | 18 | 22,984 | 28 | 22,985 | 38 | 22,985 | 48 | 22,985 |
| 9 | 22,984 | 19 | 22,984 | 29 | 22,984 | 39 | 22,985 | 49 | 22,985 |
| 10 | 22,985 | 20 | 22,985 | 30 | 22,985 | 40 | 22,986 | 50 | 22,985 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|------------|------------------|-------------|--------------------|--------------|
| $x_m + 0,1XT$ | = 22,99964 | $x_{max g}$ | = 22,986 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 22,9869256 |
| x_m | = 22,97964 | BI | = 0,0047800 | \bar{x}_g | = 22,9844200 |
| $x_m - 0,1XT$ | = 22,95964 | $x_{min g}$ | = 22,982 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 22,9819144 |
| 0,2XT | = 0,04000 | R_g | = 0,004 | $6s_g$ | = 0,0050112 |
| T | = 0,200 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0,00083520 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|--|---|-------------------|-------------|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6s_g}$ | = 6,41 \approx 7,98 \approx 9,56 | 0 | 1,33 | 5 | $T_{min}(C_g)$ | = 0,033333 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3s_g}$ | = 4,87 \approx 6,07 \approx 7,28 | 0 | 1,33 | 5 | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0,081124 |
| Resolution | %RE = 0,05% | 0 | 5 | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0,0020000 |
| Measurement system capable (%RE, min, C _g , C _{pk}) | | | | | | 😊 |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|-----|------------|--|---------------|--|
| Test Plan Development Date | 09.07.2021 | Test Plan Developer | MSA | Test Begin | | Operator name | |
| Department | Date | Name | | Signature | | | |
| BrgP/QMM3 | 09.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | | | | | |

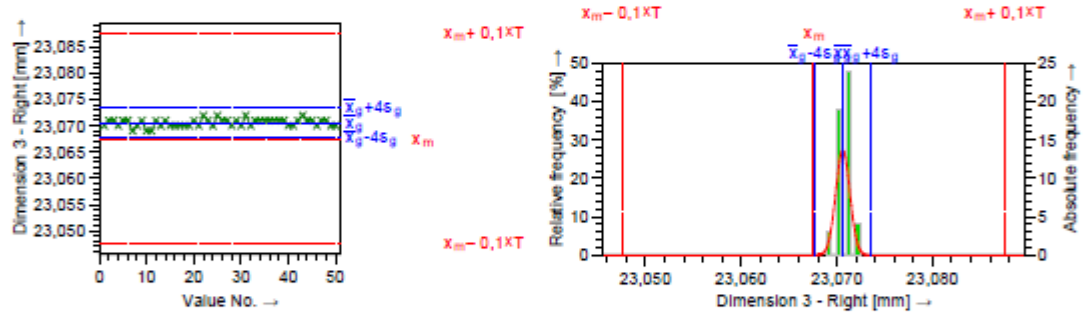
| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-1 Study</h3> | Sheet: 4 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 4.Mitutoyo Crysta Apex C Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Test Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 - Right Char.No. : 4 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
|---|---|--|

Comment :
 Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 23,06756 Calibration uncertainty : 0,0005

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 23,070 | 11 | 23,069 | 21 | 23,070 | 31 | 23,072 | 41 | 23,070 |
| 2 | 23,071 | 12 | 23,071 | 22 | 23,072 | 32 | 23,070 | 42 | 23,071 |
| 3 | 23,071 | 13 | 23,070 | 23 | 23,071 | 33 | 23,071 | 43 | 23,072 |
| 4 | 23,070 | 14 | 23,071 | 24 | 23,070 | 34 | 23,071 | 44 | 23,071 |
| 5 | 23,071 | 15 | 23,070 | 25 | 23,072 | 35 | 23,071 | 45 | 23,071 |
| 6 | 23,071 | 16 | 23,070 | 26 | 23,071 | 36 | 23,071 | 46 | 23,070 |
| 7 | 23,069 | 17 | 23,070 | 27 | 23,071 | 37 | 23,071 | 47 | 23,071 |
| 8 | 23,070 | 18 | 23,070 | 28 | 23,070 | 38 | 23,071 | 48 | 23,071 |
| 9 | 23,071 | 19 | 23,070 | 29 | 23,071 | 39 | 23,071 | 49 | 23,070 |
| 10 | 23,069 | 20 | 23,071 | 30 | 23,070 | 40 | 23,070 | 50 | 23,070 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|------------|------------------|-------------|------------------|--------------|
| $x_{m+0,1XT}$ | = 23,08756 | $x_{max\ g}$ | = 23,072 | \bar{x}_g+3s_g | = 23,0727728 |
| x_m | = 23,06756 | $ B $ | = 0,0030200 | \bar{x}_g | = 23,0705800 |
| $x_{m-0,1XT}$ | = 23,04756 | $x_{min\ g}$ | = 23,069 | \bar{x}_g-3s_g | = 23,0683872 |
| $0,2XT$ | = 0,04000 | R_g | = 0,003 | $6s_g$ | = 0,0043857 |
| T | = 0,200 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0,00073095 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|---------------------------------|--|--|---|-----------|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6s_g}$ | = 7.32 \leq 9.12 \leq 10.92 | | $T_{min}(C_g)$ | = | 0.029167 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - x_g - x_m }{3s_g}$ | = 6.21 \leq 7.74 \leq 9.28 | | $T_{min}(C_{pk})$ | = | 0.059365 |
| Resolution | %RE = 0.05% | | $T_{min}(\%RE)$ | = | 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,Cg,Cpk) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date 09.07.2021 Test Plan Developer MSA Test Begin Operator name

Department Date Name Signature _____

BrgP/QMM3 09.07.2021 Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP

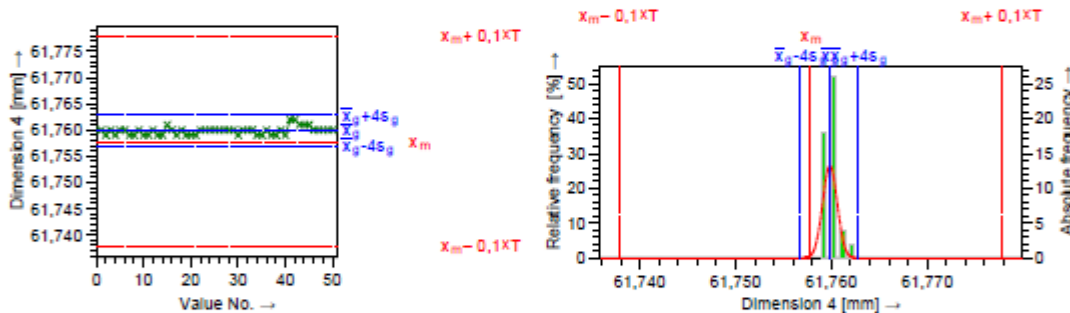
**BOSCH**

Measurement System Analysis Type-1 Study

Sheet: 5 / 9

| | | |
|---|--------------------------------|---------------------------|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 4 |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : {} | Char.No. : 5 |
| Mach.Descr. : 4.Mitutoyo Crysta Apex C | Part number : {} | Nom.val. : 61,800 |
| Mach.No. : M_MAQ0002 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : -0,100 |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,100 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 09.07.2021 | Tol. : 0.200 |
| Unit : mm | | |
| Comment : | | |
| Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 61,75781 Calibration uncertainty : 0,00061 | | |

| I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 61,760 | 11 | 61,759 | 21 | 61,759 | 31 | 61,760 | 41 | 61,762 |
| 2 | 61,759 | 12 | 61,760 | 22 | 61,760 | 32 | 61,760 | 42 | 61,762 |
| 3 | 61,760 | 13 | 61,759 | 23 | 61,760 | 33 | 61,760 | 43 | 61,761 |
| 4 | 61,759 | 14 | 61,759 | 24 | 61,760 | 34 | 61,759 | 44 | 61,761 |
| 5 | 61,760 | 15 | 61,761 | 25 | 61,760 | 35 | 61,759 | 45 | 61,761 |
| 6 | 61,760 | 16 | 61,760 | 26 | 61,760 | 36 | 61,760 | 46 | 61,760 |
| 7 | 61,759 | 17 | 61,759 | 27 | 61,760 | 37 | 61,759 | 47 | 61,760 |
| 8 | 61,759 | 18 | 61,760 | 28 | 61,760 | 38 | 61,759 | 48 | 61,760 |
| 9 | 61,760 | 19 | 61,759 | 29 | 61,760 | 39 | 61,760 | 49 | 61,760 |
| 10 | 61,759 | 20 | 61,759 | 30 | 61,759 | 40 | 61,759 | 50 | 61,760 |



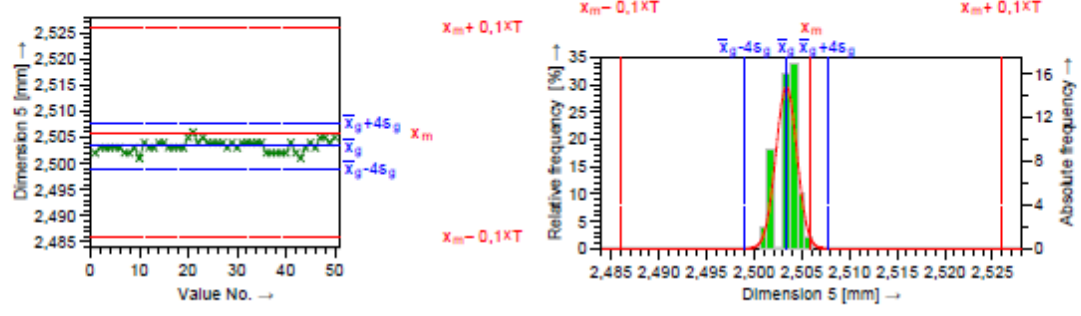
| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|---|------------|------------------|---|-------------------|--------------|
| $X_m+0,1XT$ | = 61.77781 | $X_{max,g}$ | = 61.762 | \bar{X}_g+3s_g | = 61.7620678 |
| X_m | = 61.75781 | BI | = 0.0019900 | \bar{X}_g | = 61.7598000 |
| $X_m-0,1XT$ | = 61.73781 | $X_{min,g}$ | = 61.759 | \bar{X}_g-3s_g | = 61.7575322 |
| $0,2XT$ | = 0.04000 | R_g | = 0.003 | $6s_g$ | = 0.0045356 |
| T | = 0.200 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0.00075593 |
| Unit | = mm | | | | |
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha = 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6Xs_g}$ | = 7.08 | ≤ 8.82 | ≤ 10.56 | $T_{min}(C_g)$ | = 0.030159 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3Xs_g}$ | = 6.37 | ≤ 7.94 | ≤ 9.52 | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.050062 |
| Resolution | %RE | = 0.05% | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,Cg,Cpk) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date 09.07.2021 Test Plan Developer MSA Test Begin Operator name

Department Date Name
BrgP/QMM3 09.07.2021 Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature _____

| | | |
|--|--------------------------------|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 5 |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 6 |
| Mach.Descr. : 4.Mitutoyo Crysta Apex C | Part number : | Nom.val. : 2,600 |
| Mach.No. : M_MAQ0002 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : -0,100 |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,100 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 09.07.2021 | Tol. : 0.200 |
| | | Unit : mm |
| Comment : | | |
| Comment : | | |
| Master Descr. : | Master No. : | Std./ref. Value : 2,50595 Calibration uncertainty : 0,00047 |

| I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 2,502 | 11 | 2,504 | 21 | 2,506 | 31 | 2,504 | 41 | 2,504 |
| 2 | 2,503 | 12 | 2,503 | 22 | 2,504 | 32 | 2,504 | 42 | 2,502 |
| 3 | 2,503 | 13 | 2,503 | 23 | 2,505 | 33 | 2,504 | 43 | 2,501 |
| 4 | 2,503 | 14 | 2,504 | 24 | 2,504 | 34 | 2,504 | 44 | 2,503 |
| 5 | 2,503 | 15 | 2,504 | 25 | 2,504 | 35 | 2,504 | 45 | 2,504 |
| 6 | 2,503 | 16 | 2,503 | 26 | 2,504 | 36 | 2,502 | 46 | 2,503 |
| 7 | 2,502 | 17 | 2,503 | 27 | 2,504 | 37 | 2,502 | 47 | 2,505 |
| 8 | 2,502 | 18 | 2,503 | 28 | 2,503 | 38 | 2,502 | 48 | 2,505 |
| 9 | 2,503 | 19 | 2,503 | 29 | 2,504 | 39 | 2,502 | 49 | 2,504 |
| 10 | 2,501 | 20 | 2,505 | 30 | 2,503 | 40 | 2,502 | 50 | 2,505 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|---|--------------------------------|------------------|--|--------------------|-------------|
| $x_m + 0,1XT$ | = 2.52595 | $x_{max\ g}$ | = 2.506 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 2.5065819 |
| x_m | = 2.50595 | BI | = 0.0026100 | \bar{x}_g | = 2.5033400 |
| $x_m - 0,1XT$ | = 2.48595 | $x_{min\ g}$ | = 2.501 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 2.5000981 |
| $0,2XT$ | = 0.04000 | R_g | = 0.005 | $6s_g$ | = 0.0064838 |
| T | = 0.200 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0.0010806 |
| Unit | = mm | | | | |
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6Xs_g}$ | = 4.95 \leq 6.17 \leq 7.39 | | 1.33 | $T_{min}(C_g)$ | = 0.043112 |
| $C_{gk} = \frac{0,1XT - x_m - \bar{x}_g }{3Xs_g}$ | = 4.30 \leq 5.36 \leq 6.43 | | 1.33 | $T_{min}(C_{gk})$ | = 0.069217 |
| Resolution | %RE = 0.05% | | 5 | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{gk}) | | | | | |
| BOSCH 2016: Type 1 | | | | | |

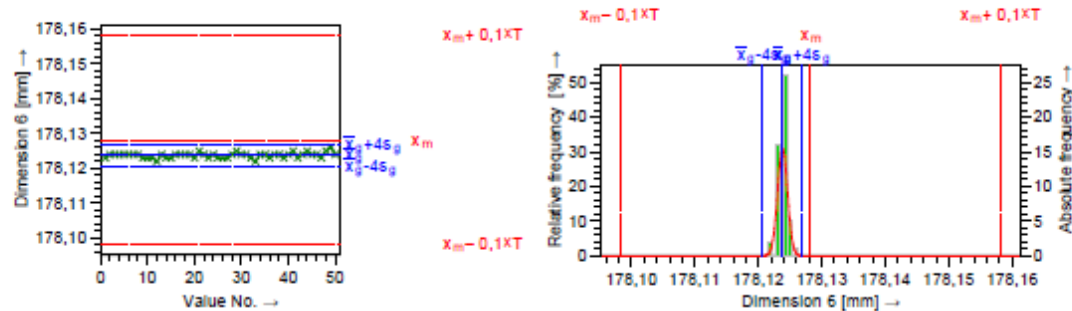
| | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|---------------|
| Test Plan Development Date | 09.07.2021 | Test Plan Developer | MSA |
| | | Test Begin | Operator name |
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 09.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|--------------------------------|---------------------------|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 6 |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 7 |
| Mach.Descr. : 4.Mitutoyo Crysta Apex C | Part number : | Nom.val. : 178,000 |
| Mach.No. : M_MAQ0002 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : -0,150 |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,150 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 09.07.2021 | Tol. : 0.300 |
| | | Unit : mm |

Comment :
Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 178,1262 Calibration uncertainty : 0,001

| I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i | I | X _i |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 178,123 | 11 | 178,123 | 21 | 178,125 | 31 | 178,124 | 41 | 178,125 |
| 2 | 178,124 | 12 | 178,122 | 22 | 178,124 | 32 | 178,123 | 42 | 178,123 |
| 3 | 178,124 | 13 | 178,124 | 23 | 178,123 | 33 | 178,122 | 43 | 178,124 |
| 4 | 178,124 | 14 | 178,123 | 24 | 178,124 | 34 | 178,124 | 44 | 178,125 |
| 5 | 178,124 | 15 | 178,123 | 25 | 178,123 | 35 | 178,124 | 45 | 178,124 |
| 6 | 178,124 | 16 | 178,124 | 26 | 178,123 | 36 | 178,123 | 46 | 178,124 |
| 7 | 178,124 | 17 | 178,124 | 27 | 178,123 | 37 | 178,124 | 47 | 178,123 |
| 8 | 178,124 | 18 | 178,124 | 28 | 178,124 | 38 | 178,124 | 48 | 178,125 |
| 9 | 178,123 | 19 | 178,124 | 29 | 178,125 | 39 | 178,123 | 49 | 178,126 |
| 10 | 178,123 | 20 | 178,123 | 30 | 178,124 | 40 | 178,124 | 50 | 178,124 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-------------|------------------|-------------|------------------|---------------|
| $X_m+0,1XT$ | = 178.15620 | $X_{max g}$ | = 178.126 | \bar{X}_g+3s_g | = 178.1260725 |
| X_m | = 178.12620 | BI | = 0.0044600 | \bar{X}_g | = 178.1237400 |
| $X_m-0,1XT$ | = 178.09620 | $X_{min g}$ | = 178.122 | \bar{X}_g-3s_g | = 178.1214075 |
| $0,2XT$ | = 0.06000 | R_g | = 0.004 | $6s_g$ | = 0.0046649 |
| T | = 0.300 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0.00077749 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | | | |
|---|--------------------------------|---|--|-------------------|-------------|
| Test for Bias | | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | |
| $C_g = \frac{0,2XT}{6X_{s_g}}$ | $-10.32 \leq 12.86 \leq 15.40$ | 0 | 1.33 | $T_{min}(C_g)$ | = 0.031026 |
| $C_{pk} = \frac{0,1XT - X_g - X_m }{3X_{s_g}}$ | $-8.78 \leq 10.95 \leq 13.12$ | 0 | 1.33 | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.075622 |
| Resolution | %RE = 0.03% | 0 | 5 | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,C _g ,C _{pk}) | | | | | |
| BOSCH 2016: Type 1 | | | | | |

Test Plan Development Date : 09.07.2021 Test Plan Developer : MSA Test Begin : Operator name :
 Department : BrgP/QMM3 Date : 09.07.2021 Name : Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature : _____



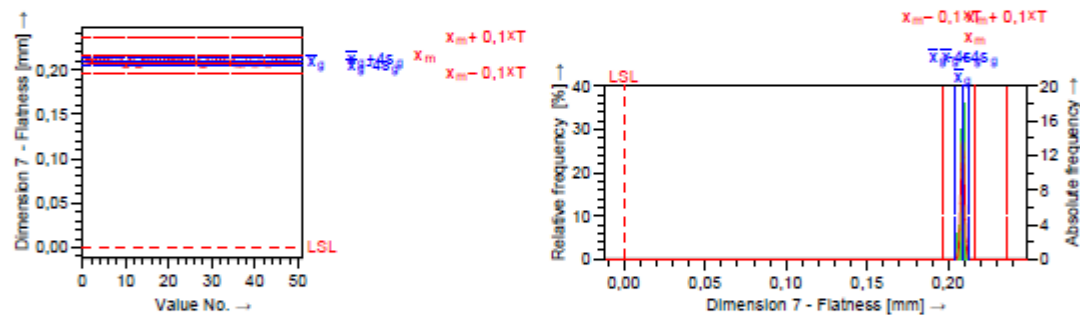
Measurement System Analysis Type-1 Study

Sheet: 8 / 9

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 4.Mitutoyo Crysta Apex C Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : n.a. Tst Reas. : MSA - Study Type 1 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 7 - Flatness Char.No. : 8 Nom.val. : 0,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,200 Tol. : 0.200 Unit : mm |
|---|--|---|

| | | | | |
|-----------|-----------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Comment : | Master Descr. : | Master No. : | Std.ref. Value : 0,21614 | Calibration uncertainty : 0,00047 |
|-----------|-----------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------|

| I | x _I | I | x _I | I | x _I | I | x _I | I | x _I |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 0,211 | 11 | 0,210 | 21 | 0,210 | 31 | 0,209 | 41 | 0,208 |
| 2 | 0,210 | 12 | 0,208 | 22 | 0,209 | 32 | 0,209 | 42 | 0,208 |
| 3 | 0,210 | 13 | 0,206 | 23 | 0,210 | 33 | 0,209 | 43 | 0,207 |
| 4 | 0,209 | 14 | 0,210 | 24 | 0,208 | 34 | 0,208 | 44 | 0,208 |
| 5 | 0,210 | 15 | 0,209 | 25 | 0,209 | 35 | 0,209 | 45 | 0,209 |
| 6 | 0,210 | 16 | 0,209 | 26 | 0,209 | 36 | 0,207 | 46 | 0,208 |
| 7 | 0,208 | 17 | 0,209 | 27 | 0,209 | 37 | 0,207 | 47 | 0,209 |
| 8 | 0,208 | 18 | 0,209 | 28 | 0,206 | 38 | 0,208 | 48 | 0,208 |
| 9 | 0,209 | 19 | 0,209 | 29 | 0,209 | 39 | 0,208 | 49 | 0,208 |
| 10 | 0,206 | 20 | 0,210 | 30 | 0,208 | 40 | 0,207 | 50 | 0,208 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-----------|------------------|-------------|--------------------|-------------|
| $X_{m+0.1XT}$ | = 0.23614 | $X_{max\ g}$ | = 0.211 | $\bar{x}_g + 3s_g$ | = 0.2119595 |
| X_m | = 0.21614 | $ B $ | = 0.0075600 | \bar{x}_g | = 0.2085800 |
| $X_{m-0.1XT}$ | = 0.19614 | $X_{min\ g}$ | = 0.206 | $\bar{x}_g - 3s_g$ | = 0.2052005 |
| $0.2XT^*$ | = 0.04000 | R_g | = 0.005 | $6s_g$ | = 0.0067589 |
| T^* | = 0.200 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0.0011265 |
| Unit | = mm | | | | |

| | | | |
|---|----------------------|--|-----------------------------|
| Test for Bias | | Test results : significant ($\alpha \leq 0,1\%$) | |
| Minimum reference figure for capable measuring system | | | |
| $C_g = \frac{0.2XT}{6Xs_g}$ | = 4.75 ≤ 5.92 ≤ 7.08 | | $T_{min}(C_g)$ = 0.044932 |
| $C_{gk} = \frac{0.1XT - x_g - X_m }{3Xs_g}$ | = 2.95 ≤ 3.68 ≤ 4.42 | | $T_{min}(C_{gk})$ = 0.12055 |
| Resolution | %RE = 0.05% | | $T_{min}(\%RE)$ = 0.0020000 |
| Measurement system capable (%RE,min,Cg,Cgk) | | | |
| BOSCH 2018: Type 1 | | | |

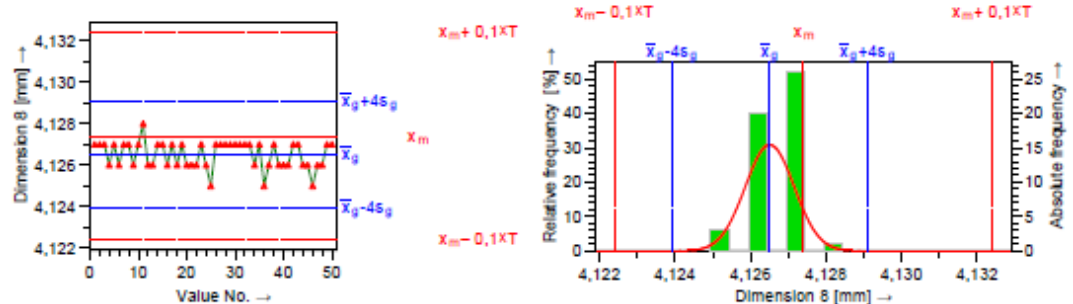
| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|-----|------------|--|---------------|--|
| Test Plan Development Date | 09.07.2021 | Test Plan Developer | MSA | Test Begin | | Operator name | |
| Department | Date | Name | | Signature | | | |
| BrgP/QMM3 | 09.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | | | | | |

| | | |
|--|--------------------------------|---------------------------|
| Division : Bosch Car Multimedia Portugal | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 8 |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 9 |
| Mach.Descr. : 4.Mitutoyo Crysta Apex C | Part number : | Nom.val. : 4,000 |
| Mach.No. : M_MAQ0002 | Drw.No. : n.a. | Lo.Allow. : 0,000 |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 1 | Up.Allow. : 0,050 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 09.07.2021 | Tol. : 0.050 |
| | | Unit : mm |

Comment :
Comment :

Master Descr. : Master No. : Std.ref. Value : 4,1274 Calibration uncertainty : 0,00052

| l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l | l | x _l |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1 | 4,127 | 11 | 4,128 | 21 | 4,126 | 31 | 4,127 | 41 | 4,126 |
| 2 | 4,127 | 12 | 4,126 | 22 | 4,126 | 32 | 4,127 | 42 | 4,127 |
| 3 | 4,127 | 13 | 4,126 | 23 | 4,127 | 33 | 4,127 | 43 | 4,127 |
| 4 | 4,126 | 14 | 4,127 | 24 | 4,126 | 34 | 4,126 | 44 | 4,126 |
| 5 | 4,127 | 15 | 4,127 | 25 | 4,125 | 35 | 4,127 | 45 | 4,126 |
| 6 | 4,126 | 16 | 4,126 | 26 | 4,127 | 36 | 4,125 | 46 | 4,125 |
| 7 | 4,127 | 17 | 4,127 | 27 | 4,127 | 37 | 4,126 | 47 | 4,126 |
| 8 | 4,127 | 18 | 4,126 | 28 | 4,127 | 38 | 4,127 | 48 | 4,126 |
| 9 | 4,126 | 19 | 4,127 | 29 | 4,127 | 39 | 4,126 | 49 | 4,127 |
| 10 | 4,127 | 20 | 4,126 | 30 | 4,127 | 40 | 4,126 | 50 | 4,127 |



| Drawing Values | | Collected Values | | Statistics | |
|----------------|-----------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| $x_m+0,1xT$ | = 4.13240 | $x_{max,g}$ | = 4.128 | \bar{x}_g+3s_g | = 4.1284404 |
| x_m | = 4.12740 | $ BI $ | = 0.00090000 | \bar{x}_g | = 4.1265000 |
| $x_m-0,1xT$ | = 4.12240 | $x_{min,g}$ | = 4.125 | \bar{x}_g-3s_g | = 4.1245596 |
| $0,2xT$ | = 0.01000 | R_g | = 0.003 | $6s_g$ | = 0.0038809 |
| T | = 0.050 | n_{tot} | = 50 | s_g | = 0.00064681 |
| Unit | = mm | | | | |

Test for Bias Test results : significant ($\alpha = 0,1\%$)

| Minimum reference figure for capable measuring system | | | | | | |
|---|--------|----------------|-------------|-----------------|-------------------|------------|
| $C_g = \frac{0,2xT}{6xS_g}$ | = 2.07 | ≈ 2.58 | ≤ 3.08 | | $T_{min}(C_g)$ | = 0.025775 |
| $C_{pk} = \frac{0,1xT - x_g - x_m }{3xS_g}$ | = 1.68 | ≈ 2.11 | ≥ 2.54 | | $T_{min}(C_{pk})$ | = 0.034808 |
| Resolution | %RE | = 0.20% | | $T_{min}(\%RE)$ | = 0.0020000 | |

Measurement system capable (%RE,min,C_g,C_{pk})

BOSCH 2018: Type 1

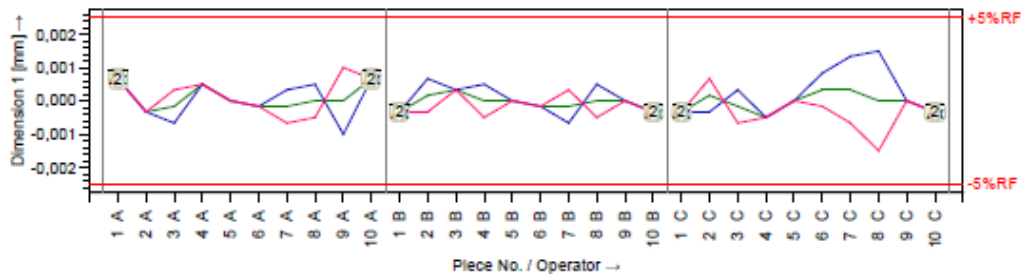
Test Plan Development Date 09.07.2021 Test Plan Developer MSA Test Begin Operator name

Department Date Name Signature

BrgP/QMM3 09.07.2021 Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP

ANEXO G – RELATÓRIO DAS MEDIÇÕES EFETUADAS NO PROCEDIMENTO 2 DO MSA PARA O HOUSING BASE

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|--|--------------|
| | | Measurement System Analysis Type-2 Study | | Sheet: 1 / 9 |
| Division : Bosch Car Multime | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 1 | | |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. : | Char.No. : 1 | | |
| Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S | Part number | Nom.val. : 4,000 | | |
| Mach.No. : 25712 | Drw.No. : | Lo.Allow. : 0,000 | | |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 2 | Up.Allow. : 0,050 | | |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 05.07.2021 | Tol. : 0,050 | | |
| Unit : mm | | | | |
| Comment : A: Pedro Gonçalves / B: Cláudia Barros / C: Pratik Panthee | | | | |
| Comment : | | | | |



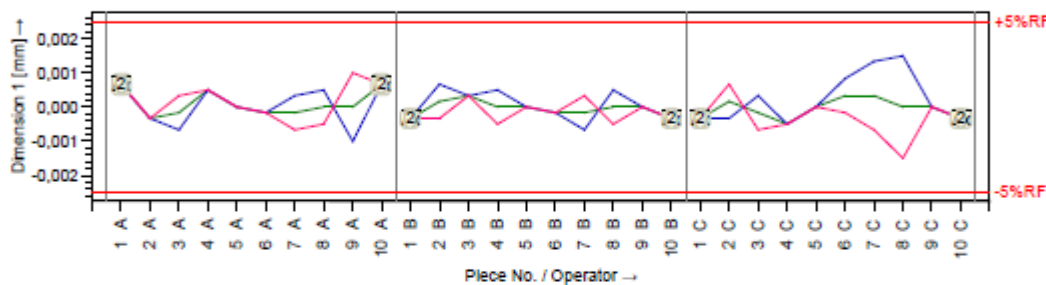
| n | X _{A,1} | X _{A,2} | \bar{x}_{g1} | s_{g1} | X _{B,1} | X _{B,2} | \bar{x}_{g2} | s_{g2} | X _{C,1} | X _{C,2} | \bar{x}_{g3} | s_{g3} |
|----|------------------|------------------|----------------|----------|------------------|------------------|----------------|----------|------------------|------------------|----------------|----------|
| 1 | 4,105 | 4,105 | 4,1050 | 0,0000 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 |
| 2 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 | 4,104 | 4,103 | 4,1035 | 0,0007 | 4,103 | 4,104 | 4,1035 | 0,0007 |
| 3 | 4,102 | 4,103 | 4,1025 | 0,0007 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 | 4,103 | 4,102 | 4,1025 | 0,0007 |
| 4 | 4,108 | 4,108 | 4,1080 | 0,0000 | 4,108 | 4,107 | 4,1075 | 0,0007 | 4,107 | 4,107 | 4,1070 | 0,0000 |
| 5 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 6 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 | 4,105 | 4,104 | 4,1045 | 0,0007 |
| 7 | 4,106 | 4,105 | 4,1055 | 0,0007 | 4,105 | 4,106 | 4,1055 | 0,0007 | 4,107 | 4,105 | 4,1060 | 0,0014 |
| 8 | 4,106 | 4,105 | 4,1055 | 0,0007 | 4,106 | 4,105 | 4,1055 | 0,0007 | 4,107 | 4,104 | 4,1055 | 0,0021 |
| 9 | 4,102 | 4,104 | 4,1030 | 0,0014 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 |
| 10 | 4,116 | 4,116 | 4,1160 | 0,0000 | 4,115 | 4,115 | 4,1150 | 0,0000 | 4,115 | 4,115 | 4,1150 | 0,0000 |

| Variance | | Standard dev. | | | |
|---|-----------------|--------------------------|----------------------------------|------------------|----------|
| Repeatability | 0.00000037917 | 0.00061577 | 0.00051350 ± 0.00061577 ± 0.0001 | %EV = 7.39% | |
| Reproducibility | [insignificant] | | | %AV = --- | |
| Uncertainty from Inter | [pooling] | | | %IA = --- | |
| Repeatability & Reprc | 0.00000037917 | 0.00061577 ¹⁵ | 0.00060186 ± 0.00061577 ± 0.0001 | %GRR = 7.39% | |
| Tolerance | T | 0.050 | Confidence Interval | 1-α | 95.000% |
| Resolution | %RE | 0.20% | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 7.39% | | | |
| Part Variation | %PV | 46.35% | | | |
| number of distinct categories | ndc | 8 | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 2 | | | | | |
| | | $T_{min}(\%GRR)$ | 0.036946 | $T_{min}(\%GRR)$ | 0.012315 |

Department: BrgP/QMM3 Date: 05.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-2 Study</h3> | Sheet: 1 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|--|--|--|
| Division : Bosch Car Multime Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Test Reas. : MSA - Study Type 2 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 1 Char.No. : 1 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0.050 Unit : mm |
| Comment : A: Pedro Gonçalves / B: Cláudia Barros / C: Pratik Panthee Comment : | | |



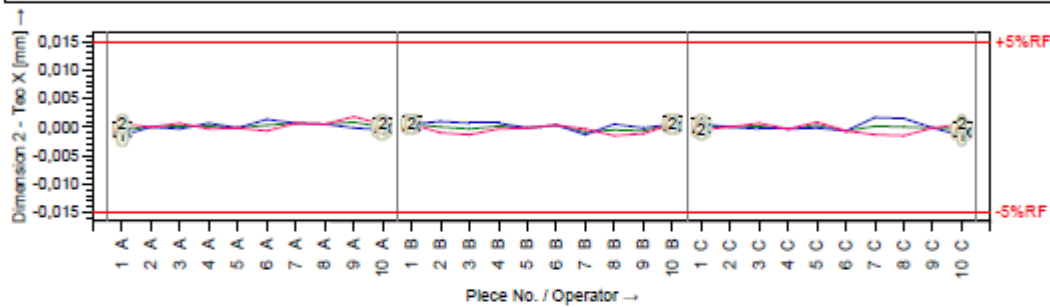
| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $S_{g,j}$ | X _{B,1} | X _{B,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $S_{g,j}$ | X _{C,1} | X _{C,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $S_{g,j}$ |
|----|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|
| 1 | 4,105 | 4,105 | 4,1050 | 0,0000 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 |
| 2 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 | 4,104 | 4,103 | 4,1035 | 0,0007 | 4,103 | 4,104 | 4,1035 | 0,0007 |
| 3 | 4,102 | 4,103 | 4,1025 | 0,0007 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 | 4,103 | 4,102 | 4,1025 | 0,0007 |
| 4 | 4,108 | 4,108 | 4,1080 | 0,0000 | 4,108 | 4,107 | 4,1075 | 0,0007 | 4,107 | 4,107 | 4,1070 | 0,0000 |
| 5 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 6 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 | 4,105 | 4,104 | 4,1045 | 0,0007 |
| 7 | 4,106 | 4,105 | 4,1055 | 0,0007 | 4,105 | 4,106 | 4,1055 | 0,0007 | 4,107 | 4,105 | 4,1060 | 0,0014 |
| 8 | 4,106 | 4,105 | 4,1055 | 0,0007 | 4,106 | 4,105 | 4,1055 | 0,0007 | 4,107 | 4,104 | 4,1055 | 0,0021 |
| 9 | 4,102 | 4,104 | 4,1030 | 0,0014 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 |
| 10 | 4,116 | 4,116 | 4,1160 | 0,0000 | 4,115 | 4,115 | 4,1150 | 0,0000 | 4,115 | 4,115 | 4,1150 | 0,0000 |

| | | | | | | |
|---|-----------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | 0.00051350 ± 0.00061577 ± 0.0001 | %EV = 7.39% | | |
| Reproducibility | [insignificant] | | | %AV = -- | | |
| Uncertainty from Inter | [pooling] | | | %IA = -- | | |
| Repeatability & Reprc | 0.00000037917 | 0.00061577 ¹¹⁵ | 0.00060185 ± 0.00061577 ± 0.0001 | %GRR = 7.39% | | |
| Tolerance - T | | = 0.050 | | Confidence Interval - 1-α = 95.000% | | |
| Resolution | %RE | = 0.20% | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | = 7.39% | | | | |
| Part Variation | %PV | = 46.35% | | | | |
| number of distinct categories | ndc | = 8 | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | |
| BOSCH 2016: Type 2 | | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.036946 | T _{min} (%GRR) | 0.012315 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

BOSCH Measurement System Analysis Type-2 Study Sheet: 2 / 9

| | | |
|--|--------------------------------|-----------------------------------|
| Division : Bosch Car Multime | Product : Single Part | Char.Descr. : Dimension 2 - Teo X |
| Group/Dep. : BrgP/QMM3 | Part descr. | Char.No. : 2 |
| Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S | Part number | Nom.val. : 80,000 |
| Mach.No. : 25712 | Drw.No. : | Lo.Allow. : -0,150 |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 2 | Up.Allow. : 0,150 |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 05.07.2021 | Tol. : 0,300 |
| | | Unit : mm |
| Comment : A: Pedro Gonçalves / B: Cláudia Barros / C: Pratik Panthee | | |
| Comment : | | |

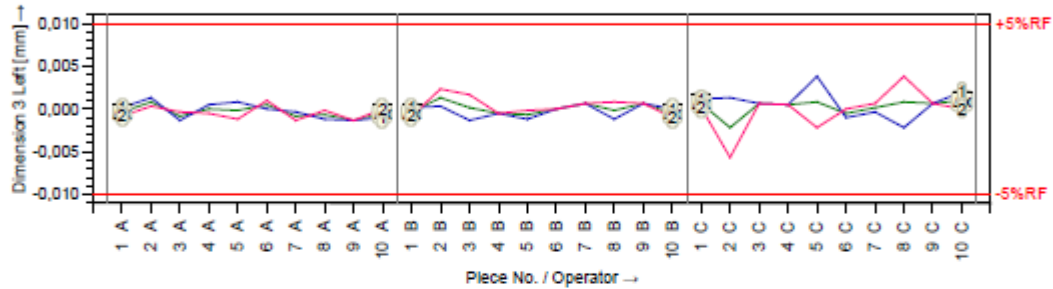


| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $S_{g,j}$ | X _{B,1} | X _{B,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $S_{g,j}$ | X _{C,1} | X _{C,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $S_{g,j}$ |
|----|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|
| 1 | 79,991 | 79,993 | 79,9920 | 0,0014 | 79,993 | 79,993 | 79,9930 | 0,0000 | 79,993 | 79,992 | 79,9925 | 0,0007 |
| 2 | 79,973 | 79,973 | 79,9730 | 0,0000 | 79,974 | 79,972 | 79,9730 | 0,0014 | 79,973 | 79,973 | 79,9730 | 0,0000 |
| 3 | 79,990 | 79,991 | 79,9905 | 0,0007 | 79,991 | 79,989 | 79,9900 | 0,0014 | 79,990 | 79,991 | 79,9905 | 0,0007 |
| 4 | 79,995 | 79,994 | 79,9945 | 0,0007 | 79,995 | 79,994 | 79,9945 | 0,0007 | 79,994 | 79,994 | 79,9940 | 0,0000 |
| 5 | 80,004 | 80,004 | 80,0040 | 0,0000 | 80,004 | 80,004 | 80,0040 | 0,0000 | 80,004 | 80,005 | 80,0045 | 0,0007 |
| 6 | 80,001 | 79,999 | 80,0000 | 0,0014 | 80,000 | 80,000 | 80,0000 | 0,0000 | 79,999 | 79,999 | 79,9990 | 0,0000 |
| 7 | 79,992 | 79,992 | 79,9920 | 0,0000 | 79,990 | 79,991 | 79,9905 | 0,0007 | 79,993 | 79,990 | 79,9915 | 0,0021 |
| 8 | 80,006 | 80,006 | 80,0060 | 0,0000 | 80,006 | 80,004 | 80,0050 | 0,0014 | 80,007 | 80,004 | 80,0055 | 0,0021 |
| 9 | 80,007 | 80,009 | 80,0080 | 0,0014 | 80,007 | 80,006 | 80,0065 | 0,0007 | 80,007 | 80,007 | 80,0070 | 0,0000 |
| 10 | 79,997 | 79,998 | 79,9975 | 0,0007 | 79,998 | 79,998 | 79,9980 | 0,0000 | 79,996 | 79,998 | 79,9970 | 0,0014 |

| | | | | | | |
|---|-----------------|---------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------------|----------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | | %EV = 1.74% | | |
| Reproducibility | [insignificant] | | | %AV = --- | | |
| Uncertainty from Inter | [pooling] | | | %IA = --- | | |
| Repeatability & Reprc | 0.0000075625 | 0.00086963 ¹¹⁵ | 0.00085239 ± 0.00086963 ± 0.001 | %GRR = 1.74% | | |
| Tolerance | T | 0.300 | Confidence Interval | 1-α | 95.000% | |
| Resolution | %RE | 0.03% | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 1.74% | | | | |
| Part Variation | %PV | 19.91% | | | | |
| number of distinct categories | ndc | 16 | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 2 | | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.052177 | T _{min} (%GRR) | 0.017392 |

Department: BrgP/QMM3 Date: 05.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|--|---|---|
| Division : Bosch Car Multime Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 2 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 Left Char.No. : 3 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : A: Pedro Goncalves / B: Claudia Barros / C: Pratik Panthee Comment : | | |

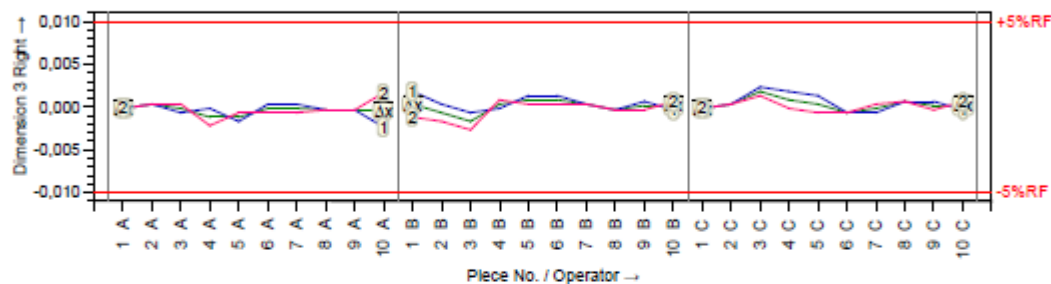


| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $s_{g,j}$ | X _{B,1} | X _{B,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $s_{g,j}$ | X _{C,1} | X _{C,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $s_{g,j}$ |
|----|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|
| 1 | 22,982 | 22,981 | 22,9815 | 0,0007 | 22,982 | 22,981 | 22,9815 | 0,0007 | 22,983 | 22,982 | 22,9825 | 0,0007 |
| 2 | 22,987 | 22,986 | 22,9865 | 0,0007 | 22,986 | 22,988 | 22,9870 | 0,0014 | 22,987 | 22,980 | 22,9835 | 0,0049 |
| 3 | 22,954 | 22,955 | 22,9545 | 0,0007 | 22,954 | 22,957 | 22,9555 | 0,0021 | 22,956 | 22,956 | 22,9560 | 0,0000 |
| 4 | 22,988 | 22,987 | 22,9875 | 0,0007 | 22,987 | 22,987 | 22,9870 | 0,0000 | 22,988 | 22,988 | 22,9880 | 0,0000 |
| 5 | 22,978 | 22,976 | 22,9770 | 0,0014 | 22,976 | 22,977 | 22,9765 | 0,0007 | 22,981 | 22,975 | 22,9780 | 0,0042 |
| 6 | 22,955 | 22,956 | 22,9555 | 0,0007 | 22,955 | 22,955 | 22,9550 | 0,0000 | 22,954 | 22,955 | 22,9545 | 0,0007 |
| 7 | 22,963 | 22,962 | 22,9625 | 0,0007 | 22,964 | 22,964 | 22,9640 | 0,0000 | 22,963 | 22,964 | 22,9635 | 0,0007 |
| 8 | 22,967 | 22,968 | 22,9675 | 0,0007 | 22,967 | 22,969 | 22,9680 | 0,0014 | 22,966 | 22,972 | 22,9690 | 0,0042 |
| 9 | 22,968 | 22,968 | 22,9680 | 0,0000 | 22,970 | 22,970 | 22,9700 | 0,0000 | 22,970 | 22,970 | 22,9700 | 0,0000 |
| 10 | 22,968 | 22,969 | 22,9685 | 0,0007 | 22,969 | 22,968 | 22,9685 | 0,0007 | 22,971 | 22,969 | 22,9700 | 0,0014 |

| | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------------|---|--------------|---|----------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | 0,0012716 ± 0,0015248 ± 0,00190 | %EV = 4.57% | <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, green, red);"></div> | |
| Reproducibility | [insignificant] | | | %AV = --- | <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, green, red);"></div> | |
| Uncertainty from Inter | [pooling] | | | %IA = --- | <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, green, red);"></div> | |
| Repeatability & Reprc | 0,0000023250 | 0,0015248 ^{1/5} | 0,0014947 ± 0,0015248 ± 0,002421 | %GRR = 4.57% | <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, green, red);"></div> | |
| Tolerance | | T = 0,200 | Confidence Interval - 1-α = 95,000% | | | |
| Resolution | %RE | 0,05% | <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, green, red);"></div> | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 4,57% | <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, green, red);"></div> | | | |
| Part Variation | %PV | 34,84% | <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, green, red);"></div> | | | |
| number of distinct categories | ndc | 10 | <div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, green, red);"></div> | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 2 | | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0,091487 | T _{min} (%GRR) | 0,030496 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multime Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 2 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 Right Char.No. : 4 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : |
| Comment : A: Pedro Gonçalves / B: Cláudia Barros / C: Pratik Panthee Comment : | | |

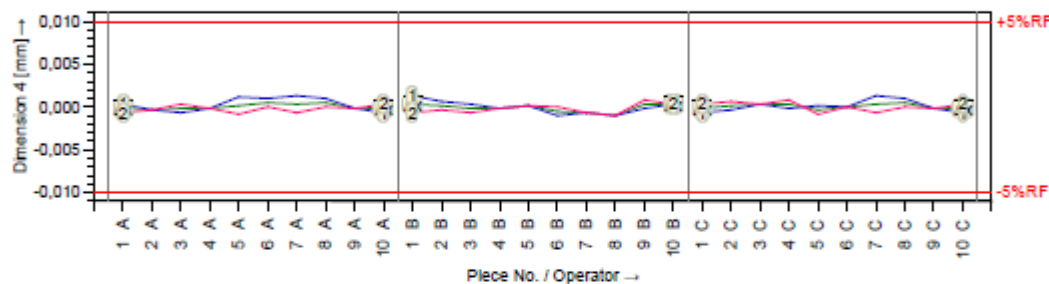


| n | X _{A,1} | X _{A,2} | \bar{x}_{g1} | s_{g1} | X _{B,1} | X _{B,2} | \bar{x}_{g2} | s_{g2} | X _{C,1} | X _{C,2} | \bar{x}_{g3} | s_{g3} |
|----|------------------|------------------|----------------|----------|------------------|------------------|----------------|----------|------------------|------------------|----------------|----------|
| 1 | 23,066 | 23,066 | 23,0660 | 0,0000 | 23,068 | 23,065 | 23,0665 | 0,0021 | 23,066 | 23,066 | 23,0660 | 0,0000 |
| 2 | 23,072 | 23,072 | 23,0720 | 0,0000 | 23,072 | 23,070 | 23,0710 | 0,0014 | 23,072 | 23,072 | 23,0720 | 0,0000 |
| 3 | 23,069 | 23,070 | 23,0695 | 0,0007 | 23,069 | 23,067 | 23,0680 | 0,0014 | 23,072 | 23,071 | 23,0715 | 0,0007 |
| 4 | 23,034 | 23,032 | 23,0330 | 0,0014 | 23,034 | 23,035 | 23,0345 | 0,0007 | 23,036 | 23,034 | 23,0350 | 0,0014 |
| 5 | 23,070 | 23,071 | 23,0705 | 0,0007 | 23,073 | 23,072 | 23,0725 | 0,0007 | 23,073 | 23,071 | 23,0720 | 0,0014 |
| 6 | 23,063 | 23,062 | 23,0625 | 0,0007 | 23,064 | 23,063 | 23,0635 | 0,0007 | 23,062 | 23,062 | 23,0620 | 0,0000 |
| 7 | 23,028 | 23,027 | 23,0275 | 0,0007 | 23,028 | 23,028 | 23,0280 | 0,0000 | 23,027 | 23,028 | 23,0275 | 0,0007 |
| 8 | 23,074 | 23,074 | 23,0740 | 0,0000 | 23,074 | 23,074 | 23,0740 | 0,0000 | 23,075 | 23,075 | 23,0750 | 0,0000 |
| 9 | 23,053 | 23,053 | 23,0530 | 0,0000 | 23,054 | 23,053 | 23,0535 | 0,0007 | 23,054 | 23,053 | 23,0535 | 0,0007 |
| 10 | 23,059 | 23,063 | 23,0610 | 0,0028 | 23,061 | 23,062 | 23,0615 | 0,0007 | 23,061 | 23,062 | 23,0615 | 0,0007 |

| | | | | | |
|---|-----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | | | |
| | 0.0000010708 | 0.0010348 | 0.00086295 ± 0.0010348 ± 0.00121 | %EV = 3.10% | |
| Reproducibility | [insignificant] | | | %AV = --- | |
| Uncertainty from Inter | [pooling] | | | %IA = --- | |
| Repeatability & Reprc | 0.0000010708 | 0.0010348 ¹¹⁵ | 0.0010250 ± 0.0010348 ± 0.002421 | %GRR = 3.10% | |
| Tolerance = T = 0.200 | | Confidence Interval = 1-α = 95.000% | | | |
| Resolution | %RE | 0.05% | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 3.10% | | | |
| Part Variation | %PV | 48.66% | | | |
| number of distinct categories | ndc | 22 | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 2 | | | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.062088 | T _{min} (%GRR) | 0.020696 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|---|--|
| Division : Bosch Car Multime Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 2 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 4 Char.No. : 5 Nom.val. : 61,800 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : A: Pedro Gonçalves / B: Cláudia Barros / C: Pratik Panthee Comment : | | |

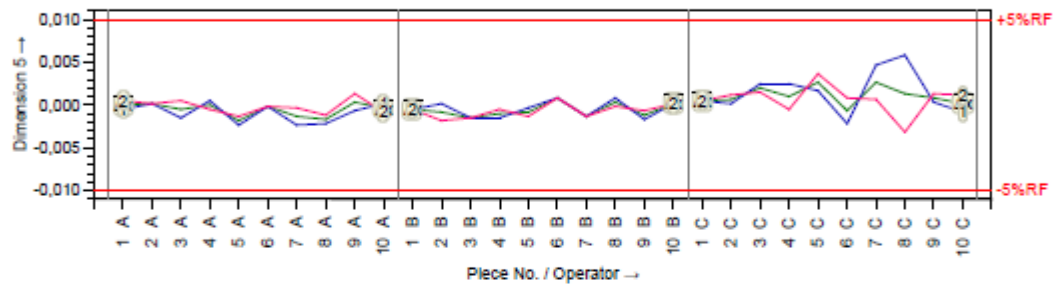


| n | X _{A,1} | X _{A,2} | \bar{X}_{g1} | s_{g1} | X _{B,1} | X _{B,2} | \bar{X}_{g2} | s_{g2} | X _{C,1} | X _{C,2} | \bar{X}_{g3} | s_{g3} |
|----|------------------|------------------|----------------|----------|------------------|------------------|----------------|----------|------------------|------------------|----------------|----------|
| 1 | 61,758 | 61,757 | 61,7575 | 0,0007 | 61,759 | 61,757 | 61,7580 | 0,0014 | 61,757 | 61,758 | 61,7575 | 0,0007 |
| 2 | 61,772 | 61,772 | 61,7720 | 0,0000 | 61,773 | 61,772 | 61,7725 | 0,0007 | 61,772 | 61,773 | 61,7725 | 0,0007 |
| 3 | 61,762 | 61,763 | 61,7625 | 0,0007 | 61,763 | 61,762 | 61,7625 | 0,0007 | 61,763 | 61,763 | 61,7630 | 0,0000 |
| 4 | 61,759 | 61,759 | 61,7590 | 0,0000 | 61,759 | 61,759 | 61,7590 | 0,0000 | 61,759 | 61,760 | 61,7595 | 0,0007 |
| 5 | 61,759 | 61,757 | 61,7580 | 0,0014 | 61,758 | 61,758 | 61,7580 | 0,0000 | 61,758 | 61,757 | 61,7575 | 0,0007 |
| 6 | 61,760 | 61,759 | 61,7595 | 0,0007 | 61,758 | 61,759 | 61,7585 | 0,0007 | 61,759 | 61,759 | 61,7590 | 0,0000 |
| 7 | 61,753 | 61,751 | 61,7520 | 0,0014 | 61,751 | 61,751 | 61,7510 | 0,0000 | 61,753 | 61,751 | 61,7520 | 0,0014 |
| 8 | 61,762 | 61,761 | 61,7615 | 0,0007 | 61,760 | 61,760 | 61,7600 | 0,0000 | 61,762 | 61,761 | 61,7615 | 0,0007 |
| 9 | 61,757 | 61,757 | 61,7570 | 0,0000 | 61,757 | 61,758 | 61,7575 | 0,0007 | 61,757 | 61,757 | 61,7570 | 0,0000 |
| 10 | 61,752 | 61,753 | 61,7525 | 0,0007 | 61,753 | 61,753 | 61,7530 | 0,0000 | 61,752 | 61,753 | 61,7525 | 0,0007 |

| | | | | |
|--|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------------|
| | Variance | Standard dev. | | |
| Repeatability | 0.00000047361 | 0.00068819 | 0.00057390 ± 0.00068819 ± 0.0001 | %EV = 2.06% |
| Reproducibility | [insignificant] | | | %AV = --- |
| Uncertainty from inter | [pooling] | | | %IA = --- |
| Repeatability & Reprc | 0.00000047361 | 0.00068819 ¹¹⁵ | 0.00067295 ± 0.00068819 ± 0.0001 | %GRR = 2.06% |
| Tolerance - T = 0.200 Confidence Interval - 1-α = 95.000% | | | | |
| Resolution | %RE | 0.05% | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 2.06% | | |
| Part Variation | %PV | 17.17% | | |
| number of distinct categories | ndc | 11 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 2 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.041292 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.013764 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multime Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Desor. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part desor. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 2 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Desor. : Dimension 5 Char.No. : 6 Nom.val. : 2,600 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : |
| Comment : A: Pedro Gonçalves / B: Claudia Barros / C: Pratik Panthee Comment : | | |



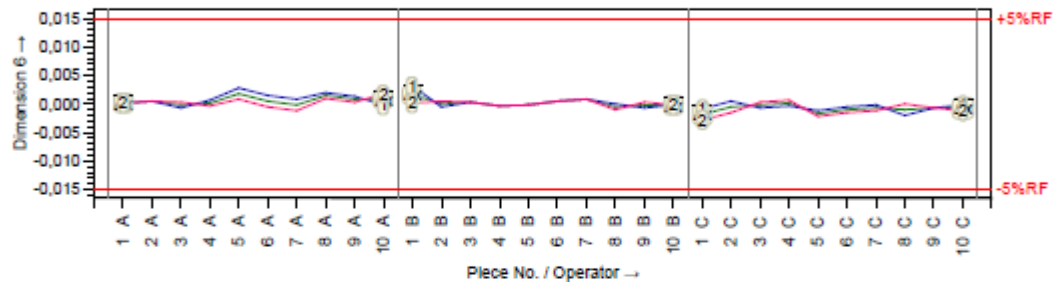
| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $s_{g,j}$ | X _{B,1} | X _{B,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $s_{g,j}$ | X _{C,1} | X _{C,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | $s_{g,j}$ |
|----|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|
| 1 | 2,504 | 2,505 | 2,5045 | 0,0007 | 2,504 | 2,504 | 2,5040 | 0,0000 | 2,505 | 2,505 | 2,5050 | 0,0000 |
| 2 | 2,528 | 2,528 | 2,5280 | 0,0000 | 2,528 | 2,526 | 2,5270 | 0,0014 | 2,528 | 2,529 | 2,5285 | 0,0007 |
| 3 | 2,532 | 2,534 | 2,5330 | 0,0014 | 2,532 | 2,532 | 2,5320 | 0,0000 | 2,536 | 2,535 | 2,5355 | 0,0007 |
| 4 | 2,482 | 2,481 | 2,4815 | 0,0007 | 2,480 | 2,481 | 2,4805 | 0,0007 | 2,484 | 2,481 | 2,4825 | 0,0021 |
| 5 | 2,489 | 2,490 | 2,4895 | 0,0007 | 2,491 | 2,490 | 2,4905 | 0,0007 | 2,493 | 2,495 | 2,4940 | 0,0014 |
| 6 | 2,501 | 2,501 | 2,5010 | 0,0000 | 2,502 | 2,502 | 2,5020 | 0,0000 | 2,499 | 2,502 | 2,5005 | 0,0021 |
| 7 | 2,504 | 2,506 | 2,5050 | 0,0014 | 2,505 | 2,505 | 2,5050 | 0,0000 | 2,511 | 2,507 | 2,5090 | 0,0028 |
| 8 | 2,516 | 2,517 | 2,5165 | 0,0007 | 2,519 | 2,518 | 2,5185 | 0,0007 | 2,524 | 2,515 | 2,5195 | 0,0064 |
| 9 | 2,521 | 2,523 | 2,5220 | 0,0014 | 2,520 | 2,521 | 2,5205 | 0,0007 | 2,522 | 2,523 | 2,5225 | 0,0007 |
| 10 | 2,520 | 2,519 | 2,5195 | 0,0007 | 2,520 | 2,520 | 2,5200 | 0,0000 | 2,519 | 2,521 | 2,5200 | 0,0014 |

| | | | | | |
|---|--------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | 0.0013097 ≤ 0.0015706 ≤ 0.001961 | %EV = 4.71% | |
| Reproducibility | 0.0000024667 | 0.0015706 | 0.00033371 ≤ 0.00090139 ≤ 0.0061 | %AV = 2.70% | |
| Uncertainty from Inter [pooling] | | | | %IA = --- | |
| Repeatability & Repr | 0.0000032792 | 0.0018108 ^{1/5} | 0.0016115 ≤ 0.0018108 ≤ 0.006261 | %GRR = 5.43% | |
| Tolerance - T = 0.200 | | Confidence Interval - 1-α = 95.000% | | | |
| Resolution | %RE = 0.05% | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR = 5.43% | | | | |
| Part Variation | %PV = 49.45% | | | | |
| number of distinct categories | ndc = 12 | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 2 | | | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.10865 | T _{min} (%GRR) | 0.036217 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--------------|---|--------------|
| BOSCH | Measurement System Analysis Type-2 Study | Sheet: 7 / 9 |
|--------------|---|--------------|

| | | |
|--|--|---|
| Division : Bosch Car Multime Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. Part number Drw.No. : Test Reas. : MSA - Study Type 2 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 6 Char.No. : 7 Nom.val. : 178,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0,300 Unit : |
| Comment : A: Pedro Gonçalves / B: Cláudia Barros / C: Pratik Panthee Comment : | | |



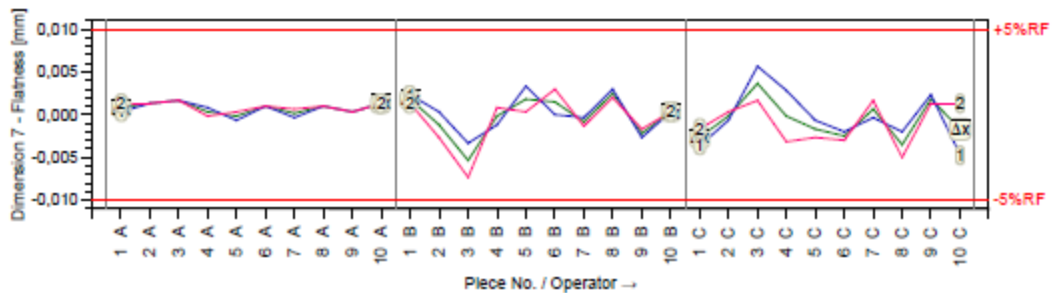
| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{x}_{g,j}$ | $s_{g,j}$ | X _{B,1} | X _{B,2} | $\bar{x}_{g,j}$ | $s_{g,j}$ | X _{C,1} | X _{C,2} | $\bar{x}_{g,j}$ | $s_{g,j}$ |
|----|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|-----------|
| 1 | 178,129 | 178,129 | 178,1290 | 0,0000 | 178,132 | 178,129 | 178,1305 | 0,0021 | 178,128 | 178,126 | 178,1270 | 0,0014 |
| 2 | 178,150 | 178,150 | 178,1500 | 0,0000 | 178,149 | 178,150 | 178,1495 | 0,0007 | 178,150 | 178,148 | 178,1490 | 0,0014 |
| 3 | 178,148 | 178,149 | 178,1485 | 0,0007 | 178,149 | 178,149 | 178,1490 | 0,0000 | 178,148 | 178,149 | 178,1485 | 0,0007 |
| 4 | 178,132 | 178,131 | 178,1315 | 0,0007 | 178,131 | 178,131 | 178,1310 | 0,0000 | 178,131 | 178,132 | 178,1315 | 0,0007 |
| 5 | 178,143 | 178,141 | 178,1420 | 0,0014 | 178,140 | 178,140 | 178,1400 | 0,0000 | 178,139 | 178,138 | 178,1385 | 0,0007 |
| 6 | 178,132 | 178,130 | 178,1310 | 0,0014 | 178,131 | 178,131 | 178,1310 | 0,0000 | 178,130 | 178,129 | 178,1295 | 0,0007 |
| 7 | 178,143 | 178,141 | 178,1420 | 0,0014 | 178,143 | 178,143 | 178,1430 | 0,0000 | 178,142 | 178,141 | 178,1415 | 0,0007 |
| 8 | 178,121 | 178,120 | 178,1205 | 0,0007 | 178,119 | 178,118 | 178,1185 | 0,0007 | 178,117 | 178,119 | 178,1180 | 0,0014 |
| 9 | 178,122 | 178,121 | 178,1215 | 0,0007 | 178,120 | 178,121 | 178,1205 | 0,0007 | 178,120 | 178,120 | 178,1200 | 0,0000 |
| 10 | 178,128 | 178,130 | 178,1290 | 0,0014 | 178,128 | 178,128 | 178,1280 | 0,0000 | 178,128 | 178,127 | 178,1275 | 0,0007 |

| | | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | | |
| | 0.00000099028 | 0.00099513 | 0.00082986 ± 0.00099513 ± 0.001: | %EV = 1.99% |
| Reproducibility | 0.00000047049 | 0.00068592 | 0.00028442 ± 0.00068592 ± 0.004: | %AV = 1.37% |
| Uncertainty from Inter | [pooling] | | | %IA = --- |
| Repeatability & Reprt | 0.0000014608 | 0.0012086 ¹¹⁵ | 0.0010401 ± 0.0012086 ± 0.00463: | %GRR = 2.42% |
| Tolerance - T - 0.300 | | Confidence Interval - 1-α - 95.000% | | |
| Resolution | %RE | 0.03% | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 2.42% | | |
| Part Variation | %PV | 21.51% | | |
| number of distinct categories | ndc | 12 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 2 | | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.072517 | T _{min} (%GRR) |
| | | | | 0.024172 |

Department: BrgP/QMM3 Date: 05.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|--|---|--------------|
| | Measurement System Analysis Type-2 Study | Sheet: 8 / 9 |
|--|---|--------------|

| | | |
|---|--|--|
| Division : Bosch Car Multime Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. Part number Drw.No. : Test Reas. : MSA - Study Type 2 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 7 - Flatness Char.No. : 8 Nom.val. : 0,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,200 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : A: Pedro Gonçalves / B: Cláudia Barros / C: Pratik Panthee Comment : | | |



| n | X _{A,1} | X _{A,2} | \bar{x}_{g1} | s_{g1} | X _{B,1} | X _{B,2} | \bar{x}_{g2} | s_{g2} | X _{C,1} | X _{C,2} | \bar{x}_{g3} | s_{g3} |
|----|------------------|------------------|----------------|----------|------------------|------------------|----------------|----------|------------------|------------------|----------------|----------|
| 1 | 0,208 | 0,209 | 0,2085 | 0,0007 | 0,210 | 0,209 | 0,2095 | 0,0007 | 0,204 | 0,206 | 0,2050 | 0,0014 |
| 2 | 0,170 | 0,170 | 0,1700 | 0,0000 | 0,169 | 0,166 | 0,1675 | 0,0021 | 0,168 | 0,169 | 0,1685 | 0,0007 |
| 3 | 0,162 | 0,162 | 0,1620 | 0,0000 | 0,157 | 0,153 | 0,1550 | 0,0028 | 0,166 | 0,162 | 0,1640 | 0,0028 |
| 4 | 0,181 | 0,180 | 0,1805 | 0,0007 | 0,179 | 0,181 | 0,1800 | 0,0014 | 0,183 | 0,177 | 0,1800 | 0,0042 |
| 5 | 0,152 | 0,153 | 0,1525 | 0,0007 | 0,156 | 0,153 | 0,1545 | 0,0021 | 0,152 | 0,150 | 0,1510 | 0,0014 |
| 6 | 0,133 | 0,133 | 0,1330 | 0,0000 | 0,132 | 0,135 | 0,1335 | 0,0021 | 0,130 | 0,129 | 0,1295 | 0,0007 |
| 7 | 0,136 | 0,137 | 0,1365 | 0,0007 | 0,136 | 0,135 | 0,1355 | 0,0007 | 0,136 | 0,138 | 0,1370 | 0,0014 |
| 8 | 0,198 | 0,198 | 0,1980 | 0,0000 | 0,200 | 0,199 | 0,1995 | 0,0007 | 0,195 | 0,192 | 0,1935 | 0,0021 |
| 9 | 0,203 | 0,203 | 0,2030 | 0,0000 | 0,200 | 0,201 | 0,2005 | 0,0007 | 0,205 | 0,204 | 0,2045 | 0,0007 |
| 10 | 0,153 | 0,153 | 0,1530 | 0,0000 | 0,152 | 0,152 | 0,1520 | 0,0000 | 0,147 | 0,153 | 0,1500 | 0,0042 |

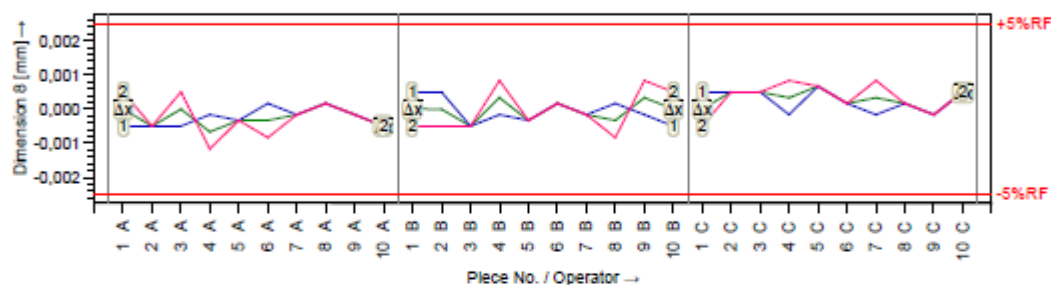
| | | | | | |
|------------------------|-----------------|---------------|----------------------------------|-------------|--|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | 0.0013332 ± 0.0016683 ± 0.002231 | %EV = 5.00% | |
| | 0.0000027833 | 0.0016683 | | | |
| Reproducibility | [insignificant] | | 0.0010242 ± 0.0020148 ± 0.003451 | %IA = 6.04% | |
| Uncertainty from Inter | 0.0000040593 | | | | |
| Repeatability & Repr | 0.0000068426 | | 0.0025369 ± 0.0026158 ± 0.005141 | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|------|---|-------------------------|---------------------|-------------------------|----------|---|---------|
| Tolerance | - | T* | - | 0.200 | Confidence Interval | - | 1-α | - | 95.000% |
| Resolution | - | %RE | - | 0.05% | | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | - | 7.85% | | | | | |
| Part Variation | - | %PV | - | 81.24% | | | | | |
| number of distinct categories | - | ndc | - | 14 | | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 2 | | | | | | | | | |
| | | | | T _{min} (%GRR) | 0.15695 | T _{min} (%GRR) | 0.052317 | | |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-2 Study</h3> | Sheet: 9 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|--|--|--|
| Division : Bosch Car Multime Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Single Part Part descr. Part number Drw.No. : Test Reas. : MSA - Study Type 2 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 8 Char.No. : 9 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
| Comment : A: Pedro Gonçalves / B: Cláudia Barros / C: Pratik Panthee Comment : | | |




| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} | X _{B,1} | X _{B,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} | X _{C,1} | X _{C,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 4,127 | 4,128 | 4,1275 | 0,0007 | 4,128 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 | 4,128 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 |
| 2 | 4,122 | 4,122 | 4,1220 | 0,0000 | 4,123 | 4,122 | 4,1225 | 0,0007 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 3 | 4,122 | 4,123 | 4,1225 | 0,0007 | 4,122 | 4,122 | 4,1220 | 0,0000 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 4 | 4,126 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 | 4,128 | 4,129 | 4,1285 | 0,0007 | 4,128 | 4,129 | 4,1285 | 0,0007 |
| 5 | 4,126 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 | 4,129 | 4,129 | 4,1290 | 0,0000 |
| 6 | 4,126 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 |
| 7 | 4,126 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 | 4,128 | 4,129 | 4,1285 | 0,0007 |
| 8 | 4,126 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 | 4,128 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 |
| 9 | 4,129 | 4,129 | 4,1290 | 0,0000 | 4,129 | 4,130 | 4,1295 | 0,0007 | 4,129 | 4,129 | 4,1290 | 0,0000 |
| 10 | 4,126 | 4,126 | 4,1260 | 0,0000 | 4,126 | 4,127 | 4,1265 | 0,0007 | 4,127 | 4,127 | 4,1270 | 0,0000 |

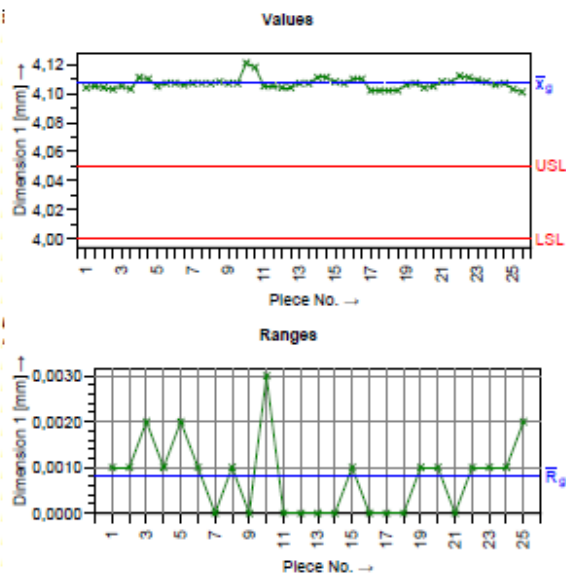
| | Variance | Standard dev. | | |
|--|---------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Repeatability | 0.0000021667 | 0.00046547 | 0.00038817 ≤ 0.00046547 ≤ 0.0004 | %EV = 5.59% |
| Reproducibility | 0.00000066667 | 0.00025820 | 0.000092750 ≤ 0.00025820 ≤ 0.00 | %AV = 3.10% |
| Uncertainty from Inter [pooling] | | | | %IA = -- |
| Repeatability & Reprc | 0.0000028333 | 0.00053229 ¹¹⁵ | 0.00047628 ≤ 0.00053229 ≤ 0.001 | %GRR = 6.39% |
| Tolerance = T = 0.050 Confidence Interval = 1-α = 95.000% | | | | |
| Resolution | %RE | 0.20% | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 6.39% | | |
| Part Variation | %PV | 28.57% | | |
| number of distinct categories | ndc | 6 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 2 | | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.031937 | T _{min} (%GRR) |
| | | | | 0.010646 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 05.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

ANEXO H – RELATÓRIO DAS MEDIÇÕES EFETUADAS NO PROCEDIMENTO 1 DO MSA PARA O HOUSING BASE

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|--|--------------|
|  BOSCH | | Measurement System Analysis Type-3 Study | | Sheet: 1 / 9 |
| Division : Bosch Car Multimedia | Product : Sing Part | Char.Descr. : Dimension 1 | | |
| Group/Dep. : BrgP/QMM-LM | Part descr. | Char.No. : 1 | | |
| Mach.Descr. : 1. Mitutoyo BHN 305 | Part number | Nom.val. : 4,000 | | |
| Mach.No. : M_MAQ0001 | Drw.No. | Lo.Allow. : 0,000 | | |
| Resolution : 0,0001 mm | Tst Reas. : MSA - Study Type 3 | Up.Allow. : 0,050 | | |
| Test Location : Metrology Lab | Test Begin : 13.07.2021 | Tol. : 0,050 | | |
| | | Unit : mm | | |
| Comment : | | | | |
| Comment : | | | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{gj} | s _{gj} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 4,104 | 4,105 | 4,1045 | 0,0007 |
| 2 | 4,104 | 4,103 | 4,1035 | 0,0007 |
| 3 | 4,105 | 4,103 | 4,1040 | 0,0014 |
| 4 | 4,111 | 4,110 | 4,1105 | 0,0007 |
| 5 | 4,105 | 4,107 | 4,1060 | 0,0014 |
| 6 | 4,107 | 4,106 | 4,1065 | 0,0007 |
| 7 | 4,107 | 4,107 | 4,1070 | 0,0000 |
| 8 | 4,107 | 4,108 | 4,1075 | 0,0007 |
| 9 | 4,107 | 4,107 | 4,1070 | 0,0000 |
| 10 | 4,121 | 4,118 | 4,1195 | 0,0021 |
| 11 | 4,105 | 4,105 | 4,1050 | 0,0000 |
| 12 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 |
| 13 | 4,107 | 4,107 | 4,1070 | 0,0000 |
| 14 | 4,111 | 4,111 | 4,1110 | 0,0000 |
| 15 | 4,108 | 4,107 | 4,1075 | 0,0007 |
| 16 | 4,110 | 4,110 | 4,1100 | 0,0000 |
| 17 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 18 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 19 | 4,106 | 4,107 | 4,1065 | 0,0007 |
| 20 | 4,104 | 4,105 | 4,1045 | 0,0007 |
| 21 | 4,108 | 4,108 | 4,1080 | 0,0000 |
| 22 | 4,112 | 4,111 | 4,1115 | 0,0007 |
| 23 | 4,109 | 4,108 | 4,1085 | 0,0007 |
| 24 | 4,106 | 4,107 | 4,1065 | 0,0007 |
| 25 | 4,103 | 4,101 | 4,1020 | 0,0014 |

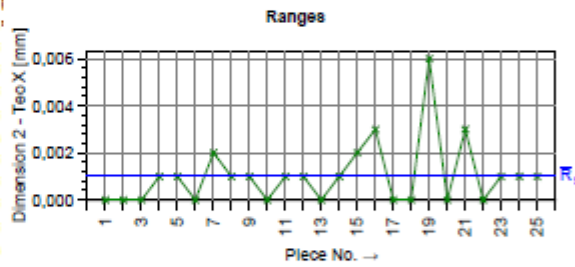
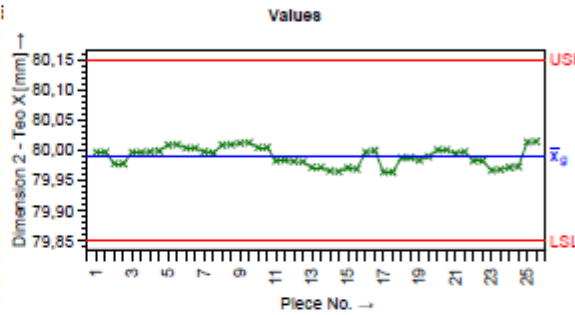


| | Variance | Standard dev. | | | |
|---|---------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Repeatability | 0.00000064000 | 0.00080000 | 0.00062741 ± 0.00080000 ± 0.001 | %EV = 9.60% | |
| Repeatability & Reprr | 0.00000064000 | 0.00080000 ¹⁷⁵ | 0.00062741 ± 0.00080000 ± 0.001 | %GRR = 9.60% | |
| Tolerance | - | T | - | 0.050 | Confidence Interval |
| | | | | | - |
| | | | | | 1-α |
| | | | | | - |
| | | | | | 95.000% |
| Resolution | - | %RE | - | 0.20% | |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | - | 9.60% | |
| Part Variation | - | %PV | - | 44.70% | |
| number of distinct categories | - | ndc | - | 6 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | |
| | | | | T _{min} (%GRR) | 0.048000 |
| | | | | T _{min} (%GRR) | 0.016000 |

Department: BrgP/QMM-LM Date: 14.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|---|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 1. Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Test Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 13.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 2 - Teo X Char.No. : 2 Nom.val. : 80,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0.300 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_g | s _g |
|----|-----------------|-----------------|-------------|----------------|
| 1 | 79,997 | 79,997 | 79,9970 | 0,0000 |
| 2 | 79,978 | 79,978 | 79,9780 | 0,0000 |
| 3 | 79,997 | 79,997 | 79,9970 | 0,0000 |
| 4 | 79,998 | 79,999 | 79,9985 | 0,0007 |
| 5 | 80,009 | 80,010 | 80,0095 | 0,0007 |
| 6 | 80,004 | 80,004 | 80,0040 | 0,0000 |
| 7 | 79,998 | 79,996 | 79,9970 | 0,0014 |
| 8 | 80,009 | 80,010 | 80,0095 | 0,0007 |
| 9 | 80,012 | 80,013 | 80,0125 | 0,0007 |
| 10 | 80,005 | 80,005 | 80,0050 | 0,0000 |
| 11 | 79,983 | 79,984 | 79,9835 | 0,0007 |
| 12 | 79,982 | 79,981 | 79,9815 | 0,0007 |
| 13 | 79,972 | 79,972 | 79,9720 | 0,0000 |
| 14 | 79,966 | 79,965 | 79,9655 | 0,0007 |
| 15 | 79,971 | 79,969 | 79,9700 | 0,0014 |
| 16 | 79,997 | 80,000 | 79,9985 | 0,0021 |
| 17 | 79,964 | 79,964 | 79,9640 | 0,0000 |
| 18 | 79,988 | 79,988 | 79,9880 | 0,0000 |
| 19 | 79,984 | 79,990 | 79,9870 | 0,0042 |
| 20 | 80,001 | 80,001 | 80,0010 | 0,0000 |
| 21 | 79,995 | 79,996 | 79,9965 | 0,0021 |
| 22 | 79,983 | 79,983 | 79,9830 | 0,0000 |
| 23 | 79,967 | 79,968 | 79,9675 | 0,0007 |
| 24 | 79,972 | 79,973 | 79,9725 | 0,0007 |
| 25 | 80,014 | 80,015 | 80,0145 | 0,0007 |

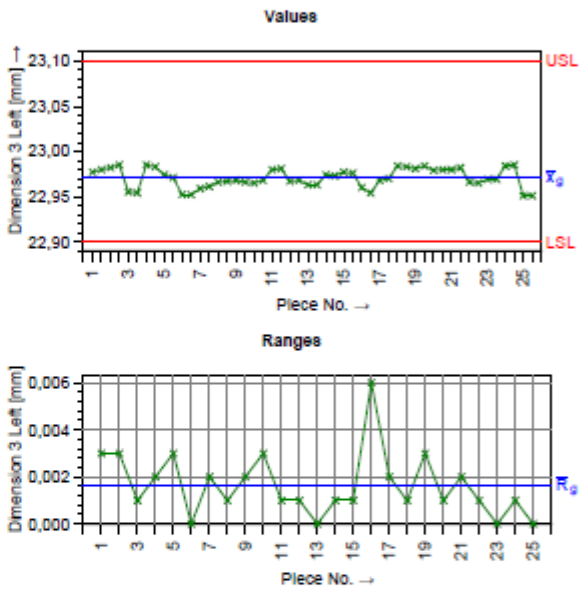


| | | | | | |
|---|---|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------|
| | | Variance | Standard dev. | | |
| Repeatability | - | 0.0000014400 | 0.0012000 | 0.00094111 ± 0.0012000 ± 0.0016 | %EV = 2.40% |
| Repeatability & Repr: | - | 0.0000014400 | 0.0012000 ¹¹⁵ | 0.00094111 ± 0.0012000 ± 0.0016 | %GRR = 2.40% |
| Tolerance | | - | T | - | 0.300 |
| Confidence Interval | | - | 1-α | - | 95.000% |
| Resolution | - | %RE | - | 0.03% | |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | - | 2.40% | |
| Part Variation | - | %PV | - | 31.25% | |
| number of distinct categories | - | ndc | - | 18 | |
| Measurement system capable (%RE,mIn,%GRR) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.072000 | T _{min} (%GRR) | 0.024000 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 14.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 1. Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 13.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 Left Char.No. : 3 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{g1} | S _{g1} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 22,977 | 22,980 | 22,9785 | 0,0021 |
| 2 | 22,982 | 22,985 | 22,9835 | 0,0021 |
| 3 | 22,955 | 22,954 | 22,9545 | 0,0007 |
| 4 | 22,985 | 22,983 | 22,9840 | 0,0014 |
| 5 | 22,974 | 22,971 | 22,9725 | 0,0021 |
| 6 | 22,952 | 22,952 | 22,9520 | 0,0000 |
| 7 | 22,959 | 22,961 | 22,9600 | 0,0014 |
| 8 | 22,966 | 22,967 | 22,9665 | 0,0007 |
| 9 | 22,968 | 22,966 | 22,9670 | 0,0014 |
| 10 | 22,965 | 22,968 | 22,9665 | 0,0021 |
| 11 | 22,980 | 22,981 | 22,9805 | 0,0007 |
| 12 | 22,967 | 22,968 | 22,9675 | 0,0007 |
| 13 | 22,963 | 22,963 | 22,9630 | 0,0000 |
| 14 | 22,974 | 22,973 | 22,9735 | 0,0007 |
| 15 | 22,977 | 22,976 | 22,9765 | 0,0007 |
| 16 | 22,960 | 22,954 | 22,9570 | 0,0042 |
| 17 | 22,968 | 22,970 | 22,9690 | 0,0014 |
| 18 | 22,984 | 22,983 | 22,9835 | 0,0007 |
| 19 | 22,981 | 22,984 | 22,9825 | 0,0021 |
| 20 | 22,979 | 22,980 | 22,9795 | 0,0007 |
| 21 | 22,980 | 22,982 | 22,9810 | 0,0014 |
| 22 | 22,966 | 22,965 | 22,9655 | 0,0007 |
| 23 | 22,969 | 22,969 | 22,9690 | 0,0000 |
| 24 | 22,984 | 22,985 | 22,9845 | 0,0007 |
| 25 | 22,951 | 22,951 | 22,9510 | 0,0000 |

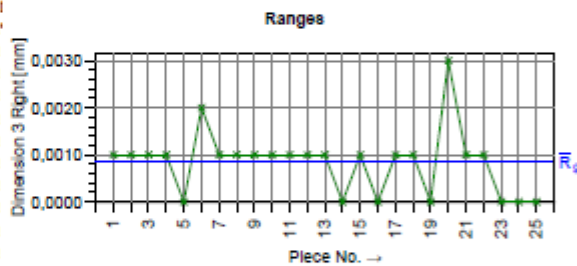
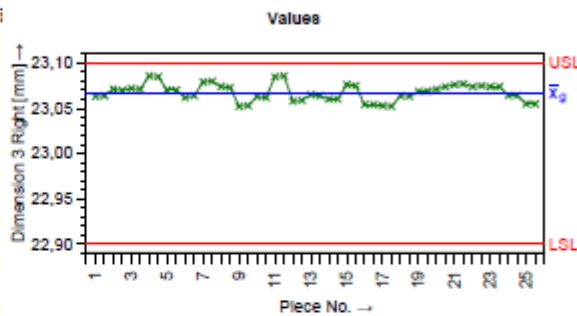


| | | | |
|---|--------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | Variance | Standard dev. | |
| Repeatability | 0.0000022200 | 0.0014900 | 0.0011685 ≤ 0.0014900 ≤ 0.002051 |
| Repeatability & Repr. | 0.0000022200 | 0.0014900 ¹¹⁵ | 0.0011685 ≤ 0.0014900 ≤ 0.002051 |
| Tolerance - T - 0.200 | | Confidence Interval - 1-α - 95.000% | |
| Resolution | - %RE - | 0.05% | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR - | 4.47% | |
| Part Variation | - %PV - | 31.50% | |
| number of distinct categories | - ndc - | 9 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.089398 |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.029799 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 14.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descri. : 1. Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 13.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 3 Right Char.No. : 4 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_g | S _g |
|----|-----------------|-----------------|-------------|----------------|
| 1 | 23,063 | 23,064 | 23,0635 | 0,0007 |
| 2 | 23,071 | 23,070 | 23,0705 | 0,0007 |
| 3 | 23,072 | 23,071 | 23,0715 | 0,0007 |
| 4 | 23,086 | 23,085 | 23,0855 | 0,0007 |
| 5 | 23,070 | 23,070 | 23,0700 | 0,0000 |
| 6 | 23,062 | 23,064 | 23,0630 | 0,0014 |
| 7 | 23,079 | 23,080 | 23,0795 | 0,0007 |
| 8 | 23,074 | 23,073 | 23,0735 | 0,0007 |
| 9 | 23,052 | 23,053 | 23,0525 | 0,0007 |
| 10 | 23,063 | 23,062 | 23,0625 | 0,0007 |
| 11 | 23,085 | 23,086 | 23,0855 | 0,0007 |
| 12 | 23,058 | 23,059 | 23,0585 | 0,0007 |
| 13 | 23,065 | 23,064 | 23,0645 | 0,0007 |
| 14 | 23,060 | 23,060 | 23,0600 | 0,0000 |
| 15 | 23,076 | 23,075 | 23,0755 | 0,0007 |
| 16 | 23,054 | 23,054 | 23,0540 | 0,0000 |
| 17 | 23,053 | 23,052 | 23,0525 | 0,0007 |
| 18 | 23,064 | 23,063 | 23,0635 | 0,0007 |
| 19 | 23,069 | 23,069 | 23,0690 | 0,0000 |
| 20 | 23,071 | 23,074 | 23,0725 | 0,0021 |
| 21 | 23,076 | 23,077 | 23,0765 | 0,0007 |
| 22 | 23,074 | 23,075 | 23,0745 | 0,0007 |
| 23 | 23,074 | 23,074 | 23,0740 | 0,0000 |
| 24 | 23,064 | 23,064 | 23,0640 | 0,0000 |
| 25 | 23,055 | 23,055 | 23,0550 | 0,0000 |

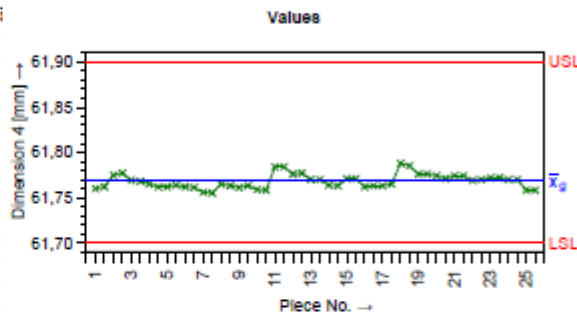


| | | | | | | |
|---|---------------|---------------------------|--|---------------------|-------------------------|----------|
| | Variance | Standard dev. | | | | |
| Repeatability | 0.00000058000 | 0.00076158 | $0.00059727 \leq 0.00076158 \leq 0.0011$ | %EV = 2.28% | | |
| Repeatability & Repr. | 0.00000058000 | 0.00076158 ^{1/2} | $0.00059727 \leq 0.00076158 \leq 0.0011$ | %GRR = 2.28% | | |
| Tolerance | - | T | 0.200 | Confidence Interval | - | 1-α |
| | | | | | | 95.000% |
| Resolution | - | %RE | 0.05% | | | |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | 2.28% | | | |
| Part Variation | - | %PV | 28.32% | | | |
| number of distinct categories | - | ndc | 17 | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.045695 | T _{min} (%GRR) | 0.015232 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 14.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 1. Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MÁQ0001 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 13.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 4 Char.No. : 5 Nom.val. : 61,800 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_g | S _g |
|----|-----------------|-----------------|-------------|----------------|
| 1 | 61,760 | 61,762 | 61,7610 | 0,0014 |
| 2 | 61,775 | 61,777 | 61,7760 | 0,0014 |
| 3 | 61,769 | 61,768 | 61,7685 | 0,0007 |
| 4 | 61,765 | 61,762 | 61,7635 | 0,0021 |
| 5 | 61,762 | 61,764 | 61,7630 | 0,0014 |
| 6 | 61,762 | 61,761 | 61,7615 | 0,0007 |
| 7 | 61,756 | 61,755 | 61,7555 | 0,0007 |
| 8 | 61,765 | 61,763 | 61,7640 | 0,0014 |
| 9 | 61,761 | 61,763 | 61,7620 | 0,0014 |
| 10 | 61,759 | 61,758 | 61,7585 | 0,0007 |
| 11 | 61,784 | 61,784 | 61,7840 | 0,0000 |
| 12 | 61,776 | 61,777 | 61,7765 | 0,0007 |
| 13 | 61,770 | 61,770 | 61,7700 | 0,0000 |
| 14 | 61,764 | 61,763 | 61,7635 | 0,0007 |
| 15 | 61,771 | 61,771 | 61,7710 | 0,0000 |
| 16 | 61,762 | 61,763 | 61,7625 | 0,0007 |
| 17 | 61,763 | 61,765 | 61,7640 | 0,0014 |
| 18 | 61,788 | 61,785 | 61,7865 | 0,0021 |
| 19 | 61,776 | 61,776 | 61,7760 | 0,0000 |
| 20 | 61,774 | 61,771 | 61,7725 | 0,0021 |
| 21 | 61,774 | 61,774 | 61,7740 | 0,0000 |
| 22 | 61,769 | 61,770 | 61,7695 | 0,0007 |
| 23 | 61,772 | 61,772 | 61,7720 | 0,0000 |
| 24 | 61,770 | 61,770 | 61,7700 | 0,0000 |
| 25 | 61,758 | 61,758 | 61,7580 | 0,0000 |

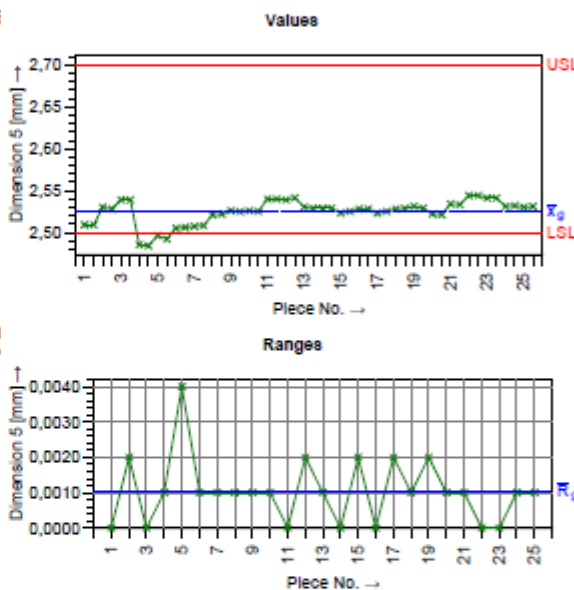


| | Variance | Standard dev. | | |
|--|--------------|--------------------------|---------------------------------|--------------|
| Repeatability | 0.0000011800 | 0.0010863 | 0.00085192 ≤ 0.0010863 ≤ 0.0014 | %EV = 3.26% |
| Repeatability & Reprc | 0.0000011800 | 0.0010863 ¹⁷⁵ | 0.00085192 ≤ 0.0010863 ≤ 0.0014 | %GRR = 3.26% |
| Tolerance - T = 0.200 Confidence Interval - 1-α = 95.000% | | | | |
| Resolution | %RE | 0.05% | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 3.26% | | |
| Part Variation | %PV | 23.54% | | |
| number of distinct categories | ndc | 10 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.065177 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.021726 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 14.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descri. : 1. Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MÁQ0001 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 13.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 5 Char.No. : 6 Nom.val. : 2,600 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 2,509 | 2,509 | 2,5090 | 0,0000 |
| 2 | 2,530 | 2,528 | 2,5290 | 0,0014 |
| 3 | 2,539 | 2,539 | 2,5390 | 0,0000 |
| 4 | 2,485 | 2,484 | 2,4845 | 0,0007 |
| 5 | 2,496 | 2,492 | 2,4940 | 0,0028 |
| 6 | 2,505 | 2,506 | 2,5055 | 0,0007 |
| 7 | 2,507 | 2,508 | 2,5075 | 0,0007 |
| 8 | 2,521 | 2,522 | 2,5215 | 0,0007 |
| 9 | 2,526 | 2,525 | 2,5255 | 0,0007 |
| 10 | 2,526 | 2,525 | 2,5255 | 0,0007 |
| 11 | 2,540 | 2,540 | 2,5400 | 0,0000 |
| 12 | 2,539 | 2,541 | 2,5400 | 0,0014 |
| 13 | 2,530 | 2,529 | 2,5295 | 0,0007 |
| 14 | 2,529 | 2,529 | 2,5290 | 0,0000 |
| 15 | 2,523 | 2,525 | 2,5240 | 0,0014 |
| 16 | 2,528 | 2,528 | 2,5280 | 0,0000 |
| 17 | 2,523 | 2,525 | 2,5240 | 0,0014 |
| 18 | 2,528 | 2,529 | 2,5285 | 0,0007 |
| 19 | 2,531 | 2,529 | 2,5300 | 0,0014 |
| 20 | 2,522 | 2,521 | 2,5215 | 0,0007 |
| 21 | 2,534 | 2,533 | 2,5335 | 0,0007 |
| 22 | 2,544 | 2,544 | 2,5440 | 0,0000 |
| 23 | 2,541 | 2,541 | 2,5410 | 0,0000 |
| 24 | 2,531 | 2,532 | 2,5315 | 0,0007 |
| 25 | 2,530 | 2,531 | 2,5305 | 0,0007 |



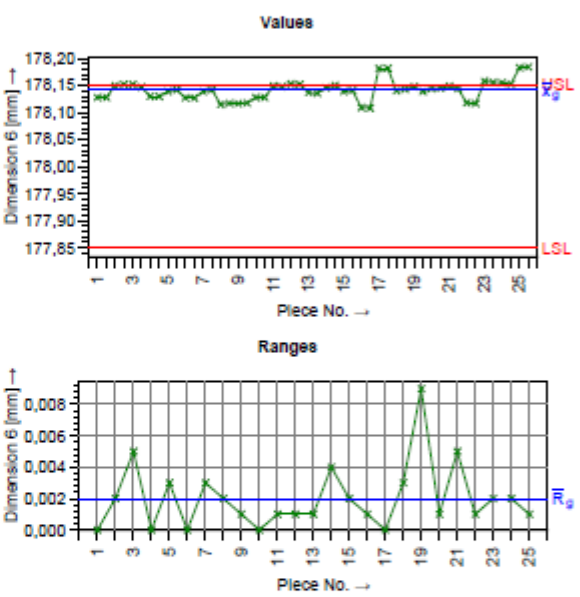
| | Variance | Standard dev. | | |
|---|---------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Repeatability | 0.00000096000 | 0.00097980 | 0.00076841 ± 0.00097980 ± 0.001 | %EV = 2.94% |
| Repeatability & Repr. | 0.00000096000 | 0.00097980 ¹¹⁵ | 0.00076841 ± 0.00097980 ± 0.001 | %GRR = 2.94% |
| Tolerance | - T | - 0.200 | Confidence Interval | - 1-α - 95.000% |
| Resolution | - %RE | - 0.05% | | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR | - 2.94% | | |
| Part Variation | - %PV | - 43.57% | | |
| number of distinct categories | - ndc | - 20 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.058788 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.019596 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------------|
| Department | Date | Name | |
| BrgP/QMM-LM | 14.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | Signature _____ |

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 7 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 1. Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 13.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 6 Char.No. : 7 Nom.val. : 178,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0,300 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{gj} | S _{gj} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 178,128 | 178,128 | 178,1280 | 0,0000 |
| 2 | 178,150 | 178,152 | 178,1510 | 0,0014 |
| 3 | 178,152 | 178,147 | 178,1495 | 0,0035 |
| 4 | 178,130 | 178,130 | 178,1300 | 0,0000 |
| 5 | 178,139 | 178,142 | 178,1405 | 0,0021 |
| 6 | 178,127 | 178,127 | 178,1270 | 0,0000 |
| 7 | 178,139 | 178,142 | 178,1405 | 0,0021 |
| 8 | 178,115 | 178,117 | 178,1160 | 0,0014 |
| 9 | 178,117 | 178,118 | 178,1175 | 0,0007 |
| 10 | 178,128 | 178,128 | 178,1280 | 0,0000 |
| 11 | 178,149 | 178,148 | 178,1485 | 0,0007 |
| 12 | 178,153 | 178,152 | 178,1525 | 0,0007 |
| 13 | 178,137 | 178,136 | 178,1365 | 0,0007 |
| 14 | 178,146 | 178,150 | 178,1480 | 0,0028 |
| 15 | 178,139 | 178,141 | 178,1400 | 0,0014 |
| 16 | 178,109 | 178,108 | 178,1085 | 0,0007 |
| 17 | 178,182 | 178,182 | 178,1820 | 0,0000 |
| 18 | 178,140 | 178,143 | 178,1415 | 0,0021 |
| 19 | 178,148 | 178,139 | 178,1435 | 0,0064 |
| 20 | 178,144 | 178,145 | 178,1445 | 0,0007 |
| 21 | 178,149 | 178,144 | 178,1465 | 0,0035 |
| 22 | 178,118 | 178,117 | 178,1175 | 0,0007 |
| 23 | 178,158 | 178,156 | 178,1570 | 0,0014 |
| 24 | 178,155 | 178,153 | 178,1540 | 0,0014 |
| 25 | 178,183 | 178,184 | 178,1835 | 0,0007 |

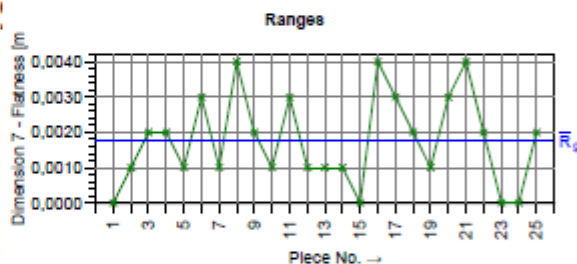


| | | | |
|---|--------------|--------------------------|---|
| | Variance | Standard dev. | |
| Repeatability | 0.0000040400 | 0.0020100 | 0.0015763 ≤ 0.0020100 ≤ 0.00277. %EV = 4.02% |
| Repeatability & Repr | 0.0000040400 | 0.0020100 ¹¹⁵ | 0.0015763 ≤ 0.0020100 ≤ 0.00277. %GRR = 4.02% |
| Tolerance - T | | 0.300 | Confidence Interval - 1-α - 95.000% |
| Resolution | - %RE | - 0.03% | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR | - 4.02% | |
| Part Variation | - %PV | - 36.02% | |
| number of distinct categories | - ndc | - 12 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.12060 |
| | | T _{min} (%RR) | 0.040199 |

Department: BrgP/QMM-LM Date: 14.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 1. Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 13.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 7 - Flatness Char.No. : 6 Nom.val. : 0,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,200 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | S _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 0,210 | 0,210 | 0,2100 | 0,0000 |
| 2 | 0,164 | 0,163 | 0,1635 | 0,0007 |
| 3 | 0,165 | 0,167 | 0,1660 | 0,0014 |
| 4 | 0,182 | 0,184 | 0,1830 | 0,0014 |
| 5 | 0,156 | 0,155 | 0,1555 | 0,0007 |
| 6 | 0,131 | 0,134 | 0,1325 | 0,0021 |
| 7 | 0,137 | 0,136 | 0,1365 | 0,0007 |
| 8 | 0,198 | 0,202 | 0,2000 | 0,0028 |
| 9 | 0,208 | 0,206 | 0,2070 | 0,0014 |
| 10 | 0,146 | 0,147 | 0,1465 | 0,0007 |
| 11 | 0,166 | 0,169 | 0,1675 | 0,0021 |
| 12 | 0,185 | 0,186 | 0,1855 | 0,0007 |
| 13 | 0,146 | 0,147 | 0,1465 | 0,0007 |
| 14 | 0,164 | 0,165 | 0,1645 | 0,0007 |
| 15 | 0,171 | 0,171 | 0,1710 | 0,0000 |
| 16 | 0,193 | 0,197 | 0,1950 | 0,0028 |
| 17 | 0,185 | 0,182 | 0,1835 | 0,0021 |
| 18 | 0,160 | 0,162 | 0,1610 | 0,0014 |
| 19 | 0,166 | 0,167 | 0,1665 | 0,0007 |
| 20 | 0,139 | 0,136 | 0,1375 | 0,0021 |
| 21 | 0,170 | 0,166 | 0,1680 | 0,0028 |
| 22 | 0,136 | 0,138 | 0,1370 | 0,0014 |
| 23 | 0,167 | 0,167 | 0,1670 | 0,0000 |
| 24 | 0,156 | 0,156 | 0,1560 | 0,0000 |
| 25 | 0,210 | 0,212 | 0,2110 | 0,0014 |

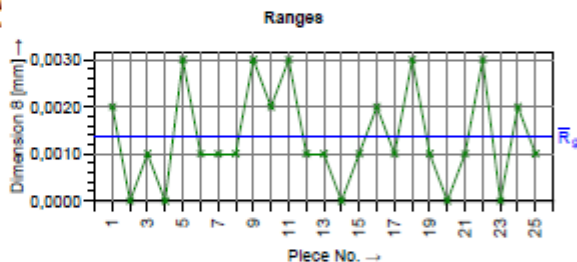
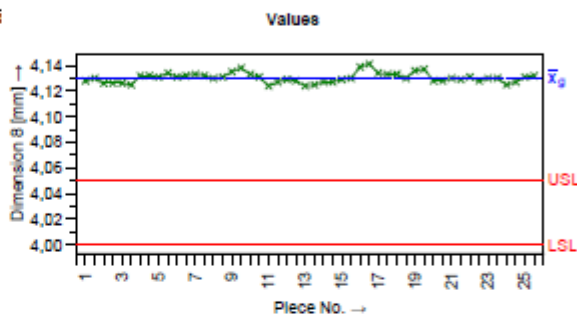


| | | | | |
|---|--------------|--------------------------|---|--------------|
| | Variance | Standard dev. | | |
| Repeatability | 0.0000023200 | 0.0015232 | $0.0011945 \leq 0.0015232 \leq 0.00210$ | %EV = 4.57% |
| Repeatability & Repr: | 0.0000023200 | 0.0015232 ¹¹⁵ | $0.0011945 \leq 0.0015232 \leq 0.00210$ | %GRR = 4.57% |
| Tolerance | - | T* | - | 0.200 |
| | | | Confidence Interval | - |
| | | | - | 1- α |
| | | | - | 95.000% |
| Resolution | - | %RE | - | 0.05% |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | - | 4.57% |
| Part Variation | - | %PV | - | 70.05% |
| number of distinct categories | - | ndc | - | 21 |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.091369 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.030463 |

| | | | |
|---------------------------|--------------------|---|--------------------|
| Department BrgP/QMM-LM | Date 14.07.2021 | Name Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | Signature _____ |
|---------------------------|--------------------|---|--------------------|

| | | |
|---|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 1. Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : M_MAQ0001 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part desc. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 13.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 8 Char.No. : 9 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | S _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 4,128 | 4,130 | 4,1290 | 0,0014 |
| 2 | 4,126 | 4,126 | 4,1260 | 0,0000 |
| 3 | 4,126 | 4,125 | 4,1255 | 0,0007 |
| 4 | 4,132 | 4,132 | 4,1320 | 0,0000 |
| 5 | 4,131 | 4,134 | 4,1325 | 0,0021 |
| 6 | 4,131 | 4,132 | 4,1315 | 0,0007 |
| 7 | 4,133 | 4,132 | 4,1325 | 0,0007 |
| 8 | 4,130 | 4,131 | 4,1305 | 0,0007 |
| 9 | 4,135 | 4,138 | 4,1365 | 0,0021 |
| 10 | 4,133 | 4,131 | 4,1320 | 0,0014 |
| 11 | 4,124 | 4,127 | 4,1255 | 0,0021 |
| 12 | 4,129 | 4,128 | 4,1285 | 0,0007 |
| 13 | 4,124 | 4,125 | 4,1245 | 0,0007 |
| 14 | 4,127 | 4,127 | 4,1270 | 0,0000 |
| 15 | 4,129 | 4,130 | 4,1295 | 0,0007 |
| 16 | 4,139 | 4,141 | 4,1400 | 0,0014 |
| 17 | 4,134 | 4,133 | 4,1335 | 0,0007 |
| 18 | 4,133 | 4,130 | 4,1315 | 0,0021 |
| 19 | 4,136 | 4,137 | 4,1365 | 0,0007 |
| 20 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 |
| 21 | 4,130 | 4,129 | 4,1295 | 0,0007 |
| 22 | 4,131 | 4,128 | 4,1295 | 0,0021 |
| 23 | 4,130 | 4,130 | 4,1300 | 0,0000 |
| 24 | 4,125 | 4,127 | 4,1260 | 0,0014 |
| 25 | 4,131 | 4,132 | 4,1315 | 0,0007 |



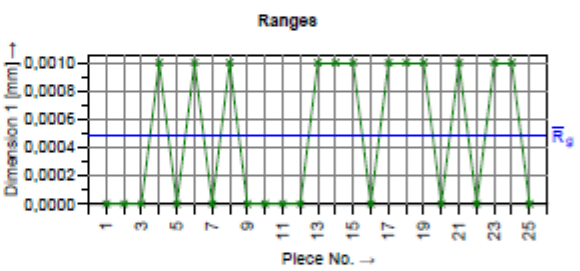
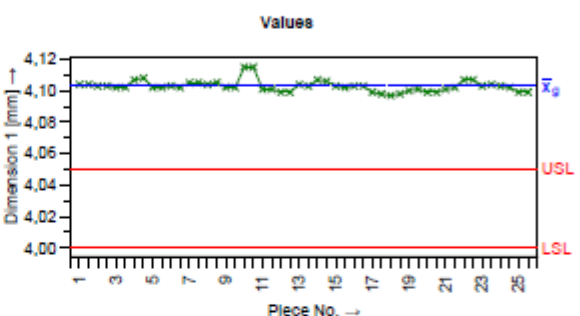
| | Variance | Standard dev. | | |
|--|--------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Repeatability | 0.0000014400 | 0.0012000 | 0.00094111 ± 0.0012000 ± 0.0016 | %EV = 14.40% |
| Repeatability & Repr. | 0.0000014400 | 0.0012000 ¹¹⁵ | 0.00094111 ± 0.0012000 ± 0.0016 | %GRR = 14.40% |
| Tolerance | - | T = 0.050 | Confidence Interval | - 1-α = 95.000% |
| Resolution | - | %RE = 0.20% | | |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR = 14.40% | | |
| Part Variation | - | %PV = 44.06% | | |
| number of distinct categories | - | ndc = 4 | | |
| Measurement system marginally capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.072000 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.024000 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 14.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 1 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0003 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 1 Char.No. : 1 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{gj} | S _{gj} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 |
| 2 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 |
| 3 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 4 | 4,107 | 4,108 | 4,1075 | 0,0007 |
| 5 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 6 | 4,103 | 4,102 | 4,1025 | 0,0007 |
| 7 | 4,105 | 4,105 | 4,1050 | 0,0000 |
| 8 | 4,104 | 4,105 | 4,1045 | 0,0007 |
| 9 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 10 | 4,115 | 4,115 | 4,1150 | 0,0000 |
| 11 | 4,101 | 4,101 | 4,1010 | 0,0000 |
| 12 | 4,099 | 4,099 | 4,0990 | 0,0000 |
| 13 | 4,104 | 4,103 | 4,1035 | 0,0007 |
| 14 | 4,107 | 4,106 | 4,1065 | 0,0007 |
| 15 | 4,103 | 4,102 | 4,1025 | 0,0007 |
| 16 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 |
| 17 | 4,099 | 4,098 | 4,0985 | 0,0007 |
| 18 | 4,097 | 4,098 | 4,0975 | 0,0007 |
| 19 | 4,100 | 4,101 | 4,1005 | 0,0007 |
| 20 | 4,099 | 4,099 | 4,0990 | 0,0000 |
| 21 | 4,101 | 4,102 | 4,1015 | 0,0007 |
| 22 | 4,107 | 4,107 | 4,1070 | 0,0000 |
| 23 | 4,103 | 4,104 | 4,1035 | 0,0007 |
| 24 | 4,103 | 4,102 | 4,1025 | 0,0007 |
| 25 | 4,099 | 4,099 | 4,0990 | 0,0000 |



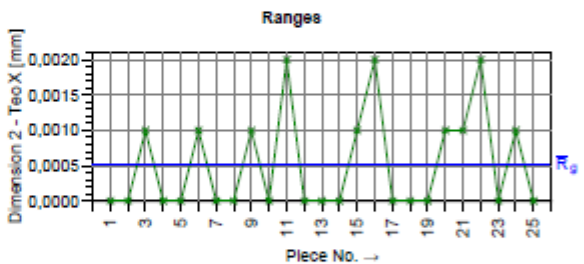
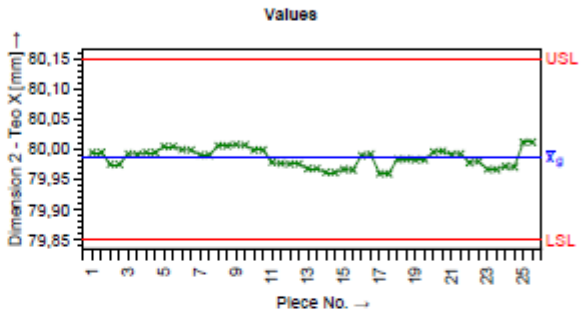
| | | | | |
|---|---------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| | Variance | Standard dev. | | |
| Repeatability | 0,00000024000 | 0,00048990 | 0,00038421 ± 0,00048990 ± 0,000 | %EV = 5,88% |
| Repeatability & Repr | 0,00000024000 | 0,00048990 ^{1/15} | 0,00038421 ± 0,00048990 ± 0,000 | %GRR = 5,88% |
| Tolerance | - | T | 0,050 | Confidence Interval - 1-α - 95,000% |
| Resolution | - | %RE | 0,20% | |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | 5,88% | |
| Part Variation | - | %PV | 43,25% | |
| number of distinct categories | - | ndc | 10 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0,029394 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0,0097979 |

Department: BrgP/QMM3 Date: 09.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 2 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0003 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 2 - Teo X Char.No. : 2 Nom.val. : 80,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0,300 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_g | S _g |
|----|-----------------|-----------------|-------------|----------------|
| 1 | 79,995 | 79,995 | 79,9950 | 0,0000 |
| 2 | 79,975 | 79,975 | 79,9750 | 0,0000 |
| 3 | 79,993 | 79,992 | 79,9925 | 0,0007 |
| 4 | 79,995 | 79,995 | 79,9950 | 0,0000 |
| 5 | 80,005 | 80,005 | 80,0050 | 0,0000 |
| 6 | 80,000 | 79,999 | 79,9995 | 0,0007 |
| 7 | 79,991 | 79,991 | 79,9910 | 0,0000 |
| 8 | 80,006 | 80,006 | 80,0060 | 0,0000 |
| 9 | 80,008 | 80,007 | 80,0075 | 0,0007 |
| 10 | 79,999 | 79,999 | 79,9990 | 0,0000 |
| 11 | 79,979 | 79,977 | 79,9780 | 0,0014 |
| 12 | 79,976 | 79,976 | 79,9760 | 0,0000 |
| 13 | 79,968 | 79,968 | 79,9680 | 0,0000 |
| 14 | 79,962 | 79,962 | 79,9620 | 0,0000 |
| 15 | 79,967 | 79,966 | 79,9665 | 0,0007 |
| 16 | 79,990 | 79,992 | 79,9910 | 0,0014 |
| 17 | 79,960 | 79,960 | 79,9600 | 0,0000 |
| 18 | 79,984 | 79,984 | 79,9840 | 0,0000 |
| 19 | 79,983 | 79,983 | 79,9830 | 0,0000 |
| 20 | 79,996 | 79,997 | 79,9965 | 0,0007 |
| 21 | 79,992 | 79,993 | 79,9925 | 0,0007 |
| 22 | 79,978 | 79,980 | 79,9790 | 0,0014 |
| 23 | 79,967 | 79,967 | 79,9670 | 0,0000 |
| 24 | 79,972 | 79,971 | 79,9715 | 0,0007 |
| 25 | 80,012 | 80,012 | 80,0120 | 0,0000 |

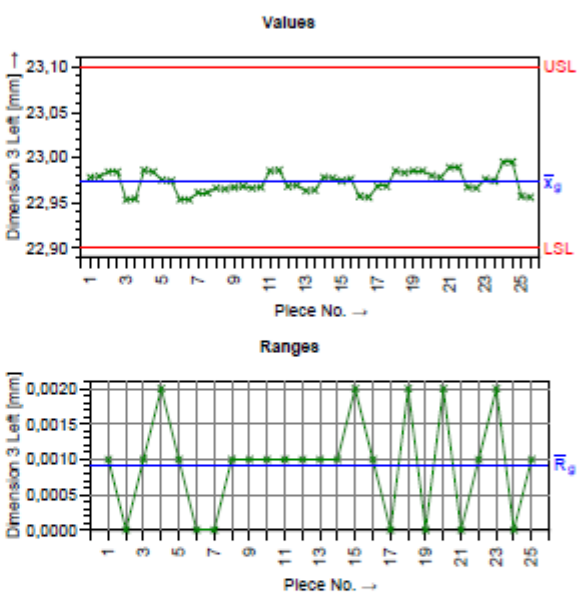


| | | | | |
|---|--------------|---------------------------|---|--------------|
| | Variance | Standard dev. | | |
| Repeatability | 0.0000038000 | 0.00061644 | $0.00048345 \leq 0.00061644 \leq 0.000$ | %EV = 1.23% |
| Repeatability & Repr | 0.0000038000 | 0.00061644 ⁷¹⁵ | $0.00048345 \leq 0.00061644 \leq 0.000$ | %GRR = 1.23% |
| Tolerance - T | | 0.300 | Confidence Interval - 1- α - 95.000% | |
| Resolution | - %RE | - 0.03% | | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR | - 1.23% | | |
| Part Variation | - %PV | - 30.35% | | |
| number of distinct categories | - ndc | - 34 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | $T_{min}(\%GRR)$ | 0.036986 |
| | | | $T_{min}(\%GRR)$ | 0.012329 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 09.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0003 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Test Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 Left Char.No. : 3 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{g1} | S _{g1} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 22,978 | 22,979 | 22,9785 | 0,0007 |
| 2 | 22,984 | 22,984 | 22,9840 | 0,0000 |
| 3 | 22,953 | 22,954 | 22,9535 | 0,0007 |
| 4 | 22,986 | 22,984 | 22,9850 | 0,0014 |
| 5 | 22,975 | 22,974 | 22,9745 | 0,0007 |
| 6 | 22,953 | 22,953 | 22,9530 | 0,0000 |
| 7 | 22,961 | 22,961 | 22,9610 | 0,0000 |
| 8 | 22,966 | 22,965 | 22,9655 | 0,0007 |
| 9 | 22,967 | 22,968 | 22,9675 | 0,0007 |
| 10 | 22,966 | 22,967 | 22,9665 | 0,0007 |
| 11 | 22,985 | 22,986 | 22,9855 | 0,0007 |
| 12 | 22,968 | 22,969 | 22,9685 | 0,0007 |
| 13 | 22,963 | 22,964 | 22,9635 | 0,0007 |
| 14 | 22,978 | 22,977 | 22,9775 | 0,0007 |
| 15 | 22,974 | 22,976 | 22,9750 | 0,0014 |
| 16 | 22,957 | 22,956 | 22,9565 | 0,0007 |
| 17 | 22,968 | 22,968 | 22,9680 | 0,0000 |
| 18 | 22,985 | 22,983 | 22,9840 | 0,0014 |
| 19 | 22,985 | 22,985 | 22,9850 | 0,0000 |
| 20 | 22,980 | 22,978 | 22,9790 | 0,0014 |
| 21 | 22,989 | 22,989 | 22,9890 | 0,0000 |
| 22 | 22,967 | 22,966 | 22,9665 | 0,0007 |
| 23 | 22,976 | 22,974 | 22,9750 | 0,0014 |
| 24 | 22,995 | 22,995 | 22,9950 | 0,0000 |
| 25 | 22,957 | 22,956 | 22,9565 | 0,0007 |



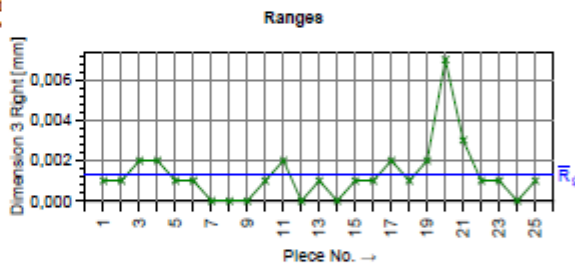
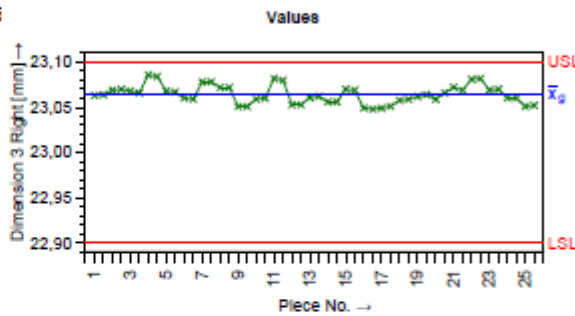
| | | Variance | Standard dev. | | | |
|---|---------------|---------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------|----------|
| Repeatability | 0.00000066000 | 0.00081240 | 0.00063713 ≤ 0.00081240 ≤ 0.001 | | %EV = 2.44% | |
| Repeatability & Repr | 0.00000066000 | 0.00081240 ¹¹⁵ | 0.00063713 ≤ 0.00081240 ≤ 0.001 | | %GRR = 2.44% | |
| Tolerance | - T | - 0.200 | Confidence Interval | - 1-α | - 95.000% | |
| Resolution | - %RE | - 0.05% | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR | - 2.44% | | | | |
| Part Variation | - %PV | - 35.10% | | | | |
| number of distinct categories | - ndc | - 20 | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.048744 | T _{min} (%GRR) | 0.016248 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------------|
| Department | Date | Name | |
| BrgP/QMM3 | 09.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | Signature _____ |

| | | |
|--------------|---|--------------|
| BOSCH | Measurement System Analysis Type-3 Study | Sheet: 4 / 9 |
|--------------|---|--------------|

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0003 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 Right Char.No. : 4 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | S _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 23,063 | 23,064 | 23,0635 | 0,0007 |
| 2 | 23,069 | 23,070 | 23,0695 | 0,0007 |
| 3 | 23,068 | 23,066 | 23,0670 | 0,0014 |
| 4 | 23,086 | 23,084 | 23,0850 | 0,0014 |
| 5 | 23,068 | 23,067 | 23,0675 | 0,0007 |
| 6 | 23,060 | 23,059 | 23,0595 | 0,0007 |
| 7 | 23,078 | 23,078 | 23,0780 | 0,0000 |
| 8 | 23,072 | 23,072 | 23,0720 | 0,0000 |
| 9 | 23,051 | 23,051 | 23,0510 | 0,0000 |
| 10 | 23,059 | 23,060 | 23,0595 | 0,0007 |
| 11 | 23,062 | 23,080 | 23,0810 | 0,0014 |
| 12 | 23,053 | 23,053 | 23,0530 | 0,0000 |
| 13 | 23,061 | 23,062 | 23,0615 | 0,0007 |
| 14 | 23,056 | 23,056 | 23,0560 | 0,0000 |
| 15 | 23,070 | 23,069 | 23,0695 | 0,0007 |
| 16 | 23,049 | 23,048 | 23,0485 | 0,0007 |
| 17 | 23,049 | 23,051 | 23,0500 | 0,0014 |
| 18 | 23,058 | 23,059 | 23,0585 | 0,0007 |
| 19 | 23,062 | 23,064 | 23,0630 | 0,0014 |
| 20 | 23,059 | 23,066 | 23,0625 | 0,0049 |
| 21 | 23,072 | 23,069 | 23,0705 | 0,0021 |
| 22 | 23,081 | 23,082 | 23,0815 | 0,0007 |
| 23 | 23,069 | 23,070 | 23,0695 | 0,0007 |
| 24 | 23,060 | 23,060 | 23,0600 | 0,0000 |
| 25 | 23,051 | 23,052 | 23,0515 | 0,0007 |



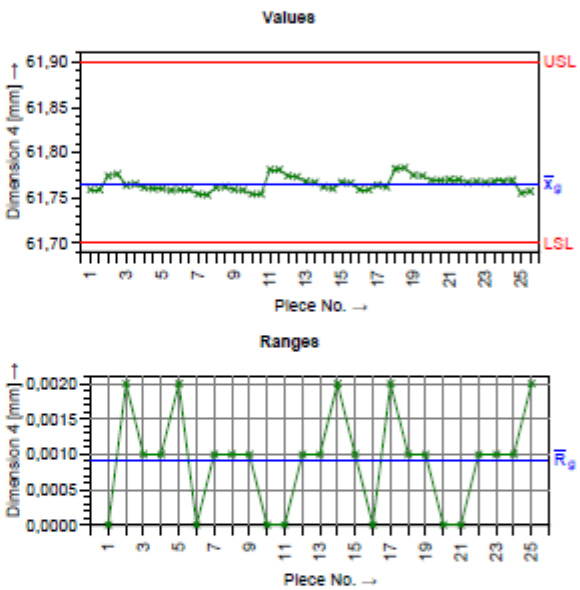
| | Variance | Standard dev. | | |
|---|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Repeatability | 0.0000018000 | 0.0013416 | 0.0010522 ≤ 0.0013416 ≤ 0.00185 | %EV = 4.02% |
| Repeatability & Repr. | 0.0000018000 | 0.0013416 ¹¹⁵ | 0.0010522 ≤ 0.0013416 ≤ 0.00185 | %GRR = 4.02% |
| Tolerance - T = 0.200 | | Confidence Interval - 1-α = 95.000% | | |
| Resolution | %RE = 0.05% | 0 5 | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR = 4.02% | 0 10 30 | | |
| Part Variation | %PV = 30.43% | 0 50 100 150 | | |
| number of distinct categories | ndc = 10 | 0 5 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.080498 | T _{min} (%GRR) |
| | | | | 0.026833 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 09.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 5 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|--|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 2. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0003 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 4 Char.No. : 5 Nom.val. : 61,800 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{g1} | s _{g1} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 61,759 | 61,759 | 61,7590 | 0,0000 |
| 2 | 61,774 | 61,776 | 61,7750 | 0,0014 |
| 3 | 61,764 | 61,765 | 61,7645 | 0,0007 |
| 4 | 61,761 | 61,760 | 61,7605 | 0,0007 |
| 5 | 61,760 | 61,758 | 61,7590 | 0,0014 |
| 6 | 61,759 | 61,759 | 61,7590 | 0,0000 |
| 7 | 61,754 | 61,753 | 61,7535 | 0,0007 |
| 8 | 61,761 | 61,762 | 61,7615 | 0,0007 |
| 9 | 61,759 | 61,758 | 61,7585 | 0,0007 |
| 10 | 61,754 | 61,754 | 61,7540 | 0,0000 |
| 11 | 61,781 | 61,781 | 61,7810 | 0,0000 |
| 12 | 61,774 | 61,773 | 61,7735 | 0,0007 |
| 13 | 61,768 | 61,767 | 61,7675 | 0,0007 |
| 14 | 61,762 | 61,760 | 61,7610 | 0,0014 |
| 15 | 61,767 | 61,766 | 61,7665 | 0,0007 |
| 16 | 61,759 | 61,759 | 61,7590 | 0,0000 |
| 17 | 61,764 | 61,762 | 61,7630 | 0,0014 |
| 18 | 61,782 | 61,783 | 61,7825 | 0,0007 |
| 19 | 61,775 | 61,774 | 61,7745 | 0,0007 |
| 20 | 61,769 | 61,769 | 61,7690 | 0,0000 |
| 21 | 61,770 | 61,770 | 61,7700 | 0,0000 |
| 22 | 61,767 | 61,768 | 61,7675 | 0,0007 |
| 23 | 61,767 | 61,768 | 61,7675 | 0,0007 |
| 24 | 61,768 | 61,769 | 61,7685 | 0,0007 |
| 25 | 61,755 | 61,757 | 61,7560 | 0,0014 |



| | | | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------------|
| | Variance | Standard dev. | | | |
| Repeatability | 0.00000066000 | 0.00081240 | 0.00063713 ± 0.00081240 ± 0.001 | %EV = 2.44% | |
| Repeatability & Repr | 0.00000066000 | 0.00081240 ¹¹⁵ | 0.00063713 ± 0.00081240 ± 0.001 | %GRR = 2.44% | |
| Tolerance - T = 0.200 | | Confidence Interval - 1-α = 95.000% | | | |
| Resolution | - %RE | - 0.05% | | | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR | - 2.44% | | | |
| Part Variation | - %PV | - 23.42% | | | |
| number of distinct categories | - ndc | - 13 | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.048744 | T _{min} (%GRR) |
| | | | | | 0.016248 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 09.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

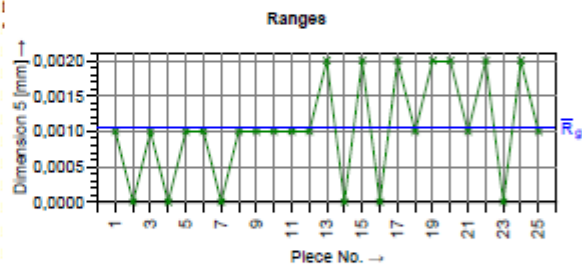
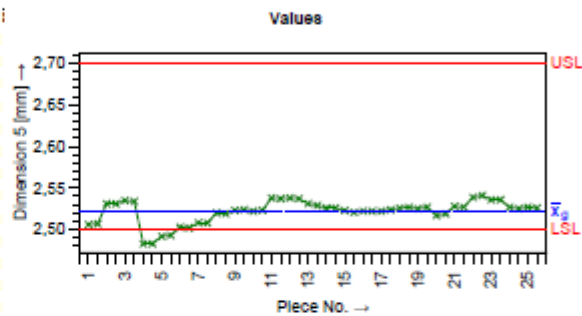


Measurement System Analysis Type-3 Study

Sheet: 6 / 9

| | | |
|--|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 2. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0003 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Test Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 5 Char.No. : 6 Nom.val. : 2,600 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 2,506 | 2,507 | 2,5065 | 0,0007 |
| 2 | 2,531 | 2,531 | 2,5310 | 0,0000 |
| 3 | 2,535 | 2,534 | 2,5345 | 0,0007 |
| 4 | 2,483 | 2,483 | 2,4830 | 0,0000 |
| 5 | 2,492 | 2,493 | 2,4925 | 0,0007 |
| 6 | 2,503 | 2,502 | 2,5025 | 0,0007 |
| 7 | 2,508 | 2,508 | 2,5080 | 0,0000 |
| 8 | 2,520 | 2,519 | 2,5195 | 0,0007 |
| 9 | 2,523 | 2,524 | 2,5235 | 0,0007 |
| 10 | 2,522 | 2,523 | 2,5225 | 0,0007 |
| 11 | 2,538 | 2,537 | 2,5375 | 0,0007 |
| 12 | 2,538 | 2,537 | 2,5375 | 0,0007 |
| 13 | 2,531 | 2,529 | 2,5300 | 0,0014 |
| 14 | 2,526 | 2,526 | 2,5260 | 0,0000 |
| 15 | 2,523 | 2,521 | 2,5220 | 0,0014 |
| 16 | 2,522 | 2,522 | 2,5220 | 0,0000 |
| 17 | 2,522 | 2,524 | 2,5230 | 0,0014 |
| 18 | 2,526 | 2,527 | 2,5265 | 0,0007 |
| 19 | 2,525 | 2,527 | 2,5260 | 0,0014 |
| 20 | 2,517 | 2,519 | 2,5180 | 0,0014 |
| 21 | 2,528 | 2,527 | 2,5275 | 0,0007 |
| 22 | 2,539 | 2,541 | 2,5400 | 0,0014 |
| 23 | 2,536 | 2,536 | 2,5360 | 0,0000 |
| 24 | 2,527 | 2,525 | 2,5260 | 0,0014 |
| 25 | 2,527 | 2,526 | 2,5265 | 0,0007 |

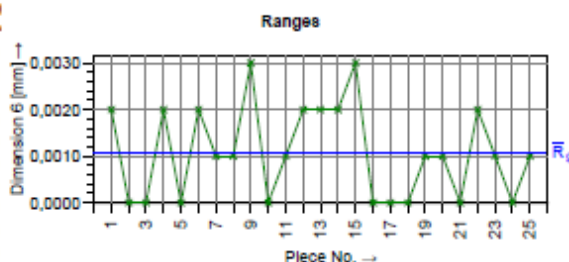
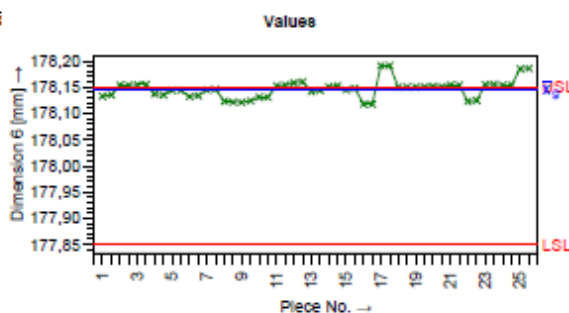


| | Variance | Standard dev. | | |
|---|---------------|---------------------------|---------------------------------|--------------|
| Repeatability | 0.00000080000 | 0.00089443 | 0.00070146 ± 0.00089443 ± 0.001 | %EV = 2.68% |
| Repeatability & Repr. | 0.00000080000 | 0.00089443 ¹⁷⁵ | 0.00070146 ± 0.00089443 ± 0.001 | %GRR = 2.68% |
| Tolerance | - | T | - | 0.200 |
| Confidence Interval | - | 1-α | - | 95.000% |
| Resolution | - | %RE | - | 0.05% |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | - | 2.68% |
| Part Variation | - | %PV | - | 41.73% |
| number of distinct categories | - | ndc | - | 21 |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | 😊 |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.053665 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.017888 |

Department: BrgP/QMM3 Date: 09.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|--|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 2. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0003 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Test Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 6 Char.No. : 7 Nom.val. : 178,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0.300 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | \bar{X}_g | s _g |
|----|------------------|------------------|-------------|----------------|
| 1 | 178,133 | 178,135 | 178,1340 | 0,0014 |
| 2 | 178,154 | 178,154 | 178,1540 | 0,0000 |
| 3 | 178,155 | 178,155 | 178,1550 | 0,0000 |
| 4 | 178,137 | 178,135 | 178,1360 | 0,0014 |
| 5 | 178,144 | 178,144 | 178,1440 | 0,0000 |
| 6 | 178,132 | 178,134 | 178,1330 | 0,0014 |
| 7 | 178,145 | 178,146 | 178,1455 | 0,0007 |
| 8 | 178,123 | 178,122 | 178,1225 | 0,0007 |
| 9 | 178,121 | 178,124 | 178,1225 | 0,0021 |
| 10 | 178,131 | 178,131 | 178,1310 | 0,0000 |
| 11 | 178,153 | 178,154 | 178,1535 | 0,0007 |
| 12 | 178,158 | 178,160 | 178,1590 | 0,0014 |
| 13 | 178,142 | 178,144 | 178,1430 | 0,0014 |
| 14 | 178,151 | 178,153 | 178,1520 | 0,0014 |
| 15 | 178,145 | 178,148 | 178,1465 | 0,0021 |
| 16 | 178,118 | 178,118 | 178,1180 | 0,0000 |
| 17 | 178,191 | 178,191 | 178,1910 | 0,0000 |
| 18 | 178,150 | 178,150 | 178,1500 | 0,0000 |
| 19 | 178,150 | 178,151 | 178,1505 | 0,0007 |
| 20 | 178,152 | 178,151 | 178,1515 | 0,0007 |
| 21 | 178,154 | 178,154 | 178,1540 | 0,0000 |
| 22 | 178,123 | 178,125 | 178,1240 | 0,0014 |
| 23 | 178,155 | 178,156 | 178,1555 | 0,0007 |
| 24 | 178,154 | 178,154 | 178,1540 | 0,0000 |
| 25 | 178,185 | 178,186 | 178,1855 | 0,0007 |



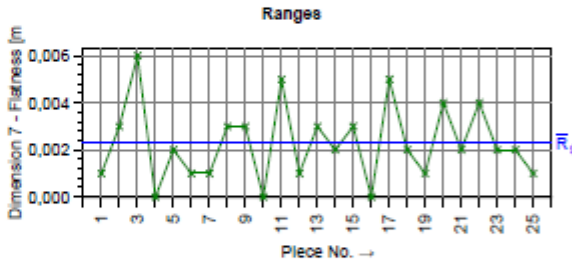
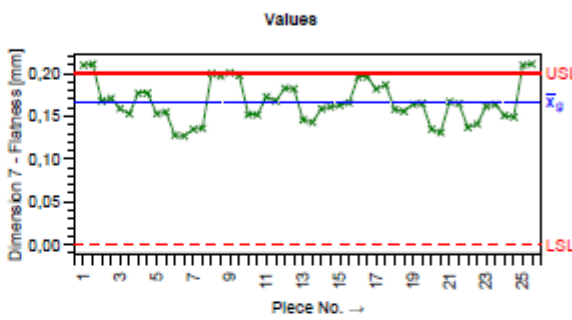
| | | | | | | |
|---|--------------|---------------|----------------------------------|--------------|-------------------------|----------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | 0,00080744 ≤ 0,0010296 ≤ 0,0014; | %EV = 2,06% | | |
| Repeatability & Repr. | 0,0000010600 | 0,0010296 | 0,00080744 ≤ 0,0010296 ≤ 0,0014; | %GRR = 2,06% | | |
| Tolerance | T | 0,300 | Confidence Interval | 1-α | 95,000% | |
| Resolution | %RE | 0,03% | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 2,06% | | | | |
| Part Variation | %PV | 34,83% | | | | |
| number of distinct categories | ndc | 23 | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0,061774 | T _{min} (%GRR) | 0,020591 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 09.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 8 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0003 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 7 - Flatness Char.No. : 8 Nom.val. : 0,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,200 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 0,210 | 0,211 | 0,2105 | 0,0007 |
| 2 | 0,168 | 0,171 | 0,1695 | 0,0021 |
| 3 | 0,159 | 0,153 | 0,1560 | 0,0042 |
| 4 | 0,177 | 0,177 | 0,1770 | 0,0000 |
| 5 | 0,153 | 0,155 | 0,1540 | 0,0014 |
| 6 | 0,128 | 0,127 | 0,1275 | 0,0007 |
| 7 | 0,135 | 0,136 | 0,1355 | 0,0007 |
| 8 | 0,200 | 0,197 | 0,1985 | 0,0021 |
| 9 | 0,201 | 0,198 | 0,1995 | 0,0021 |
| 10 | 0,152 | 0,152 | 0,1520 | 0,0000 |
| 11 | 0,173 | 0,168 | 0,1705 | 0,0035 |
| 12 | 0,183 | 0,182 | 0,1825 | 0,0007 |
| 13 | 0,146 | 0,143 | 0,1445 | 0,0021 |
| 14 | 0,159 | 0,161 | 0,1600 | 0,0014 |
| 15 | 0,163 | 0,166 | 0,1645 | 0,0021 |
| 16 | 0,196 | 0,196 | 0,1960 | 0,0000 |
| 17 | 0,182 | 0,187 | 0,1845 | 0,0035 |
| 18 | 0,158 | 0,156 | 0,1570 | 0,0014 |
| 19 | 0,164 | 0,165 | 0,1645 | 0,0007 |
| 20 | 0,135 | 0,131 | 0,1330 | 0,0028 |
| 21 | 0,167 | 0,165 | 0,1660 | 0,0014 |
| 22 | 0,137 | 0,141 | 0,1390 | 0,0028 |
| 23 | 0,162 | 0,164 | 0,1630 | 0,0014 |
| 24 | 0,151 | 0,149 | 0,1500 | 0,0014 |
| 25 | 0,210 | 0,211 | 0,2105 | 0,0007 |

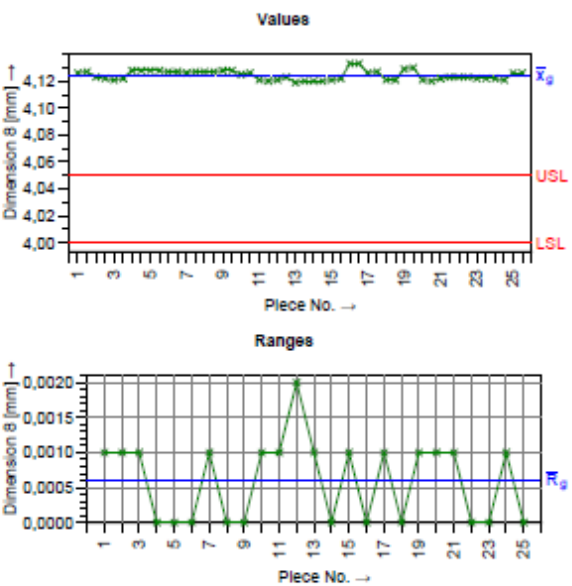


| | | | |
|---|--------------|--------------------------|---|
| | Variance | Standard dev. | |
| Repeatability | 0.0000038600 | 0.0019647 | 0.0015408 ≤ 0.0019647 ≤ 0.00271; %EV = 5.89% |
| Repeatability & Repri | 0.0000038600 | 0.0019647 ¹¹⁵ | 0.0015408 ≤ 0.0019647 ≤ 0.00271; %GRR = 5.89% |
| Tolerance | - | T* = 0.200 | Confidence Interval = 1-α = 95.000% |
| Resolution | - | %RE = 0.05% | |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR = 5.89% | |
| Part Variation | - | %PV = 70.54% | |
| number of distinct categories | - | ndc = 16 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.11788 |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.039294 |

Department: BrgP/QMM3 Date: 09.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 2. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0003 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 09.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 8 Char.No. : 9 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | $\bar{X}_{g }$ | S _g |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 4,126 | 4,127 | 4,1265 | 0,0007 |
| 2 | 4,123 | 4,122 | 4,1225 | 0,0007 |
| 3 | 4,121 | 4,122 | 4,1215 | 0,0007 |
| 4 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 |
| 5 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 |
| 6 | 4,127 | 4,127 | 4,1270 | 0,0000 |
| 7 | 4,126 | 4,127 | 4,1265 | 0,0007 |
| 8 | 4,127 | 4,127 | 4,1270 | 0,0000 |
| 9 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 |
| 10 | 4,125 | 4,126 | 4,1255 | 0,0007 |
| 11 | 4,121 | 4,120 | 4,1205 | 0,0007 |
| 12 | 4,121 | 4,123 | 4,1220 | 0,0014 |
| 13 | 4,119 | 4,120 | 4,1195 | 0,0007 |
| 14 | 4,120 | 4,120 | 4,1200 | 0,0000 |
| 15 | 4,121 | 4,122 | 4,1215 | 0,0007 |
| 16 | 4,133 | 4,133 | 4,1330 | 0,0000 |
| 17 | 4,126 | 4,127 | 4,1265 | 0,0007 |
| 18 | 4,121 | 4,121 | 4,1210 | 0,0000 |
| 19 | 4,129 | 4,130 | 4,1295 | 0,0007 |
| 20 | 4,121 | 4,120 | 4,1205 | 0,0007 |
| 21 | 4,122 | 4,123 | 4,1225 | 0,0007 |
| 22 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 23 | 4,122 | 4,122 | 4,1220 | 0,0000 |
| 24 | 4,122 | 4,121 | 4,1215 | 0,0007 |
| 25 | 4,126 | 4,126 | 4,1260 | 0,0000 |



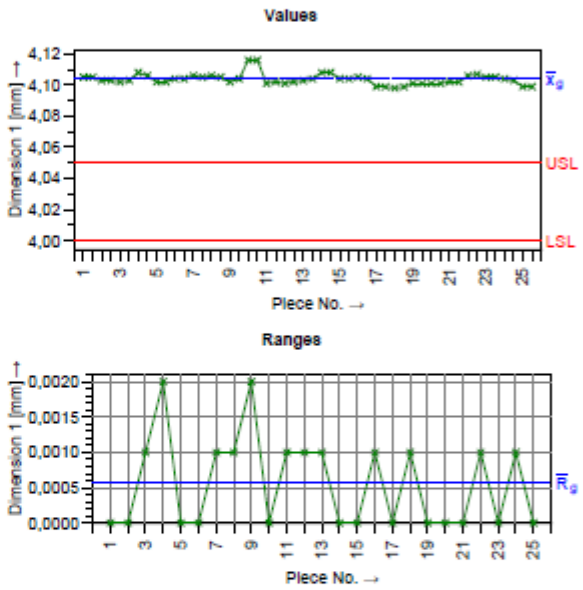
| | | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | Variance | Standard dev. | | |
| Repeatability | 0.00000034000 | 0.00058310 | 0.00045730 ± 0.00058310 ± 0.000 | %EV = 7.00% |
| Repeatability & Repr | 0.00000034000 | 0.00058310 ^{1/2} | 0.00045730 ± 0.00058310 ± 0.000 | %GRR = 7.00% |
| Tolerance - T - 0.050 | | Confidence Interval - 1-α - 95.000% | | |
| Resolution | - %RE - | 0.20% | | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR - | 7.00% | | |
| Part Variation | - %PV - | 42.16% | | |
| number of distinct categories | - ndc - | 8 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.034986 | T _{min} (%GRR) |
| | | | | 0.011662 |

Department: BrgP/QMM3 Date: 09.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 1 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|--|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 1 Char.No. : 1 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0.050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{ij} | S _{ij} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 4,105 | 4,105 | 4,1050 | 0,0000 |
| 2 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 |
| 3 | 4,102 | 4,103 | 4,1025 | 0,0007 |
| 4 | 4,108 | 4,106 | 4,1070 | 0,0014 |
| 5 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 6 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 |
| 7 | 4,106 | 4,105 | 4,1055 | 0,0007 |
| 8 | 4,106 | 4,105 | 4,1055 | 0,0007 |
| 9 | 4,102 | 4,104 | 4,1030 | 0,0014 |
| 10 | 4,116 | 4,116 | 4,1160 | 0,0000 |
| 11 | 4,101 | 4,102 | 4,1015 | 0,0007 |
| 12 | 4,101 | 4,102 | 4,1015 | 0,0007 |
| 13 | 4,103 | 4,104 | 4,1035 | 0,0007 |
| 14 | 4,108 | 4,108 | 4,1080 | 0,0000 |
| 15 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 |
| 16 | 4,105 | 4,104 | 4,1045 | 0,0007 |
| 17 | 4,099 | 4,099 | 4,0990 | 0,0000 |
| 18 | 4,098 | 4,099 | 4,0985 | 0,0007 |
| 19 | 4,101 | 4,101 | 4,1010 | 0,0000 |
| 20 | 4,101 | 4,101 | 4,1010 | 0,0000 |
| 21 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 22 | 4,106 | 4,107 | 4,1065 | 0,0007 |
| 23 | 4,105 | 4,105 | 4,1050 | 0,0000 |
| 24 | 4,104 | 4,103 | 4,1035 | 0,0007 |
| 25 | 4,099 | 4,099 | 4,0990 | 0,0000 |

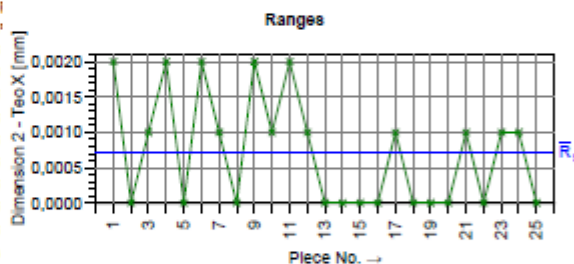
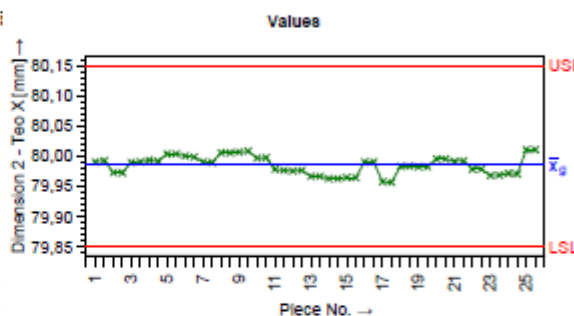


| | Variance | Standard dev. | | |
|---|---------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Repeatability | 0.00000036000 | 0.00060000 | 0.00047055 ≤ 0.00060000 ≤ 0.000 | %EV = 7.20% |
| Repeatability & Repr | 0.00000036000 | 0.00060000 ¹¹⁵ | 0.00047055 ≤ 0.00060000 ≤ 0.000 | %GRR = 7.20% |
| Tolerance | - | T | - | 0.050 |
| Confidence Interval | - | 1-α | - | 95.000% |
| Resolution | - | %RE | - | 0.20% |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | - | 7.20% |
| Part Variation | - | %PV | - | 42.33% |
| number of distinct categories | - | ndc | - | 8 |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.036000 | T _{min} (%GRR) |
| | | | | 0.012000 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------------|
| Department | Date | Name | |
| BrgP/QMM3 | 06.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | Signature _____ |

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 2 - Teo X Char.No. : 2 Nom.val. : 80,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0.300 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{ij} | S _{ij} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 79,991 | 79,993 | 79,9920 | 0,0014 |
| 2 | 79,973 | 79,973 | 79,9730 | 0,0000 |
| 3 | 79,990 | 79,991 | 79,9905 | 0,0007 |
| 4 | 79,994 | 79,992 | 79,9930 | 0,0014 |
| 5 | 80,004 | 80,004 | 80,0040 | 0,0000 |
| 6 | 80,001 | 79,999 | 80,0000 | 0,0014 |
| 7 | 79,991 | 79,990 | 79,9905 | 0,0007 |
| 8 | 80,006 | 80,006 | 80,0060 | 0,0000 |
| 9 | 80,007 | 80,009 | 80,0080 | 0,0014 |
| 10 | 79,997 | 79,998 | 79,9975 | 0,0007 |
| 11 | 79,979 | 79,977 | 79,9780 | 0,0014 |
| 12 | 79,976 | 79,977 | 79,9765 | 0,0007 |
| 13 | 79,967 | 79,967 | 79,9670 | 0,0000 |
| 14 | 79,963 | 79,963 | 79,9630 | 0,0000 |
| 15 | 79,965 | 79,965 | 79,9650 | 0,0000 |
| 16 | 79,991 | 79,991 | 79,9910 | 0,0000 |
| 17 | 79,968 | 79,967 | 79,9675 | 0,0007 |
| 18 | 79,984 | 79,984 | 79,9840 | 0,0000 |
| 19 | 79,983 | 79,983 | 79,9830 | 0,0000 |
| 20 | 79,996 | 79,996 | 79,9960 | 0,0000 |
| 21 | 79,992 | 79,993 | 79,9925 | 0,0007 |
| 22 | 79,979 | 79,979 | 79,9790 | 0,0000 |
| 23 | 79,968 | 79,969 | 79,9685 | 0,0007 |
| 24 | 79,972 | 79,971 | 79,9715 | 0,0007 |
| 25 | 80,011 | 80,011 | 80,0110 | 0,0000 |



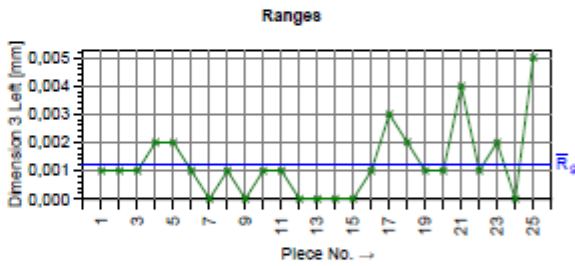
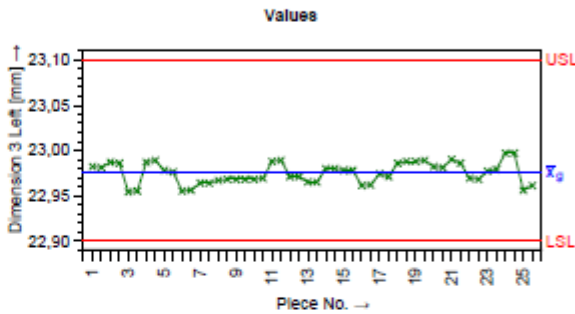
| | | | | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------------|----------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | 0,00058688 ± 0,00074833 ± 0,001 | %EV = 1.50% | | |
| Repeatability & Repr | 0,00000056000 | 0,00074833 | 0,00058688 ± 0,00074833 ± 0,001 | %GRR = 1.50% | | |
| Tolerance = T = 0.300 | | Confidence Interval = 1-α = 95.000% | | | | |
| Resolution | %RE = 0.03% | | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR = 1.50% | | | | | |
| Part Variation | %PV = 30.24% | | | | | |
| number of distinct categories | ndc = 28 | | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.044900 | T _{min} (%GRR) | 0.014967 |

Department: BrgP/QMM3 Date: 06.07.2021 Name: Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP Signature: _____

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 3 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 Left Char.No. : 3 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{ij} | S _{ij} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 22,982 | 22,981 | 22,9815 | 0,0007 |
| 2 | 22,987 | 22,986 | 22,9865 | 0,0007 |
| 3 | 22,954 | 22,955 | 22,9545 | 0,0007 |
| 4 | 22,987 | 22,989 | 22,9880 | 0,0014 |
| 5 | 22,978 | 22,976 | 22,9770 | 0,0014 |
| 6 | 22,955 | 22,956 | 22,9555 | 0,0007 |
| 7 | 22,964 | 22,964 | 22,9640 | 0,0000 |
| 8 | 22,967 | 22,968 | 22,9675 | 0,0007 |
| 9 | 22,968 | 22,968 | 22,9680 | 0,0000 |
| 10 | 22,968 | 22,969 | 22,9685 | 0,0007 |
| 11 | 22,988 | 22,989 | 22,9885 | 0,0007 |
| 12 | 22,971 | 22,971 | 22,9710 | 0,0000 |
| 13 | 22,965 | 22,965 | 22,9650 | 0,0000 |
| 14 | 22,980 | 22,980 | 22,9800 | 0,0000 |
| 15 | 22,978 | 22,978 | 22,9780 | 0,0000 |
| 16 | 22,961 | 22,962 | 22,9615 | 0,0007 |
| 17 | 22,974 | 22,971 | 22,9725 | 0,0021 |
| 18 | 22,986 | 22,988 | 22,9870 | 0,0014 |
| 19 | 22,988 | 22,989 | 22,9885 | 0,0007 |
| 20 | 22,982 | 22,981 | 22,9815 | 0,0007 |
| 21 | 22,990 | 22,986 | 22,9880 | 0,0028 |
| 22 | 22,969 | 22,968 | 22,9685 | 0,0007 |
| 23 | 22,977 | 22,979 | 22,9780 | 0,0014 |
| 24 | 22,997 | 22,997 | 22,9970 | 0,0000 |
| 25 | 22,956 | 22,961 | 22,9585 | 0,0035 |



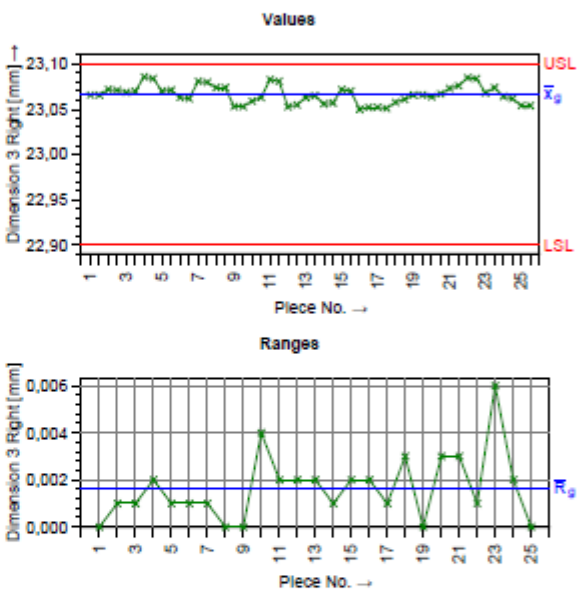
| | | | | | |
|---|--------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| | Variance | Standard dev. | | | |
| Repeatability | 0.0000015400 | 0.0012410 | 0.00097324 ± 0.0012410 ± 0.0017 | %EV = 3.72% | |
| Repeatability & Repri | 0.0000015400 | 0.0012410 ¹¹⁵ | 0.00097324 ± 0.0012410 ± 0.0017 | %GRR = 3.72% | |
| Tolerance = T = 0.200 | | Confidence Interval = 1-α = 95.000% | | | |
| Resolution | %RE = 0.05% | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR = 3.72% | | | | |
| Part Variation | %PV = 34.98% | | | | |
| number of distinct categories | ndc = 13 | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) = 0.074458 | T _{min} (%GRR) = 0.024619 | |

| | | | |
|-------------------------|--------------------|---|-----------------|
| Department BrgP/QMM3 | Date 06.07.2021 | Name Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | Signature _____ |
|-------------------------|--------------------|---|-----------------|

| | | |
|--------------|---|--------------|
| BOSCH | Measurement System Analysis Type-3 Study | Sheet: 4 / 9 |
|--------------|---|--------------|

| | | |
|---|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begn : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 Right Char.No. : 4 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | \bar{X}_g | S _g |
|----|------------------|------------------|-------------|----------------|
| 1 | 23,066 | 23,066 | 23,0660 | 0,0000 |
| 2 | 23,072 | 23,071 | 23,0715 | 0,0007 |
| 3 | 23,069 | 23,070 | 23,0695 | 0,0007 |
| 4 | 23,086 | 23,084 | 23,0850 | 0,0014 |
| 5 | 23,070 | 23,071 | 23,0705 | 0,0007 |
| 6 | 23,063 | 23,062 | 23,0625 | 0,0007 |
| 7 | 23,081 | 23,080 | 23,0805 | 0,0007 |
| 8 | 23,074 | 23,074 | 23,0740 | 0,0000 |
| 9 | 23,053 | 23,053 | 23,0530 | 0,0000 |
| 10 | 23,059 | 23,063 | 23,0610 | 0,0028 |
| 11 | 23,083 | 23,081 | 23,0820 | 0,0014 |
| 12 | 23,053 | 23,055 | 23,0540 | 0,0014 |
| 13 | 23,063 | 23,065 | 23,0640 | 0,0014 |
| 14 | 23,056 | 23,057 | 23,0565 | 0,0007 |
| 15 | 23,072 | 23,070 | 23,0710 | 0,0014 |
| 16 | 23,050 | 23,052 | 23,0510 | 0,0014 |
| 17 | 23,052 | 23,051 | 23,0515 | 0,0007 |
| 18 | 23,058 | 23,061 | 23,0595 | 0,0021 |
| 19 | 23,066 | 23,066 | 23,0660 | 0,0000 |
| 20 | 23,064 | 23,067 | 23,0655 | 0,0021 |
| 21 | 23,073 | 23,076 | 23,0745 | 0,0021 |
| 22 | 23,085 | 23,084 | 23,0845 | 0,0007 |
| 23 | 23,068 | 23,074 | 23,0710 | 0,0042 |
| 24 | 23,064 | 23,062 | 23,0630 | 0,0014 |
| 25 | 23,054 | 23,054 | 23,0540 | 0,0000 |



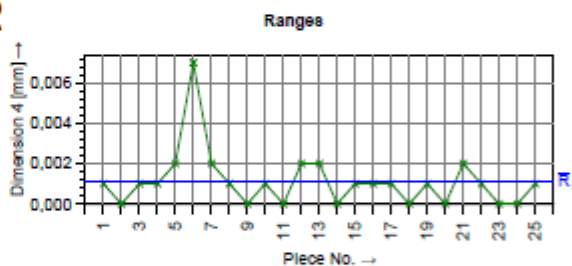
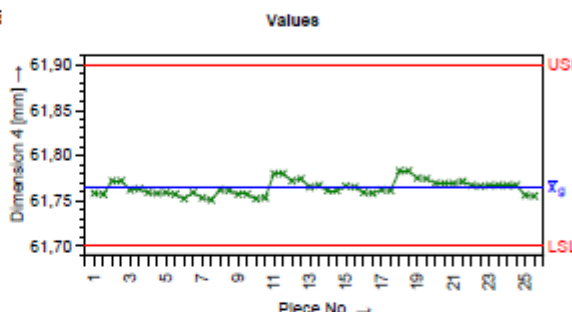
| | | | | | | |
|---|--------------|---------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | 0.0011894 ± 0.0015166 ± 0.00209 | %EV = 4.55% | | |
| Repeatability & Repr | 0.0000023000 | 0.0015166 | 0.0011894 ± 0.0015166 ± 0.00209 | %GRR = 4.55% | | |
| Tolerance - T | | 0.200 | | Confidence Interval - 1-α - 95.00% | | |
| Resolution | %RE | 0.05% | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 4.55% | | | | |
| Part Variation | %PV | 30.38% | | | | |
| number of distinct categories | ndc | 9 | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.090994 | T _{min} (%GRR) | 0.030331 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 06.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--------------|---|--------------|
| BOSCH | Measurement System Analysis Type-3 Study | Sheet: 5 / 9 |
|--------------|---|--------------|

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgPIQMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 4 Char.No. : 5 Nom.val. : 61,800 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{ij} | S _{ij} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 61,758 | 61,757 | 61,7575 | 0,0007 |
| 2 | 61,772 | 61,772 | 61,7720 | 0,0000 |
| 3 | 61,762 | 61,763 | 61,7625 | 0,0007 |
| 4 | 61,759 | 61,758 | 61,7585 | 0,0007 |
| 5 | 61,759 | 61,757 | 61,7580 | 0,0014 |
| 6 | 61,752 | 61,759 | 61,7555 | 0,0049 |
| 7 | 61,753 | 61,751 | 61,7520 | 0,0014 |
| 8 | 61,762 | 61,761 | 61,7615 | 0,0007 |
| 9 | 61,757 | 61,757 | 61,7570 | 0,0000 |
| 10 | 61,752 | 61,753 | 61,7525 | 0,0007 |
| 11 | 61,780 | 61,780 | 61,7800 | 0,0000 |
| 12 | 61,772 | 61,774 | 61,7730 | 0,0014 |
| 13 | 61,765 | 61,767 | 61,7660 | 0,0014 |
| 14 | 61,761 | 61,761 | 61,7610 | 0,0000 |
| 15 | 61,766 | 61,765 | 61,7655 | 0,0007 |
| 16 | 61,759 | 61,758 | 61,7585 | 0,0007 |
| 17 | 61,762 | 61,761 | 61,7615 | 0,0007 |
| 18 | 61,783 | 61,783 | 61,7830 | 0,0000 |
| 19 | 61,775 | 61,774 | 61,7745 | 0,0007 |
| 20 | 61,769 | 61,769 | 61,7690 | 0,0000 |
| 21 | 61,769 | 61,771 | 61,7700 | 0,0014 |
| 22 | 61,767 | 61,766 | 61,7665 | 0,0007 |
| 23 | 61,767 | 61,767 | 61,7670 | 0,0000 |
| 24 | 61,767 | 61,767 | 61,7670 | 0,0000 |
| 25 | 61,756 | 61,755 | 61,7555 | 0,0007 |

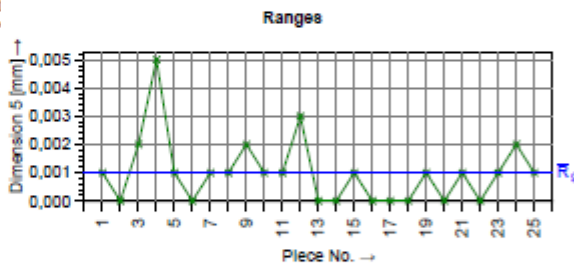


| | Variance | Standard dev. | | |
|---|--------------|--------------------------|---------------------------------|--------------|
| Repeatability | 0.0000016000 | 0.0012649 | 0.00099202 ± 0.0012649 ± 0.0017 | %EV = 3.79% |
| Repeatability & Repr. | 0.0000016000 | 0.0012649 ¹¹⁵ | 0.00099202 ± 0.0012649 ± 0.0017 | %GRR = 3.79% |
| Tolerance | - | T | - | 0.200 |
| Confidence interval | - | 1-α | - | 95.000% |
| Resolution | - | %RE | - | 0.05% |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | - | 3.79% |
| Part Variation | - | %PV | - | 24.31% |
| number of distinct categories | - | ndc | - | 9 |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.075894 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.025298 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgPIQMM3 | 06.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 5 Char.No. : 6 Nom.val. : 2,600 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | $\bar{X}_{g }$ | $s_{g }$ |
|----|-----------------|-----------------|----------------|----------|
| 1 | 2,504 | 2,505 | 2,5045 | 0,0007 |
| 2 | 2,528 | 2,528 | 2,5280 | 0,0000 |
| 3 | 2,532 | 2,534 | 2,5330 | 0,0014 |
| 4 | 2,483 | 2,478 | 2,4805 | 0,0035 |
| 5 | 2,489 | 2,490 | 2,4895 | 0,0007 |
| 6 | 2,501 | 2,501 | 2,5010 | 0,0000 |
| 7 | 2,507 | 2,506 | 2,5065 | 0,0007 |
| 8 | 2,516 | 2,517 | 2,5165 | 0,0007 |
| 9 | 2,521 | 2,523 | 2,5220 | 0,0014 |
| 10 | 2,520 | 2,519 | 2,5195 | 0,0007 |
| 11 | 2,537 | 2,536 | 2,5365 | 0,0007 |
| 12 | 2,535 | 2,538 | 2,5365 | 0,0021 |
| 13 | 2,529 | 2,529 | 2,5290 | 0,0000 |
| 14 | 2,525 | 2,525 | 2,5250 | 0,0000 |
| 15 | 2,521 | 2,520 | 2,5205 | 0,0007 |
| 16 | 2,520 | 2,520 | 2,5200 | 0,0000 |
| 17 | 2,520 | 2,520 | 2,5200 | 0,0000 |
| 18 | 2,525 | 2,525 | 2,5250 | 0,0000 |
| 19 | 2,527 | 2,528 | 2,5275 | 0,0007 |
| 20 | 2,517 | 2,517 | 2,5170 | 0,0000 |
| 21 | 2,528 | 2,529 | 2,5285 | 0,0007 |
| 22 | 2,539 | 2,539 | 2,5390 | 0,0000 |
| 23 | 2,537 | 2,538 | 2,5375 | 0,0007 |
| 24 | 2,526 | 2,524 | 2,5250 | 0,0014 |
| 25 | 2,524 | 2,523 | 2,5235 | 0,0007 |

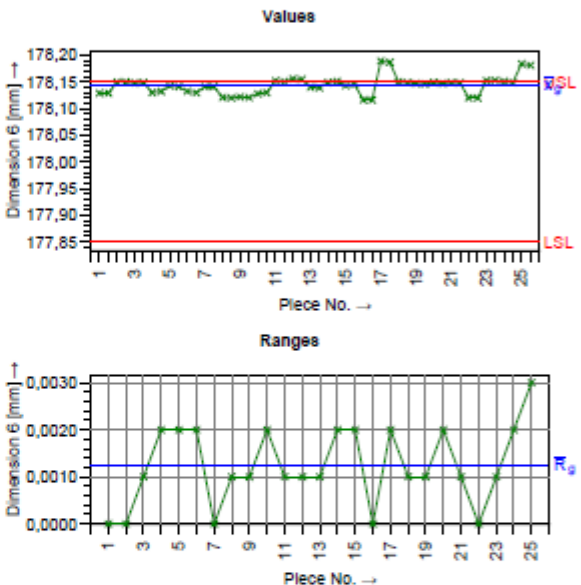


| | Variance | Standard dev. | | |
|---|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| Repeatability | 0.0000011400 | 0.0010677 | 0.00083736 ≤ 0.0010677 ≤ 0.0014 | %EV = 3.20% |
| Repeatability & Repr. | 0.0000011400 | 0.0010677 ¹⁵ | 0.00083736 ≤ 0.0010677 ≤ 0.0014 | %GRR = 3.20% |
| Tolerance = T = 0.200 | | Confidence Interval = 1-α = 95.000% | | |
| Resolution | %RE = 0.05% | 0 5 | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR = 3.20% | 0 10 30 | | |
| Part Variation | %PV = 43.40% | 0 50 100 150 | | |
| number of distinct categories | ndc = 19 | 0 5 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | 😊 |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | $T_{min}(\%GRR)$ | 0.064062 | $T_{min}(\%GRR)$ |
| | | | | 0.021354 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 06.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descri. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Test Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 6 Char.No. : 7 Nom.val. : 178,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0,300 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{gj} | S _{gj} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 178,129 | 178,129 | 178,1290 | 0,0000 |
| 2 | 178,150 | 178,150 | 178,1500 | 0,0000 |
| 3 | 178,148 | 178,149 | 178,1485 | 0,0007 |
| 4 | 178,130 | 178,132 | 178,1310 | 0,0014 |
| 5 | 178,143 | 178,141 | 178,1420 | 0,0014 |
| 6 | 178,132 | 178,130 | 178,1310 | 0,0014 |
| 7 | 178,141 | 178,141 | 178,1410 | 0,0000 |
| 8 | 178,121 | 178,120 | 178,1205 | 0,0007 |
| 9 | 178,122 | 178,121 | 178,1215 | 0,0007 |
| 10 | 178,128 | 178,130 | 178,1290 | 0,0014 |
| 11 | 178,152 | 178,151 | 178,1515 | 0,0007 |
| 12 | 178,156 | 178,155 | 178,1555 | 0,0007 |
| 13 | 178,140 | 178,139 | 178,1395 | 0,0007 |
| 14 | 178,149 | 178,151 | 178,1500 | 0,0014 |
| 15 | 178,143 | 178,145 | 178,1440 | 0,0014 |
| 16 | 178,116 | 178,116 | 178,1160 | 0,0000 |
| 17 | 178,189 | 178,187 | 178,1880 | 0,0014 |
| 18 | 178,150 | 178,149 | 178,1495 | 0,0007 |
| 19 | 178,147 | 178,146 | 178,1465 | 0,0007 |
| 20 | 178,149 | 178,147 | 178,1480 | 0,0014 |
| 21 | 178,149 | 178,148 | 178,1485 | 0,0007 |
| 22 | 178,120 | 178,120 | 178,1200 | 0,0000 |
| 23 | 178,152 | 178,153 | 178,1525 | 0,0007 |
| 24 | 178,151 | 178,149 | 178,1500 | 0,0014 |
| 25 | 178,184 | 178,181 | 178,1825 | 0,0021 |

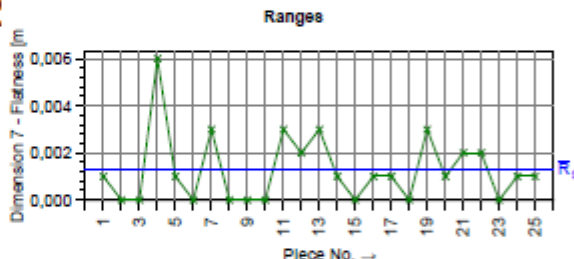


| | | | |
|---|--------------|--------------------------|---|
| | Variance | Standard dev. | |
| Repeatability | 0.0000011000 | 0.0010488 | 0.00082254 ± 0.0010488 ± 0.0014. %EV = 2.10% |
| Repeatability & Repr. | 0.0000011000 | 0.0010488 ¹¹⁵ | 0.00082254 ± 0.0010488 ± 0.0014. %GRR = 2.10% |
| Tolerance | - T | - 0.300 | Confidence Interval - 1-α - 95.000% |
| Resolution | - %RE | - 0.03% | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR | - 2.10% | |
| Part Variation | - %PV | - 34.40% | |
| number of distinct categories | - ndc | - 23 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.062928 |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.020976 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM3 | 06.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 7 - Flatness Char.No. : 8 Nom.val. : 0,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,200 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | S _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 0,208 | 0,209 | 0,2085 | 0,0007 |
| 2 | 0,170 | 0,170 | 0,1700 | 0,0000 |
| 3 | 0,162 | 0,162 | 0,1620 | 0,0000 |
| 4 | 0,178 | 0,172 | 0,1750 | 0,0042 |
| 5 | 0,152 | 0,153 | 0,1525 | 0,0007 |
| 6 | 0,133 | 0,133 | 0,1330 | 0,0000 |
| 7 | 0,135 | 0,132 | 0,1335 | 0,0021 |
| 8 | 0,198 | 0,198 | 0,1980 | 0,0000 |
| 9 | 0,203 | 0,203 | 0,2030 | 0,0000 |
| 10 | 0,153 | 0,153 | 0,1530 | 0,0000 |
| 11 | 0,174 | 0,171 | 0,1725 | 0,0021 |
| 12 | 0,180 | 0,182 | 0,1810 | 0,0014 |
| 13 | 0,149 | 0,146 | 0,1475 | 0,0021 |
| 14 | 0,166 | 0,165 | 0,1655 | 0,0007 |
| 15 | 0,167 | 0,167 | 0,1670 | 0,0000 |
| 16 | 0,194 | 0,195 | 0,1945 | 0,0007 |
| 17 | 0,180 | 0,179 | 0,1795 | 0,0007 |
| 18 | 0,161 | 0,161 | 0,1610 | 0,0000 |
| 19 | 0,163 | 0,166 | 0,1645 | 0,0021 |
| 20 | 0,136 | 0,135 | 0,1355 | 0,0007 |
| 21 | 0,166 | 0,168 | 0,1670 | 0,0014 |
| 22 | 0,136 | 0,138 | 0,1370 | 0,0014 |
| 23 | 0,165 | 0,165 | 0,1650 | 0,0000 |
| 24 | 0,149 | 0,148 | 0,1485 | 0,0007 |
| 25 | 0,209 | 0,208 | 0,2085 | 0,0007 |



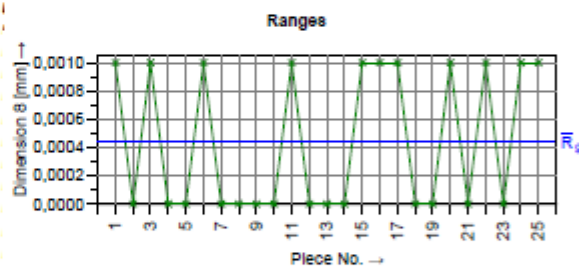
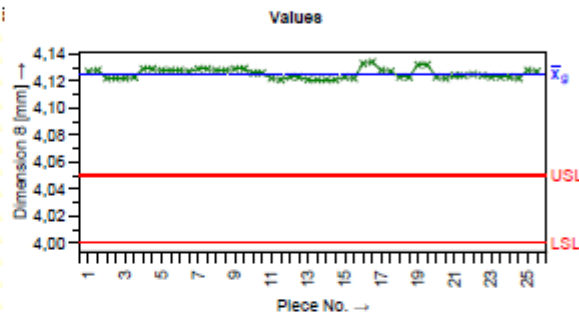
| | | | | | |
|---|---|--------------|--------------------------|---------------------------------|--------------|
| | | Variance | Standard dev. | | |
| Repeatability | | 0.0000018400 | 0.0013565 | 0.0010638 ± 0.0013565 ± 0.00187 | %EV = 4.07% |
| Repeatability & Repr | | 0.0000018400 | 0.0013565 ¹¹⁵ | 0.0010638 ± 0.0013565 ± 0.00187 | %GRR = 4.07% |
| Tolerance | | - | T ⁺ | - | 0.200 |
| | | | | Confidence Interval | - |
| | | | | 1-α | - |
| | | | | 95.000% | |
| Resolution | - | %RE | - | 0.05% | |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR | - | 4.07% | |
| Part Variation | - | %PV | - | 67.81% | |
| number of distinct categories | - | ndc | - | 23 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | |
| | | | | T _{min} (%GRR) | 0.081388 |
| | | | | T _{min} (%GRR) | 0.027129 |

| | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|-----------------|
| Department | Date | Name | |
| BrgP/QMM3 | 06.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | Signature _____ |

| | | |
|--|---|--------------|
| | Measurement System Analysis Type-3 Study | Sheet: 9 / 9 |
|--|---|--------------|

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM3 Mach.Descr. : 3. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : 25712 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 05.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 8 Char.No. : 9 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{g1} | s _{g1} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 4,127 | 4,128 | 4,1275 | 0,0007 |
| 2 | 4,122 | 4,122 | 4,1220 | 0,0000 |
| 3 | 4,122 | 4,123 | 4,1225 | 0,0007 |
| 4 | 4,129 | 4,129 | 4,1290 | 0,0000 |
| 5 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 |
| 6 | 4,128 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 |
| 7 | 4,129 | 4,129 | 4,1290 | 0,0000 |
| 8 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 |
| 9 | 4,129 | 4,129 | 4,1290 | 0,0000 |
| 10 | 4,126 | 4,126 | 4,1260 | 0,0000 |
| 11 | 4,122 | 4,121 | 4,1215 | 0,0007 |
| 12 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 13 | 4,121 | 4,121 | 4,1210 | 0,0000 |
| 14 | 4,121 | 4,121 | 4,1210 | 0,0000 |
| 15 | 4,123 | 4,122 | 4,1225 | 0,0007 |
| 16 | 4,133 | 4,134 | 4,1335 | 0,0007 |
| 17 | 4,128 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 |
| 18 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 19 | 4,132 | 4,132 | 4,1320 | 0,0000 |
| 20 | 4,123 | 4,122 | 4,1225 | 0,0007 |
| 21 | 4,124 | 4,124 | 4,1240 | 0,0000 |
| 22 | 4,125 | 4,124 | 4,1245 | 0,0007 |
| 23 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 24 | 4,123 | 4,122 | 4,1225 | 0,0007 |
| 25 | 4,128 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 |



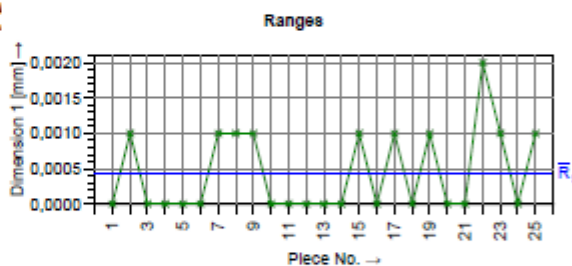
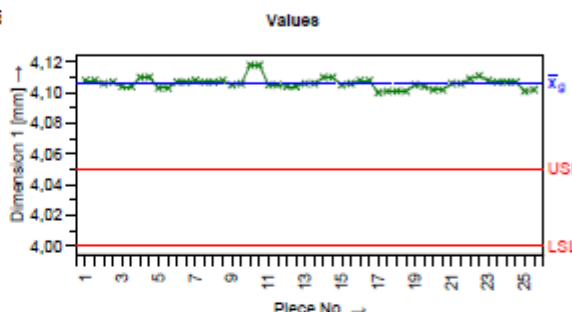
| | | | | |
|---|----------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | Variance | Standard dev. | | |
| Repeatability | 0.00000022000 | 0.00046904 | 0.00036785 ± 0.00046904 ± 0.000 | %EV = 5.63% |
| Repeatability & Repr | 0.00000022000 | 0.00046904 ¹¹⁵ | 0.00036785 ± 0.00046904 ± 0.000 | %GRR = 5.63% |
| Tolerance - T = 0.050 | | Confidence Interval - 1-α = 95.000% | | |
| Resolution | - %RE = 0.20% | | | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR = 5.63% | | | |
| Part Variation | - %PV = 42.13% | | | |
| number of distinct categories | - ndc = 10 | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.028142 | T _{min} (%GRR) |
| | | | 0.0093808 | |

| | | | |
|-------------------------|--------------------|---|-----------------|
| Department BrgP/QMM3 | Date 05.07.2021 | Name Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | Signature _____ |
|-------------------------|--------------------|---|-----------------|

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 1 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|--|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descri. : 4. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 12.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 1 Char.No. : 1 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | $\bar{X}_{g,j}$ | S _{g,j} |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1 | 4,108 | 4,108 | 4,1080 | 0,0000 |
| 2 | 4,106 | 4,107 | 4,1065 | 0,0007 |
| 3 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 |
| 4 | 4,110 | 4,110 | 4,1100 | 0,0000 |
| 5 | 4,103 | 4,103 | 4,1030 | 0,0000 |
| 6 | 4,107 | 4,107 | 4,1070 | 0,0000 |
| 7 | 4,108 | 4,107 | 4,1075 | 0,0007 |
| 8 | 4,107 | 4,108 | 4,1075 | 0,0007 |
| 9 | 4,105 | 4,106 | 4,1055 | 0,0007 |
| 10 | 4,118 | 4,118 | 4,1180 | 0,0000 |
| 11 | 4,105 | 4,105 | 4,1050 | 0,0000 |
| 12 | 4,104 | 4,104 | 4,1040 | 0,0000 |
| 13 | 4,106 | 4,106 | 4,1060 | 0,0000 |
| 14 | 4,110 | 4,110 | 4,1100 | 0,0000 |
| 15 | 4,105 | 4,106 | 4,1055 | 0,0007 |
| 16 | 4,108 | 4,108 | 4,1080 | 0,0000 |
| 17 | 4,100 | 4,101 | 4,1005 | 0,0007 |
| 18 | 4,101 | 4,101 | 4,1010 | 0,0000 |
| 19 | 4,105 | 4,104 | 4,1045 | 0,0007 |
| 20 | 4,102 | 4,102 | 4,1020 | 0,0000 |
| 21 | 4,106 | 4,106 | 4,1060 | 0,0000 |
| 22 | 4,109 | 4,111 | 4,1100 | 0,0014 |
| 23 | 4,108 | 4,107 | 4,1075 | 0,0007 |
| 24 | 4,107 | 4,107 | 4,1070 | 0,0000 |
| 25 | 4,101 | 4,102 | 4,1015 | 0,0007 |



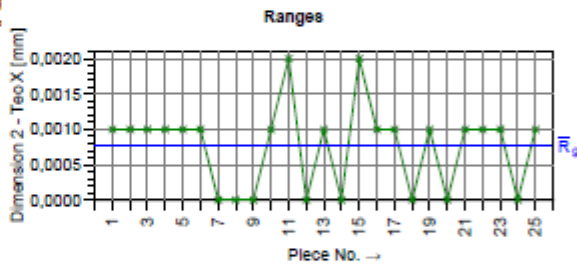
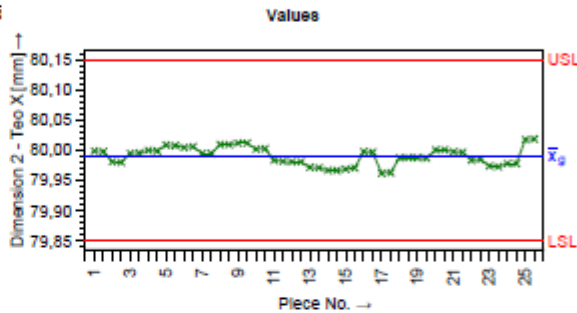
| | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| | Variance | Standard dev. | |
| Repeatability | 0.00000026000 | 0.00050990 | 0.00039989 ± 0.00050990 ± 0.000 |
| Repeatability & Repr. | 0.00000026000 | 0.00050990 ¹⁵ | 0.00039989 ± 0.00050990 ± 0.000 |
| Tolerance - T - 0.050 | | Confidence interval - 1-α - 95.000% | |
| Resolution - %RE - 0.20% | | | |
| Repeatability & Reproducibility - %GRR - 6.12% | | | |
| Part Variation - %PV - 43.61% | | | |
| number of distinct categories - ndc - 10 | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.030594 |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.010198 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 13.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 2 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|--|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descri. : 4. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Test Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 12.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 2 - Teo X Char.No. : 2 Nom.val. : 80,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0,300 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 79,999 | 79,998 | 79,9985 | 0,0007 |
| 2 | 79,981 | 79,980 | 79,9805 | 0,0007 |
| 3 | 79,995 | 79,996 | 79,9955 | 0,0007 |
| 4 | 80,000 | 79,999 | 79,9995 | 0,0007 |
| 5 | 80,009 | 80,008 | 80,0085 | 0,0007 |
| 6 | 80,005 | 80,006 | 80,0055 | 0,0007 |
| 7 | 79,995 | 79,995 | 79,9950 | 0,0000 |
| 8 | 80,010 | 80,010 | 80,0100 | 0,0000 |
| 9 | 80,012 | 80,012 | 80,0120 | 0,0000 |
| 10 | 80,002 | 80,003 | 80,0025 | 0,0007 |
| 11 | 79,984 | 79,982 | 79,9830 | 0,0014 |
| 12 | 79,981 | 79,981 | 79,9810 | 0,0000 |
| 13 | 79,972 | 79,971 | 79,9715 | 0,0007 |
| 14 | 79,967 | 79,967 | 79,9670 | 0,0000 |
| 15 | 79,969 | 79,971 | 79,9700 | 0,0014 |
| 16 | 79,998 | 79,997 | 79,9975 | 0,0007 |
| 17 | 79,962 | 79,963 | 79,9625 | 0,0007 |
| 18 | 79,988 | 79,988 | 79,9880 | 0,0000 |
| 19 | 79,988 | 79,987 | 79,9875 | 0,0007 |
| 20 | 80,001 | 80,001 | 80,0010 | 0,0000 |
| 21 | 79,998 | 79,997 | 79,9975 | 0,0007 |
| 22 | 79,984 | 79,985 | 79,9845 | 0,0007 |
| 23 | 79,974 | 79,973 | 79,9735 | 0,0007 |
| 24 | 79,978 | 79,978 | 79,9780 | 0,0000 |
| 25 | 80,018 | 80,019 | 80,0185 | 0,0007 |

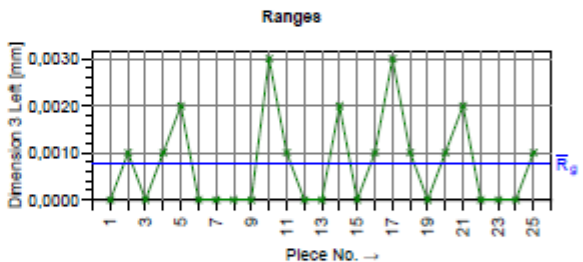
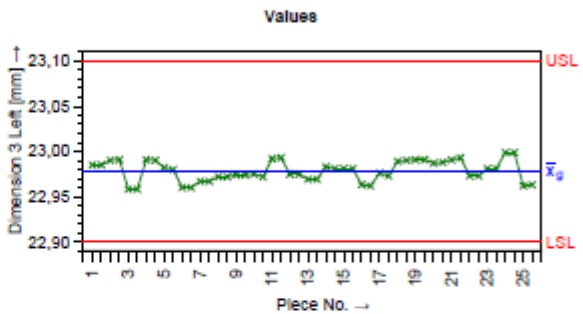


| | Variance | Standard dev. | | |
|---|---------------|---------------------------|---------------------------------|---------------|
| Repeatability | 0.00000046000 | 0.00067823 | 0.00053191 ± 0.00067823 ± 0.000 | %EV = 1.36% |
| Repeatability & Repr | 0.00000046000 | 0.00067823 ^{1/5} | 0.00053191 ± 0.00067823 ± 0.000 | %GRR = 1.36% |
| Tolerance | T | 0.300 | Confidence Interval | 1-α = 95.000% |
| Resolution | %RE | 0.03% | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 1.36% | | |
| Part Variation | %PV | 30.47% | | |
| number of distinct categories | ndc | 31 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.040694 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.013565 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 13.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 4. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 12.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 Left Char.No. : 3 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_g | S _g |
|----|-----------------|-----------------|-------------|----------------|
| 1 | 22,985 | 22,985 | 22,9850 | 0,0000 |
| 2 | 22,990 | 22,991 | 22,9905 | 0,0007 |
| 3 | 22,958 | 22,958 | 22,9580 | 0,0000 |
| 4 | 22,991 | 22,990 | 22,9905 | 0,0007 |
| 5 | 22,982 | 22,980 | 22,9810 | 0,0014 |
| 6 | 22,960 | 22,960 | 22,9600 | 0,0000 |
| 7 | 22,967 | 22,967 | 22,9670 | 0,0000 |
| 8 | 22,972 | 22,972 | 22,9720 | 0,0000 |
| 9 | 22,974 | 22,974 | 22,9740 | 0,0000 |
| 10 | 22,975 | 22,972 | 22,9735 | 0,0021 |
| 11 | 22,992 | 22,993 | 22,9925 | 0,0007 |
| 12 | 22,975 | 22,975 | 22,9750 | 0,0000 |
| 13 | 22,969 | 22,969 | 22,9690 | 0,0000 |
| 14 | 22,983 | 22,981 | 22,9820 | 0,0014 |
| 15 | 22,981 | 22,981 | 22,9810 | 0,0000 |
| 16 | 22,963 | 22,962 | 22,9625 | 0,0007 |
| 17 | 22,976 | 22,973 | 22,9745 | 0,0021 |
| 18 | 22,989 | 22,990 | 22,9895 | 0,0007 |
| 19 | 22,991 | 22,991 | 22,9910 | 0,0000 |
| 20 | 22,987 | 22,988 | 22,9875 | 0,0007 |
| 21 | 22,991 | 22,993 | 22,9920 | 0,0014 |
| 22 | 22,973 | 22,973 | 22,9730 | 0,0000 |
| 23 | 22,981 | 22,981 | 22,9810 | 0,0000 |
| 24 | 22,999 | 22,999 | 22,9990 | 0,0000 |
| 25 | 22,962 | 22,963 | 22,9625 | 0,0007 |



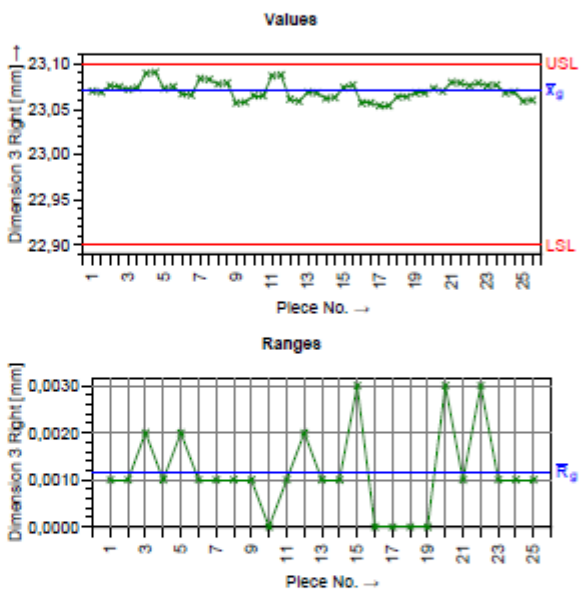
| | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|---|
| | Variance | Standard dev. | |
| Repeatability | 0.00000074000 | 0.00086023 | 0.00067464 ± 0.00086023 ± 0.001 %EV = 2.58% |
| Repeatability & Repr. | 0.00000074000 | 0.00086023 ^{1/15} | 0.00067464 ± 0.00086023 ± 0.001 %GRR = 2.58% |
| Tolerance - T - 0.200 | | Confidence Interval - 1-α - 95.000% | |
| Resolution | - %RE - | 0.05% | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR - | 2.58% | |
| Part Variation | - %PV - | 34.38% | |
| number of distinct categories | - ndc - | 18 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.051614 |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.017205 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 13.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--------------|---|--------------|
| BOSCH | Measurement System Analysis Type-3 Study | Sheet: 4 / 9 |
|--------------|---|--------------|

| | | |
|---|--|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 4. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Test Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 12.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 3 Right Char.No. : 4 Nom.val. : 23,000 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 23,070 | 23,069 | 23,0695 | 0,0007 |
| 2 | 23,076 | 23,075 | 23,0755 | 0,0007 |
| 3 | 23,072 | 23,074 | 23,0730 | 0,0014 |
| 4 | 23,090 | 23,091 | 23,0905 | 0,0007 |
| 5 | 23,073 | 23,075 | 23,0740 | 0,0014 |
| 6 | 23,067 | 23,066 | 23,0665 | 0,0007 |
| 7 | 23,084 | 23,083 | 23,0835 | 0,0007 |
| 8 | 23,078 | 23,079 | 23,0785 | 0,0007 |
| 9 | 23,057 | 23,058 | 23,0575 | 0,0007 |
| 10 | 23,065 | 23,065 | 23,0650 | 0,0000 |
| 11 | 23,087 | 23,088 | 23,0875 | 0,0007 |
| 12 | 23,061 | 23,059 | 23,0600 | 0,0014 |
| 13 | 23,069 | 23,068 | 23,0685 | 0,0007 |
| 14 | 23,062 | 23,063 | 23,0625 | 0,0007 |
| 15 | 23,074 | 23,077 | 23,0755 | 0,0021 |
| 16 | 23,057 | 23,057 | 23,0570 | 0,0000 |
| 17 | 23,054 | 23,054 | 23,0540 | 0,0000 |
| 18 | 23,064 | 23,064 | 23,0640 | 0,0000 |
| 19 | 23,068 | 23,068 | 23,0680 | 0,0000 |
| 20 | 23,073 | 23,070 | 23,0715 | 0,0021 |
| 21 | 23,080 | 23,079 | 23,0795 | 0,0007 |
| 22 | 23,076 | 23,079 | 23,0775 | 0,0021 |
| 23 | 23,076 | 23,077 | 23,0765 | 0,0007 |
| 24 | 23,068 | 23,069 | 23,0685 | 0,0007 |
| 25 | 23,059 | 23,060 | 23,0595 | 0,0007 |

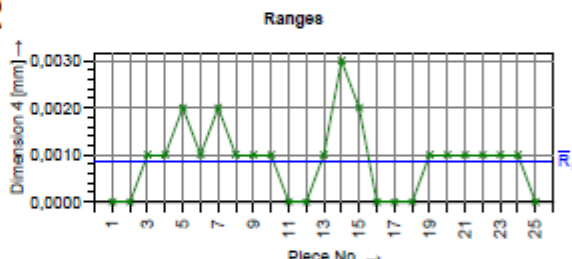
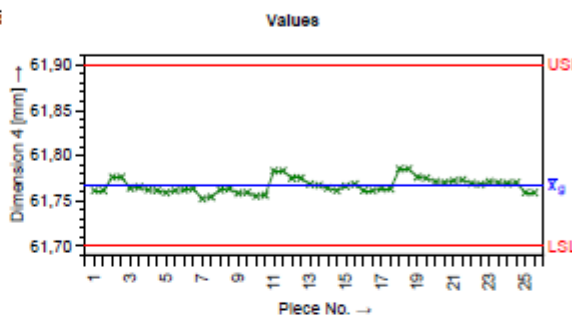


| | | | | | | |
|---|--------------|---------------|---------------------------------|--------------|-------------------------|----------|
| Repeatability | Variance | Standard dev. | 0,00080744 ± 0,0010296 ± 0,0014 | %EV = 3.09% | | |
| Repeatability & Repr. | 0,0000010600 | 0,0010296 | 0,00080744 ± 0,0010296 ± 0,0014 | %GRR = 3.09% | | |
| Tolerance | T | 0.200 | Confidence Interval | 1-α | 95.000% | |
| Resolution | %RE | 0.05% | | | | |
| Repeatability & Reproducibility | %GRR | 3.09% | | | | |
| Part Variation | %PV | 28.51% | | | | |
| number of distinct categories | ndc | 13 | | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.061774 | T _{min} (%GRR) | 0.020591 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 13.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Desor. : 4. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part desor. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 12.07.2021 | Char.Desor. : Dimension 4 Char.No. : 5 Nom.val. : 61,800 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0.200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{gj} | S _{gj} |
|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 61,761 | 61,761 | 61,7610 | 0,0000 |
| 2 | 61,776 | 61,776 | 61,7760 | 0,0000 |
| 3 | 61,764 | 61,765 | 61,7645 | 0,0007 |
| 4 | 61,762 | 61,761 | 61,7615 | 0,0007 |
| 5 | 61,759 | 61,761 | 61,7600 | 0,0014 |
| 6 | 61,762 | 61,763 | 61,7625 | 0,0007 |
| 7 | 61,752 | 61,754 | 61,7530 | 0,0014 |
| 8 | 61,762 | 61,763 | 61,7625 | 0,0007 |
| 9 | 61,758 | 61,759 | 61,7585 | 0,0007 |
| 10 | 61,755 | 61,756 | 61,7555 | 0,0007 |
| 11 | 61,783 | 61,783 | 61,7830 | 0,0000 |
| 12 | 61,775 | 61,775 | 61,7750 | 0,0000 |
| 13 | 61,768 | 61,767 | 61,7675 | 0,0007 |
| 14 | 61,764 | 61,761 | 61,7625 | 0,0021 |
| 15 | 61,766 | 61,768 | 61,7670 | 0,0014 |
| 16 | 61,761 | 61,761 | 61,7610 | 0,0000 |
| 17 | 61,763 | 61,763 | 61,7630 | 0,0000 |
| 18 | 61,785 | 61,785 | 61,7850 | 0,0000 |
| 19 | 61,776 | 61,775 | 61,7755 | 0,0007 |
| 20 | 61,771 | 61,770 | 61,7705 | 0,0007 |
| 21 | 61,772 | 61,773 | 61,7725 | 0,0007 |
| 22 | 61,769 | 61,768 | 61,7685 | 0,0007 |
| 23 | 61,771 | 61,770 | 61,7705 | 0,0007 |
| 24 | 61,769 | 61,770 | 61,7695 | 0,0007 |
| 25 | 61,759 | 61,759 | 61,7590 | 0,0000 |



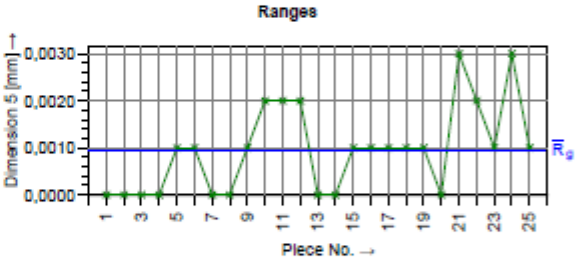
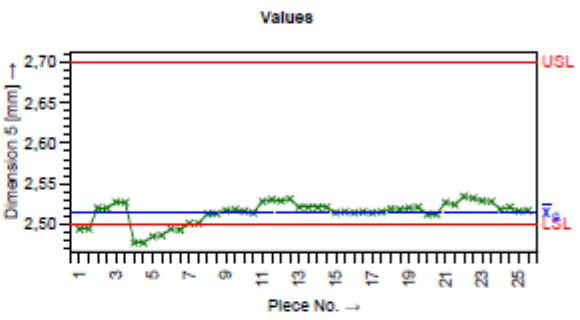
| | | | |
|---|--------------|-------------------------------------|---|
| | Variance | Standard dev. | |
| Repeatability | 0.0000068000 | 0.00082462 | 0.00064672 ± 0.00082462 ± 0.001 %EV = 2.47% |
| Repeatability & Repr | 0.0000068000 | 0.00082462 ^{1/5} | 0.00064672 ± 0.00082462 ± 0.001 %GRR = 2.47% |
| Tolerance - T - 0.200 | | Confidence interval - 1-α - 95.000% | |
| Resolution | - %RE - | 0.05% | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR - | 2.47% | |
| Part Variation | - %PV - | 24.09% | |
| number of distinct categories | - ndc - | 13 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | |
| BOSCH 2016: Type 3 | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.049477 |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.016492 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 13.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|--|--|--------------|
| | <h2 style="margin: 0;">Measurement System Analysis</h2> <h3 style="margin: 0;">Type-3 Study</h3> | Sheet: 6 / 9 |
|--|--|--------------|

| | | |
|--|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descri. : 4. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 12.07.2021 | Char.Descri. : Dimension 5 Char.No. : 6 Nom.val. : 2,600 Lo.Allow. : -0,100 Up.Allow. : 0,100 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A1} | X _{A2} | \bar{X}_{gij} | s _{gij} |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1 | 2,494 | 2,494 | 2,4940 | 0,0000 |
| 2 | 2,520 | 2,520 | 2,5200 | 0,0000 |
| 3 | 2,527 | 2,527 | 2,5270 | 0,0000 |
| 4 | 2,477 | 2,477 | 2,4770 | 0,0000 |
| 5 | 2,485 | 2,486 | 2,4855 | 0,0007 |
| 6 | 2,494 | 2,493 | 2,4935 | 0,0007 |
| 7 | 2,501 | 2,501 | 2,5010 | 0,0000 |
| 8 | 2,513 | 2,513 | 2,5130 | 0,0000 |
| 9 | 2,517 | 2,518 | 2,5175 | 0,0007 |
| 10 | 2,516 | 2,514 | 2,5150 | 0,0014 |
| 11 | 2,528 | 2,530 | 2,5290 | 0,0014 |
| 12 | 2,529 | 2,531 | 2,5300 | 0,0014 |
| 13 | 2,521 | 2,521 | 2,5210 | 0,0000 |
| 14 | 2,521 | 2,521 | 2,5210 | 0,0000 |
| 15 | 2,514 | 2,515 | 2,5145 | 0,0007 |
| 16 | 2,514 | 2,515 | 2,5145 | 0,0007 |
| 17 | 2,514 | 2,515 | 2,5145 | 0,0007 |
| 18 | 2,519 | 2,518 | 2,5185 | 0,0007 |
| 19 | 2,520 | 2,521 | 2,5205 | 0,0007 |
| 20 | 2,512 | 2,512 | 2,5120 | 0,0000 |
| 21 | 2,527 | 2,524 | 2,5255 | 0,0021 |
| 22 | 2,534 | 2,532 | 2,5330 | 0,0014 |
| 23 | 2,529 | 2,528 | 2,5285 | 0,0007 |
| 24 | 2,518 | 2,521 | 2,5195 | 0,0021 |
| 25 | 2,516 | 2,517 | 2,5165 | 0,0007 |

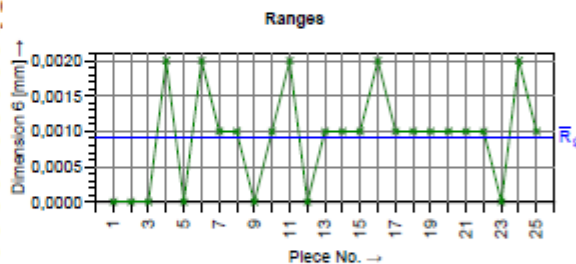
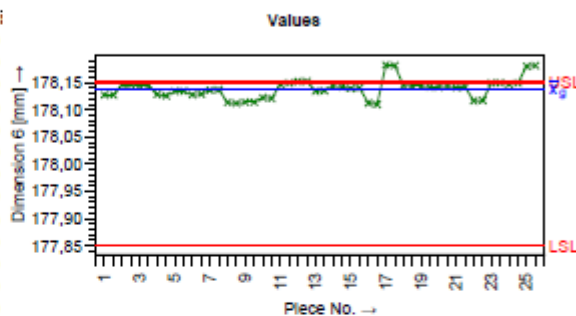


| | | | |
|---|---------------|---------------------------|---|
| | Variance | Standard dev. | |
| Repeatability | 0.00000088000 | 0.00093808 | 0.00073570 ± 0.00093808 ± 0.001; %EV = 2.81% |
| Repeatability & Repr | 0.00000088000 | 0.00093808 ^{1/5} | 0.00073570 ± 0.00093808 ± 0.001; %GRR = 2.81% |
| Tolerance | - T | - 0.200 | Confidence interval - 1-α - 95.000% |
| Resolution | - %RE | - 0.05% | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR | - 2.81% | |
| Part Variation | - %PV | - 42.25% | |
| number of distinct categories | - ndc | - 21 | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.056285 |
| | | T _{min} (%GRR) | 0.018762 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 13.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|--|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 4. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Test Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 12.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 6 Char.No. : 7 Nom.val. : 178,000 Lo.Allow. : -0,150 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0.300 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 178,127 | 178,127 | 178,1270 | 0,0000 |
| 2 | 178,146 | 178,146 | 178,1460 | 0,0000 |
| 3 | 178,144 | 178,144 | 178,1440 | 0,0000 |
| 4 | 178,128 | 178,126 | 178,1270 | 0,0014 |
| 5 | 178,134 | 178,134 | 178,1340 | 0,0000 |
| 6 | 178,127 | 178,129 | 178,1280 | 0,0014 |
| 7 | 178,136 | 178,137 | 178,1365 | 0,0007 |
| 8 | 178,113 | 178,112 | 178,1125 | 0,0007 |
| 9 | 178,114 | 178,114 | 178,1140 | 0,0000 |
| 10 | 178,122 | 178,121 | 178,1215 | 0,0007 |
| 11 | 178,147 | 178,149 | 178,1480 | 0,0014 |
| 12 | 178,152 | 178,152 | 178,1520 | 0,0000 |
| 13 | 178,134 | 178,135 | 178,1345 | 0,0007 |
| 14 | 178,143 | 178,142 | 178,1425 | 0,0007 |
| 15 | 178,139 | 178,140 | 178,1395 | 0,0007 |
| 16 | 178,112 | 178,110 | 178,1110 | 0,0014 |
| 17 | 178,182 | 178,181 | 178,1815 | 0,0007 |
| 18 | 178,144 | 178,143 | 178,1435 | 0,0007 |
| 19 | 178,143 | 178,142 | 178,1425 | 0,0007 |
| 20 | 178,142 | 178,143 | 178,1425 | 0,0007 |
| 21 | 178,141 | 178,142 | 178,1415 | 0,0007 |
| 22 | 178,116 | 178,117 | 178,1165 | 0,0007 |
| 23 | 178,149 | 178,149 | 178,1490 | 0,0000 |
| 24 | 178,147 | 178,149 | 178,1480 | 0,0014 |
| 25 | 178,180 | 178,181 | 178,1805 | 0,0007 |

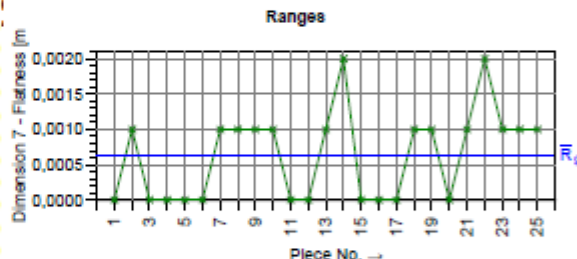
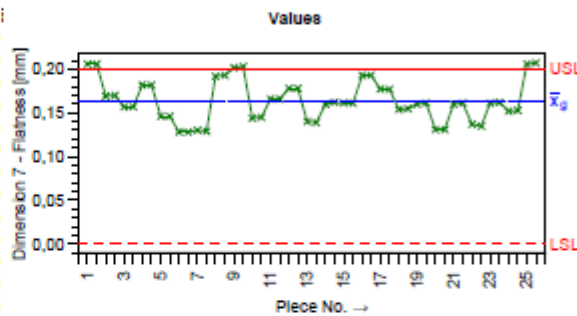


| | | | | |
|---|----------------|---|---|------------------|
| | Variance | Standard dev. | | |
| Repeatability | 0.00000066000 | 0.00081240 | $0.00063713 \leq 0.00081240 \leq 0.001$ | %EV = 1.62% |
| Repeatability & Reprc | 0.00000066000 | 0.00081240 ^{1/2} | $0.00063713 \leq 0.00081240 \leq 0.001$ | %GRR = 1.62% |
| Tolerance - T = 0.300 | | Confidence Interval - 1- α = 95.000% | | |
| Resolution | - %RE = 0.03% | | | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR = 1.62% | | | |
| Part Variation | - %PV = 35.28% | | | |
| number of distinct categories | - ndc = 30 | | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | $T_{min}(\%GRR)$ | 0.048744 | $T_{min}(\%GRR)$ |
| | | | | 0.016248 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 13.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|---|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 4. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. : Part number : Drw.No. : Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 12.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 7 - Flatness Char.No. : 8 Nom.val. : 0,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,200 Tol. : 0,200 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | \bar{X}_g | S _g |
|----|------------------|------------------|-------------|----------------|
| 1 | 0,206 | 0,206 | 0,2060 | 0,0000 |
| 2 | 0,169 | 0,170 | 0,1695 | 0,0007 |
| 3 | 0,157 | 0,157 | 0,1570 | 0,0000 |
| 4 | 0,182 | 0,182 | 0,1820 | 0,0000 |
| 5 | 0,146 | 0,146 | 0,1460 | 0,0000 |
| 6 | 0,128 | 0,128 | 0,1280 | 0,0000 |
| 7 | 0,130 | 0,129 | 0,1295 | 0,0007 |
| 8 | 0,192 | 0,193 | 0,1925 | 0,0007 |
| 9 | 0,202 | 0,203 | 0,2025 | 0,0007 |
| 10 | 0,144 | 0,145 | 0,1445 | 0,0007 |
| 11 | 0,166 | 0,166 | 0,1660 | 0,0000 |
| 12 | 0,178 | 0,178 | 0,1780 | 0,0000 |
| 13 | 0,140 | 0,139 | 0,1395 | 0,0007 |
| 14 | 0,160 | 0,162 | 0,1610 | 0,0014 |
| 15 | 0,161 | 0,161 | 0,1610 | 0,0000 |
| 16 | 0,193 | 0,193 | 0,1930 | 0,0000 |
| 17 | 0,177 | 0,177 | 0,1770 | 0,0000 |
| 18 | 0,154 | 0,155 | 0,1545 | 0,0007 |
| 19 | 0,160 | 0,161 | 0,1605 | 0,0007 |
| 20 | 0,131 | 0,131 | 0,1310 | 0,0000 |
| 21 | 0,160 | 0,161 | 0,1605 | 0,0007 |
| 22 | 0,137 | 0,135 | 0,1360 | 0,0014 |
| 23 | 0,161 | 0,162 | 0,1615 | 0,0007 |
| 24 | 0,152 | 0,153 | 0,1525 | 0,0007 |
| 25 | 0,206 | 0,207 | 0,2065 | 0,0007 |

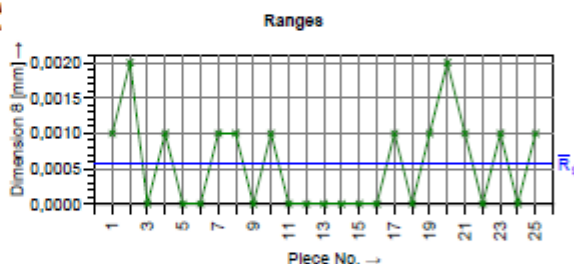
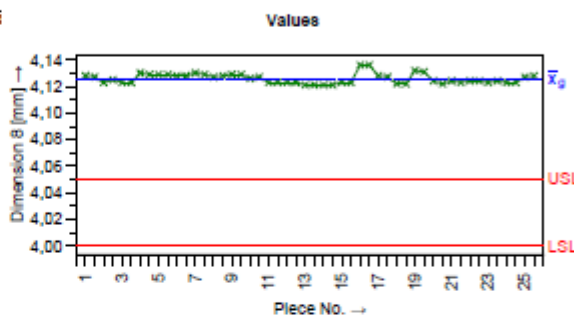


| | Variance | Standard dev. | | |
|---|---------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------|
| Repeatability | 0.00000040000 | 0.00063246 | 0.00049601 ± 0.00063246 ± 0.0001 | %EV = 1.90% |
| Repeatability & Repr: | 0.00000040000 | 0.00063246 ¹¹⁵ | 0.00049601 ± 0.00063246 ± 0.0001 | %GRR = 1.90% |
| Tolerance | - T* | - 0.200 | Confidence Interval | - 1-α - 95.000% |
| Resolution | - %RE | - 0.05% | | |
| Repeatability & Reproducibility | - %GRR | - 1.90% | | |
| Part Variation | - %PV | - 70.91% | | |
| number of distinct categories | - ndc | - 52 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.037947 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.012649 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 13.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |

| | | |
|---|---|--|
| Division : Bosch Car Multimedia Group/Dep. : BrgP/QMM-LM Mach.Descr. : 4. Mitutoyo Crysta Apex S Mach.No. : M_MAQ0002 Resolution : 0,0001 mm Test Location : Metrology Lab | Product : Sing Part Part descr. Part number Drw.No. Tst Reas. : MSA - Study Type 3 Test Begin : 12.07.2021 | Char.Descr. : Dimension 8 Char.No. : 9 Nom.val. : 4,000 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,050 Tol. : 0,050 Unit : mm |
| Comment : Comment : | | |

| n | X _{A,1} | X _{A,2} | $\bar{X}_{g,j}$ | s _{g,j} |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 4,128 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 |
| 2 | 4,123 | 4,125 | 4,1240 | 0,0014 |
| 3 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 4 | 4,130 | 4,129 | 4,1295 | 0,0007 |
| 5 | 4,129 | 4,129 | 4,1290 | 0,0000 |
| 6 | 4,128 | 4,128 | 4,1280 | 0,0000 |
| 7 | 4,130 | 4,129 | 4,1295 | 0,0007 |
| 8 | 4,127 | 4,128 | 4,1275 | 0,0007 |
| 9 | 4,129 | 4,129 | 4,1290 | 0,0000 |
| 10 | 4,126 | 4,127 | 4,1265 | 0,0007 |
| 11 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 12 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 13 | 4,121 | 4,121 | 4,1210 | 0,0000 |
| 14 | 4,121 | 4,121 | 4,1210 | 0,0000 |
| 15 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 16 | 4,136 | 4,136 | 4,1360 | 0,0000 |
| 17 | 4,128 | 4,127 | 4,1275 | 0,0007 |
| 18 | 4,122 | 4,122 | 4,1220 | 0,0000 |
| 19 | 4,132 | 4,131 | 4,1315 | 0,0007 |
| 20 | 4,124 | 4,122 | 4,1230 | 0,0014 |
| 21 | 4,124 | 4,123 | 4,1235 | 0,0007 |
| 22 | 4,124 | 4,124 | 4,1240 | 0,0000 |
| 23 | 4,123 | 4,124 | 4,1235 | 0,0007 |
| 24 | 4,123 | 4,123 | 4,1230 | 0,0000 |
| 25 | 4,127 | 4,128 | 4,1275 | 0,0007 |



| | Variance | Standard dev. | | |
|---|---------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Repeatability | 0.00000036000 | 0.00060000 | 0.00047055 ± 0.00060000 ± 0.000 | %EV = 7.20% |
| Repeatability & Repr. | 0.00000036000 | 0.00060000 ¹⁷⁵ | 0.00047055 ± 0.00060000 ± 0.000 | %GRR = 7.20% |
| Tolerance | - | T = 0.050 | Confidence Interval | - 1-α = 95.000% |
| Resolution | - | %RE = 0.20% | | |
| Repeatability & Reproducibility | - | %GRR = 7.20% | | |
| Part Variation | - | %PV = 43.92% | | |
| number of distinct categories | - | ndc = 8 | | |
| Measurement system capable (%RE,min,%GRR) | | | | |
| BOSCH 2018: Type 3 | | | | |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.036000 |
| | | | T _{min} (%GRR) | 0.012000 |

| | | | |
|-------------|------------|---------------------------------------|-----------|
| Department | Date | Name | Signature |
| BrgP/QMM-LM | 13.07.2021 | Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP | _____ |