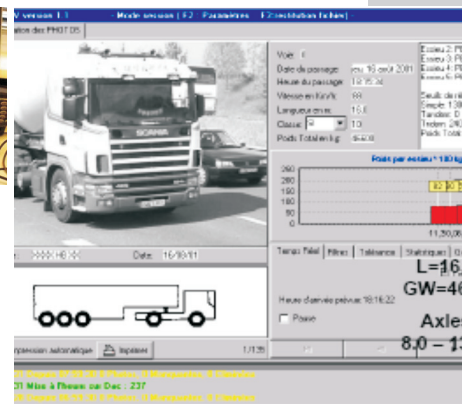
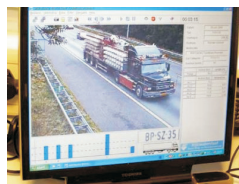


Identificação de Sistemas de Paisagem em Movimento



Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento

Convênio TT 102/2007

Modelo Geral do Experimento

Dezembro de 2008



Laboratório de Transportes e Logística



NEP

Núcleo de Estudos de Pesagem

Convênio TT 102/2007 DNIT / UFSC
IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO

FICHA TÉCNICA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT

Luiz Antonio Pagot
Diretor Geral DNIT

Hideraldo Luiz Caron
Diretor de Infra-Estrutura Rodoviária

Luiz Cláudio dos Santos Varejão
Coordenador Geral de Operações Rodoviárias

João Batista Berreta Neto
Coordenador de Operações Rodoviárias

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL/DNIT/SC

João José dos Santos
Superintendente Regional de Santa Catarina

Edemar Martins
Supervisor de Operações

Névio Antônio Carvalho
Área de Engenharia e Segurança de Trânsito

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Alvaro Toubes Prata
Reitor

Carlos Alberto Justo da Silva
Vice-Reitor

Edison da Rosa
Diretor do Centro Tecnológico

Antonio Edésio Jungles
Chefe do Departamento de Engenharia Civil

LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA - LABTRANS

Amir Mattar Valente, Dr.
Coordenador Técnico do Convênio

NÚCLEO DE ESTUDOS DE PESAGEM

EQUIPE TÉCNICA

Valter Zanela Tani, Dr.
Hélio Goltsman, Eng°. Eletrônico
Márcio Roberto Lima Paiva, Dr.
Fernando da Rocha Pantoja, PhD.
Flavio De Mori, Dr.
Gustavo Garcia Otto, Eng°. Civil

EQUIPE DE APOIO

Daniel Moura Aragão, Administrador



APRESENTAÇÃO

Trata o presente relatório de um produto do Convênio 102/2007 – Projeto “Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento”, firmado entre o Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes - DNIT e a Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

O projeto em tela prevê, como uma de suas mais importantes etapas, a realização de um experimento para avaliação do estado-da-arte internacional em sistemas de pesagem em movimento, sob condições brasileiras de operação.

Tendo em vista a experiência internacional, avaliada através de pesquisa da literatura especializada e, sobretudo, de uma viagem de estudo realizada pela equipe do projeto aos países Europeus mais avançados no assunto, decidiu-se focar o experimento nos sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores (MS-WIM).

Neste relatório é apresentada a fundamentação do modelo geral do experimento sobre sistemas MS-WIM a ser realizado em Araranguá, Santa Catarina, em termos de suas três etapas sucessivas: (i) Planejamento e Projeto, (ii) Operação e (iii) Análise.

O presente relatório aborda também, de forma expedita, as justificativas para a intensificação da busca internacional por maior eficiência e eficácia no controle do sobrepeso rodoviário, e também a definição formal do que se entende por sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
COST	<i>CO</i> operation <i>eu</i> ropéenne <i>da</i> ns <i>la</i> <i>recherche</i> <i>Sci</i> entifique <i>et</i> <i>Technique</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
LS-WIM	Low Speed WIM
MS-WIM	Sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores
MS-WIM	Multiple Sensor WIM
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
WIM	<i>Weigh-In-Motion</i> (Pesagem em movimento)



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Efeito da carga por eixo sobre o pavimento.....	14
Figura 2 – Força de Impacto vs. Peso	16
Figura 3 – Modelo simplificado da dinâmica veicular	17
Figura 4 – Modelo super-simplificado da dinâmica veicular.....	17
Figura 5 – MS-WIM: Amostragem (6x) da Força de Impacto dinâmica	19
Figura 6 – Sistema WIM Multi-Sensor em operação.....	20
Figura 7 – Posicionamento da pista de teste	30
Figura 8 – Posicionamento esquemático dos sistemas na pista de teste	31
Figura 9 – Estrutura de ações e produtos intermediários.....	33
Figura 10 – Posto de Pesagem de Araranguá, SC (km418 da BR-101).....	35
Figura 11 – Escopo das especificações da OIML e do COST323	40
Figura 12 – Fluxograma de operação do experimento	41
Figura 13 – Exemplo de sensores embutidos no pavimento.....	43
Figura 14 – Análise dos dados brutos coletados	44

SUMÁRIO

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO	12
1 Introdução	13
Capítulo 2 – SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO MULTI-SENSOR	15
2 Sistemas de Pesagem em Movimento Multi-Sensor	16
2.1 Definição de Pesagem em Movimento (WIM)	16
2.2 Força de Impacto vs. Peso	17
2.3 Pesagem em Movimento mono-sensor (LS-WIM)	18
2.4 Pesagem em movimento multi-sensor (MS-WIM)	19
2.5 Especificação Européia COST 323 para Sistemas WIM	21
Capítulo 3 – ESPECIFICAÇÕES DO EXPERIMENTO DE ARARANGUÁ	24
3 Especificações do Experimento de Araranguá	25
3.1 Termos de Referência	25
3.1.1 Contexto	25
3.1.2 Objetivos	26
3.1.3 Justificativa	27
3.1.4 Escopo	27
3.1.5 Metodologia	27
3.1.6 Produtos esperados	28
3.2 Plano de Teste	29
3.3 Leiaute do Local de Teste	30
Capítulo 4 – MODELO GERAL DO EXPERIMENTO DE ARARANGUÁ	32
4 Modelo Geral do Experimento	33
4.1 Planejamento e Projeto	33
4.1.1 Especificação do local do experimento	33
4.1.2 Especificação da Pesquisa de Tráfego	35
4.1.3 Especificação de Pesquisa sobre Dinâmica Veicular	36
4.1.4 Especificação da Pista de Teste	36
4.1.5 Especificação dos Sensores e/ou Sistemas	37
4.1.6 Atração de Participação Externa	37
4.1.7 Especificação do Levantamento das Características do Pavimento	38
4.1.8 Especificação do Sistema de Calibração	39
4.1.9 Modelagem da Interação Frota/Pavimento	40
4.1.10 Instalação e Teste-Piloto dos Sensores e/ou Sistemas	41
4.2 Operação: Calibração e Coleta de Dados	41
4.2.1 Calibração	42
4.3 Análise	44
4.3.1 Avaliação da Acurácia e Confiabilidade do MS-WIM	45



4.3.2 Avaliação da Relação Deflexão do Pavimento vs. Força F_i Aplicada	45
4.3.3 Avaliação da Durabilidade e Custo Operacional dos Sensores e Sistemas	45
Capítulo 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
5 Referências Bibliográficas	47
ANEXOS	48
ANEXO A - ESPECIFICAÇÕES DA PESQUISA DE TRÁFEGO DE ARARANGUÁ	49
ANEXO B - ESPECIFICAÇÕES DA PESQUISA SOBRE DINÂMICA VEICULAR ...	52
ANEXO C - ESPECIFICAÇÕES DA PISTA DE TESTE	57
ANEXO D - ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO	61
ANEXO E - ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE MEDIDA DE DEFLEXÃO	65
APÊNDICES – BROCHURAS DE SENSORES E ELETRÔNICA PARA COLETA DE DADOS	67

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO



1 INTRODUÇÃO

Apesar do fortalecimento pós-privatização dos modais ferroviário e aquaviário, o modal rodoviário continua responsável pela parcela mais significativa do transporte de cargas dentro do Brasil.

As operações rodoviárias de transporte de cargas têm mesmo se intensificado, inclusive com o aumento da carga média transportada por veículo, em função, sobretudo, da integração logística com que têm respondido as empresas às novas condições concorrenciais a que estão submetidas.

A malha rodoviária nacional, composta por rodovias federais, estaduais e municipais, é bastante extensa e requer ações constantes de manutenção e controle para que sejam garantidas condições mínimas de trafegabilidade.

Sistemas eficientes e eficazes de acompanhamento e controle das operações rodoviárias de transporte de cargas são necessários para garantir a segurança das operações, a competição econômica saudável entre operadores, e a proteção do patrimônio público representado pela infra-estrutura física.

Pesquisas (CEL-COPPEAD, 2006) indicam que aproximadamente 36% dos acidentes em rodovias federais Brasileiras envolvem veículos de carga, o que equivale a um total de cerca de 40 mil acidentes anuais. O tombamento é apontado como a causa de 47% destes acidentes, com fortes impactos sobre as operações.

A probabilidade de ocorrer o tombamento aumenta com a velocidade do veículo, com a severidade das curvas e, em especial, com o peso e arrumação da carga. Daí a recomendação contida no documento citado, sobre a importância, entre outras medidas, do controle do sobrepeso dos veículos de carga.

Se os veículos de carga por si só são mais perigosos, os veículos de carga com sobrepeso:

- ⊙ são muito mais difíceis de controlar,
- ⊙ precisam de muito mais espaço de frenagem, e
- ⊙ operam sobrecarregando ao limite componentes mecânicos críticos para a segurança, sobretudo pneus, freios e suspensões.

Ainda, como nas estradas brasileiras são comuns (i) trechos com alto grau de inclinação vertical e/ou de curvatura horizontal, bem como (ii) veículos de carga com

baixa relação potência/peso, aos fatores mencionados se soma a perigosa perturbação ao fluxo de tráfego provocada nestes trechos pelo desempenho marcadamente inferior dos veículos de carga em relação aos demais.

Já do ponto de vista do aperfeiçoamento do ambiente econômico, a prática do sobrepeso compromete seriamente o avanço da produtividade do setor transportes, ao distorcer a competição entre transportadores, com externalização de custos extremamente altos à sócio-economia como um todo.

No entanto, o efeito mais visível do excesso de carga aparece no encurtamento considerável da vida útil dos pavimentos e das obras de arte rodoviárias. Na Alemanha considera-se que, deste ponto de vista, um caminhão equivale a 40.000 veículos de passeio, e que um eixo com 10 toneladas causa 2,44 vezes mais danos ao pavimento do que um eixo com 8 toneladas (F. WEISS, 2007). A Figura 1 mostra o efeito da carga por eixo sobre o pavimento.

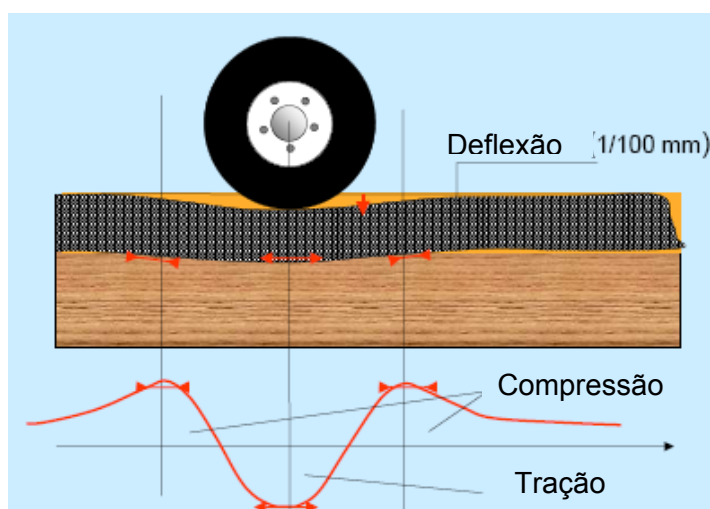


Figura 1 – Efeito da carga por eixo sobre o pavimento

Fonte: THIONN, 2007

Considerando a premissa de que o fluxo de veículos deve ser minimamente perturbado pela fiscalização, o aumento da eficiência e eficácia do controle do excesso de carga vai depender diretamente do grau de automatização empregado neste controle. Em consequência, observa-se internacionalmente a intensificação da pesquisa sobre sistemas de pesagem em movimento.

É neste contexto que se insere o experimento em tela, visando avaliar o estado-da-arte da pesagem em movimento, sob condições brasileiras.

CAPÍTULO 2 – SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO MULTI-SENSOR

2 SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO MULTI-SENSOR

Os sistemas de pesagem em movimento (em inglês *Weigh-In-Motion*, ou *WIM*) permitem estimar o peso por eixo de veículos rodoviários em movimento, aumentando a eficiência e eficácia do controle do sobrepeso, a cargo das autoridades responsáveis pela operação rodoviária.

Conseqüentemente, os sistemas WIM têm sido objeto de cada vez maior utilização e pesquisa, especialmente na Europa e nos Estados Unidos.

A pesquisa relativa aos sistemas WIM nestes países tem tido foco em:

- ⊙ melhores métodos de calibração,
- ⊙ novos procedimentos, para aumento da velocidade de pesagem, e
- ⊙ novas tecnologias, em especial sensores de peso.

2.1 Definição de Pesagem em Movimento (WIM)

Um sistema de pesagem em movimento usa sensores montados sobre, dentro ou sob (caso de pontes) o pavimento, para medir a Força de Impacto aplicada pelo pneu ao pavimento, e, a partir desta medida, estimar o Peso suportado pelo pneu.

Como mostra a Figura 2, ao longo da trajetória do veículo a Força de Impacto oscila em torno do Peso, por efeito da suspensão associada ao pneu.

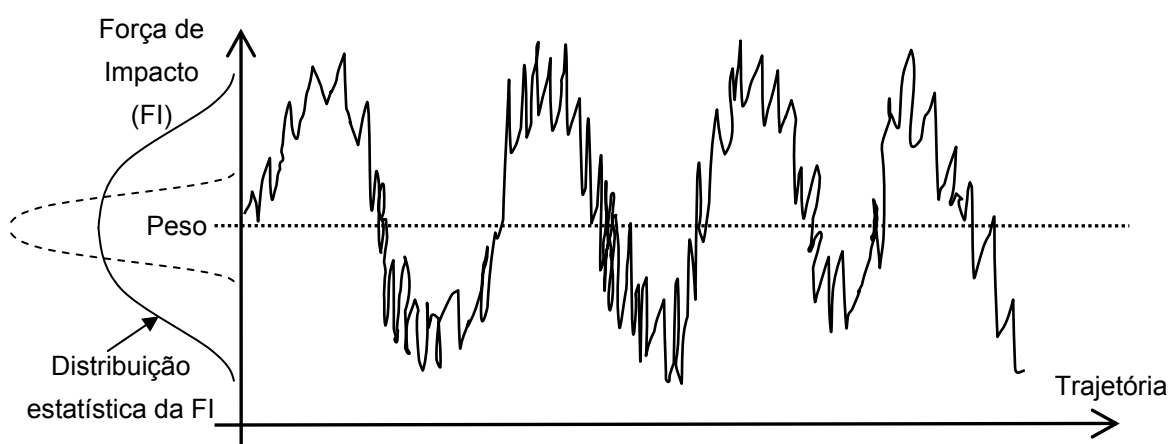


Figura 2 – Força de Impacto vs. Peso

Fonte: baseado em JACOB, 2007

Assim, o desafio é estimar o Peso com determinada acurácia e confiabilidade, a partir da distribuição espacial da Força de Impacto (JACOB, 2007). Esta distribuição é influenciada pela dinâmica do veículo, que, por sua vez, depende em essência do perfil do pavimento e das características da suspensão do veículo.

A Figura 3 ilustra, usando um modelo simplificado da interação veículo/pavimento, como a dinâmica do veículo afeta a Força de Impacto, que resulta, em cada instante, da combinação de $r(t)$, $w(t)$ e $W(t)$. A componente $v(t)$ aparece quando o veículo está em aceleração ou desaceleração, sendo fator adicional de degradação do pavimento e da acurácia da pesagem em movimento.

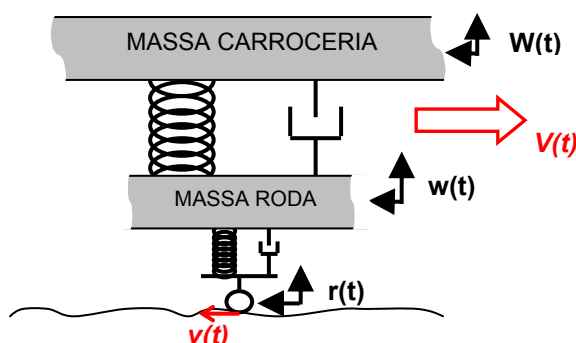


Figura 3 – Modelo simplificado da dinâmica veicular

2.2 Força de Impacto vs. Peso

Utilizando-se um modelo ainda mais simplificado da interação veículo/pavimento (Figura 4), e supondo velocidade constante, é possível formalizar a diferença entre a força de impacto medida pelos sistemas WIM, e o peso que se deseja estimar.

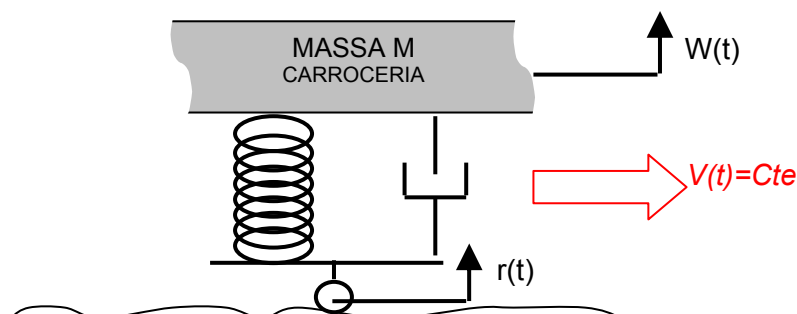


Figura 4– Modelo super-simplificado da dinâmica veicular

Sendo: $y(t) = W(t) - r(t)$; WIM = Força de Impacto ; Peso = $M.g$

Prova-se que:

$$WIM_{x=vt} \approx \text{Peso} - M(d^2r/dt^2 + d^2y/dt^2)$$

Portanto, a medida de peso feita quando o sistema não está em repouso é extremamente dependente do microperfil do pavimento e da dinâmica do veículo, influenciando, respectivamente, os fatores d^2r/dt^2 e d^2y/dt^2 da fórmula acima.

Isto é verdade mesmo nas condições extremamente idealizadas acima, onde não são consideradas variações de velocidade, nem outras forças (p.ex. o momento de força a que está submetida cada roda, em função de estar ligada às outras, via eixo e chassi).

2.3 Pesagem em Movimento mono-sensor (LS-WIM)

A abordagem clássica à pesagem em movimento (antes chamada de pesagem dinâmica) tem sido o uso de um único sensor WIM por trilha de roda, do tipo placa (com dimensões suficientes para conter toda a superfície de contato pneu/pavimento), instalado em uma pista com baixíssima irregularidade, especialmente construída para a pesagem.

A alta qualidade da pista especial, aliada ao uso de velocidades de pesagem inferiores a 10 km/h (LowSpeed-WIM), é ditada pela necessidade de minimizar a oscilação da massa suspensa do veículo (ver Figura 4), e, conseqüentemente, a diferença entre a Força de Impacto (dinâmica) e o Peso (estático).

Os problemas da pesagem em movimento clássica, mono-sensor, são seus altos custos, tanto em tempo quanto em dinheiro. Os custos em tempo estão ligados à baixa velocidade de pesagem, que, além de impactar os custos da fiscalização, pela sua ineficiência, causa forte perturbação ao tráfego local, resultando em custos consideráveis para os usuários, e conseqüente estímulo à evasão.

Já os custos em dinheiro, resultam do alto preço dos sensores e instalações associadas, e também da necessidade de construção da pista especial de altíssima qualidade, normalmente em concreto Portland, exclusivamente para servir à pesagem em movimento.

Observa-se que os sistemas WIM mono-sensor não têm estado à altura da crescente pressão por maior eficiência e eficácia no controle de peso do transporte rodoviário, exacerbada pelo incremento mundial no uso deste modal.

Este incremento deve-se, principalmente, à tendência das empresas em adotar a integração logística de toda a cadeia de suprimentos, como estratégia principal de resposta à mudança acentuada das condições concorrenciais, antes caracterizadas pela “economia da estabilidade e da indiferenciação” e agora pela “economia da volatilidade e da diferenciação”.

2.4 Pesagem em movimento multi-sensor (MS-WIM)

Como resposta às limitações da pesagem em movimento mono-sensor, com sensores tipo placa, tem sido cada vez mais pesquisada a pesagem em movimento utilizando múltiplos sensores tipo linha (com dimensão longitudinal muito menor que a superfície de contato pneu/pavimento).

O uso de múltiplos sensores representa uma mudança radical de filosofia, no sentido de que busca-se agora captar, à medida que o veículo cruza os sensores WIM, múltiplas amostras da Força de Impacto aplicada ao pavimento, em toda a sua complexidade dinâmica (ver Figura 5).

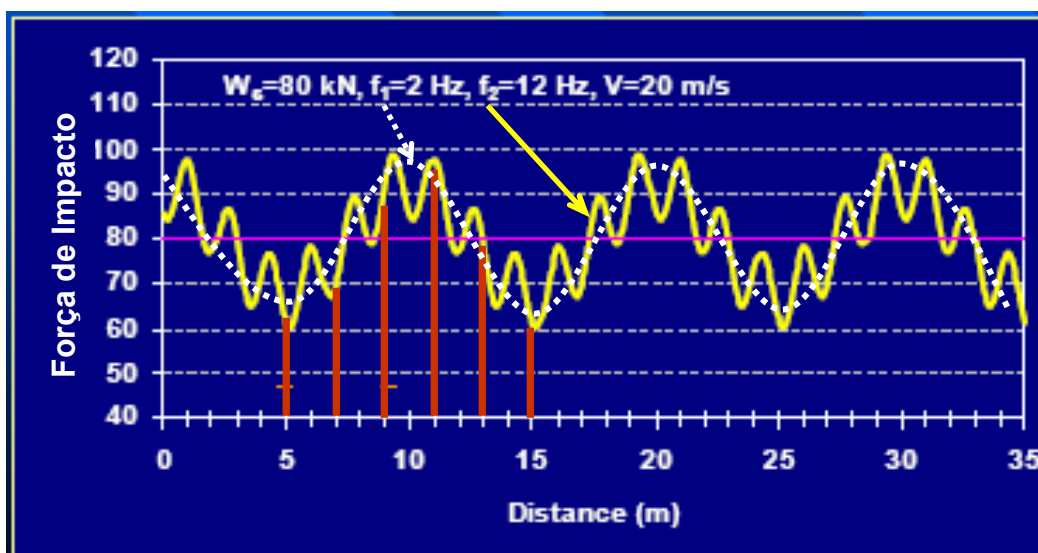


Figura 5– MS-WIM: Amostragem (6x) da Força de Impacto dinâmica

Fonte: Jacob, 2007

As amostras da Força de Impacto coletadas são então analisadas em computador, usando-se algoritmos especiais baseados na Teoria da Informação, sobretudo em suas vertentes relativas às Telecomunicações e ao Processamento de Sinais, de forma a permitir a estimativa, com margem de erro determinada, do valor do Peso correspondente.



Figura 6– Sistema WIM Multi-Sensor em operação

Fonte: Jacob, 2007

O principal atrativo dos sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores (MS-WIM) é a promessa que estes incorporam de permitir o controle da influência das características tanto do pavimento quanto do veículo sobre a acurácia da estimativa do peso estático.

Este controle é essencial para permitir, no futuro, a fiscalização totalmente automática de peso, sem que o veículo tenha que sair do fluxo do tráfego, ou mesmo reduzir sua velocidade normal de operação.

Dentre as vantagens da utilização de sistemas MS-WIM podem então ser ressaltadas a:

- ⊙ redução da influencia das características do pavimento sobre a acurácia da pesagem, reduzindo a necessidade de especificações muito rígidas quanto aos trechos de rodovia elegíveis para instalação do sistema. Obviamente isto pode reduzir consideravelmente os custos associados à implementação da infra-estrutura necessária para, por exemplo, a aplicação de multas por excesso de peso;

- ⊙ redução da influencia das características tecnológicas e físicas do sensor WIM sobre a acurácia da pesagem, reduzindo a necessidade de especificações muito rígidas quanto aos tipos de sensor elegíveis para uso no sistema. Novamente, Isto tende a reduzir custos, ao ampliar o leque de tecnologias e fornecedores de sensores potenciais;
- ⊙ ampliação da possibilidade de especificação de um mesmo sistema básico para aplicações que demandam graus de acurácia diferentes (estudos de tráfego, pré-seleção, fiscalização direta, etc), variando-se apenas o número e/ou leiaute dos sensores. Isto antecipa vantagens significativas na relação benefício/custo associada ao investimento nestes sistemas;
- ⊙ facilitação do processo de calibração da balança WIM, uma vez que este pode ser dividido em duas fases independentes consecutivas: (i) calibração dos sensores (em força de impacto) e (ii) calibração da balança (em peso). Esta segunda fase diz respeito ao algoritmo de tratamento das amostras da força de impacto colhidas pelos sensores, podendo fazer uso de técnicas oriundas da pesquisa em inteligência artificial (redes neuronais, lógica *fuzzy*, algoritmos genéticos, sistemas especialistas, etc). A capacidade adaptativa inerente a estas técnicas permite, em princípio, dotar a balança de um certo grau de auto-calibração vis a vis alterações do pavimento ou do tráfego, garantindo desempenho estável no tocante à acurácia.

As numerosas vantagens potenciais dos Sistemas MS-WIM explicam porque hoje estes sistemas ocupam a fronteira da pesquisa e desenvolvimento mundial sobre pesagem em movimento, e justificam o foco do experimento de Araranguá nesta promissora tecnologia.

2.5 Especificação Européia COST 323 para Sistemas WIM

O transporte de carga rodoviário cresceu mais de 38% na União Européia num período de 10 anos, de 1995 a 2005, uma tendência que os especialistas afirmam que deve continuar no médio prazo.

De modo a satisfazer esta crescente demanda por capacidade de transporte de carga por meio rodoviário, será necessário aumentar o número de veículos e/ou aumentar a carga por veículo nas estradas Européias.

Isto tem claras implicações para os pavimentos e pontes da Europa, que estarão submetidos a cargas estáticas e dinâmicas crescentes, provocadas por maior número de veículos com a capacidade atual, e novos veículos ainda mais pesados.

Neste contexto, a pesagem em movimento de veículos rodoviários destaca-se, como uma ferramenta primordial para dar suporte a: (i) as pesquisas sobre o tráfego de veículos de carga, (ii) a gestão do tráfego, (iii) a engenharia de pavimentos e pontes, e, mais recentemente, (iv) a pré-seleção e fiscalização direta dos veículos com sobrepeso.

De fato, o imenso potencial incorporado pelos Sistemas WIM fez com que florescesse nos últimos 20 anos o mercado de sistemas e sensores de pesagem em movimento e tecnologias associadas, sobretudo na Europa.

Em 1992, a Comissão Européia, entendendo que o desenvolvimento da tecnologia incorporada pelos Sistemas WIM dependia do estabelecimento de um quadro de referencia comum, acolheu, no âmbito do programa de cooperação COST (*COoperation européenne dans le domaine de la recherche Scientifique et Technique*), o projeto COST 323 – *Weigh-In-Motion of Road Vehicles* (1993-98).

Este projeto, também chamado de WIM-LOAD, foi uma das ações apoiadas pelo subprograma *COST Transport*, do *Transport Directorate* (DG VII) da Comissão Européia. A administração do projeto ficou a cargo de um Comitê Científico, formado por um grupo de especialistas europeus do campo científico e tecnológico.

O objetivo geral do projeto COST 323 foi promover o desenvolvimento e a implementação das tecnologias WIM e suas aplicações, e facilitar a troca de experiências sobre o assunto entre diferentes países Europeus.

Os principais objetivos específicos do projeto COST 323 foram, então:

- 1) Fazer um inventário dos requisitos da demanda Européia por sistemas WIM;
- 2) Levantar e avaliar as informações existentes sobre o assunto;
- 3) Realizar um trabalho preliminar sobre o desenvolvimento de especificações técnicas Européias para sistemas WIM;
- 4) Acordar mecanismos e protocolos para uma base de dados pan-Européia de instalações e dados WIM;
- 5) Coletar e disseminar informações técnicas e científicas;
- 6) Trocar experiências e conclusões com outros projetos internacionais.

O COST 323 foi um dos mais produtivos projetos do programa *COST Transport*, tendo alcançado inúmeros resultados importantes, dentre os quais se destaca, no presente contexto, uma primeira versão de uma Especificação Européia de Sistemas WIM, publicada em Agosto de 1999, como Apêndice 1 do Relatório Final do Projeto COST 323.

A Especificação COST 323 aborda em profundidade os assuntos mais importantes relacionados aos Sistemas WIM, como:

- ⊙ Terminologia
- ⊙ Requisitos de usuário e de performance
- ⊙ Critérios para escolha de locais para instalação (sítios WIM)
- ⊙ Requisitos ambientais
- ⊙ Verificação e calibração *in loco*
- ⊙ Classes de acurácia e tolerâncias, em relação a peso
- ⊙ Aprovação de tipo (modelos novos no mercado)
- ⊙ Verificações iniciais e 'em serviço'
- ⊙ Procedimentos para verificar a acurácia
- ⊙ Armazenamento, processamento e transmissão de dados
- ⊙ Requisitos simplificados
- ⊙ Aceitação e instalação de sensores
- ⊙ Métodos de calibração
- ⊙ Formatação de resultados e ferramentas computacionais

No presente experimento, os expressivos resultados deste projeto Comunidade Européia, em seus cinco anos de duração, têm feito dele uma referencia constante, sobretudo no que tange à terminologia, aos critérios para a escolha do local de instalação (sítio WIM), aos métodos de calibração, e aos procedimentos para verificação da acurácia.

Ao utilizar o mesmo quadro de referencia usado na Comunidade Européia no planejamento, operação e análise dos resultados do Experimento de Araranguá, busca-se fundar os testes em bases teóricas e empíricas sólidas, e garantir a troca de experiência com a comunidade técnico-científica internacional interessada em pesagem em movimento, sobretudo a Européia.

CAPÍTULO 3 – ESPECIFICAÇÕES DO EXPERIMENTO DE ARARANGUÁ

3 ESPECIFICAÇÕES DO EXPERIMENTO DE ARARANGUÁ

O DNIT estará iniciando no início de 2009 um experimento sobre Sistemas de Pesagem em Movimento a alta velocidade (80 km/h), a ser realizado em trecho da rodovia BR-101, localizado no município de Araranguá em Santa Catarina.

Este programa de testes se insere no Projeto do DNIT “Identificação de Sistemas de Pesagem” (Projeto WIM), cuja execução está, por Convênio, a cargo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que para tal reuniu uma equipe de especialistas.

O foco do experimento será a utilização de arranjos de múltiplos sensores de peso, como forma de tornar previsível a acurácia da pesagem em movimento, em função do tipo, tecnologia, número, e leiaute dos sensores utilizados, em linha com as pesquisas que ora se realizam na Comunidade Européia.

Numa primeira fase do experimento, os sensores/sistemas em teste serão instalados em uma pista de 600m em concreto asfáltico, especialmente construída como uma extensão da pista de acesso ao Posto de Pesagem de Araranguá, no km 418 da rodovia BR-101.

No presente contexto, um sistema de pesagem em movimento é considerado como sendo composto de quatro subsistemas: (i) captura de dados (sensores de pesagem e outros, inclusive de imagem), (ii) tratamento de sinais e processamento de dados, (iii) tele-transmissão de dados, e (iv) sinalização (painéis de mensagem variável, indicadores de velocidade, etc.).

Neste capítulo são apresentadas as especificações do experimento sobre sistemas de pesagem em movimento multi-sensor a ser realizado em Araranguá, Santa Catarina.

3.1 Termos de Referência

3.1.1 Contexto

No momento em que aumentam consideravelmente tanto o número como o tamanho dos veículos de carga em operação nas rodovias brasileiras, cresce a preocupação governamental com o controle da operação rodoviária.



O preço pago pelo descontrolado é o aumento do número de acidentes e a deterioração precoce da infra-estrutura, além da distorção do ambiente competitivo do setor da economia aonde se inserem os serviços de transporte rodoviário.

O experimento em tela, a ser iniciado no início de 2009, terá como foco os Sistemas de Pesagem em Movimento a alta velocidade (80 km/h), como instrumento de aumento da eficácia e eficiência do controle do sobrepeso no transporte rodoviário, e será realizado em trecho adjacente à rodovia BR-101 localizado em Araranguá, Santa Catarina.

Este programa de testes se insere no Projeto do DNIT “Identificação de Sistemas de Pesagem” (Projeto WIM), cuja execução está, por Convênio, a cargo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que para tal reuniu uma equipe de especialistas.

3.1.2 Objetivos

O experimento de Araranguá tem o objetivo geral de testar, sob condições brasileiras, a viabilidade de se controlar a influencia das características do pavimento e da suspensão dos veículos da frota sobre a acurácia da pesagem em movimento, em função do (i) número, tecnologia e leiaute de instalação dos sensores de peso usados, e do (ii) modelo de interação frota/pavimento usado.

Como objetivos específicos primários, o experimento em tela procurará fazer uma avaliação objetiva do desempenho sob condições brasileiras de diversos sistemas multi-sensor de pesagem em movimento (MS-WIM), em termos de seus quatro subsistemas básicos: (i) sensores de pesagem e outros, inclusive de imagem, (ii) dispositivos e algoritmos de tratamento de sinais e processamento de dados, (iii) dispositivos e algoritmos de tele-transmissão de dados, e (iv) dispositivos e algoritmos de sinalização (painéis de mensagem variável, indicadores de velocidade, sinais direcionadores do fluxo, etc).

Como objetivo específico secundário, o experimento em tela levantará dados objetivos sobre a deflexão do pavimento, em função da magnitude da força de impacto aplicada pelos veículos submetidos à pesagem em movimento.

3.1.3 Justificativa

É crescente a demanda nacional e internacional por maior eficiência e eficácia no controle do sobrepeso no transporte rodoviário, exacerbada pelo incremento mundial no uso deste modal.

Os sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores (MS-WIM) incorporam a promessa de permitir o controle da influencia das características tanto do pavimento quanto do veículo sobre a acurácia da estimativa do peso estático.

Este controle é essencial para permitir, a médio prazo, a fiscalização totalmente automática de peso, sem que o veículo tenha que sair do fluxo do tráfego, ou mesmo reduzir sua velocidade normal de operação.

As numerosas vantagens potenciais dos Sistemas MS-WIM explicam porque hoje estes sistemas ocupam a fronteira da pesquisa e desenvolvimento mundial sobre pesagem em movimento, e justificam o foco do experimento de Araranguá na avaliação da viabilidade desta promissora tecnologia sob condições Brasileiras.

3.1.4 Escopo

O experimento em tela será realizado em um trecho de estrada em concreto asfáltico novo, construído por ocasião da duplicação do trecho da BR-101 que lhe é paralelo, segundo as mesmas especificações da pista principal.

A evolução das características de interesse do pavimento aonde serão instalados os sensores WIM, bem como da frota de caminhões em operação no trecho, será periodicamente levantada, à medida que o experimento progride.

3.1.5 Metodologia

O modelagem geral do experimento foi concebida em termos de suas três etapas sucessivas: (i) Planejamento e Projeto, (ii) Operação e (iii) Análise. O quadro de referencia comum serão as Especificações COST 323, da Comunidade Européia (Item 2.5, acima).

A etapa de Planejamento e Projeto consiste na estrutura de Ações necessárias para produzir o conjunto de Produtos intermediários que constituem as pré-condições para a Operação do experimento, que produzirá os dados e informações para a Análise.

Primeiramente, serão instalados em sucessão na pista de teste os diversos conjuntos de sensores dos sistemas MS-WIM a serem testados. Em se tratando de uma extensão da pista de acesso ao Posto de Pesagem, em princípio todo o tráfego de veículos de carga será pesado pelos sistemas em teste, e em seguida pela(s) balança(s) do Posto.

Em seguida às verificações iniciais, se procederá à calibração dos sistemas MS-WIM instalados, em duas etapas: (i) sensor a sensor, com o auxílio de veículos de calibração especialmente instrumentados, e (ii) sistema a sistema, com o auxílio destes veículos especiais e de outros, retirados do fluxo de tráfego e submetidos também à pesagem estática.

Durante a operação do experimento, com frequência a ser determinada estatisticamente, veículos de tipo específico serão retirados do fluxo e pesados estaticamente, em balanças próprias instaladas no pátio do Posto de Pesagem.

O levantamento periódico das características do pavimento da pista de teste será feito por meio de equipamentos especializados, tais como o Perfilômetro a laser, para medida do microperfil, e o FWD (*Falling Weight Deflectometer*), para avaliação estrutural.

Quanto ao levantamento periódico das características da frota em operação, será feito com base nas imagens colhidas pelas câmeras a serem instaladas como parte de alguns dos sistemas a serem testados.

Um fluxograma ilustrando o procedimento básico a ser seguido na operação do experimento é apresentado no Item 3.2, à frente.

3.1.6 Produtos esperados

O principal produto esperado é a especificação, para as condições brasileiras, de um sistema básico de pesagem em movimento para aplicações que demandem graus de acurácia diferentes (p.ex. estudos de tráfego, pré-seleção e fiscalização direta), variando-se apenas o número e leiaute dos sensores.

De uma maneira geral, o experimento será uma oportunidade de parcialmente aplicar pela primeira vez no Brasil as Especificações COST 323, da Comunidade Européia, adquirindo conhecimento formal sobre as classes de acurácia de sistemas WIM alcançáveis sob condições Brasileiras.

Espera-se que informações sobre a confiabilidade e durabilidade dos sensores e sistemas, incluindo todo o hardware e software, será um importante resultado do experimento, bem como informações sobre a capacidade dos fornecedores em realizar qualquer manutenção ou substituição necessária em prazo razoável.

Critérios como erros médios, coeficientes de variação, repetibilidade de medidas e acurácia final, serão a principal base de comparação entre diferentes sistemas e sensores, embora outros fatores menos objetivos possam ser considerados, se julgado necessário, para uma comparação justa e equilibrada de performance.

Produtos intermediários que o experimento propiciará, de grande importância para alimentar a pesquisa e desenvolvimento de sistemas nacionais de pesagem em movimento, serão (i) a modelagem da interação frota/pavimento específica para as condições Brasileiras, e (ii) o desenvolvimento de veículos nacionais de calibração de sensores WIM, com aplicação inclusive na aferição dos postos de pesagem existentes.

3.2 Plano de Teste

Os componentes conceituais principais dos sistemas de pesagem em movimento multi-sensor são (i) o tipo e tecnologia dos sensores de peso usados, (ii) seu leiaute de instalação, e (iii) a modelagem da interação frota/pavimento usada. Estes componentes serão portanto o foco das avaliações a serem realizadas no âmbito do Experimento de Araranguá.

Após a instalação e calibração dos sistemas de pesagem na pista de teste, estes serão submetidos a todo o fluxo de veículos de carga que demanda ao Posto de Pesagem de Araranguá. Cada eixo, de cada veículo do fluxo, será pesado em seqüência, por cada sensor de cada sistema MS-WIM instalado.

A calibração dos sistemas será realizada em dois passos consecutivos: (i) a dos sensores de peso, usando Veículos de Calibração instrumentados, e (ii) a do modelo de interação frota/pavimento, usando os veículos de calibração e também veículos retirados do fluxo normal de tráfego, segundo um planejamento estatístico.

A imagem de cada veículo será também captada, sob dois ângulos (frente/lateral e trazeira/lateral), durante sua passagem pela pista de teste, possibilitando realizar sua identificação, bem como determinar seu posicionamento transversal ao cruzar cada sensor WIM.

Dados ambientais e de deflexão do pavimento serão também medidos, via sensores adicionais.

Os dados brutos coletados (inclusive imagens) serão armazenados em formato adequado, e periodicamente transferidos para computadores mais potentes, localizados remotamente (“Escritório”), aonde sofrerão crítica e análise estatística, permitindo realizar as avaliações previstas.

O experimento em tela oferecerá a oportunidade de aplicação parcial, pela primeira vez no Brasil, das Especificações Europeias COST 323, como quadro de referencia na aquisição de conhecimento sobre as classes de acurácia e precisão alcançáveis por sistemas de pesagem em movimento sob condições brasileiras.

3.3 Leiaute do Local de Teste

A pista de teste, especialmente construída, foi projetada como uma extensão, com 600m de comprimento, da pista de acesso ao Posto de Pesagem de Araranguá, localizado nas imediações do km 418 da rodovia BR-101, em Santa Catarina.

A Figura 7 ilustra o posicionamento da pista de teste em relação à pista recém-duplicada da rodovia BR-101, e ao Posto de Pesagem.

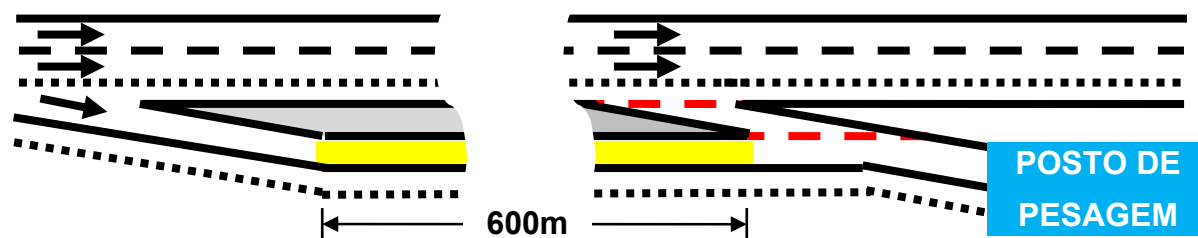


Figura 7 – Posicionamento da pista de teste

Os diversos sistemas de pesagem multi-sensor a serem testados serão posicionados em sequência na pista de teste. O esquema apresentado na Figura 8 ilustra o leiaute de um Sistema WIM típico, ligado ao seu próprio equipamento de aquisição de dados (DAQ), que, por sua vez, se liga a um armazenador de dados (DATA LOGGER) comum a todos os sistemas em teste (1 a n).

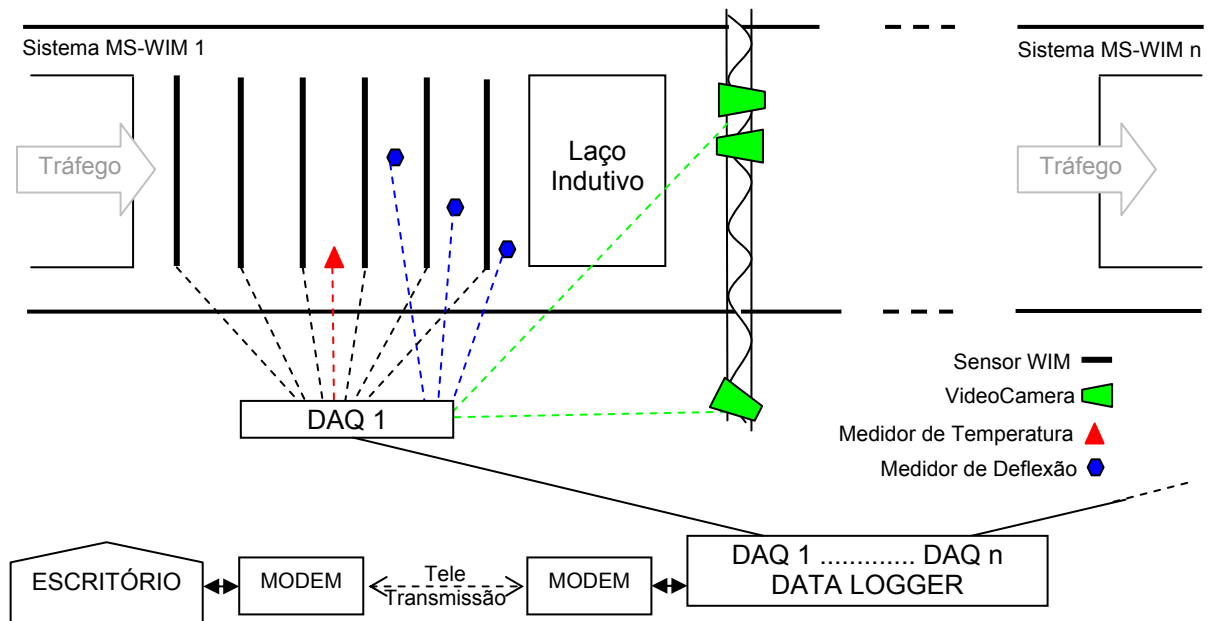


Figura 8 – Posicionamento esquemático dos sistemas na pista de teste

CAPÍTULO 4 – MODELO GERAL DO EXPERIMENTO DE ARARANGUÁ

4 MODELO GERAL DO EXPERIMENTO

Neste capítulo é apresentada a fundamentação do Modelo Geral do experimento sobre sistemas MS-WIM a ser realizado em Araranguá, Santa Catarina, em termos de suas três etapas sucessivas: (i) Planejamento e Projeto, (ii) Operação e (iii) Análise.

4.1 Planejamento e Projeto

A estrutura de ações e produtos intermediários que orientou o planejamento e projeto do experimento, apresentada na figura abaixo, é descrita sucintamente em seguida.

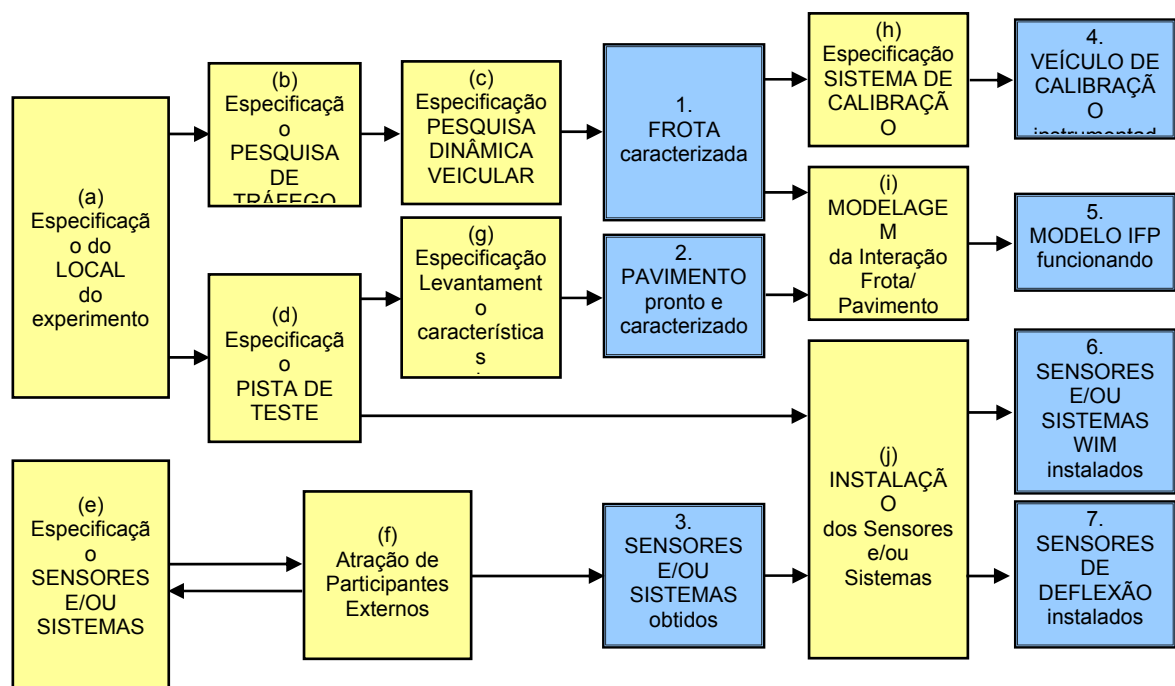


Figura 9 - Estrutura de ações e produtos intermediários



Ação



Produto

4.1.1 Especificação do local do experimento

Dois aspectos principais condicionaram a especificação do local para realização do experimento: (i) pista com pelo menos 600 metros de comprimento, apresentando parâmetros compatíveis com pelo menos a Classe II das Especificações Europeias COST 323 (ver Tabela 1), e (ii) contigüidade com a entrada de um Posto de Pesagem do DNIT em funcionamento.

A primeira condição, o enquadramento da pista de teste nas especificações COST 323, visa dar visibilidade internacional ao experimento, facilitando a troca de conhecimentos e a comparação dos resultados das avaliações de sistemas MS-WIM sob condições brasileiras, com os obtidos por projetos semelhantes que ora se realizam na Europa.

Tabela 1 - Classes de Sítio WIM - Especificações COST 323

CLASSES DE SÍTIO WIM		I – Excelente	II – Bom	III – Aceitável
COST 323 PARÂMETROS				
Inclinação: Máx. longitudinal e transversal		< 2-3 %	< 2-3 %	< 2-3 %
Raio de curvatura: Mín. (m)		> 1000	> 1000	> 1000
Trilha de roda: Prof. máxima (mm)		≤ 4	≤ 7	≤ 10
Deflexão Média (0,01 mm): quasi-estática (130kN – eixo) - dinâmica (50kN – carga)	pavimento semi-rígido	≤ 10 - 15	≤ 15 - 20	≤ 20 – 30
	Pavimento betuminoso	≤ 15 - 20	≤ 25 - 35	≤ 35 – 50
	pavimento. flexível	≤ 20 - 30	≤ 35 - 50	≤ 55 – 75
Rugosidade (micro-perfil)	Índice IRI (m/km)	0 – 1,3	1,3 – 2,6	2,6 – 4
	Classe APL	9 – 10	7 - 8	5 – 6

Fonte: Jacob, 2006

A segunda condição enseja a possibilidade de comparar as medidas efetuadas a alta velocidade (80 km/h) pelos sistemas de pesagem MS-WIM em teste, com as efetuadas em seqüência no Posto de Pesagem, às velocidades de 60 km/h (balança LS-WIM de pré-seleção) e 10 km/h (balança LS-WIM de fiscalização).

Além disto, as pesagens estáticas a serem levadas a cabo no âmbito do experimento poderão ser feitas no pátio em concreto do Posto de Pesagem, em balanças estáticas próprias do Projeto.

Por último, mas não menos importante, a proximidade com o Posto de Pesagem facilita o necessário acesso das instalações de teste à energia elétrica e aos meios de telecomunicações, e representa também a possibilidade de estabelecer localmente um escritório e um almoxarifado do experimento.

Tendo como referencia a cidade de Florianópolis, onde se localiza a UFSC e a Superintendência do DNIT-SC, a primeira escolha foi um trecho da rodovia BR-101 adjacente ao Posto de Pesagem de Itapema, distante 70 km ao norte.

Infelizmente, esta primeira escolha teve que ser abandonada, em função do trecho da rodovia BR-101 que passa por Itapema ter sido objeto de concessão à iniciativa privada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, pouco depois do início do projeto.

A segunda opção mais próxima, um trecho da BR-101 adjacente à entrada do Posto de Pesagem de Araranguá, a 240 km ao sul de Florianópolis, foi então adotada.



Figura 10 - Posto de Pesagem de Araranguá, SC (km418 da BR-101)

4.1.2 Especificação da Pesquisa de Tráfego

Foi especificada para contratação uma Pesquisa de Tráfego no trecho da BR-101 em Araranguá, para que se conhecesse as características da frota de veículos que tipicamente opera no local de teste, basicamente em termos de volume de tráfego e velocidade média de operação, por classe de veículo de carga.

Esta pesquisa, com duração de uma semana, foi realizada em maio de 2008, e levantou, além dos dados costumeiros em pesquisa de tráfego, a identificação, através de imagens, da placa de todos os veículos de carga do fluxo, permitindo determinar ano, marca e modelo dos veículos.

Os dados levantados pela Pesquisa de Tráfego em tela encontram-se no documento do projeto “Caracterização da Frota na BR-101 Sul – km 418” (Núcleo de Estudos em Pesagem-NEP - DNIT/UFSC, julho de 2008).

As especificações completas desta Pesquisa de Tráfego encontram-se em anexo, ao final deste relatório.

4.1.3 Especificação de Pesquisa sobre Dinâmica Veicular

O levantamento realizado na Pesquisa de Tráfego (item b, acima) permitiu determinar as quatro classes de veículo de carga mais representativas da frota em uso no trecho de Araranguá da BR-101 (2C, 3C, 2S3 e 3S3), bem como o ano, marca e modelo dos veículos observados em cada classe.

Estas informações embasaram então a especificação de uma Pesquisa sobre Dinâmica Veicular, com o objetivo de levantar os parâmetros médios das suspensões usadas por estes caminhões mais representativos da frota, em termos estatísticos.

A caracterização da frota em termos dos parâmetros médios das suspensões usadas é um conhecimento essencial para a perfeita modelagem da interação frota/pavimento (item 4.1.9). É esta interação que resulta nas forças dinâmicas na interface pneu/pavimento que degradam a acurácia da pesagem em movimento.

Nesta Pesquisa sobre Dinâmica Veicular, quatro caminhões, representativos respectivamente das classes 2C, 3C, 2S3 e 3S3, serão instrumentados e operados na pista de testes sob diferentes condições de carga, segundo um planejamento estatístico. Os dados coletados pela instrumentação embarcada permitirão avaliar os parâmetros médios das suspensões usadas.

As especificações completas desta Pesquisa sobre Dinâmica Veicular encontram-se anexa a este relatório.

4.1.4 Especificação da Pista de Teste

A pista de teste, em concreto asfáltico, foi especificada como uma extensão, com 600m de comprimento, da pista de acesso ao Posto de Pesagem de Araranguá, localizado nas imediações do km 418 da BR-101, em Santa Catarina.

Os parâmetros construtivos especificados para o pavimento da pista de teste são os mesmos adotados na duplicação em andamento do trecho paralelo da rodovia BR-101.

Ao término da construção, as características do pavimento da pista de teste, *as built*, serão levantadas, com vistas ao seu enquadramento nas especificações COST 323 (Item 4.1.7).

As especificações completas para projeto e construção da Pista de Teste são apresentadas em anexo ao presente relatório.

4.1.5 Especificação dos Sensores e/ou Sistemas

Quatro classes de sensores e/ou sistemas serão usados no experimento de Araranguá: (i) sensores e sistemas para pesagem em movimento, (ii) sensores de deflexão do pavimento, (iii) videocâmeras, e (iv) sensores do Sistema de Calibração.

No primeiro grupo, foram especificados quatro sistemas MS-WIM, com dezesseis linhas de sensores cada, representativos de três tecnologias piezoelétricas (piezoquartzo, piezocerâmica e piezopolímero) e de uma tecnologia ótica (fibra ótica, atenuação de luz).

No segundo grupo, foram especificados extensômetros, sensores de peso, detectores de presença e medidores de umidade e temperatura.

No terceiro grupo, foram especificados dois tipos de videocâmera, um para uso com os sistemas MS-WIM (duas unidades) e um para uso na supervisão remota da área do experimento (duas unidades).

Já no quarto grupo, estão todos os sensores que compõem o Sistema de Calibração dos sensores de peso do MS-WIM (Item 4.1.8).

4.1.6 Atração de Participação Externa

Para a consecução dos objetivos do experimento, considera-se importante a participação ampla de todos os agentes privados ou públicos, nacionais ou internacionais, com interesse em pesagem em movimento, seja na condição de parceiros, colaboradores, ou observadores.

A condição de Parceiro implica o fornecimento, instalação e manutenção de sistema completo de pesagem de múltiplos sensores em comodato, sem custo para o projeto. Em compensação será dado, aos parceiros (i), acesso a dados e análises, à medida que forem sendo produzidos, e (ii) participação no planejamento e na análise dos resultados do experimento.

Os Colaboradores deverão contribuir com algum investimento, sem custo para o projeto, seja no fornecimento de (i) hardware e/ou software, (ii) serviços de instalação e/ou manutenção, ou (iii) consultoria, sendo-lhes dado acesso a dados e resultados sumários, ao longo do experimento.

Por fim, dos Observadores não serão esperados nenhum investimento, somente o compartilhamento de suas observações, sendo que só lhes será fornecido o acesso aos resultados da pesquisa.

Desta forma, está sendo negociada a participação no experimento de fornecedores e fabricantes nacionais e internacionais de componentes e sistemas para pesagem em movimento, em especial a TOLEDO e a PAT Traffic, além de institutos de pesquisa privados e públicos da Comunidade Européia, em especial o LCPC (*Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*) da França, e o ZAG (*National Building and Civil Engineering Institute*), da Slovenia.

4.1.7 Especificação do Levantamento das Características do Pavimento

O levantamento das características do pavimento da pista de teste é necessário por dois motivos: (i) permitir enquadrar a pista nas Especificações para Sítios WIM das especificações COST 323 (Quadro 1, acima), e (ii) alimentar a Modelagem da Interação Frota/Pavimento (Item 4.1.9).

Para atender ao primeiro motivo, será preciso levantar as características do pavimento da pista de teste que constam da Tabela 1, usando-se, além do teodolito, para levantar as geometrias vertical e horizontal, instrumentos para avaliação estrutural do pavimento, como o defletoômetro FWD (Falling Weight Deflectometer) e o radar GPR (Ground Penetrating Radar).

A avaliação estrutural do pavimento é essencial para escolher os melhores pontos da pista de teste para instalação dos sensores, e evitar os erros sistemáticos introduzidos pelo fenômeno conhecido na literatura como *Statistical Spatial Repeatability* – SSR (Wilson et alii, 2006).

Para atender ao segundo motivo, será preciso levantar também o microperfil (em elevação) do pavimento, preferencialmente com um Perfilômetro a laser.

As especificações completas do Levantamento das Características do Pavimento encontram-se em preparação nesta data.

4.1.8 Especificação do Sistema de Calibração

A calibração de sistemas de pesagem em movimento a baixa velocidade (LS-WIM), mono-sensor, é objeto de especificações emanadas de organismos de normalização internacionais como a OIML (Organização Internacional de Metrologia Legal - Europa) e a ASTM (American Society for Testing and Materials - Estados Unidos).

Neste caso (LS-WIM), parte-se do princípio de que a influencia da irregularidade do pavimento sobre a suspensão do veículo, que afeta negativamente a acurácia da medida, será suficientemente minimizada pela baixíssima velocidade de pesagem e pelo pavimento especialmente liso do trecho aonde é instalado o sensor WIM.

A calibração é feita então diretamente em peso, analisando-se múltiplas medidas LS-WIM de caminhões com peso conhecido, aferido em balanças estáticas metrologicamente certificadas.

No caso dos sistemas de pesagem a altas velocidades, não é viável construir um pavimento liso o suficiente para não degenerar a acurácia da pesagem. Recorre-se então aos sistemas com múltiplos sensores (MS-WIM), que procuram estimar o peso a partir de amostras da força dinâmica aplicada ao pavimento pela passagem do veículo.

Para atender à mudança de filosofia representada pelos sistemas MS-WIM é que foram desenvolvidas as Especificações Européias COST 323. Uma comparação dos escopos das especificações da OIML e do COST 323 é apresentada na Figura 11.

No presente experimento, a calibração dos sistemas MS-WIM em teste será feita em duas etapas: (i) a calibração de cada sensor da balança, individualmente, e (ii) a calibração da balança como um todo, usando o mesmo procedimento adotado no caso da LS-WIM.

A calibração de cada sensor de peso individualmente exige a comparação de duas medidas simultâneas da força dinâmica de impacto na interface pneu/pavimento, realizadas (i) na roda do veículo de calibração, no instante em que esta passa diretamente sobre o sensor, e (ii) no próprio sensor, neste mesmo instante.

ESCOPO DAS ESPECIFICAÇÕES PARA PESAGEM EM MOVIMENTO	
OIML	COST 323
2ª. Minuta de Recomendação Internacional (Nov.96-99)	Versão 3 (Ago.99), aprovada, amplamente distribuída mundialmente
Pesagem WIM de trens →	Necessidades dos usuários → Requisitos de acurácia
Determinação de massas (veículos rodoviários, eixos?)	Estimativa de pesos e cargas (veículos rodoviários, eixos)
Propósitos legais: comércio, <i>aplicação da lei?</i>	Todos os propósitos (exceto comércio) ... <i>dependendo de legislação...</i>
Baixa velocidade, pista especial de pesagem	Alta e baixa velocidade
Requisitos metrológicos: 100% dos dados dentro do máx. erro permitido (m.p.e.)	Requisitos estatísticos (tolerâncias e níveis de confiança)

Figura 11 - Escopo das especificações da OIML e do COST323

Fonte: Jacob, 2006

A necessidade de medir a força dinâmica de impacto na roda do veículo de calibração exige que este seja adequadamente instrumentado. Além disto, a necessidade de simultaneidade com a medida realizada no sensor, exige a sincronização do sistema embarcado com o da balança de que faz parte o sensor em calibração.

As especificações completas do Sistema de Calibração adotado no experimento em tela encontram-se anexo, ao final deste relatório.

4.1.9 Modelagem da Interação Frota/Pavimento

O Modelo de Interação Frota/Pavimento, coração de qualquer sistema de pesagem em movimento multi-sensor, representa a base essencial do algoritmo responsável por processar as amostras da força de impacto dinâmica coletadas pelos sensores, produzindo a melhor estimativa possível do peso estático correspondente.

Esta modelagem matemática é construída a partir da caracterização (i) do Pavimento aonde está instalado o sistema de pesagem em movimento (item 4.1.7), e (ii) da Frota que ali opera (Item 4.1.3).

A utilização de técnicas oriundas da Teoria da Informação nesta modelagem, sobretudo suas vertentes relativas às Telecomunicações e ao Processamento de Sinais, não tem precedente conhecido na literatura sobre WIM, se constituindo em um diferencial importante do presente projeto.

4.1.10 Instalação e Teste-Piloto dos Sensores e/ou Sistemas

A instalação dos sensores e sistemas na pista de teste, bem como os necessários testes iniciais, serão, por contrato, assumidos pelos respectivos fornecedores e/ou fabricantes, como fruto das negociações levadas a cabo pela equipe do projeto sobre participações externas (4.1.6).

Ao projeto caberá apenas garantir o acesso das instalações de teste à energia elétrica e a meios de telecomunicação.

4.2 Operação: Calibração e Coleta de Dados

O fluxograma apresentado na Figura 12 apresenta o fluxograma básico de Calibração e Coleta de Dados do experimento.

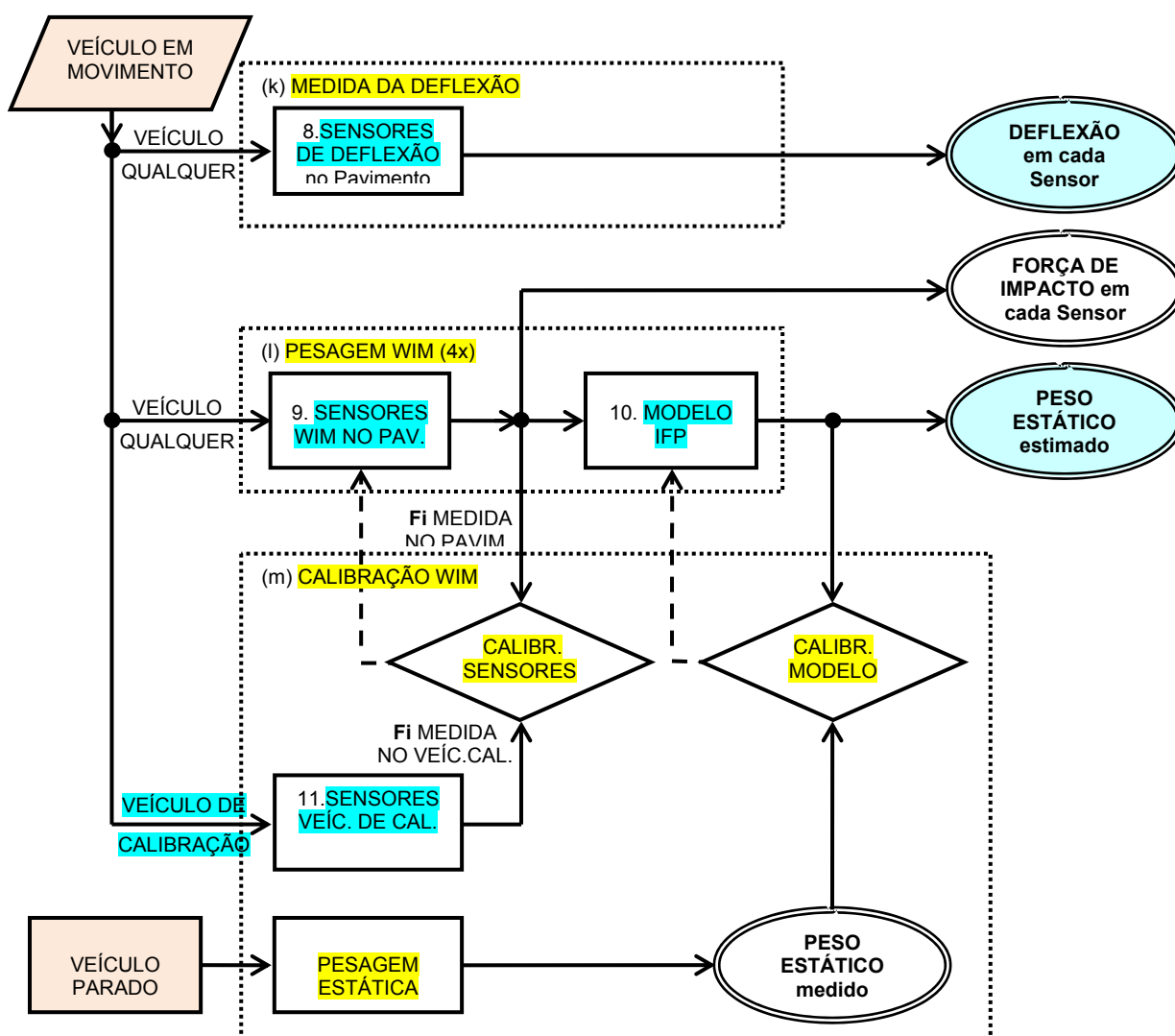


Figura 12 - Fluxograma de operação do experimento

4.2.1 Calibração

Tanto a calibração inicial quanto as re-calibrações periódicas do sistema de medidas obedecerão ao esquema mostrado na parte inferior do fluxograma acima (item m).

Em se tratando de sistemas de pesagem em movimento a alta velocidade, com múltiplos sensores (MS-WIM), a calibração tem que ser feita em duas etapas: (i) primeiramente a de cada sensor da balança, individualmente, e, em seguida, (ii) a do sistema como um todo, usando o mesmo procedimento adotado no caso da pesagem mono-sensor (LS-WIM), de baixa velocidade.

A calibração de cada sensor de peso individualmente exige a comparação de duas medidas simultâneas da força dinâmica de impacto na interface pneu/pavimento, realizadas (i) na roda do veículo, no instante em que esta passa diretamente sobre o sensor em calibração, e (ii) no próprio sensor instalado no pavimento, neste mesmo instante.

Isto torna necessário dispor-se de um Sistema de Calibração, composto por dois subsistemas isolados: (i) um embarcado em Veículos de Calibração especialmente instrumentados, e outro (ii) a ser agregado ao sistema MS-WIM que se deseja calibrar.

Estes dois subsistemas devem ter capacidade de se sincronizar, de modo a garantir que as medidas da força de impacto realizadas no eixo do veículo e no sensor WIM sejam simultâneas, e no momento certo, permitindo a calibração.

Calibrados um a um todos os sensores de um sistema MS-WIM, pode-se passar à segunda etapa da calibração, quando as estimativas do peso estático por eixo, obtidas a partir do modelo IFP (item 10, Figura 12), são comparadas a medidas do mesmo peso estático, realizadas em balanças portáteis certificadas metrologicamente.

A especificação completa do Sistema de Calibração para MS-WIM a ser usado no experimento em tela, preparada pela equipe do projeto, encontra-se em anexo, ao final do presente relatório.

4.2.2 – Coleta de Dados

Calibrados os sensores e sistemas em teste, a coleta de dados de peso e deflexão será realizada segundo a parte superior do fluxograma apresentado na Figura 12.

O fluxo de tráfego de veículos de carga será direcionado, como sempre, ao Posto de Pesagem obrigatória, mas agora através de um acesso antecipado, mais longo (a pista de teste), com velocidade máxima permitida idêntica à da rodovia.

À passagem de um veículo de carga pela pista de teste (ver item 3.3), a força de impacto e a deflexão produzidas por cada um de seus eixos será medida por sensores embutidos no pavimento (itens 8 e 9, na Figura 12).

As amostras da força de impacto coletadas pelos múltiplos sensores de cada um dos quatro sistemas MS-WIM em teste serão processadas pelo Modelo IFP de cada sistema (Item 10, Figura 12), produzindo a melhor estimativa possível do peso estático por eixo.

A estes dados se juntarão os obtidos pelas balanças WIM do Posto de Pesagem, e, também, por balanças estáticas ali instaladas, que estarão constantemente pesando veículos apartados, segundo um planejamento estatístico, do fluxo de tráfego.

Quanto à deflexão do pavimento, será medida por extensômetros embutidos entre as diversas camadas construtivas do pavimento da pista de teste, a várias profundidades, como na ilustração apresentada na Figura 13.

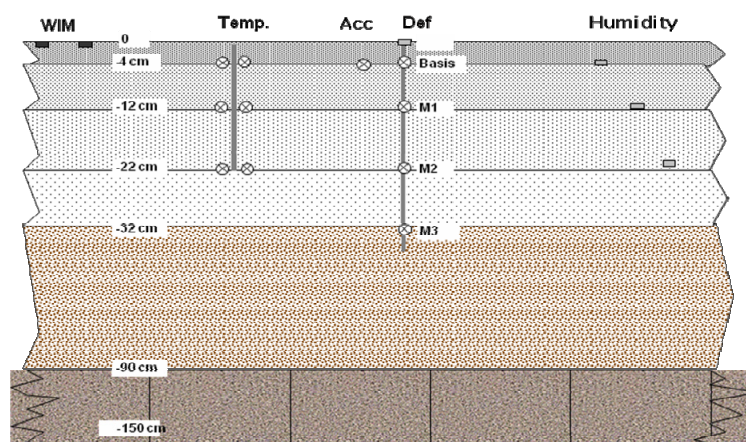


Figura 13 – Exemplo de sensores embutidos no pavimento

Fonte: Poulidakos, 2007

As especificações completas do sistema de medida de deflexão a ser usado no experimento são apresentadas no Relatório: Projeto de Instrumentação para Medição de Deflexão do Pavimento

4.3 Análise

Nesta etapa, em parte paralela à Operação do experimento, os dados brutos coletados serão analisados em computador, segundo metodologias desenvolvidas por projetos Europeus, notadamente o COST323, ver Figura 14.

O principal resultado da análise deverá ser uma proposta de especificações para a certificação de balanças MS-WIM no Brasil, em função da acurácia requerida pela aplicação em vista (caracterização do tráfego, pré-seleção ou fiscalização direta).

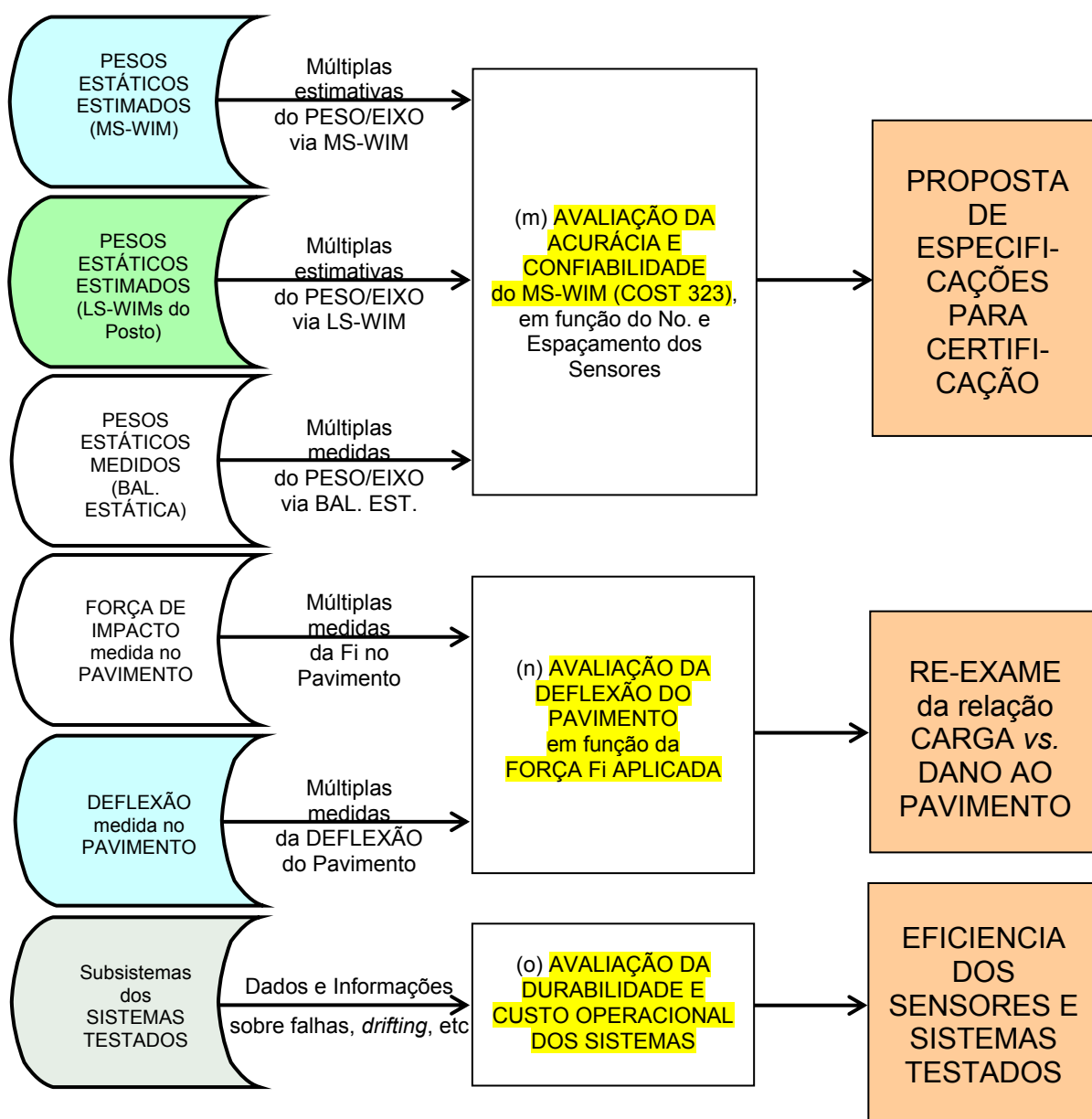


Figura 14 - Análise dos dados brutos coletados

4.3.1 Avaliação da Acurácia e Confiabilidade do MS-WIM

Esta avaliação será levada a cabo segundo as Especificações Europeias COST 323, de modo a, por um lado, tirar partido da experiência internacional acumulada, e, por outro, garantir que os resultados do experimento possam ser comparados com os de experimentos sobre o mesmo tema, planejados ou em execução internacionalmente.

4.3.2 Avaliação da Relação Deflexão do Pavimento vs. Força F_i Aplicada

Esta avaliação será realizada pela análise em laboratório dos resultados obtidos de deflexão e tensão por meio dos modelos mecânicos de pavimentos (análise tensão e deformação das diversas camadas) e ensaios de fadiga (corpos de seção trapezoidais), que combinado com as cargas reais atuantes permitem avaliar a real deterioração em função da variação de resistência ao longo do tempo.

4.3.3 Avaliação da Durabilidade e Custo Operacional dos Sensores e Sistemas

Esta avaliação será levada a cabo segundo as Especificações Europeias COST 323, e focalizará a eficiência dos sistemas e sensores testados, em termos do custo incorrido ao longo do tempo para mantê-los em operação, dentro de parâmetros esperados de estabilidade.

CAPÍTULO 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENTRO DE ESTUDOS EM LOGÍSTICA (2006) Acidentes no Transporte Rodoviário de Cargas no Brasil, CEL-COPPEAD - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ

COST 323. 1997. European specification on weigh-in-motion of road vehicles. Draft 3.0, EUCO-COST/323/5/1999. Cost Transport, EC/DGVII, Brussels.

JACOB, B. (2006) European Specification on WIM of Road Vehicles. Apresentação em slides para a equipe DNIT/UFSC. LCPC, França

JACOB, B. (2007) Overview of WIM Technologies and sensors. Apresentação em slides para a equipe DNIT/UFSC. LCPC, França

POULIKAKOS (2007) Eureka Logchain Footprint. EMPA Presentation. Apresentação em slides para a equipe DNIT/UFSC. KISTLER GmbH. Winterthur, Suíça

THIONN, C. (2007) Pesage en France, Ministere de l'ecologie, du developpement et de l'aménagement durables, DGMT/DTMRF/TR. Apresentação em slides para a equipe DNIT/UFSC. LCPC, França

WEISS, F. (2007) TDS WIM Presentation. Traffic Data Systems GmbH. Apresentação em slides para a equipe DNIT/UFSC. ROBOT Visual Systems, Alemanha

WILSON, S.P., HARRIS, N.K., OBRIEN, E.J.(2006)The use of Bayesian statistics to predict patterns of spatial repeatability. Transportation research. Part C, Emerging technologies. Elsevier, Kidlington, UK

**ANEXO A - ESPECIFICAÇÕES DA PESQUISA DE
TRÁFEGO DE ARARANGUÁ**



ESPECIFICAÇÕES DA PESQUISA DE TRÁFEGO DE ARARANGUÁ

Serviço

O serviço de engenharia de tráfego a ser realizado é uma contagem classificatória, somente de veículos de carga, caracterizando-se pelo fornecimento dos seguintes dados:

- ⊙ Marca do veículo de transporte (carga ou passageiro);
- ⊙ Modelo do Veículo;
- ⊙ Ano do Veículo;
- ⊙ Tipo de Suspensão (ou frequência de ressonância da suspensão);
- ⊙ Enquadramento na tabela de composições homologadas para transporte de cargas (portaria 86 de 20 de Dezembro de 2006 do DENATRAN);
- ⊙ Velocidade do veículo (acurácia melhor do que 10%);
- ⊙ Data/hora de registro do veículo (DD/MM/-HH:mm:ss).

O serviço de engenharia deverá ser feito no período de 7 dias corridos, no horário de maior fluxo (preferencialmente entre 08:00h e 18h:00h), independente das condições meteorológicas;

A entrega dos dados referente ao serviço de engenharia de tráfego deverá ser realizada no prazo máximo de 45 dias após a contratação do serviço;

Os dados resultantes do serviço de engenharia realizado deverão ser fornecidos em formato de planilha e as imagens deverão ser arquivadas cronologicamente;

As planilhas deverão conter todos os dados solicitados (marca/modelo/ano, tipo de suspensão, velocidade do veículo, etc.), além do nome da imagem relativa aquele registro, incluindo hora e data como referência;

Todos os dados deverão ser preenchidos na planilha, porém caso não se consiga obter qualquer um dos dados relativos a um veículo deve-se preencher o campo respectivo com ND (não disponível);

Não poderá existir mais do que 10% dos veículos totais caracterizados como não disponíveis, ao final do serviço de engenharia a ser executado.



JUSTIFICATIVA

O serviço supracitado é de grande relevância ao projeto, pois temos que conhecer inicialmente a frota a ser analisada e sua velocidade de passem no local e a partir daí conhecer também o tipo de suspensão que estes veículos utilizam para que possa desenvolver um perfeito estudo de pesagem.

O conhecimento da frota é determinante para tomada de diversas ações tais como:

- ⊙ Quantidade de sensores a serem instalados;
- ⊙ Disposição dos sensores sobre o pavimento (layout);
- ⊙ Alimentar o Modelo do sistema de Pesagem elaborado;
- ⊙ Realização do 4º produto, relatório de Instalação dos equipamentos
- ⊙ Entre outros.

**ANEXO B - ESPECIFICAÇÕES DA PESQUISA
SOBRE DINÂMICA VEICULAR**

ESPECIFICAÇÕES DA PESQUISA SOBRE DINÂMICA VEICULAR

A Pesquisa em tela se divide em duas partes, denominadas aqui: (i) pesquisa virtual, em computador, e (ii) pesquisa real, em campo. Detalhes da instrumentação a ser aplicada aos veículos de teste para a pesquisa real são também apresentados.

Pesquisa Virtual

Objetivo Geral

Simular em computador o comportamento da Força de Impacto vertical (F_i) na interface pneu/pavimento de todas as rodas (simples e duplas) de um veículo virtual, de tipo e nível de carregamento especificados, à medida que este percorre virtualmente, a dada velocidade constante, um pavimento virtual de características dadas.

Veículos a serem simulados

As quatro classes (DNIT) mais representativas da frota observada na *Pesquisa de Tráfego de Araranguá* (NEP, 2008): 2C, 3C, 2S3 e 3S3.

Velocidades a serem adotadas nas simulações

As médias observadas na *Pesquisa de Tráfego de Araranguá*, para cada classe de veículo acima.

Níveis de carregamento a serem simulados

Dois níveis: Meia-carga e Carga-plena (PBT)

Características do pavimento virtual

- ⊙ Nível de rugosidade: $IRI=4m/km$
- ⊙ Função PSD: compatível com estradas brasileiras novas, com pavimento asfáltico esbelto

Responsabilidades

CONTRATADA: Realizar as simulações especificadas acima, a partir de dados confiáveis sobre os parâmetros mecânicos das suspensões de caminhões com alta



representatividade (garantida formalmente) na frota de veículos 2C, 3C, 2S3 e 3S3 observada em Araranguá.

CONTRATANTE: Fornecer à CONTRATADA, sob sigilo, os resultados de interesse da *Pesquisa de Tráfego de Araranguá* (FAPEU, 2008)

A serem fornecidos pela CONTRATADA (em executável, CD/DVD e papel):

- ⊙ Curvas $F_i(t)$, de acordo com o item Objetivo Geral, para todas as situações especificadas acima
- ⊙ Análise Espectral das curvas $F_i(t)$ obtidas, identificando as principais componentes, incluindo a DC

Pesquisa Real

Objetivo Geral

Medir, com planejamento estatístico, o comportamento da Força de Impacto vertical (F_i) na interface pneu/pavimento de rodas especificadas de um veículo instrumentado de tipo e nível de carregamento especificados, à medida que este percorre, em velocidade especificada, um trecho de estrada determinado.

Veículos de teste

A CONTRATANTE providenciará quatro veículos de teste, um de cada tipo a seguir: 2C, 3C, 2S3 e 3S3 (Classes DNIT)

Velocidades de teste

As velocidades médias observadas no campo (*Pesquisa de Tráfego de Araranguá*), para cada tipo de veículo de teste

Níveis de carregamento de teste

Três níveis: Vazio (Tara), Meia-carga e Carga-plena (PBT)

Planejamento estatístico

O número de corridas mínimo por situação (tipo de caminhão / carregamento) deverá ser determinado estatisticamente, em função dos erros esperados de medida da F_i , da carga, da velocidade, etc

Trecho de estrada a ser usado

BR-101: Pista de teste de Araranguá, com 600m de comprimento

Responsabilidades

CONTRATADA: Instrumentação dos veículos (Anexo); Coleta dos dados; Tratamento e análise dos dados coletados

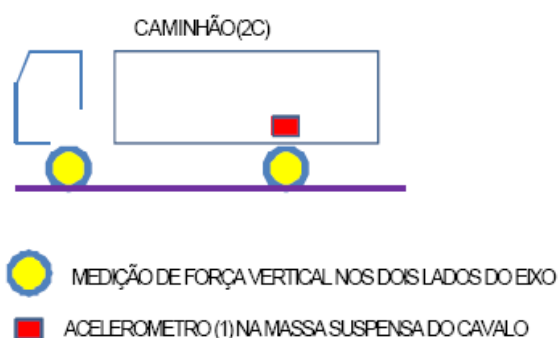
CONTRATANTE: Veículos, motoristas, carregamento e operação

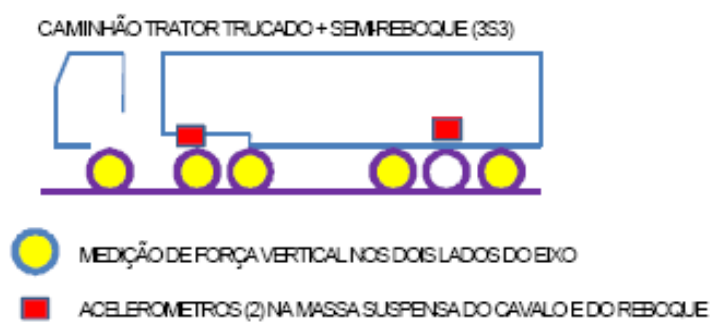
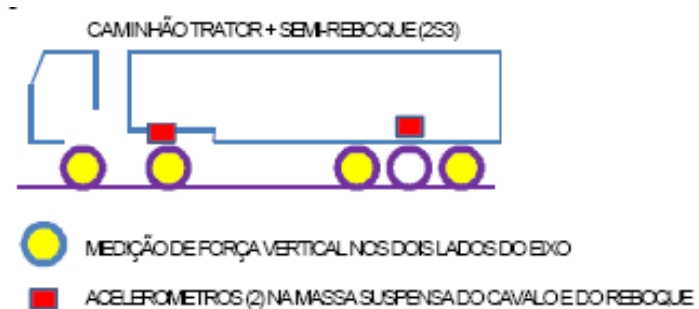
A serem fornecidos pela CONTRATADA (em executável, CD/DVD e papel):

- ⊙ Curvas $F_i(t)$, de acordo com o item Objetivo Geral, para todas as situações especificadas acima
- ⊙ Análise Espectral das curvas $F_i(t)$ acima, identificando as principais componentes, inclusive a DC

INSTRUMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS PARA O EXPERIMENTO REAL

A CONTRATADA realizará, em local indicado pela FAPEU, a instrumentação dos veículos de teste, constando da instalação, nos pontos ilustrados nas figuras abaixo, de: (i) extensômetros, para medir a força vertical nos extremos de eixos, e (ii) acelerômetros tri-axiais, para medir a aceleração das massas suspensas.





ANEXO C - ESPECIFICAÇÕES DA PISTA DE TESTE

ESPECIFICAÇÕES DA PISTA DE TESTE

A pista experimental está localizado no segmento compreendido entre o km 417,9 e km 418,8 da BR-101, no perímetro urbano de Araranguá. Sua estrutura física segue a mesma estabelecida para as obras de duplicação, no lote 29 deste mesmo segmento. A pista compreende os 600 metros que antecedem a agulha de acesso ao posto de pesagem, conforme a Figura C 1.

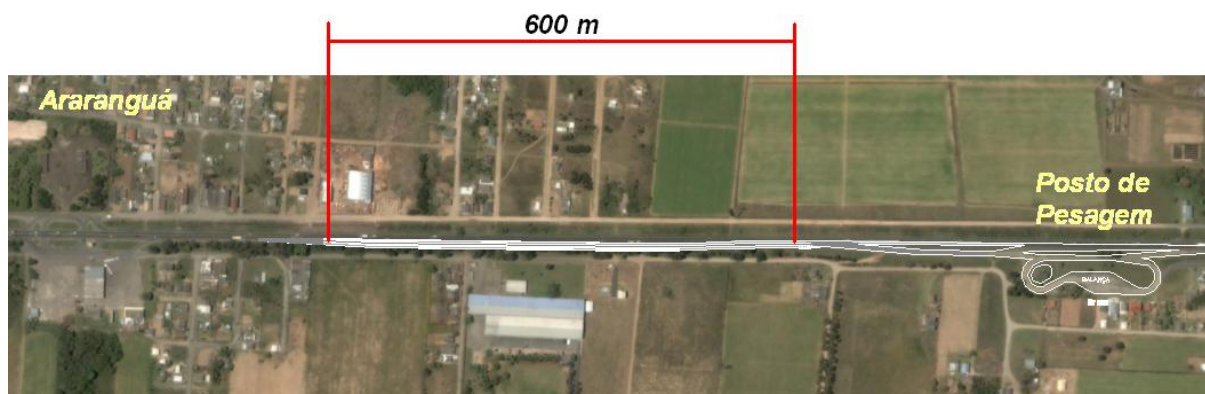


Figura C 1 - Detalhe da localização da pista experimental e posto de pesagem.

A rodovia, da análise de sua classe funcional e volumes de tráfego, foi classificada como Classe I-A, segundo classificação das Normas do DNIT. Encontra-se em relevo plano com boas condições geométricas que garantem velocidade diretriz média de 80 km/h para os veículos de carga.

O projeto, previsto para a pista experimental, apresenta-se como um alargamento da plataforma da seção transversal da rodovia em 6,60m (seis metros e sessenta centímetros), no lado direito, rente ao acostamento da rodovia. Na Figural C 2 apresenta as dimensões das pistas da duplicação, acostamento da BR, pista experimental e acostamento.

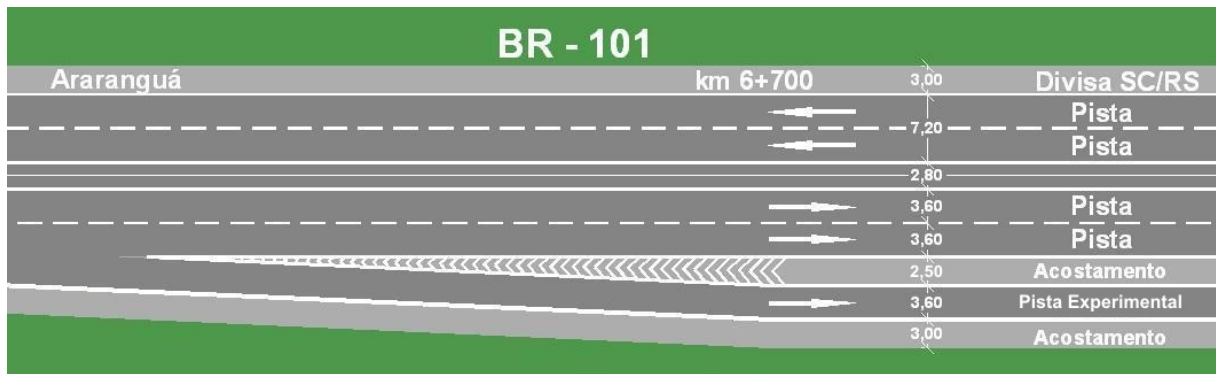


Figura C 2 - Dimensões das pistas da seção da rodovia com a pista experimental.

A superfície pavimentada da seção estará próximo do nível da via marginal direita. Possui uma separação física entre as vias por um dispositivo de segurança físico, defesa metálica de seção tipo W, ao longo dos seiscentos metros e um canteiro lateral de 0,95 metros.

A pista de teste (acesso ao posto de pesagem) não possui curvas significativas em seu perfil, foram mantidos o greide do projeto conforme da obra de duplicação. Seu acostamento apresenta um mesmo caimento da pista principal, 2%, que por medidas de segurança melhoram as condições de operação dos experimentos, conforme apresentado na Figura C 3.

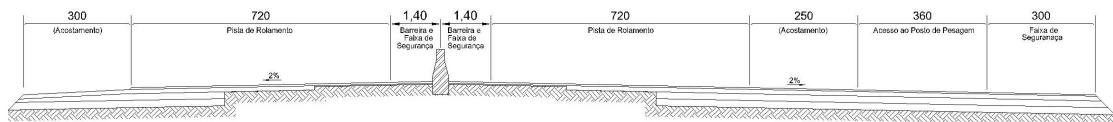


Figura C 3 – Seção transversal da plataforma BR-101 + pista experimental.

Considerando a severidade da solicitação do tráfego da rodovia BR-101 ao longo do trecho em estudo, será adotado, para o revestimento da pista de rolamento, concreto betuminoso usinado a quente com espessura de 17,0cm, base de brita graduada de 18 cm e sub-base de macadame seco 20 cm. Portanto, para o novo pavimento da pista experimental será adotada a solução final indicada na Figura C 4:

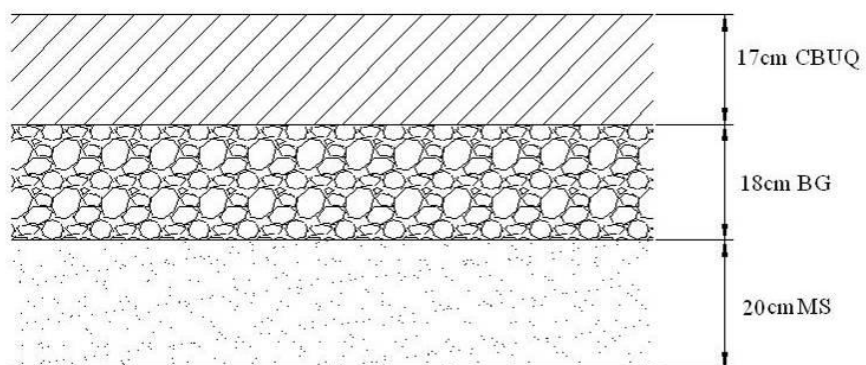


Figura C 4 – Estrutura final do pavimento da pista experimental

ANEXO D - ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

Objeto da Aquisição

Sistema de calibração de sensores de sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores, a ser instalado, parte em veículos de calibração e parte em sistemas de pesagem em movimento fixos na via, constando de sensores, sistemas de aquisição e armazenamento de dados, e sistemas de sincronização veículo/via, de modo a poder comparar duas medidas simultâneas da Força de Impacto vertical (Fi) na interface pneu/pavimento: (i) a realizada pela instrumentação embarcada nos veículos de calibração (ver Anexo), e (ii) a realizada pelos sensores do sistema de pesagem em movimento a ser calibrado.

Justificativa

A calibração periódica dos sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores que serão objeto de experimentação no âmbito do Projeto DNIT Pesagem exige o uso de veículos instrumentados sincronizados com os sistemas de pesagem instalados na via, conforme as especificações de calibração emanadas de organismos de normalização internacionais como a OIML (Organização Internacional de Metrologia Legal - Europa) e a ASTM (American Society for Testing and Materials - Estados Unidos), ou por projetos de pesquisa europeus como o COST323, o WAVE, o TOP TRIAL e o REMOVE.

Especificações da Parte Embarcada do Sistema

Deverão ser adquiridos os componentes necessários para a instrumentação de quatro veículos de teste como abaixo, constando de: (i) extensômetros, para medir a força vertical nos extremos de eixos, (ii) acelerômetros tri-axiais, para medir a aceleração das massas suspensas. Completam a parte embarcada: (iii) sistemas DAQ, para coleta e armazenamento dos sinais destes sensores e (iv) sistemas para sincronização com o sistema de pesagem em movimento fixo na via.



Especificações da Parte Fixa do Sistema

Deverá ser adquirida a parte do sistema de calibração a ser agregada ao sistema de pesagem em movimento a ser calibrado, constando da instrumentação necessária para a sincronização desse sistema com a parte do sistema de calibração embarcada no veículo de calibração, garantindo que as medidas da força de impacto



feitas pelo sistema embarcado sejam realizadas no preciso instante em que o eixo de interesse do veículo de calibração esteja sobre o sensor de interesse do sistema de pesagem em movimento.

Especificações do Método de Sincronização entre as duas partes do sistema

A sincronização das duas partes independentes (*stand alone*) acima do sistema de calibração de sensores exige a sincronização de suas respectivas bases de tempo, a partir de uma base de tempo externa, com a precisão requerida.

Com base na experiência internacional (Hoogvelt et alii (2004) *Vehicle for dynamic calibration of a multiple sensor weigh-in-motion system*. 8th International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions, Johannesburg, South Africa) a base de tempo externa de alta precisão normalmente usada é o relógio mundial GPS-UTC, que apresenta precisão de 250 nseg (15 vezes melhor do que a precisão mínima necessária), quando o mesmo Gerador de Tempo e Freqüência Datum ET6000 é usado, com base em seis satélites.

Desta forma, deverão ser adquiridos os equipamentos necessários para realizar a sincronização acima, com precisão mínima de 3,5 microsegundos.

ANEXO E - ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE MEDIDA DE DEFLEXÃO

ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE MEDIDA DE DEFLEXÃO

O sistema de medida de deflexão é composto por sensores instalados nas diversas camadas do pavimento. São quatro grupos de sensores usais a este experimento. Um grupo de sensores “Strain Gauge”, responsável pela realização da medida propriamente dita da deformação. Um grupo de Células de Pressão, responsável pela medida das tensões relativas as cargas atuantes. Um grupo de sensores de umidade, responsável pela determinação do teor de umidade presente nas diversas camadas. E, por fim, um grupo de termopares, responsável pela determinação da temperatura atuante na capa rolante (mistura betuminosa).

A seguintes quantidades são referentes aos grupos de sensores:

- ⊙ “Strain Gauge” (extensômetros): 27 unidades;
- ⊙ Células de Pressão: 6 unidades;
- ⊙ Sensores de Umidade: 3 unidades;
- ⊙ Termopares: 3 unidades;

Os sensores estarão locados nas camadas da estruturas de pavimento, no topo do subleito, no topo da camada de sub-base e no topo da camada de base. Os mais profundos, primeira camada de baixo para cima, serão compostos por sensores de deformação (Strain gauge), célula de pressão e sensor de umidade. Esta configuração segue nas demais camadas, topo da sub-base e topo da base. Os esquema de instalação segue conforme Figura E 1.

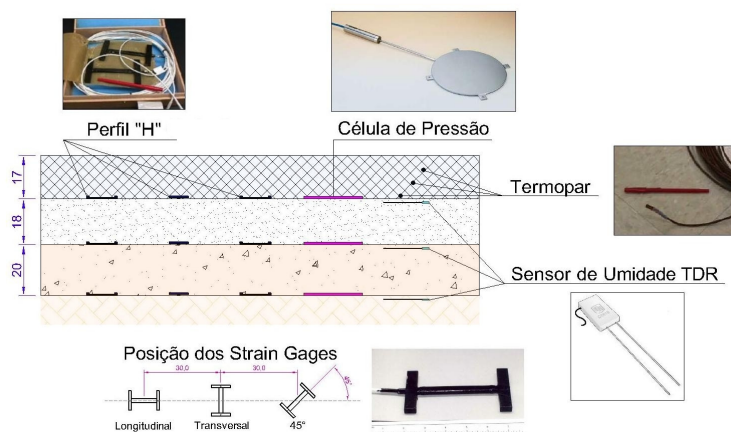


Figura E 1 – Posicionamento dos grupos de sensores nas diversas camadas.

APÊNDICES – BROCHURAS DE SENSORES E ELETRÔNICA PARA COLETA DE DADOS

**APÊNDICE 1 – BROCHURAS DE SENSORES
PIEZOELÉTRICO CERÂMICO**

PROPOSTA TÉCNICA / COMERCIAL

Solução Toledo com Múltiplos Sensores Piezo-elétricos para a Aquisição de Dados de Peso e Classificação de Veículos de Carga.

1

Objetivo da Solução

A Solução Toledo apresentada destina-se à aquisição de dados de peso de veículos de carga eixo a eixo com os veículos em movimento, por meio da instalação de múltiplos sensores piezo-elétricos, fabricados pela ECM-France, em série em um pavimento flexível. A solução permitirá ao Cliente realizar a análise dos registros das cargas aplicadas pelos eixos dos veículos aos sensores piezo-elétricos e em função disto determinar a qualidade das medições que se poderá obter com a aplicação deste tipo de sensor em estradas públicas.

2

Dados Fornecidos

O Cliente pretende realizar a implantação de uma pista para testes com diversas tecnologias de pesagem utilizando múltiplos sensores, junto ao posto de pesagem localizado na Rodovia BR-101 – km 418, em Araranguá, no Estado de Santa Catarina, dentro de projeto proposto pelo DNIT em parceria com a UFSC. O desenvolvimento do projeto está a cargo da FAPEU - Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária, entidade de pesquisa vinculada à UFSC, que aproveitará a isenção de impostos como forma de viabilizar a compra dos sensores e controles eletrônicos importados da ECM.

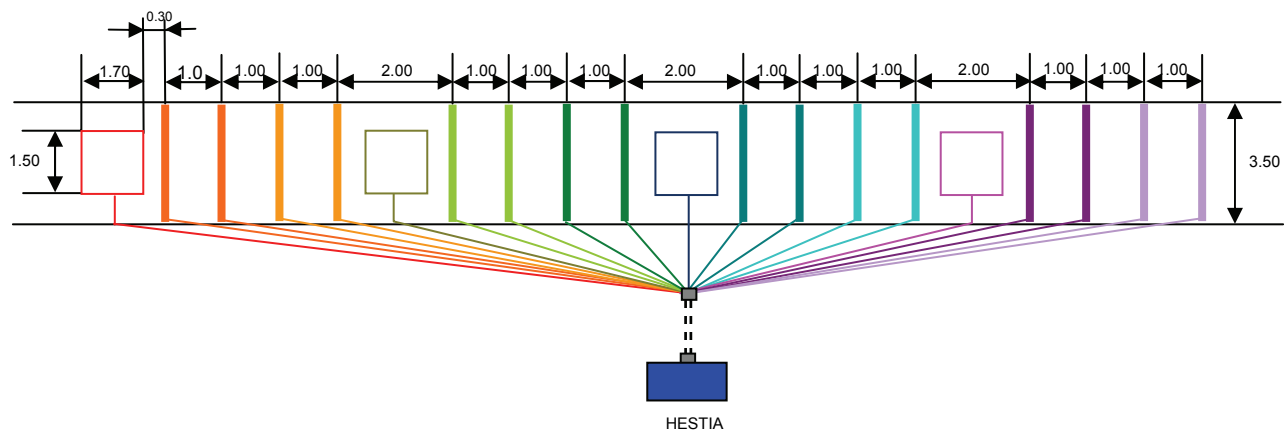
3

Descrição da Solução

A Solução proposta pela Toledo do Brasil, com tecnologia da ECM / France, compõe-se de:

Quatro (04) conjuntos de sensores em série, contendo cada um quatro (04) sensores piezo-elétricos ECM P-1033/50 e um (01) laço indutivo, instalados na pista como mostrado no esquema abaixo, que medem em movimento o peso de cada eixo, a velocidade, a distância entre eixos, podendo assim fazer também a classificação do veículo. Operam com velocidades acima de 20 km/h.

Normalmente os conjuntos de sensores são embutidos em faixas de rolamento paralelas para informarem os dados de cada faixa. No presente caso, porém, a disposição deverá seguir a idéia de uma instalação de múltiplos sensores, ou seja, os quatro conjuntos de sensores serão instalados em série, proporcionando uma maior redundância de dados:



Comprimento útil dos sensores: 3.3 m (3.5m – 20cm) para uma pista de 3.5 m de largura
Comprimento do cabo de retorno: 50 m

Um (01) equipamento eletrônico, montado em painel tipo Taunus ou similar, contendo em seu interior uma Estação de Controle ECM, modelo Hestia P para oito faixas, capaz de realizar uma análise precisa e detalhada de tráfego, incluindo a pesagem dinâmica eixo a eixo dos veículos. Os seguintes dados podem ser extraídos da estação de controle com o software de configuração e coleta de dados Welcom:

- Contagem de veículos
- Comprimento do veículo
- Classificação longo/curto
- Velocidade de passagem
- Taxa de ocupação
- Tempo entre veículos

- Classificação da silhueta do veículo
- Distância entre eixos
- Peso por eixo
- Peso bruto total

O grande poder de análise destas estações de controle provém do uso de circuitos detetores inteligentes independentes para cada faixa de tráfego, cada um com seu microprocessador de 16 bits.

A utilização de um sistema multiprocessado (um processador para cada conjunto de sensores e mais um na unidade de processamento central - CPU) permitiu projetar um sistema realmente multi-tarefas, capaz de monitorar simultaneamente um fluxo de 500 a 8000 veículos por hora em até doze faixas de rolamento, com

- o memorização dos dados individuais de cada veículo (velocidade, peso, categoria, etc.)
- o construção de tabelas estatísticas
- o transmissão dos dados da memória a um computador a até 38.900 baud, sem perda significativa da velocidade de transmissão da estação local ao escritório central

A estação Hestia é composta de placas de circuito padrão Europeu montadas em rack 19" de 3U (100 x 160 mm).

Condições operacionais:

- o temperatura entre -25°C e +65°C
- o umidade máxima 95% sem condensação
- o o sistema pode ser adaptado para uso tropical sob encomenda

Características operacionais :

- o Possibilidade de uso simultâneo de sensores de diversos tipos T, C, P, radar LOREN e sensores ambientais em uma mesma estação, instalados localmente e remotamente até uma distância máxima de 2 km,
- o Controle máximo de faixas de rolamento: 4 na estação portátil, 12 na estação fixa,
- o Capacidade máxima de memória: 4MB na estação portátil, 8MB na estação fixa.
- o Fonte de alimentação:
 - Bateria
 - Painel Solar
 - 110/220VAC (+10, -15%) 50 ou 60Hz (±5)
- o Proteção contra descargas atmosféricas para laços indutivos, fonte de alimentação e sensores,
- o Consumo típico:
 - Portátil 2 faixas: <130 mA at 12VDC
 - Fixa 8 faixas: <400 mA at 12VDC

CALIBRAÇÃO DA ESTAÇÃO HESTIA P

Como os sinais da maioria dos sensores embutidos na pista dependem da temperatura e da rigidez da pista, a ECM oferece três formas de aferição:

- o calibração manual usando um caminhão de peso conhecido passando uma ou mais vezes sobre os sensores
- o o mesmo método completado pela adição de fatores de correção nos parâmetros de configuração da estação.
- o calibração automática usando como padrão um veículo característico, escolhido pelo Cliente em função dos tipos de caminhões que compõem o tráfego local.

MTBF

A vida útil dos sensores piezo-eiétricos utilizados é maior que 5 anos (15 milhões de veículos), desde que não haja deformação do pavimento.

EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES:

Adicionalmente serão fornecidas duas câmeras, em poste apropriado, para captura da imagem da placa traseira do veículo que passar sobre os sensores, com computador dedicado à captura e armazenamento de imagens, instalado no abrigo de proteção do equipamento eletrônico.

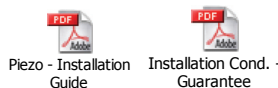
INSTALAÇÃO

Serão realizados os serviços de passagem de cabos, instalação dos sensores e a calibração do sistema.

4

Documentação
Técnica AdicionalEspecificações ECM:

Installation guide for piezo electric sensors types C, F, F', G and E
Piezo-electric WIM sensors with HESTIA-P – installation conditions – guarantee of sensors and measurements



5

Fornecimento

ITEM 1 – Solução Toledo de Múltiplos Sensores Piezo-elétricos para a Aquisição de Dados de Peso e Classificação de Veículos.**Item 1.1 – Fornecimento da ECM-France direto à FAPEU:**

- ✓ Dezesseis (16) Sensores Piezoelétricos, modelo PE 1033/50 - com as respectivas resinas de instalação;
- ✓ Um (01) Rack 19 polegadas montado em gabinete metálico tipo Taunus, contendo as placas de circuito de uma Estação Hestia P, para oito faixas e dezesseis sensores piezoelétricos.
- ✓ Licença de Software Welcome para a retirada dos dados armazenados na estação de controle Hestia P. Inclui software Decomp da ECM para descompressão dos dados

(Ver proposta nº. OP/FP0807094rev2 da ECM para importação em anexo)

Item 1.2 – Fornecimento Toledo:

- ✓ Cinco (05) laços indutivos 2m x 1,5m
- ✓ Um (01) Pannel de Alojamento para o Equipamento de Controle Hestia ECM, com a proteção e alimentação elétrica e a fiação executada e testada, a ser instalado na sala de alvenaria que abrigará os equipamentos eletrônicos.
- ✓ Instalação de cabos e eletrodutos de acordo com as dimensões do local, confecção de abrigo em alvenaria para alojamento do equipamento eletrônico ao lado da pista de pesagem, com porta de aço provida de cadeado com chave.
- ✓ Sistema de captura de imagem da placa traseira dos veículos que passarem sobre os sensores, com 02 câmeras, placa de captura e microcomputador para armazenamento das imagens, instalado na sala de alvenaria que abrigará os equipamentos eletrônicos.
- ✓ Instalação do sistema, testes e calibração.

Item 1.3 – Fornecimento Cliente:

- ✓ Preparação da pista de pesagem em via especial ao lado da rodovia principal
- ✓ Instalação de caixas de passagem e eletrodutos de acordo com as dimensões indicadas em projeto, confecção de sala em alvenaria para abrigo dos equipamentos eletrônicos ao lado da pista de pesagem.
- ✓ Coleta, manutenção e análise dos dados armazenados na estação de controle.

6

Limites de
Fornecimento

Os seguintes itens são de responsabilidade do cliente:

- O armazenamento dos materiais em lugar seguro até o momento de sua instalação na obra;
- O projeto viário e a parte civil, em especial a preparação da pista de pesagem, as caixas de passagem, os eletrodutos e a sala para abrigo dos equipamentos eletrônicos.
- Energia elétrica e água no local.
- Coleta, manutenção e análise dos dados armazenados na estação de controle.

INSTALLATION guide for piezo electric sensors TYPES C, F, F', G and E

1) Required Materials and equipment for installation

- § ECM resin corresponding to the sensor and the pavement,
- § Sensors,
- § Fixing tools,
- § 1 pavement saw for wet or dry cutting, if possible with two disks spaced between 20mm to 60mm (External limit of the cutting)
- § 500 litres of water by lane when a wet cutting is realised,
- § Fixing tools, about 4 for a 3 meters long sensor (maximum),
- § Metallic thread about 1mm diameter as flexible as a copper one,
- § Electric hammer,
- § High pressure water system, "karcher" type,
- § Industrial vacuum allowing water used,
- § Big fire torch using gas bottle,
- § Electric mixer as a drill,
- § Can 10 to 20 litres,
- § Trowel and spatulas 5cm to 10cm width (3 unit by working person),
- § Manual hammer and chisels (Different sizes and type),
- § Gloves to avoid any contacts with the resin,
- § Antinoise cask, smell mask and protection glasses,
- § Paper adhesive band about 5 to 6 cm width, with sufficient length (2,5 time the cutting length),
- § Duster
- § 1 litre solvent bottle as acetone type (To avoid any grease component) for 4 lanes installation,
- § Fibre pass-cable or "Mouse",
- § Silicon cartridge with its adapted gun,

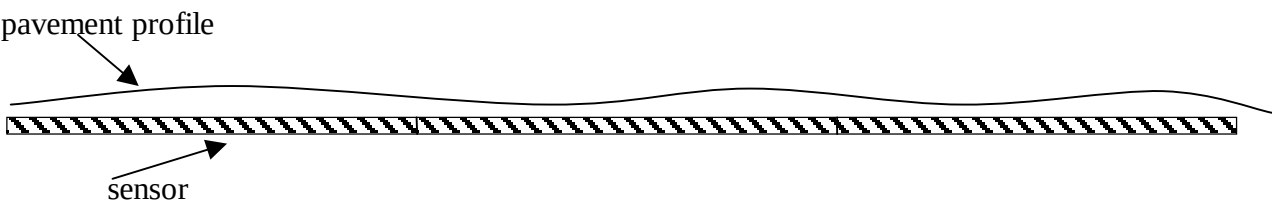
INS		N°3303			Le/The	Auteur/Author	Relu par/Controlled by
Titre/Title Page/Page: 1 / 10					04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ETE							
					C	08/04	SIZE OF CUTTING
					B	02/03	UPDATING
					A	06/00	UPDATING
Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / <i>Reproduction forbidden without written approval of E.C.M</i>				Ind	Le/The	Modification/Modification	

2) Installation site selection

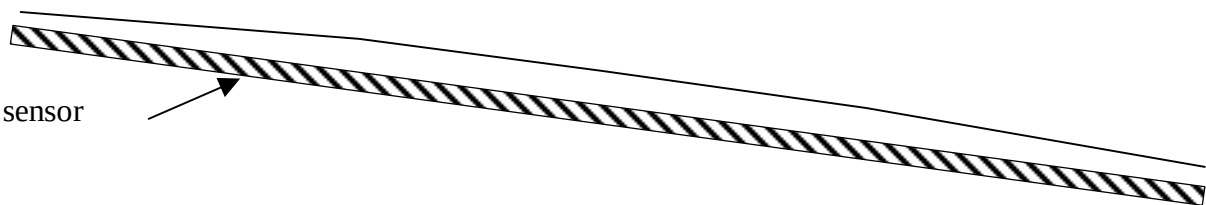
IMPORTANT REMARK :

During its installation, the sensor must have to be subjected to a minimum of pre-stressing and remain straight in the cutting.

Case of a weakly rutted pavement



Case of a pavement with a curved longitudinal profile (no compliant)



If you exert a pre-stressing on the sensor, it will provide a non compliant electrical signal that will not be correctly processed by ECM electronics.

INS		N°3303		 Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M	Le/The		Auteur/Author		Relu par/Controlled by	
Titre/Title Page/Page: 2 / 10					04/97		C. MAEDER		M. NICOLLE	
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E										
					C		08/04		SIZE OF CUTTING	
					B		02/03		UPDATING	
					A		06/00		UPDATING	
				Ind		Le/The		Modification/Modification		

2.1) Installation of the piezoelectric sensor for weigh-in-motion

The site shall be under conformity with the Electronique Contrôle Mesure definition notice N° 4115, and also with the ASTM/1318 specification and COST323 -draft2.2.-, as following summarise :

- Longitudinal slope of the road, less than à 2%,
- Transversal slope of the road, less than 3%,
- Horizontal curve radius more than 1700 meters,
- Longitudinal profile under conformity with the ASTM/1319-90 or the WIM french specification, class B,
- Rut less than 3 mm,
- Deflexion less than 0.5mm by using the BENKELMAN girder loaded of 13 tons (or equivalent)
- Gap of the deflexion measurement on the traffic lane width (measure in 3 points) less than $\pm 10\%$,
- Ultimate layer thickness, for asphalt or concrete plump more than 8 cm,
- Minimum distance the surface plump and any metallic more than 10 cm,
- Road surface shouldn't have any crack in the 10 meters that surround the cutting for sensor installation,
- Road shouldn't give any sign degradation, peeling or marbling type, etc...,
- Installation will never be done on thermo regenerated road, that are generally unacceptable because of their small life and the sensor duration in this kind of pavement,
- The sensor length will be smaller about 20 to 30 cm to the traffic lane width (axe to axe),
- The transversal profile of the pavement will have to be plane.

It is advisable to clearly specify since the order, the road mechanical characteristics to allow ELECTRONIQUE CONTROLE MEASUREMENT to provide you the adapted installation kit for your road.

2.2) Piezo electric sensor installation for vehicles automatic classification

The procedure is approximately the same than dynamic weighting, the geometric characteristics of the road are less rigorous; see ECM notice nb 4113.

INS		N°3303			Le/The	Auteur/Author		Relu par/Controlled by		
Titre/Title Page/Page: 3 / 10					04/97		C. MAEDER		M. NICOLLE	
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ETE										
					C		08/04		SIZE OF CUTTING	
					B		02/03		UPDATING	
					A		06/00		UPDATING	
Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / <i>Reproduction forbidden without written approval of E.C.M</i>				Ind	Le/The	Modification/Modification				

3. Installation's precautions

- The sensors are very sensible and shall be manipulate with an extreme care.
- Never let the sensor falling down or dragging the sensor and the cable's sensor on the road.
- Never cut the active part of the sensor.
- Never install the sensor by a rainy weather or when the humidity factor is more than 85% or by a temperature lower than +5°C.
- Coaxial cable extension : The sensor cable can have its length increase under the following condition :
 1. Always use RG58 C/U cable or ECM cable réf. RG58GT that the external reinforced shield is better resisting to a tear and humidity seeping.
 2. All the connection shall be solder and closed into 3M type junction box inside which a resin ensure a waterproof connection.
 3. The coaxial cable maximal length between the sensor and the physical connector to the station shall not exceed 100 meters.
 4. Avoid to walk on the sensor cable or to drag it on the road.

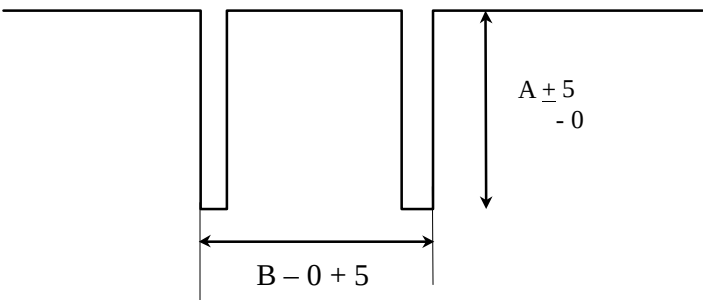
INS		N°3303			Le/The		Auteur/Author		Relu par/Controlled by	
Titre/Title Page/Page: 4 / 10					04/97		C. MAEDER		M. NICOLLE	
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E										
					C		08/04		SIZE OF CUTTING	
					B		02/03		UPDATING	
					A		06/00		UPDATING	
Ind		Le/The		Modification/Modification						

4) Sensors installation

The sensors are manufactures with care, check one by one and delivered with a control certification. However, they are sensible and couldn't be damaged since the freight.

Follow the next step to install the sensors :

- Mark the pavement where the cutting will be done. To do this, use indelible paint or soft lead chalk.
- Check the sensor's length : The resistance shall be more than 1000 MΩ and shall delivered a signal when a pressure is apply to the sensor with a finger. The ECM tester ref. 850599 can be provided.
- Make the cutting as shown in the following picture.



Size of the sensor

Sensors	A	B
C, F	40	40
F'	45	50
E, G	55	55
K	20	25

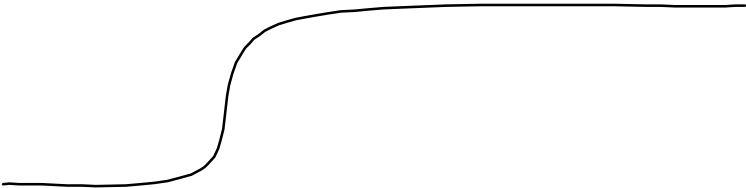
In mm

- Remove the middle part of the cutting with a Hammer to obtain the following section :

Good finish



Bad finish

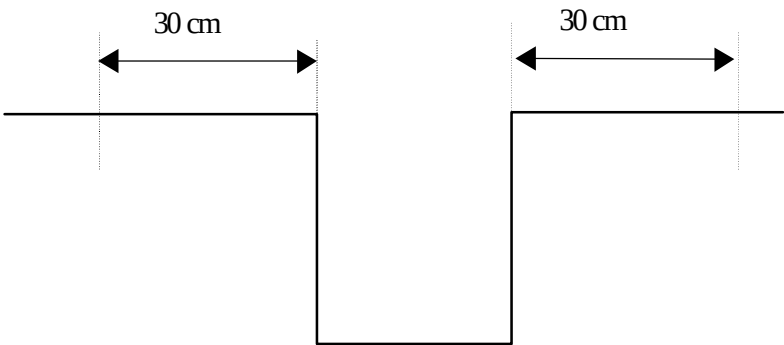


INS		N°3303		 Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M	Le/The		Auteur/Author		Relu par/Controlled by	
Titre/Title Page/Page: 5 / 10					04/97		C. MAEDER		M. NICOLLE	
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E										
					C		08/04		SIZE OF CUTTING	
					B		02/03		UPDATING	
					A		06/00		UPDATING	
				Ind		Le/The		Modification/Modification		

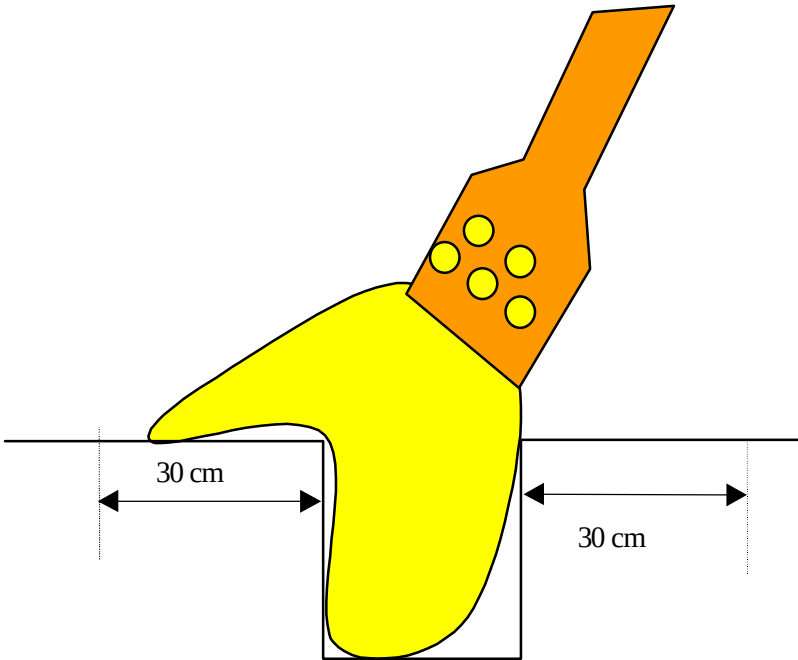
- Clean the road,
- Use a high pressure water system the foreign pieces; brush the cutting with a broom, insist on the side and clean again.
- Use an industrial vacuum to remove the most of water and all eventual fragments stayed in the cutting.

IMPORTANT : Do not used a high pressure air machine to clean the cutting, because of the small oil residues contained in the air that could contaminate the cutting.

- Clean the pavement about 30 cm around the cutting,

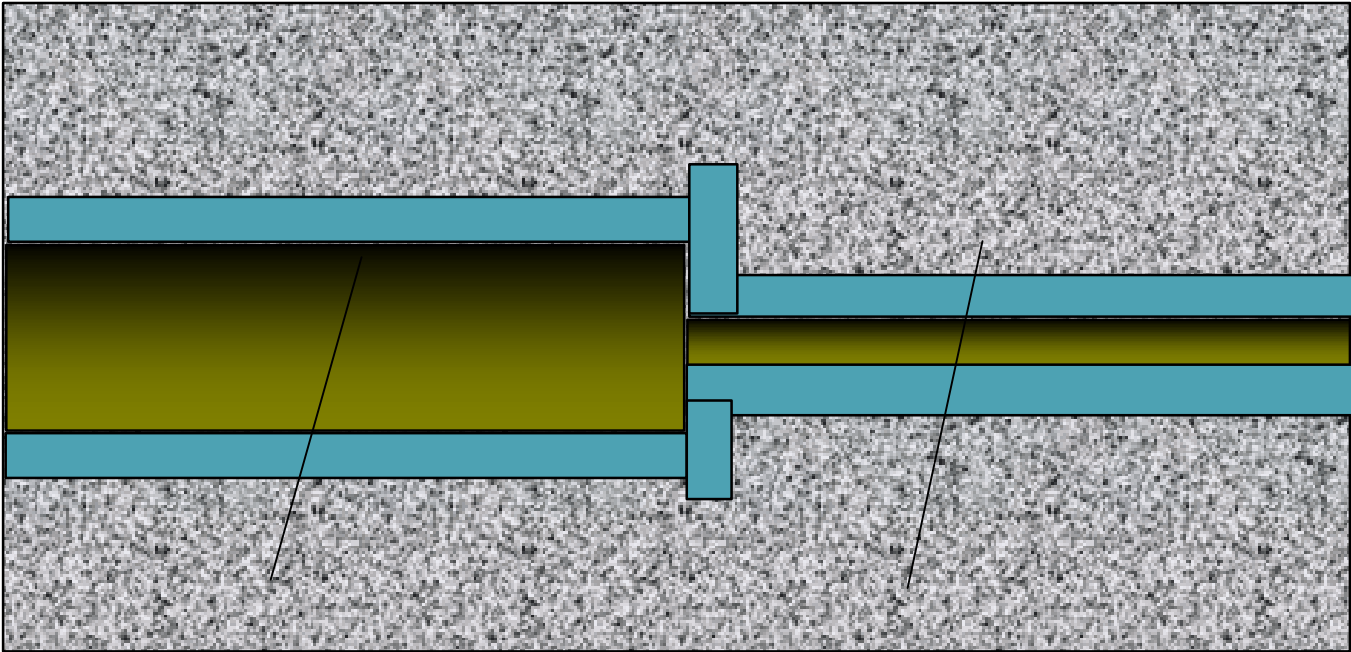


Use the torch gas to accelerate the drying and ensure that the cutting is well dry. Never burn the asphalt by always moving the torch's tip.

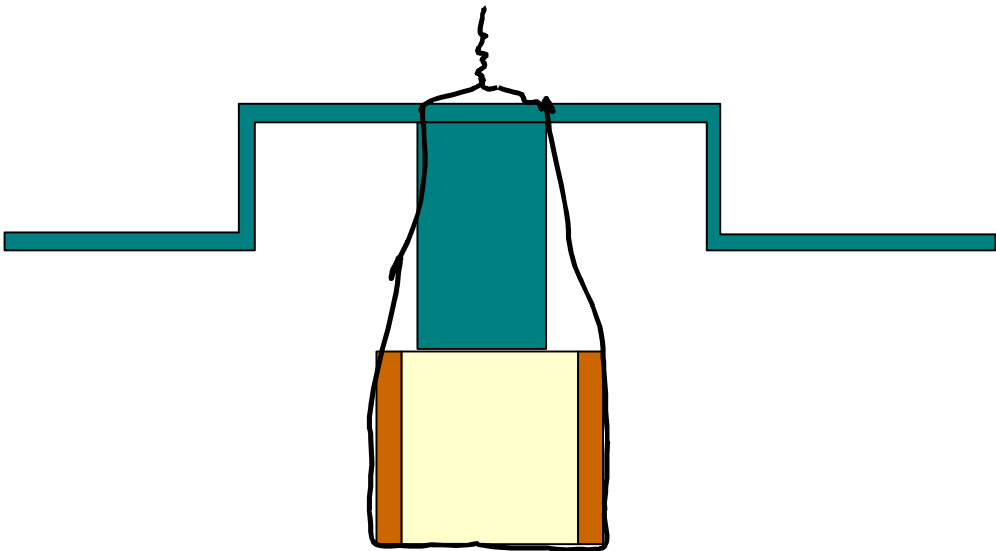


- After cleaning, ensure that any materials (rock, sand, etc...) aren't, accidentally, falling in the cutting.
- Place the adhesive paper band all along the cutting, as following shown :

INS	N°3303	 Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / <i>Reproduction forbidden without written approval of E.C.M</i>	Le/The	Auteur/Author	Relu par/Controlled by
Titre/Title Page/Page: 6 / 10			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E					
			C	08/04	SIZE OF CUTTING
			B	02/03	UPDATING
		A	06/00	UPDATING	
		Ind	Le/The	Modification/Modification	

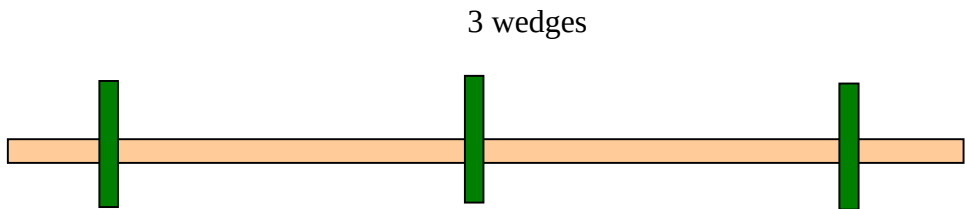


Well clean the sensor with a solvent,
- Attach the fixing tool on the sensor, as following :

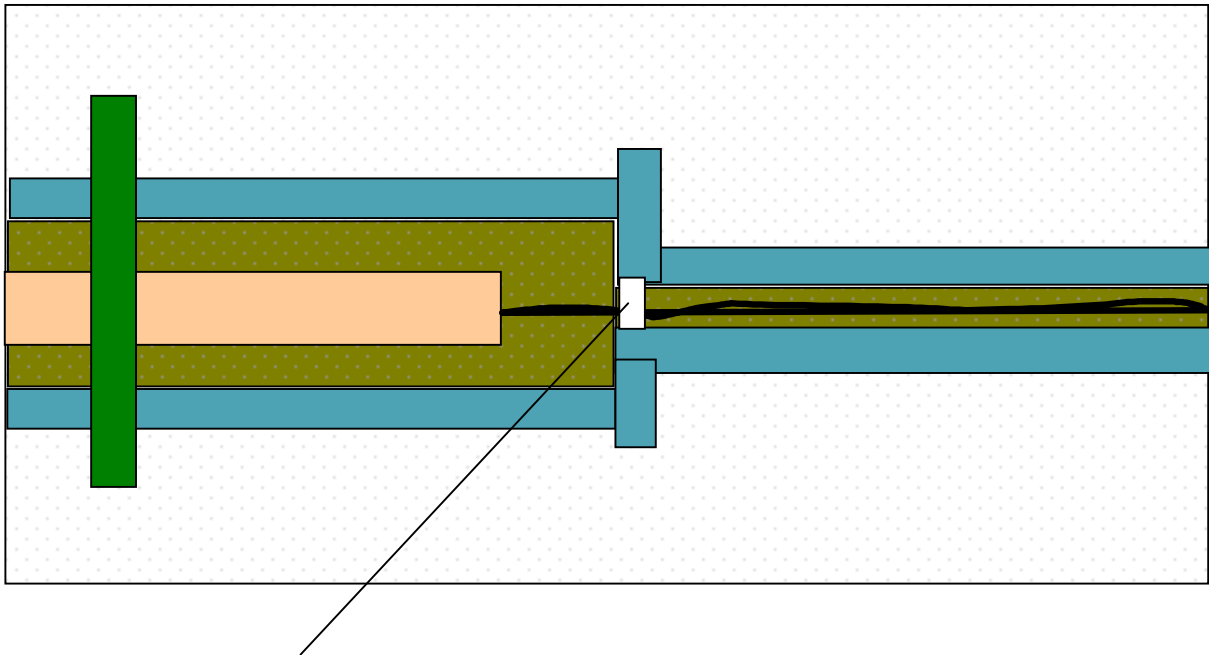


INS	N°3303	 Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M	Le/The	Auteur/Author	Relu par/Controlled by
Titre/Title Page/Page: 7 / 10 INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
			C	08/04	SIZE OF CUTTING
			B	02/03	UPDATING
			A	06/00	UPDATING
		Ind	Le/The	Modification/Modification	

- Space out the laying wedges by avoiding to pre-stress the sensor



- Put the sensor in the middle of its cutting and the cable in its own.
- Use some cardboard to separate the sensor cutting from the cable's one.



Cardboard or silicon stopper

- Open the P5G resin cans,
- Properly and individually mix the resin to obtain a homogeneous mixing,
- Add to the resin a catalyst bag (power) at the last moment,

IMPORTANT : The ambient temperature of installation shall be more than 5°C.

INS		N°3303		 Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M	Le/The		Auteur/Author		Relu par/Controlled by	
Titre/Title Page/Page: 8 / 10					04/97		C. MAEDER		M. NICOLLE	
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ETE										
					C		08/04		SIZE OF CUTTING	
					B		02/03		UPDATING	
				A		06/00		UPDATING		
				Ind		Le/The		Modification/Modification		

-
- A diagram of a rectangular container. The total height of the container is indicated by a vertical double-headed arrow on the right side, labeled "10 cm". Inside the container, a shaded gray region represents the liquid. The height of this liquid is indicated by a vertical double-headed arrow on the right side, labeled "3 cm".

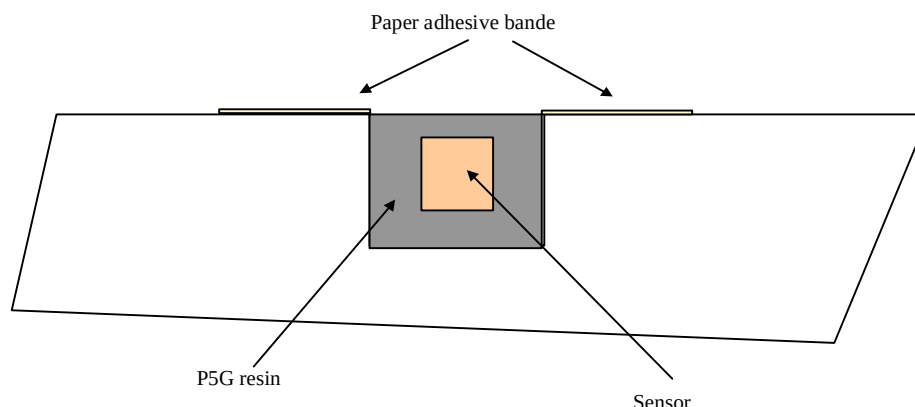
P5GResin

Space between sensor and Resin is forbidden

- If the temperature is more than 35°C, only mix 75% of the catalyst bag.
- If the temperature is less than 10 °C but more than 5°C add 1 dose (one stopper) of accelerator by resin can of 6kg.

i:\systqual_ins&imp\ins\ins_gb\ins3303c.doc

- After 10 minutes waiting (more or less depending of the ambient temperature), the resin is no more liquid but become soft, remove the fixing tools. Clean those immediately.
- Pour the other can of resin, prepare it with their catalyst, on the sensor use the spatula to work the resin. Finish the surface as flat as possible with the paper band.



Visually check the resin since 10 minutes (sensor moving, resin escapement) and adjust all excess due to the slope of the road.

- Remove the adhesive paper bands after 10 minutes before the complete end of polymerisation.
- Check the sensor(s) is ready and then clean the site.
- The traffic flow can be open about 1 hour after the second step of resin if the temperature is more than 10°C
- Place the cable in the return cutting and full it with some prepared resin.
- The return cable shall conserve its integrity until the connection to the measure board of the HESTIA station. No one cutting or scratching shall happen on the coaxial cable.
- When the work is finished, check the proper working of the sensor : resistor > 1000 MΩ and one signal of 100 mV for one car's axle passing.

Remark : Do not hesitate to work on an the sensor, or on the return cable, in same time. It allow you to use the extra rest of resin of the previous sensor installation.

INS		N°3303			Le/The	Auteur/Author		Relu par/Controlled by	
Titre/Title Page/Page: 10 / 10					04/97	C. MAEDER		M. NICOLLE	
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ETE									
					C	08/04	SIZE OF CUTTING		
					B	02/03	UPDATING		
					A	06/00	UPDATING		
Ind		Le/The		Modification/Modification					

PIEZO-ELECTRIC WIM SENSORS WITH HESTIA-P

=====

INSTALLATION CONDITIONS

GUARANTEE OF SENSORS AND MEASUREMENTS

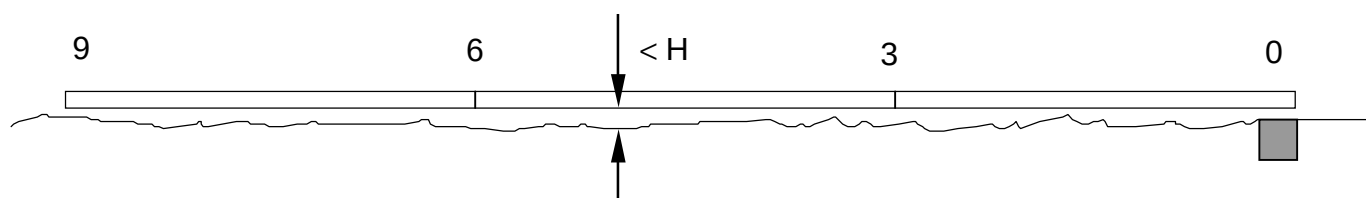
1) INSTALLATION CONDITIONS

They are described in various documents (work group "weighing in operation", FHWA report, COST323-draft2) and recalled below:

- n** longitudinal slope less than 2%,
- n** transversal slope less than 3%,
- n** radius of curvature of the road greater than 1700 m in the 45 m which precede and follow the installation,
- n** very good smoothness of the road for 100 m before and 50 m after the station sensor position. APL72 measurements giving the long wave and short wave readings greater than 8,
- n** Undulation < H of the road surface in the 45 meters preceding the first sensor and the 45 metres following it, conforms to the ASTM 1318 & 615 description which is recalled below :

The road surface must be such that a 150mm diameter, 3mm thick disk must not pass under a 6m long ruler placed longitudinally at the distances indicated below in relation to the first sensor.

Checks will have to be carried out on the driving tracks on the left and right hand sides of each traffic lane.



INS N° 4115		ELECTRONIQUE CONTROLE MESURE Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M	Le/The Auteur/Author Relu par/Controlled by		
Titre/Title Page/Page: 1 / 3 PIEZO-ELECTRIC WIM SENSOR WITH HESTIA-P INSTALLATION CONDITIONS, GARANTEE OF SENSORS AND MEASUREMENTS			06.94 C. MAEDER E. LALEVEE		
			C	27/3/02	Adj. §4
			B	15/6/99	Contraintes Cost 323
			A	6/7/94	replace notice 2214
		Ind	Le/The	Modification/Modification	

Side of the lane

Longitudinal position

right

6. 9. 13. 18. 23. 28. 33. 38. 43. and 48.

left

6. 11. 16. 26. 28. 30. 35. 40. 45. and 50.

They will have to be repeated before and after the first sensor.



- n** rigid road with deflection less than 0.20 mm measured with a "LACROIX" long frame deflectograph, or equivalent means (load of 13T).
- n** a semi-rigid pavement (deflection between 0,2 and 0,60 mm) can be contemplate under ECM agreement.
- n** Exclusive use of the resins supplied by E.C.M.
- n** transversally homogeneous deflection values ($\pm 10\%$).
- n** absence of hard spots in the under-layers or under the road carpet (pay station pavements, technical galleries...).
- n** thickness of road carpets (coated or concrete type) over 10 cm (4").
- n** good mechanical behaviour between the various layers.
- n** surfacing free from cracks or micro-cracks in the area of sensor installation.
- n** surfacing does not crumble or peel, has a good homogeneity and porousness less than 20 %, thus if possible, exclude thermo-regenerated roads and draining coating.
- n** homogeneous road on each lane of traffic excluding coated joints along the sensor.
- n** the length of the sensor will be 20 cm less than the width of the traffic lane.
- n** Lane marking with solid lines.
- n** Ruts will have to be less than 3mm in the 45 meters preceding and following the sensors.
- n** When a vehicle passes on the lane in question or on adjacent lanes, there must be no vibration in the sensor zone (the case of concrete slabs or civil engineering structures like bridges and tunnels, etc.).

INS		N° 4115			Le/The	Auteur/Author		Relu par/Controlled by		
Titre/Title					Page/Page: 2 / 3		06.94	C. MAEDER		E. LALEVEE
PIEZO-ELECTRIC WIM SENSOR WITH HESTIA-P INSTALLATION CONDITIONS, GARANTEE OF SENSORS AND MEASUREMENTS					Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / <i>Reproduction forbidden without written approval of E.C.M</i>					
					C	27/3/02	Adj. §4			
					B	15/6/99	Contraintes Cost 323			
					A	6/7/94	replace notice 2214			
					Ind	Le/The	Modification/Modification			

2) GUARANTEE

Will be for 1 YEAR, (subject to the fact that the equipment is installed by E.C.M.) excluding breakage due to a degraded road, traffic accident or shock on the sensor coming from a metallic or other object, (vehicle running with a flat tire...).

In the above conditions, provided that a 'HESTIA P station' (2 sensors and 1 loop per lane) is used for measurement, the accuracy of the measurements obtained are as follows, above 20km/h :

- n** speed : $\pm 2 \%$ compared with a laser barrier over 20km/h,
- n** inter axle distances : $\pm 2 \%$.
- n** flow and counting : better than 1%.
- n** classification : better than 1%.
- n** time between vehicles : $\pm 2 \%$
- n** presence time of vehicles : $\pm 2 \%$.
- n** total length : $\pm 10 \%$.
- n** weight of 90% of the vehicles for speed over 25km/h
 - total weight : $\pm 10 \%$
 - single axles : $\pm 15 \%$
 - multiple axles : $\pm 15 \%$

3) INSTALLATION CONTROL

A visual inspection of the resin should be done every 6 months.

In case of crack, the maintenance must be carry out and comply the ECM notice n° 4405.

4) METEOROLOGICAL CONDITIONS FOR INSTALLATION

- Temperature superior to 5°C.
- No condensation.
- No rain since more than 4 hours for a closed textured asphalt and since more than 12 hours for a porous pavement.
- Macadam installed since more than 4 weeks without traffic and since more than 2 weeks on traffic.
- Dried concrete installed since 21 days.
- In case of reinforcement, it has to be at more than 8 cm of the surface.
- Absence of crack and expansion joint.
- Pavement without vibration.

INS	N° 4115		Le/The	Auteur/Author	Relu par/Controlled by
Titre/TitlePage/Page: 3 / 3			06.94	C. MAEDER	E. LALEVEE
PIEZO-ELECTRIC WIM SENSOR WITH HESTIA-P INSTALLATION CONDITIONS, GARANTEE OF SENSORS AND MEASUREMENTS		Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M			
			C	27/3/02	Adj. §4
			B	15/6/99	Contraintes Cost 323
			A	6/7/94	replace notice 2214
			Ind	Le/The	Modification/Modification

APÊNDICE 2 – BROCHURAS DE SENSORES PIEZOELÉTRICO QUARTZO

Lineas® Quartz Sensor

Type 9195E...

For Weigh in Motion

The Lineas sensor is a quartz sensor to measure the wheel- and axle loads and to determine the vehicle gross weight under rolling traffic conditions.

- Excellent long-term stability.
- Huge measuring range: from slow to fast freeway speed.
- Very high natural frequency and signal dynamic.
- Protected from the intrusion of water (degree of protection IP68).
- Insensitive to temperature changes.
- Quick and easy installation.
- Adaptive to different pavement characteristics.
- Safe mounting into the pavement.
- The sensor surface can be ground up to 10 mm in case of pavement deformations.

Description

The Lineas WIM sensor Type 9195E... is a force sensor with quartz elements. It consists of a light metal profile of which quartz disks are fitted under preload.

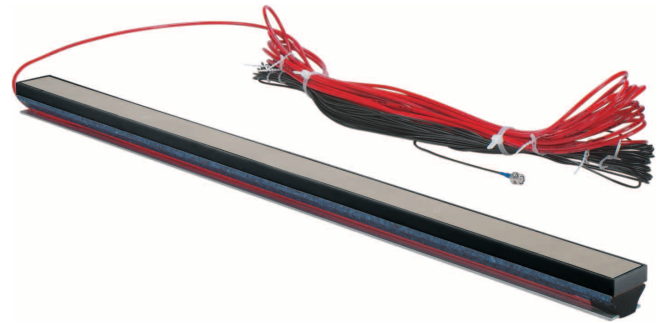
When a force is applied to the sensor surface, the quartz disks yield an electric charge proportional to the applied force through the piezoelectric effect.

The electric charge is converted by a charge amplifier into a proportional voltage which then has to be further processed as required.

The sensor has to be integrated into the road surface and is only for permanent installation.

Applications

- Traffic data acquisition (statistics)
- Overload detection
 - Pre selection for static weight controls
 - Auto weight enforcement
 - Bridge protection
- Weigh dependent tolling
- Road research
- Pavement management system (PMS)



Technical Data

Sensor

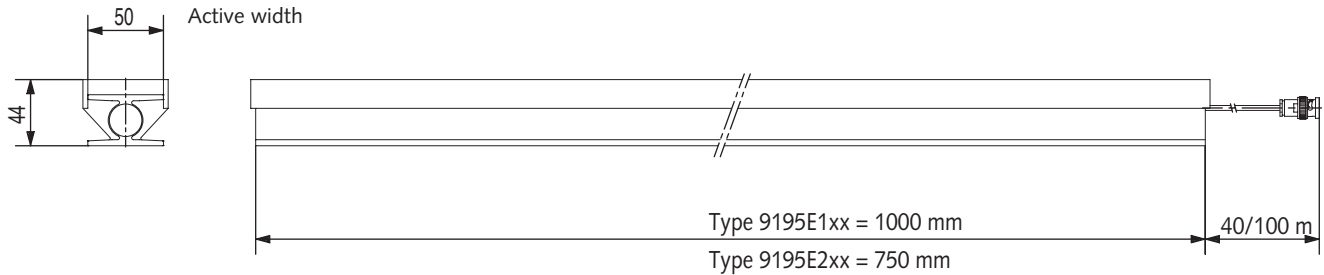
Measuring range wheel load	kN	0 ... 150
At a reference tire contact area 200 x 320 mm (tread length x tread width)		
Max. load-bearing capacity of the sensor surface	N/mm ²	4,6
Sensitivity, nominal	pC / N	-1,76 ±5 %
Max. sensitivity shift over sensor length	%	<±3
Threshold	N	<0,5
Linearity	% FSO	±±2
Hysteresis	% FSO	±2
Cable chunking resistance	N	300
Operating temperature range	°C	-40 ... +80
Temperature coefficient of sensitivity	% / °C	-0,02
Insulation resistance	Ω	>1 · 10 ¹⁰
Capacitance		
E1, E2 with 40 m cable	nF	6
E1, E2 with 100 m cable	nF	12

General Data

Cable length (Cable Type K02232D01)	m	40/100
Connector		BNC pos.
Weight		
E1 with 40 m cable	kg	4,5
E1 with 100 m cable	kg	5,8
E2 with 40 m cable	kg	3,7
E2 with 100 m cable	kg	5,0
Degree of protection	EN60529	IP68

1 bar = 10⁵ Pa = 10⁵ N · m⁻² = 1,0197... at = 14,503... psi; 1 psi = 0,06894... bar; 1 g = 9,80665 m · s⁻²; 1 Nm = 0,73756... lbft; 1 g = 0,03527... oz

Dimensions

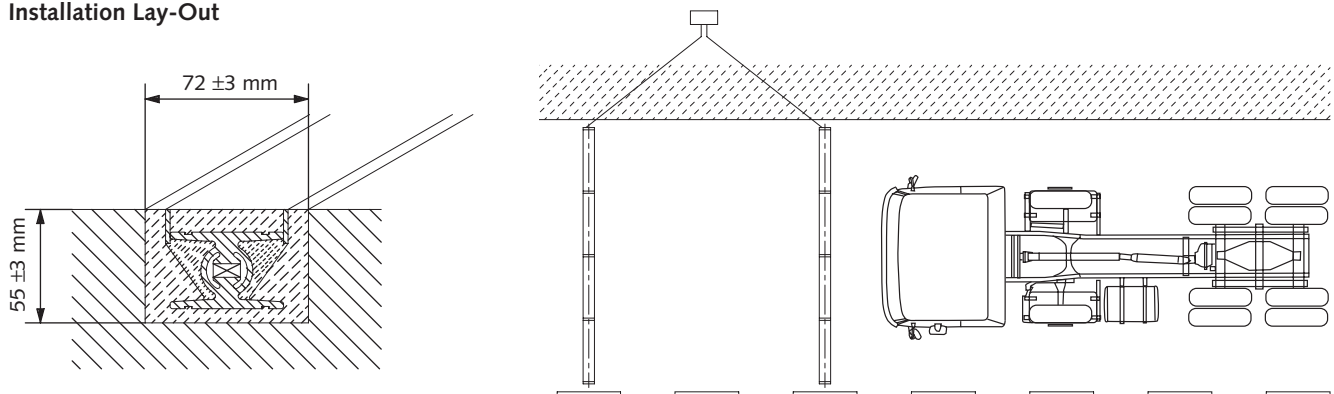


Installation

Lineas WIM sensors are easy to install. They are laid into a self hardening Epoxy grout and therefore provide an optimum and consistent mounting in the pavement. They are available in 2 lengths (0,75 m/1,00 m). Any width of a lane can be covered through a combination of sensor lengths. The Installation Instructions for the Type 9195E... (002-232) describes all relevant steps.

The installation of Lineas sensors requires the supervision of a Kistler Engineer or an Engineer certified by Kistler.

Installation Lay-Out



Electronics (Charge Amplifier)

To connect to Lineas sensors the following Kistler charge amplifiers are best suited:

- Type 5038A2Y43 in a robust housing (IP65) for 2 channels
 - Type 5153... in a robust housing (IP65) for 9 or 18 channels
- These charge amplifiers are not included in the scope of delivery.

Lineas sensors are compatible with different WIM data acquisition systems.

The sensors must be grounded.

Parallel Connection

Several Lineas sensors which are installed next to each other, can be connected electrically parallel. They can be operated by a common charge amplifier. The charge amplifier Type 5153... has a parallel connection built in.

The output signal corresponds to the sum of the forces which act simultaneously on all connected sensors. Instead of single tire loads the axle loads can be acquired.

Accessories Included

- 1 Lineas WIM sensor
- Mounting-kit

Optional Accessories

- 1 set of grouting
sufficient for approx. 2 sensors
- Charge amplifiers
- Connection box
- Cables & connections
- Tools

Type
9195E...

Type
1000A1

5038.../5153...
Z18753

Ordering Key

Length of Sensor

1,00 m	1
0,75 m	2

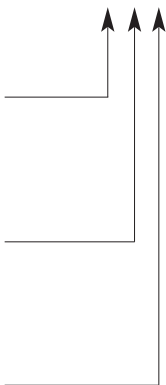
Length of Cable

40 m	1
100 m	2
<100 m	9

Length of Protection Cable

15 m	1
<15 m	9

9195E



LINEAS-Quarz-Sensor für dynamisches Wiegen (WIM)
Capteur à quartz LINEAS pour le pesage en marche (WIM)
LINEAS Quartz Sensor for Weighing in Motion (WIM)

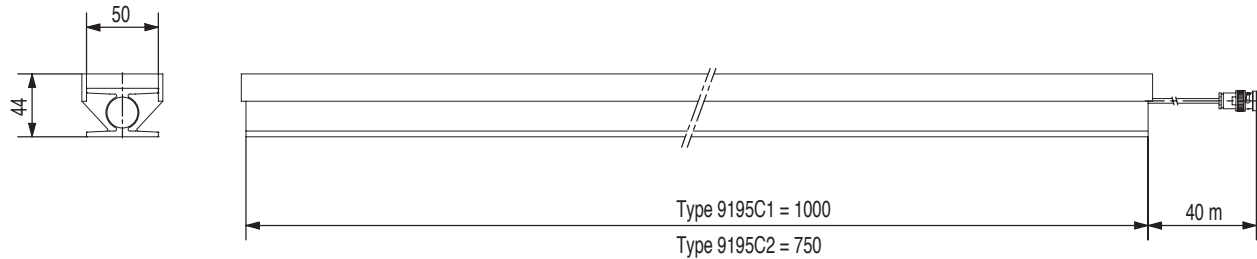
9195C1/C2

Quarz-Sensor für das Messen der Achslasten und damit der Fahrzeug-Gewichte im rollenden Strassenverkehr.

Capteur à quartz destiné à la mesure des charges par essieu et donc du poids des véhicules en circulation.

Quartz sensor for measuring axle loads and vehicle weights under rolling traffic conditions.

- Ausgezeichnete Langzeitstabilität
Stabilité exceptionnelle à long terme
Excellent long-term stability
- Misst sowohl bei Schrittgeschwindigkeit wie bei Autobahntempo sehr genau
Haute précision de mesure sur les véhicules roulant tant au pas qu'à haute vitesse
Measures very accurately at both walking and freeway speeds
- Unempfindlich auf Temperaturänderungen
Insensibilité aux variations de température
Insensitive to temperature changes
- Frostbeständig und gegen Eindringen von Wasser geschützt (Schutzart IP 67)
Protection antigel et étanchéité à l'eau (degré de protection IP 67)
Frost-resistant and protected against ingress of water (degree of protection IP 67)



Technische Daten

Données techniques

Technical Data*

Messbereich Radlast	Gamme de mesure de la charge de roue	Measuring range wheel load	kN	0 ... 150
Überlast (Doppelrad)	Surcharge (roue jumelée)	Overload (twin wheel)	kN	250
Tragfähigkeit der Sensoroberfläche	Résistance de la surface du capteur	Load-bearing capacity of the sensor surface	N/mm ²	≤5
Empfindlichkeit , nominal	Sensibilité , nominale	Sensitivity , nominal	pC / N	-1,75 ±5 %
Empfindlichkeitsänderung über Sensorlänge	Décalage de la sensibilité sur la longueur du capteur	Sensitivity shift over sensor length	%	<±3
Ansprechschwelle	Seuil de réponse	Threshold	N	<0,5
Linearität	Linéarité	Linearity	% FSO	≤±2
Hysteresse	Hystérésis	Hysteresis	% FSO	≤2

1 bar = 10⁵ Pa = 10⁵ N · m⁻² = 1,0197... at = 14,503... psi; 1 psi = 0,06894... bar; 1 g = 9,80665 m · s⁻²; 1 Nm = 0,73756... lbft; 1 g = 0,03527... oz

* In all Kistler documents, the decimal sign is a comma on the line (ISO 31-0:1992).

Technische Daten

Données techniques

Technical Data*

Eigenfrequenz	Fréquence propre	Natural frequency	kHz	>5
Betriebstemperaturbereich	Gamme de température d'utilisation	Operating temperature range	°C	-50 ... 80
Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit	Coefficient de température de sensibilité	Temperature coefficient of sensitivity	% / °C	-0,02
Isolationswiderstand	Résistance d'isolement	Insulation resistance	GΩ	>100
Kapazität	Capacité	Capacitance	nF	<10
Kabellänge (Kabeltyp K02232D01)	Longueur de câble (type de câble K02232D01)	Cable length (cable type K02232D01)	m	40 **)
Stecker	Connecteur	Connector		BNC pos.
Gewicht	Poids	Weight	C1 kg C2 kg	4,2 3,5
Schutzart	Degré de protection	Degree of protection		IP 67 (DIN 40050)

**) Verlängerung bis 100 m Gesamtlänge möglich / Extension jusqu'à une longueur totale de 100 m possible / Extension up to 100 m total length possible
Änderungen vorbehalten / Sous réserve de modifications / Subject to change.

De -

Beschreibung

Der WIM-Sensor LINEAS Typ 9195C... ist ein Kraftsensor mit Quarzelementen. Er besteht aus einem Leichtmetallprofil, in dessen Mitte Quarzscheiben unter Vorspannung eingebaut sind.

Wirkt eine Kraft auf die Sensoroberfläche, geben die Quarzscheiben durch den piezoelektrischen Effekt eine der wirkenden Kraft exakt proportionale elektrische Ladung ab.

Diese wird durch einen Ladungsverstärker in eine dazu proportionale Spannung umgewandelt, die dann beliebig weiterverarbeitet werden kann.

Dieser Sensor weist alle einzigartigen Vorteile von Quarzsensoren auf:

- Temperaturänderungen haben praktisch keinen Einfluss.
- Quarzsensoren können auch sehr langsamen Verkehr messen.
- Quasistatisches und dynamisches Kalibrieren ist möglich.
- Sehr hohe Eigenfrequenz, somit auch für höchste Fahrzeuggeschwindigkeiten geeignet.
- Grosser Messbereich.
- Absolut langfristig stabil, da die Sensorempfindlichkeit eine Materialkonstante von Quarz ist.
- Sensor lässt sich optimal an die Strasseneigenschaften anpassen und ist leicht einzubauen.
- Sensor wird nicht aus der Strasse gewalkt und lässt sich bei Fahrbahnverformungen um bis zu 10 mm nachschleifen.

Anwendungsbeispiele

- Verkehrsdatenerfassung
- Strassenunterhaltsplanung
- Überlasterkennung
- Gewichtsabhängige Gebührenerhebung

Description

Le capteur WIM LINEAS type 9195C... est un capteur de force à éléments à quartz. Il est constitué d'un profilé en métal léger dans le milieu duquel des disques de quartz sont montés sous précontrainte.

Lorsqu'une force sollicite la surface du capteur, une charge électrique exactement proportionnelle à celle-ci est engendrée par les disques de quartz, en raison de l'effet piézoélectrique.

Un amplificateur de charge convertit cette charge en une tension proportionnelle qui peut être ensuite traitée selon les besoins.

Ce capteur présente tous les avantages exceptionnels des capteurs à quartz:

- Les variations de température sont pratiquement sans influence.
- Les capteurs à quartz permettent aussi de mesurer sur des véhicules roulant au ralenti.
- Un étalonnage quasistatique et dynamique est possible.
- La fréquence propre très élevée, permet également la réalisation de mesures aux vitesses les plus élevées.
- Large gamme de mesure.
- Stabilité absolue à long terme puisque la sensibilité du capteur est une constante propre au quartz.
- Le capteur s'adapte de manière optimale aux caractéristiques de la route. Il est d'un montage facile.
- Aucun risque de déplacement du capteur hors de la chaussée. Le capteur peut, en cas de déformations de la route, être rectifié sur une épaisseur atteignant 10 mm.

Exemples d'application

- Saisie de données de circulation
- Planification de l'entretien des routes
- Détection des surcharges
- Taxation en fonction du poids

Description

The WIM sensor LINEAS Type 9195C... is a force sensor with quartz elements. It consists of a light metal profile in the middle of which quartz disks are fitted under preload.

When a force is applied to the sensor surface, the quartz disks yield an electric charge proportional to the applied force through the piezoelectric effect.

This electric charge is converted by a charge amplifier into a proportional voltage which can then be further processed as required.

This sensor provides all the unique advantages of quartz sensors:

- Changes in temperature have practically no influence.
- Quartz sensors are also suitable for very slow moving traffic.
- Quasistatic and dynamic calibration is possible.
- Very high natural frequency and thus also suitable for maximum vehicle speeds.
- Wide measuring range.
- Absolute long-term stability since sensor sensitivity is a material constant of quartz.
- The sensor can be closely adapted to road characteristics and is easy to install.
- The sensor is not dislodged from the road and can be reground by up to 10 mm in the event of road deformations.

Application examples

- Traffic monitoring
- Road maintenance planning
- Overload detection
- Weight-related road tolls

Einbau

WIM-Sensoren LINEAS sind leicht einzubauen, sowohl einzeln als auch in Gruppen, um eine breitere Fahrbahn ganz zu erfassen.

Eine ausführliche Einbauvorschrift beschreibt alle notwendigen Arbeitsschritte.

Montage

Qu'ils soient mis en œuvre individuellement ou en groupes pour la saisie de chaussées de grande largeur, les capteurs WIM LINEAS sont d'un montage facile.

Des instructions détaillées indiquent toutes les opérations de montage nécessaires.

Installation

WIM sensors LINEAS are easy to install both individually and in groups for comprehensive recording over a wide roadway.

Detailed installation instructions describe the procedures required.

Einbauskizze

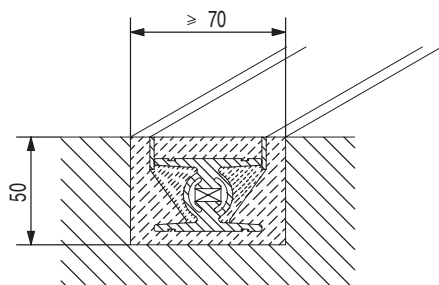
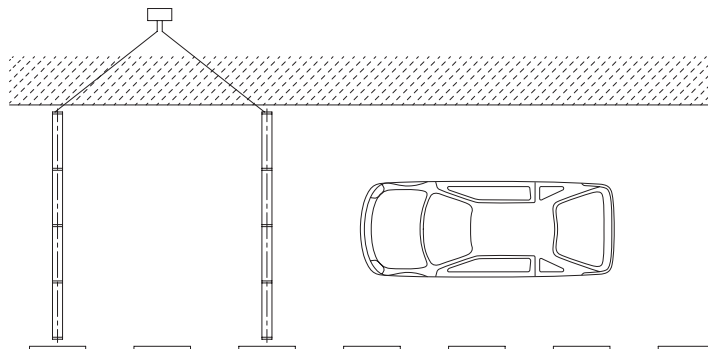


Schéma de montage



Mounting schema

Elektronik

Der Sensor gibt eine elektrische Ladung ab, die den beim Überfahren wirkenden Vertikalkräften genau proportional ist.

Diese wird durch einen geeigneten Ladungsverstärker in eine analoge Spannung umgewandelt.

Dafür eignen sich besonders folgende Typen:

- Typ 5058A auf Europakarte (für Standard 19"-Rack)
- Typ 5038A in robustem Gehäuse (IP 65)

Diese Ladungsverstärker sind im Lieferumfang nicht enthalten.

Electronique

Le capteur engendre une charge électrique exactement proportionnelle aux forces verticales s'exerçant lors du passage.

Cette charge est convertie en une tension analogique par un amplificateur de charge adapté.

Les types convenant le mieux sont les suivants:

- Type 5058A sur carte Europe (pour châssis standard 19")
- Type 5038A en boîtier robuste (IP 65)

Ces amplificateurs de charge ne sont pas inclus dans la livraison.

Electronics

The sensor yields an electric charge which is exactly proportional to the vertical forces acting on the sensor when it is driven over by vehicles.

This charge is converted into an analogue voltage by a suitable charge amplifier.

The following types are particularly suitable for this purpose:

- Type 5058A on Euro-card (for standard 19" rack)
- Type 5038A in rugged housing (IP 65)

These charge amplifiers are not included in the items supplied.

Parallelschaltung

Mehrere LINEAS-Sensoren, die nebeneinander eingebaut werden, können elektrisch parallelgeschaltet und mit einem einzigen Ladungsverstärker betrieben werden.

Das Ausgangssignal entspricht dann der Summe der Kräfte, die gleichzeitig auf alle angeschlossenen Sensoren wirken. So können anstelle der einzelnen Radlasten direkt die Achslasten erfasst werden.

Connexion en parallèle

Plusieurs capteurs LINEAS juxtaposés peuvent être branchés en parallèle et fonctionner avec un seul amplificateur de charge.

Le signal de sortie correspond alors à la somme des forces qui s'exercent simultanément sur tous les capteurs branchés. Ce montage permet de mesurer directement les charges par essieu au lieu des charges par roue.

Parallel connection

Several LINEAS sensors installed adjacent to one another can be connected electrically in parallel and operated with a single charge amplifier.

The output signal then corresponds to the sum of the forces acting simultaneously on all sensors connected. Instead of recording individual wheel loads, axle loads can thus be recorded directly.

Lieferumfang

- 1 LINEAS WIM Sensor Typ 9195C...
Diverses Montage Zubehör

Inclus dans la livraison

- 1 capteur LINEAS WIM type 9195C...
Divers accessoires de montage

Scope of delivery

- 1 LINEAS WIM sensor Type 9195C...
Various mounting accessories

Zubehör

- 1 Satz Vergussmaterial
ausreichend für 2 Sensoren Typ 1000A1

Accessoires

- 1 set de matériau à sceller
suffisant pour 2 capteurs type 1000A1

Accessories

- 1 pack of grouting compound
sufficient for 2 sensors Type 1000A1

Christian Helg, Kistler Instrumente AG Winterthur, Switzerland
Lou Pfohl, Kistler Instrumente Corp., Amherst, NY, USA

Signal Processing Requirements for WIM Lineas[®] Type 9195



Kistler Instrumente AG Winterthur
Winterthur, Switzerland
Tel + 41 - 52 - 224 11 11, Fax 224 14 14
sales@kistler.ch

Kistler Instrumente GmbH
Ostfildern, Germany
Tel (07 11) 34 07-0, Fax (07 11) 34 07-159
info@kistler-deutschland.de

Kistler SA
Les Ulis Cédex, France
Tel 01 69 18 81 81, Fax 01 69 18 81 89
info@kistler.fr

Kistler Instruments Ltd.
Mill Lane, Alton, Hampshire, UK
Tel (0 14 20) 54 44 77, Fax (0 14 20) 54 44 74
sales@kistler.co.uk

Kistler Italia s.r.l.
Milano, Italy
Tel (02) 481 27 51, Fax (02) 481 28 21
kistleritalia@kistleritalia.it

Kistler Instrument Corp.
Amherst, NY, USA
Tel (716) 691 51 00, Fax (716) 691 52 26
kicsales@kistler.com

Kistler Japan Co., Ltd.
Tokyo, Japan
Tel (03) 35 78 02 71, Fax (03) 35 78 02 78
sales@kistler.co.jp

Kistler Instruments (Pte) Ltd.
Singapore
Tel 469 67 73, Fax 469 56 84
kistler.sales@kistler.com.sg

Kistler China Ltd.
North Point, Hong Kong
Tel 2591 5930, Fax 2591 1885
kcnlibin@vol.net

Kistler Korea Co., Ltd.
Seoul, ROK
Tel (02) 555 60 13, Fax (02) 555 60 15
sales@kistler.co.kr

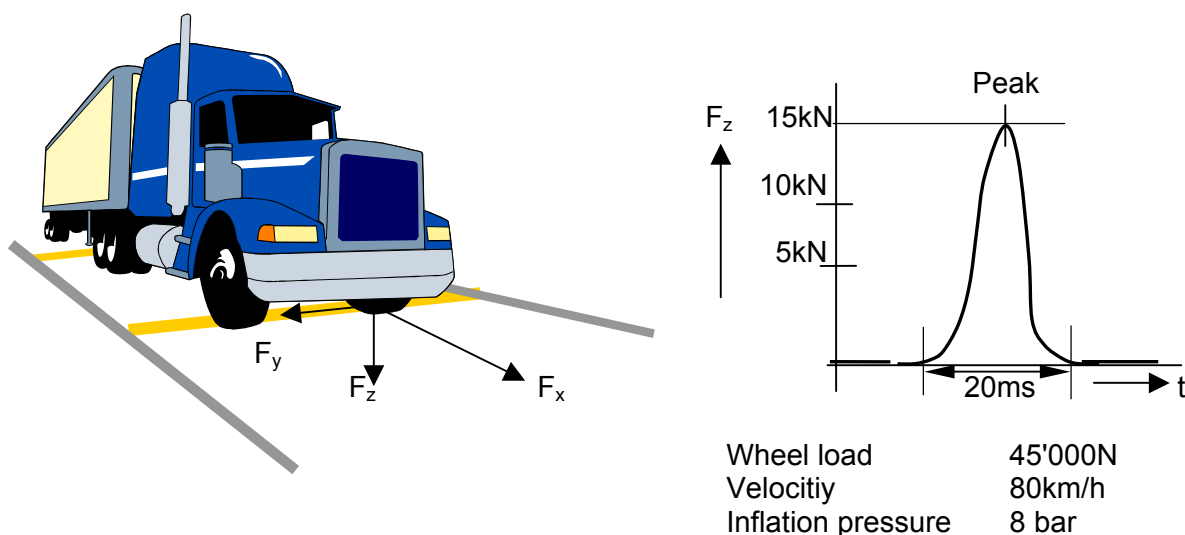
Signal Processing Requirements for WIM Lineas® Type 9195

Christian Helg, Kistler Instrumente AG Winterthur, Switzerland
Lou Pfohl, Kistler Instrument Corp., Amherst, NY, USA

1 Tire – Lineas® Interaction

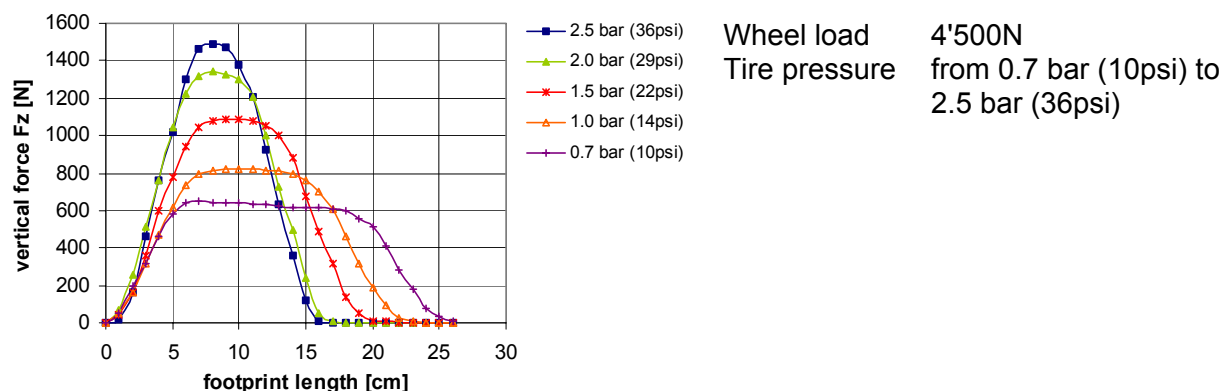
As a tire passes over the Lineas-sensor, it generates horizontal, vertical and lateral forces between tire and sensor. Due to the special sensor design, only vertical forces (F_z) were measured. Lateral and horizontal sideforces (F_x and F_y) between road and sensor are decoupled by a special elastic material around the sensor. There are no errors caused by volume effects.

A typical truck tire force signal as sensed by the Lineas sensor is shown below:



The maximum of the force (= peak) doesn't express the wheel load, because the Lineas-sensor is only partially covered by the tire !

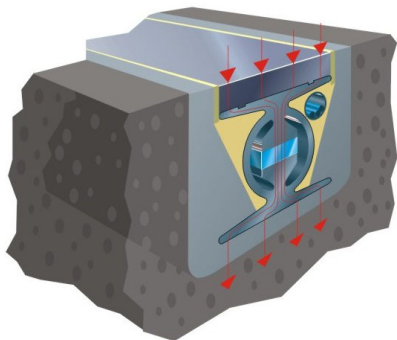
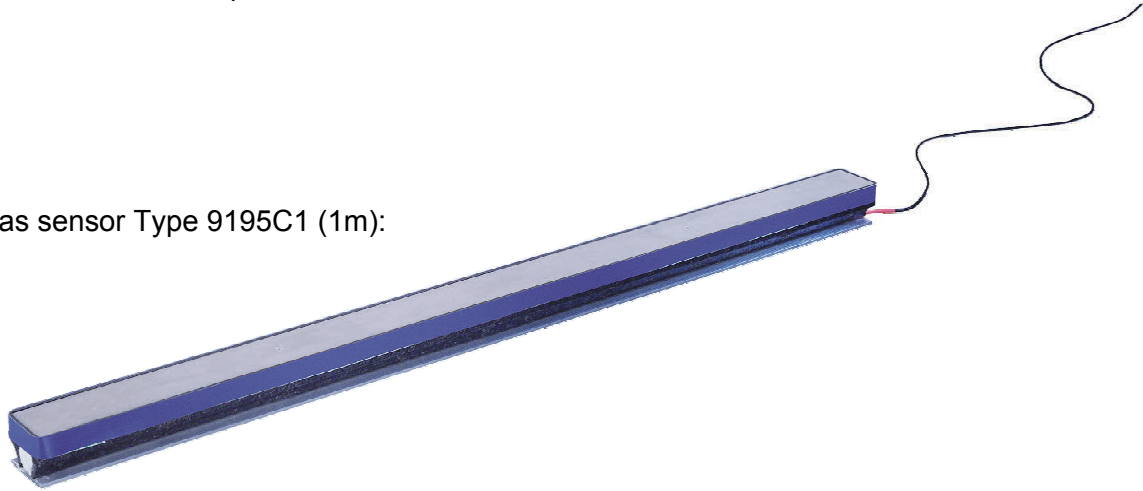
The typical force signals of a car tire with different inflation pressures is shown below. The footprint length is calculated by multiplying velocity by sensing time. The area under the curve is constant (and proportional to the wheel load), while peak and footprint length depend on the tire pressure.



2 Lineas[®]

Due to the use of piezoelectrical quartz measuring elements, the output of the Lineas-sensor is an electrical charge (Q) which is proportional to the applied vertical force F_z and which is irrespective of the position of the wheel along the length of the sensor. The typical sensitivity of a Lineas-sensor is 1.8pC/N.

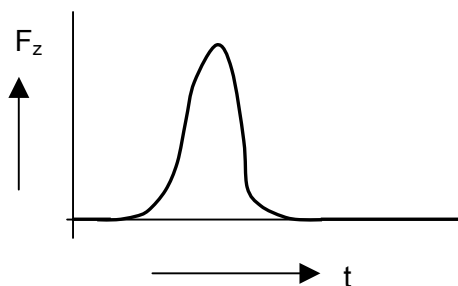
Lineas sensor Type 9195C1 (1m):



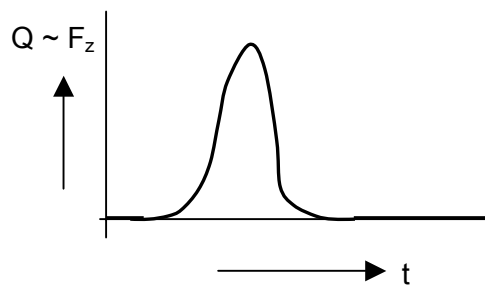
Lineas sensor installed:

- red vertical force
- yellow special elastic material
- grey grouting compound
- dark grey aluminium profile
- blue quartz sensing elements
- black asphalt or concrete

Applied force onto sensor



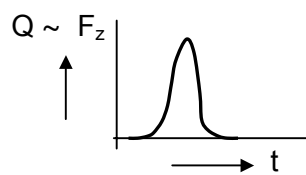
Charge output signal of Lineas



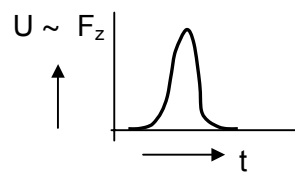
3 Charge Amplifier

The charge amplifier changes and amplifies the force dependent charge input into a force dependent voltage output. The range of the charge amplifier is typically 60'000pC/5V.

Sensitivity at the output of the charge amplifier =	$\frac{1.8 \text{ pC}}{\text{N}} \times \frac{5 \text{ V}}{60'000 \text{ pC}} = 0.15 \text{ mV/N}$
---	--



Charge output of Lineas



Voltage output of charge amplifier

- analog voltage with $\pm 5 \text{ V}$ volt full-scale output limits
- nominal zero volt output @ zero load
- axle pass over sensor produces positive-valued pulse

Dimension example:

- Truck Tire:
- inflation pressure = 12 bar (174 psi)
 - tire width = 0.35 m (13.8 in)

Due to the fact that the sensor is partially covered by the tire, the peak may be **approximated** by the inflation pressure* :

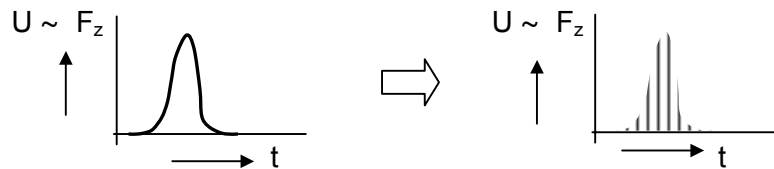
Force	$\approx$	inflation pressure	x	tire widthx	sensor width	
Force	$\approx$	12 bar (174psi)	x	0.35m (13.8in)	x	0.053m (2.1in) $\approx$ 22,3kN
Voltage	$\approx$	force	x	sensitivity Lineas	x	range amplifier
Voltage	$\approx$	22'300N	x	1.8pC/N	x	5V / 60'000pC $\approx$ 3.34V

* The real measured force (and voltage) is higher, due to additional tire dependent sidewall forces.

- Practically: A 9t (20'000lbs) axle produces a pulse peak of about 3.5 volts.

4 Digitizing the analog signal

- ≥ 12 -bit ADC resolution over $\pm 5V$ volt range
- Analog anti-aliasing filter (before the ADC) with ≈ 600 Hz low-pass cutoff



The sampling rate can be approximated by the following formula:

Sampling rate	=	$\frac{\text{velocity (m/s)} \times \text{min. of measured points}}{\text{footprint length}}$
---------------	---	---

The minimum of measured points means the minimum quantity of sampling points per signal, to approximate the original force signal without losing information. It should never fall below 10 to 20, even under strongest conditions.

Examples:

Truck Tire

- velocity 80 km/h = 22.2 m/s (50 mph)
- number of measured points per curve 20
- footprint length 0.4 m

Sampling rate	=	$\frac{22.2\text{m/s} \times 20}{0.4 \text{ m}}$	=	1111 Hz
---------------	---	--	---	---------

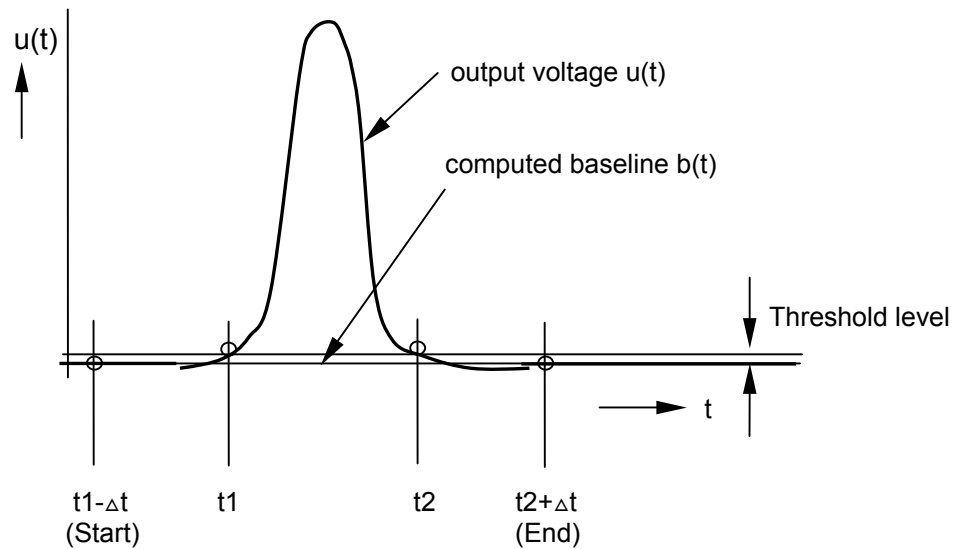
High inflated car tire

- velocity 150 km/h = 41.6 m/s (93 mph)
- number of measured points per curve 10
- footprint length 0.15 m

Sampling rate	=	$\frac{41.6\text{m/s} \times 10}{0.15\text{m}}$	=	2778 Hz
---------------	---	---	---	---------

- Practically: 2000 preferred

5 Processor algorithm requirements for optimal weight estimation



- define a threshold level so as to trigger at points t_1 and t_2
- define a Δt such that $t_1 - \Delta t$ = start point and $t_2 + \Delta t$ = end point of signal processing
- compute area under sensor output curve between start point and end point

Area is between output voltage $u(t)$ and baseline $b(t)$, where baseline is a straight line between start and end point:

$$\text{Area} = \int [u(t) - b(t)]$$

$$\text{Area} = \sum [u_i - b_i]$$

or, for the digitized signal:

where the i 's are sample numbers from start to end

- Wheel load (W) is the product of area (A), vehicle velocity (V), sensor width (L_s) and a calibration constant (C):

$$\text{Wheel load } W = (V / L_s) \times A \times C$$

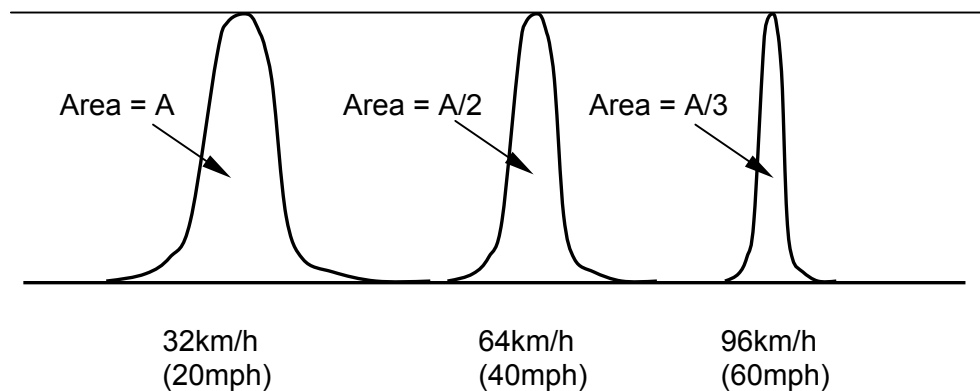
- Calibration constant C is determined by test with known-weight vehicle(s) and is held thereafter as a constant for use in weight estimation of any and all subsequent vehicles.
- No compensation algorithms are required for temperature effects, velocity effects or aging effects (because, for Lineas, there are none, except for the velocity multiplication step as shown above).

6 Influence of Velocity

Velocity can be determined from WIM-strip separation (a known distance) for each vehicle passage.

For optimized vehicle classification, velocity should be measured by inductive loops to get the real vehicle lengths.

Accurate velocity is essential as it directly affects weight estimation accuracy !

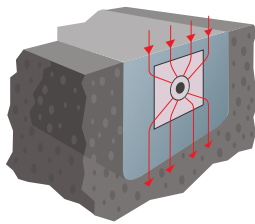


- The same wheel load of the same vehicle, when traversing a Lineas at 32 (20), 64 (40) and 96 km/h (60 mph) will produce pulses as shown above.
- The pulses will be identical in peak value, but will become "narrowed" in time as velocity increases.
- Multiplying the area of each case above by the associated velocity will produce a resultant that is identical for all three cases (or for any other velocity encountered).
- The resultant Velocity x Area is now proportional only to actual wheel load. The constant of proportionality is the calibration constant "C", which is determined by test with known-weight vehicles.

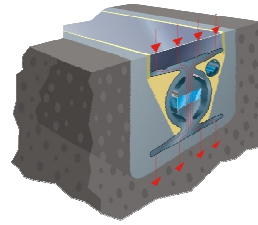
7 Accuracy

The accuracy of a Wim-site using strip sensors depends on:

- Pavement characteristics* (road evenness):
The pavement characteristics directly influence the signal recorded by any WIM sensor, because of the pavement/vehicle interaction leading to dynamic impact forces.
- Road geometry*:
It is strongly recommended that 50m before and 25m after the WIM-site (in driving direction) meets following geometrical characteristics:
 - longitudinal slope < 2%
 - transverse slope < 3%
 - radius of curvature > 1000m (straight road would be preferred)
 - Installation away from any area of acceleration or deceleration, in order to weigh vehicles travelling at uniform speed.
- Type of sensor: Lineas sensors measure the dynamic wheel load to within $\pm 3\%$, irrespective of the speed of the vehicle or the position of the wheel along the length of the sensor.



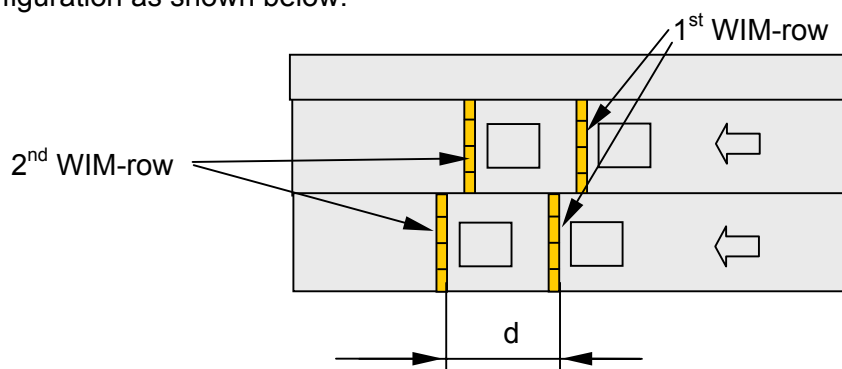
Piezocable, accuracy of about $\pm 10\%$



Lineas, accuracy of $\pm 3\%$

At best, piezocables measure with an accuracy of about $\pm 10\%$ in terms of both, signal amplitude and constant sensitivity over their length.

- Layout of sensor configuration: The best results were obtained by using the sensor configuration as shown below:



Expected Average Velocity	Recommended Distance d
45 - 75 km/h (30 to 45mph)	3.5 m
75 - 95 km/h (45 to 60 mph)	4.0 m
>95 km/h (>60mph)	4.5 m

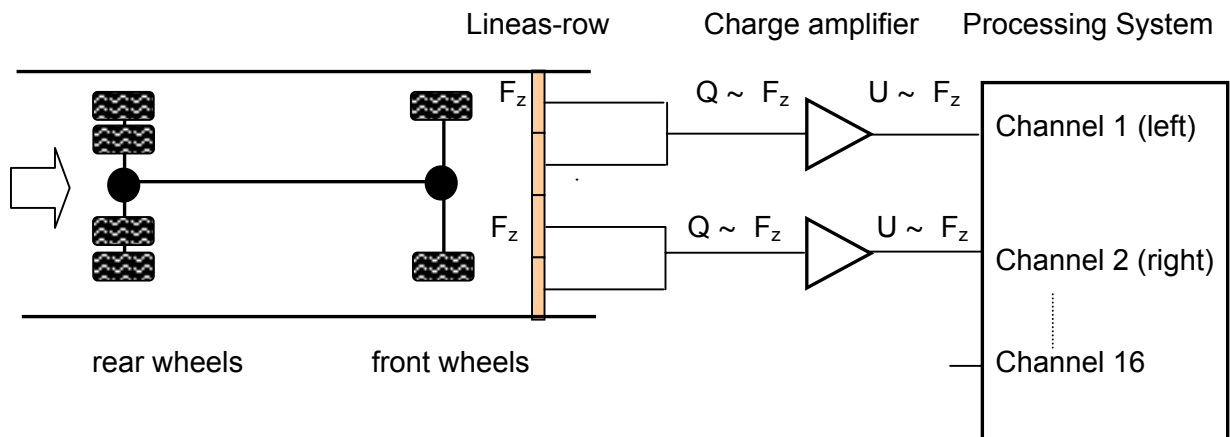
* See COST323 Recommendations: "EUROPEAN SPECIFICATION ON WEIGH-IN-MOTION OF ROAD VEHICLES", Draft 3.0, June 99

* See ASTM E 1318-94: "Standard Specifications for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Method"

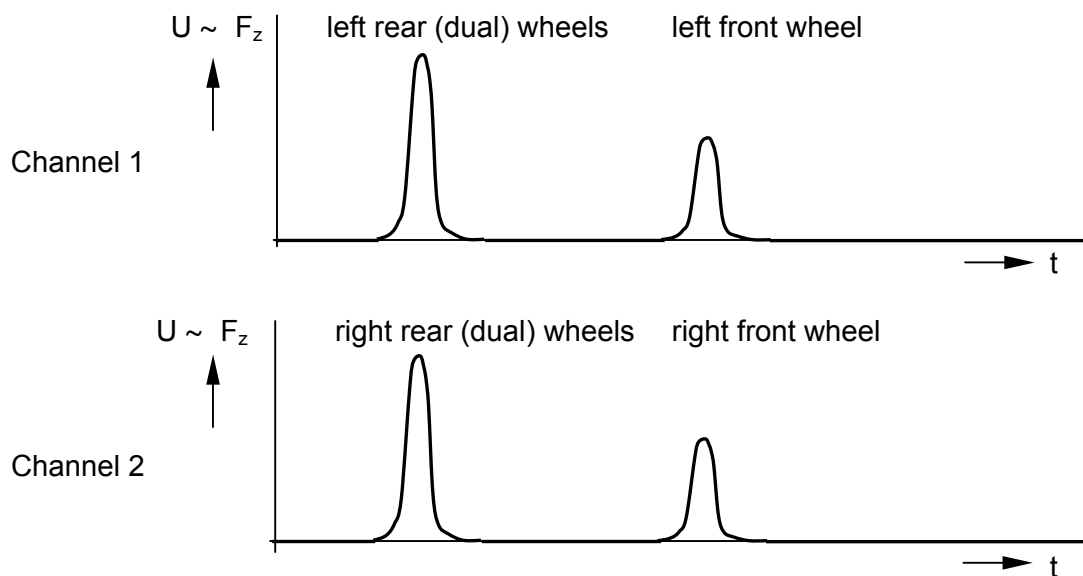
8 Electrical Connection

The Lineas sensors are available in lengths of 0.75m (29.5in) and 1m (39.4in). The sensors can be combined to cover the full width of a lane or of a road. Typically, 4 Lineas cover one lane. 2 Lineas sensors are typically connected in parallel as one channel prior to the charge amplifier. This kind of connection allows separate measurements of left and right wheel loads.

In case of dual tires, the output signal of the connected Lineas sensors equals the sum of the dual tires loads.



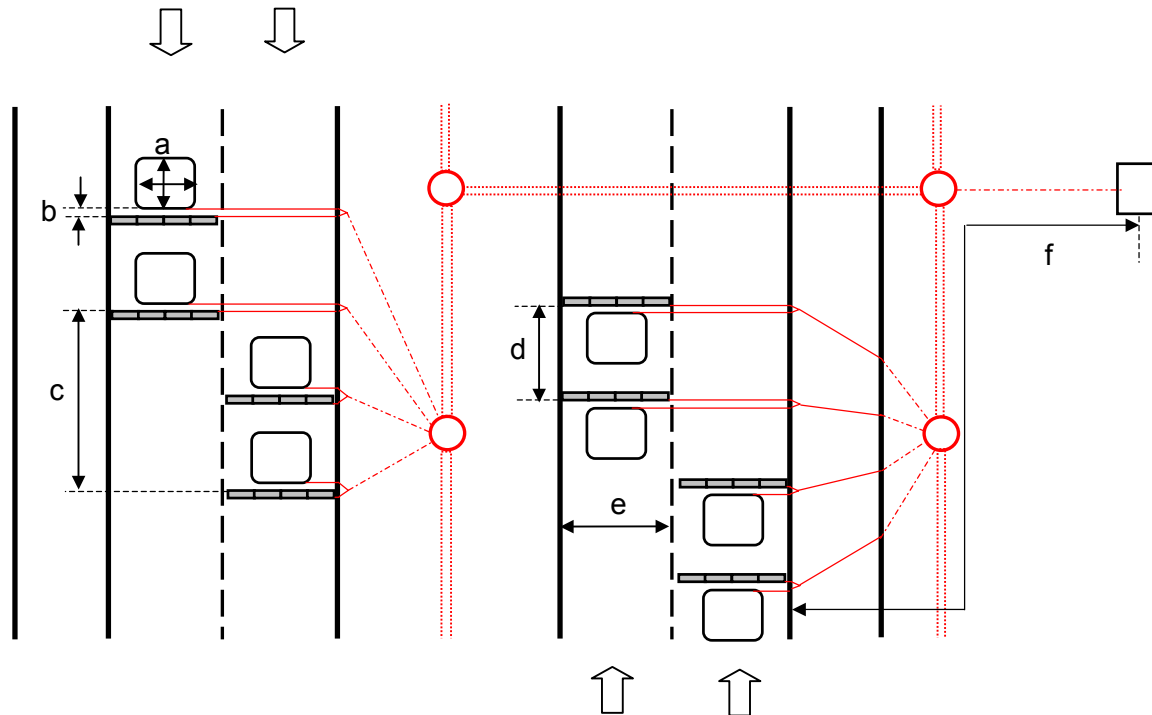
Voltage signals at the output of the charge amplifier:



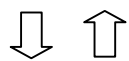
In the special case that all 4 Lineas in one row have to be paralleled, the range of the charge amplifier should be changed to 100'000pC/5V.

9 Typical WIM installation on a roadway with 32 Lineas[®]-sensors:

2 rows per lane. Each row contains 4 Lineas. The two Lineas lengths 0.75m and 1m allow adaptation for all lane width in steps of 0.25m.



Symbols:



traffic flow



WIM - row (2+2 Lineas
Connected in parallel)



inductive loops



slots in pavement/concrete



new underground tubes



existing underground tubes



shafts



electronic box

Dimensions:

a dimension and position of inductive
loops (typical dimension: 2 x 2 m)
b distance between WIM-rows and
inductive loops (typical dist. 0.3 m)

c distance between WIM-rows on
Different lanes

d distance between WIM-rows on the
same lane (typical distance: 4 m)

e lane width

f distance between WIM-row and
electronic box

10 Calibration Procedure*

Calibration should be carried out at least 24 h (20°) or 36 h (5°) after filling in the grouting.

10.1 Truck - Requirements

- Type of truck should be representative for this location
- Preferably a fully loaded truck, or at least half full
- Preferably with air suspension

10.2 Procedure

The calibration procedure depends on the data logging system. Therefore, a typical schedule is listed below:

1. Measure each wheel (or axle) load of the truck with a static and precise wheel scale.
2. Perform at least 10 test runs per lane at a speed equivalent to the expected average of heavy traffic velocities.
3. Repeat items 2 and 3 ten times.
4. The calibration factor per channel is calculated by dividing the mean value of dynamic measured wheel (or axle) loads by static wheel (or axle) loads.
5. Set calibration factors per channel into data logging system.
6. Check accuracy by additional 5 test runs per lane.

* See COST323 Recommendations: "EUROPEAN SPECIFICATION ON WEIGH-IN-MOTION OF ROAD VEHICLES", Draft 3.0, June 99

* See ASTM E 1318-94: "Standard Specifications for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Method"



3 INTRODUÇÃO

A presente proposta visa apresentar a solução **PAT** para serviços de instalação de um (1) conjunto de sistema de aquisição de dados de peso e classificação de veículos de Carga e acessórios, através de sensores instalados na faixa de rodagem da rodovia.

3.1 Serviços

3.1.1 *Instalação/colocação em funcionamento dos Equipamentos*

Serão realizados os serviços de instalação/colocação em funcionamento dos sistemas propostos. Para a montagem e instalação do sistema serão empregadas todas as práticas e procedimentos de segurança, sendo os serviços realizados através de pessoal com capacitação técnica específica e devidamente treinada. Os serviços estão previstos para serem realizados em rodovia determinada pela FAPEU.

Todos os serviços executados pela proponente serão devidamente acompanhados pelos respectivos Supervisores de Montagem, devidamente habilitados para a função e sob a orientação do Gerente de Projetos exclusivo a ser designado pela **PAT** para a implantação do projeto **FAPEU**, podendo a Contratante, a qualquer momento, acompanhar a montagem ou instalação dos equipamentos.

Todos os equipamentos, dispositivos ou ferramentas para a execução da montagem, ajustes ou diagnósticos dos equipamentos, no período de montagem e supervisão, são de responsabilidade da proponente.

3.1.2 *Treinamento de Operação*

Estão previstos em nossa proposta todos os custos necessários ao pleno treinamento das equipes de operação dos diversos subsistemas, sendo este constituído de:

- Programa de treinamentos de operação dos sistemas em campo;
- Fornecimento de todo o material impresso se/quando cabível.



3.1.3 Documentação

Na presente proposta estão previstos todos os custos para o fornecimento da toda a Documentação Técnica necessária à operação se/quando cabível:

- Desenhos, diagramas e certificados de inspeção;
- Fichas técnicas com dados e características dos sistemas, equipamentos e componentes;
- Catálogos dos sistemas, equipamentos e componentes;
- Fotografias.

3.2 Especificações Complementares

3.2.1 Ferramentas, Instrumentos e Materiais Especiais

Está previsto o fornecimento de todos os equipamentos, materiais e equipamentos, inclusive transporte vertical, necessários a total implantação dos sistemas.

3.2.2 Identificação dos Equipamentos

Todos os equipamentos a serem fornecidos serão identificados através de plaquetas conforme características mencionadas no Projeto executivo.

3.2.3 Normas Técnicas

Todos os equipamentos, materiais e acessórios constantes da presente proposta atendem normas específicas a cada produto de acordo com os países de origem dos mesmos.

3.2.4 Acabamentos e Pintura

Todas as superfícies pintadas dos equipamentos, materiais ou acessórios constantes da presente proposta serão devidamente tratadas contra corrosão, através de processos e normas específicas a cada produto, com acabamentos nas cores mencionadas nos catálogos localizados no item dos anexos e/ou respectivas propostas técnicas.

Após a instalação dos equipamentos serão aplicadas graxas anti-seize em todas as partes móveis dos sistemas. Na parte interna será aplicado óleo de silicone, principalmente nas réguas de bornes e terminações elétricas.



3.2.5 Idiomas

Os manuais de operação/manutenção, projeto executivo e informações complementares ao projeto serão fornecidos na língua portuguesa ou no idioma do país de origem do fabricante.

Os Catálogos e Especificações Técnicas originais serão fornecidos sempre no idioma do país de origem.

Em todo o contato e reuniões será adotada a língua portuguesa. Caso venha ser necessário o comparecimento de técnico da proponente, cujo idioma seja diferente do português, este estará devidamente acompanhado por um interprete.

3.2.6 Inspeção e liberação

Todos os itens de nossa proposta serão fornecidos e instalados de acordo com as especificações e características mencionadas na presente proposta, sendo somente considerados como entregues após a realização de Inspeções e Testes e aceitos pela Fiscalização da **FAPEU**, através de seu pessoal devidamente credenciado.

No caso de existirem diferenças, restrições ou pendências, estas serão prontamente sanadas ou reparadas, sem ônus para a FAPEU, inclusive as resultantes de embalagens, transportes, seguros, etc., sendo estes executados nos prazos definidos pelo contrato de fornecimento.

O programa detalhado de Inspeções com o respectivo cronograma será enviado a **FAPEU**, para aprovação, em até 30 (trinta) dias após a assinatura do Contrato e/ou liberação da Autorização de Fornecimento.

O Comissionamento será realizado conforme o roteiro/cronograma estabelecido, sendo somente aprovado pela **FAPEU** se:

- Todo o escopo contratado deverá estar devidamente instalado e em pleno funcionamento, conforme especificações;
- Todos os equipamentos e serviços atenderem as especificações de QUALIDADE;



3.2.7 Embalagens, Seguro, Transporte e Armazenamento

Todos os equipamentos, materiais e componentes do sistema serão embalados visando garantir a integridade do conteúdo em todas as fases do transporte, desde o local de fabricação até o local de armazenagem e instalação.

Os volumes serão dimensionados conforme as características de cada equipamento ou material, embalado e identificado, inclusive com indicações claras das recomendações de manuseio, transporte e armazenagem e, oferecendo o máximo de facilidade e segurança para o seu transporte e manuseio.

As embalagens serão projetadas para possibilitar sua armazenagem por um período de até 01 (um) ano.

Todos os componentes do sistema serão transportados e entregues no almoxarifado da **FAPEU** ou nos locais de instalação, sendo de responsabilidade da **PAT** todas as despesas decorrentes do transporte e seguro.

3.2.8 Assistência Técnica

A manutenção e assistência técnica futura dos equipamentos durante os primeiros 12 meses após a emissão do termo de aceitação provisória do sistema será de responsabilidade da **PAT**, através de seu centro técnico localizado em São Paulo – SP.

APÊNDICE 3 – BROCHURAS DE SENSORES PIEZOELÉTRICO POLÍMERO

The MSI Roadtrax® Brass Linguini® axle sensor ... and why it's the best sensor for you!!

■ Great Signal

- ★ Positive signal as tires pass over the sensor
- ★ High output - detects small vehicles - motorcycles, even bicycles
- ★ Good dynamic range - can work with large to small vehicles
- ★ Reduced Bow Wave
- ★ Reduced Road Flexing noise
- ★ High Signal to Noise Ratio for ease of signal processing
- ★ High capacitance - can drive long cables
- ★ Works even for slow speeds

■ Easy to handle

- ★ Conforms to any road profile
- ★ Stiff enough not to droop
- ★ Coils in a 2'x2' (600x600mm) box
- ★ Rugged so that it does not break in handling

■ Easy installation

- ★ Installs in a 3/4" x 1" (19 x 25mm) cut in the road to minimize damage to the road
- ★ Installs with fast curing epoxy, acrylic, or appropriate poly-urethane
- ★ No need for heaters
- ★ Smaller cut means less encapsulation material - a 6' BL sensor uses less than 2 gallons (2m sensor uses less than 1.5 liters)

■ Quality

- ★ 100% of sensors tested for capacitance and insulation resistance, and then impacted every 1/4" (6mm) along the length of the sensor to determine the activity and uniformity of the sensor.
- ★ Computerized process controls the extrusion and polarization of the cable
- ★ All data electronically archived
- ★ All sensors Serial Numbered for traceability

■ Durability

- ★ Triple sealed coax splice between the sensor and the passive cable
- ★ The sensor will not be damaged by bending to a radius of > 1' (300mm)
- ★ Will withstand normal handling without tender loving care
- ★ Tested to 40 Million Equivalent Single Axle Loadings

■ Versatility

- ★ Same sensor for over and in the road applications
- ★ Surface sensors can be mounted permanently or temporarily
- ★ Can be used in Portland Cement or Asphalt
- ★ Several encapsulation techniques can be used - Epoxy, acrylic, or filled poly-urethane

■ Great Passive cable

- ★ Super tough High Density Poly Ethylene (HDPE)
- ★ Rated as Waterproof for direct burial
- ★ Low capacitance - 27 pF/foot (89 pF/m)
- ★ Lengths from 100' to 300'(35-100m) standard - longer lengths on a custom basis

■ Customer Support

- ★ Fast delivery - Units in stock
- ★ Any length - 6', 8', 9',10',11',12',and 13' - with a standard of 100' of passive cable but with the option of any length in multiples of 50'
- ★ Available in metric lengths - 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 and 5.5 meters, with standard cable lengths of 35, 50, 75 and 100 meters
- ★ Installation clips included with all sensors
- ★ Installation instructions included with all sensors
- ★ Available Internationally
- ★ On site installation training available

Product Description

The Roadtrax BL Traffic Sensor is designed for permanent or temporary installation into or onto the road surface for the collection of traffic data. The unique construction of the sensor allows direct installation into the road in a flexible format so that it can conform to the profile of the road. The flat construction of the sensor gives an inherent rejection of road noise due to road bending, adjacent lanes, and bow waves of approaching vehicles. The small cut in the road minimizes the damage done to the road, speeds up the installation and reduces the amount of grout used for the installation. The Roadtrax BL sensor is available both as a Class I sensor for the highest level of uniformity needed for Weigh in Motion applications and as a Class II sensor which is more cost effective for Counting, Classifying, High Speed Toll Booths, Speed Detection, and Red Light Cameras.

■ Uniform, **high amplitude** piezoelectric output **compatible with existing** counters and classifiers on the market.

■ **Excellent Signal to Noise Ratio** which has an inherent 10:1 rejection of road noise due to road bending, adjacent lanes and bow waves of approaching vehicles.

■ **Easy installation** in a 3/4" x 1" (19 x 25mm) slot, which minimizes the disturbance of the road, decreases the depth of the road cut, and minimizes the amount of grout needed.

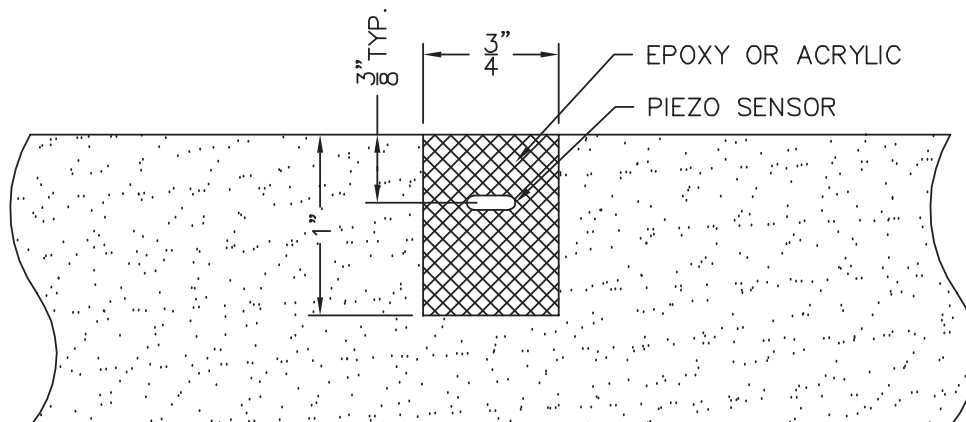
■ **Flexible sensor** - conforms to any road profile while maintaining a uniform distance to the road surface.

■ The **final installation is flush** with the road surface - snowplows will not damage the sensor.

■ **Durable** enough to withstand normal installation handling and **hundreds of millions ESAL's**.

■ All sensors are **100% tested and certified** for performance as a complete sensor prior to shipment.

■ Custom Passive Signal Cable with **High Density Poly Ethylene Jacket** which is rated for direct burial and resists nicks and cuts.



Permanent in the Road Installation

Performance Characteristics

Output Uniformity	±20% for Class II (Classification) ±7% for Class I (Weigh in Motion)
Operating Temperature Range	- 40 to 160°F (-40 to 70°C)
Temperature Sensitivity	0.2%/°F typ, dependent on the grout used
Typical Output Level	A wheel load of 400 pounds will produce a minimum output signal of 250 mV, at 70°F and 55 mph for a proper installation
Passive Signal Cable	RG 58C/U with a High Density Polyethylene Outer jacket that is rated for direct burial; 3/16" (4.75mm) OD
Product Life	40 Million ESAL's; dependent on the installation
Capacitance	See Chart
Weight	See Chart
Insulation Resistance	>500 MΩ
Packaging	All sensors are packaged two per each 24"x20"x3" (600x550x75mm) corrugated cardboard box
Installation Brackets	Included. One bracket is used every 6" (150mm

Specifications¹

The MSI BL Traffic sensor has the following specifications:

1. Center Core: 16 gauge, flat, braided, silver plated copper wire.
2. Piezoelectric Material: Spiral-wrapped PVDF Piezoelectric film
3. Outer Sheath: 0.016" thick brass, CDA-260, ASTM B587-88
4. Final Dimensions: 0.260" wide x 0.063" thick; 0.005"
5. Insulation resistance between core and shield: > 500 MΩ.
6. Piezoelectric Coefficient: 34 pC/N - nominal.
7. Passive Signal Cable: RG 58 type with a underground/direct burial rated outer jacket. The OD of the cable is 0.187" (4.75mm). The nominal capacitance of the cable is 27 pF/ft (89pF/m).
8. Sensors are packaged 2 per box. The box size is 24"x20"x3" (600x550x75mm).
9. Two sizes of installation brackets are included with the sensors, 3/4" (small) brackets and 1" (large) brackets. There is one small and one large bracket per 6" (150mm) of sensor length.

Notes:

1. Although Measurement Specialties Inc. makes every effort to ensure the accuracy of the specifications at the time of publication, specifications for this product are subject to change without notice. Contact MSI for the most current information at +1 610 650 1508.

Roadtrax BL Traffic Sensors

Sensor Length	Sensor Classification ¹	Capacitance with 100' cable ²	Weight ³ pounds (kg)	Visible Brass Length	Installed Length ⁴	Part Number ⁵
6' (1.82m)	Class II	4.00 nF ≤ C ≤ 10.00 nF	2.75 (1.25)	70" (1.78m)	76" (1.93m)	0-1005333-Y
8' (2.42m)	Class II	5.50 nF ≤ C ≤ 11.50 nF	2.80 (1.27)	94" (2.38m)	100" (2.54m)	1-1005333-Y
9' (2.73m)	Class II	6.25 nF ≤ C ≤ 12.25 nF	2.85 (1.30)	106" (2.69m)	112" (2.85m)	2-1005333-Y
10' (3.03m)	Class II	7.00 nF ≤ C ≤ 13.00 nF	2.90 (1.32)	118" (3.00m)	124" (3.15m)	3-1005333-Y
11' (3.33m)	Class II	7.75 nF ≤ C ≤ 13.75 nF	2.95 (1.34)	130" (3.30m)	136" (3.45m)	4-1005333-Y
12' (3.64m)	Class II	8.50 nF ≤ C ≤ 14.50 nF	3.00 (1.36)	139" (3.53m)	145" (3.68m)	5-1005333-Y
13' (3.94m)	Class II	9.25 nF ≤ C ≤ 15.25 nF	3.05 (1.39)	154" (3.91m)	160" (4.06m)	6-1005333-Y
6' (1.82m)	Class I (WIM)	4.00 nF ≤ C ≤ 10.00 nF	2.75 (1.25)	70" (1.78m)	76" (1.93m)	1-1005438-Y
8' (2.42m)	Class I (WIM)	5.50 nF ≤ C ≤ 11.50 nF	2.80 (1.27)	94" (2.38m)	100" (2.54m)	2-1005438-Y
9' (2.73m)	Class I (WIM)	6.25 nF ≤ C ≤ 12.25 nF	2.85 (1.30)	106" (2.69m)	112" (2.85m)	3-1005438-Y
10' (3.03m)	Class I (WIM)	7.00 nF ≤ C ≤ 13.00 nF	2.90 (1.32)	118" (3.00m)	124" (3.15m)	4-1005438-Y
11' (3.33m)	Class I (WIM)	7.75 nF ≤ C ≤ 13.75 nF	2.95 (1.34)	130" (3.30m)	136" (3.45m)	5-1005438-Y
12' (3.64m)	Class I (WIM)	8.50 nF ≤ C ≤ 14.50 nF	3.00 (1.36)	139" (3.53m)	145" (3.68m)	6-1005438-Y
13' (3.94m)	Class I (WIM)	9.25 nF ≤ C ≤ 15.25 nF	3.05 (1.39)	154" (3.91m)	160" (4.06m)	7-1005438-Y
2.0m (6'7")	Class II	4.94 nF ≤ C ≤ 10.94 nF	2.75 (1.25)	1.98 m (78")	2.14 m (84")	1-1005528-Z
2.5m (8'3")	Class II	6.17 nF ≤ C ≤ 12.17 nF	2.85 (1.30)	2.48 m (98")	2.64 m (104")	2-1005528-Z
3.0m (9'11")	Class II	7.40 nF ≤ C ≤ 13.40 nF	2.95 (1.35)	2.98 m (117")	3.14 m (123")	3-1005528-Z
3.5m (11'6")	Class II	8.63 nF ≤ C ≤ 14.63 nF	3.05 (1.40)	3.48 m (137")	3.64 m (143")	4-1005528-Z
4.0m (13'2")	Class II	9.87 nF ≤ C ≤ 15.87 nF	3.15 (1.45)	3.98 m (157")	4.14 m (163")	5-1005528-Z
4.5m (14'10")	Class II	11.09 nF ≤ C ≤ 17.09 nF	3.25 (1.50)	4.48 m (177")	4.64 m (183")	6-1005528-Z
5.0m (16'6")	Class II	12.32 nF ≤ C ≤ 18.32 nF	3.35 (1.55)	4.98 m (196")	5.14 m (202")	7-1005528-Z
5.5m (18'2")	Class II	13.55 nF ≤ C ≤ 19.55 nF	3.45 (1.60)	5.48 m (216")	5.64 m (222")	8-1005528-Z
2.0m (6'7")	Class I (WIM)	4.94 nF ≤ C ≤ 10.94 nF	2.75 (1.25)	1.98 m (78")	2.14 m (84")	1-1005527-Z
2.5m (8'3")	Class I (WIM)	6.17 nF ≤ C ≤ 12.17 nF	2.85 (1.30)	2.48 m (98")	2.64 m (104")	2-1005527-Z
3.0m (9'11")	Class I (WIM)	7.40 nF ≤ C ≤ 13.40 nF	2.95 (1.35)	2.98 m (117")	3.14 m (123")	3-1005527-Z
3.5m (11'6")	Class I (WIM)	8.63 nF ≤ C ≤ 14.63 nF	3.05 (1.40)	3.48 m (137")	3.64 m (143")	4-1005527-Z
4.0m (13'2")	Class I (WIM)	9.87 nF ≤ C ≤ 15.87 nF	3.15 (1.45)	3.98 m (157")	4.14 m (163")	5-1005527-Z
4.5m (14'10")	Class I (WIM)	11.09 nF ≤ C ≤ 17.09 nF	3.25 (1.50)	4.48 m (177")	4.64 m (183")	6-1005527-Z
5.0m (16'6")	Class I (WIM)	12.32 nF ≤ C ≤ 18.32 nF	3.35 (1.55)	4.98 m (196")	5.14 m (202")	7-1005527-Z
5.5m (18'2")	Class I (WIM)	13.55 nF ≤ C ≤ 19.55 nF	3.45 (1.60)	5.48 m (216")	5.64 m (222")	8-1005527-Z

1. Class II sensors have a uniformity of $\pm 20\%$ and are typically used for Classification purposes. Class I sensors have a uniformity of $\pm 7\%$ and are typically used for Weigh in Motion applications.
2. Additional cable has a capacitance of 27 pF/ft (89 pF/m) or 2.7 nF/100' (2.2 nF/25m). Provided with each sensor is a test certificate with the actual tested value for the sensor. Field tests should be within $\pm 10\%$ of these values, at room temperature (70F or 23C).
3. All sensors are packaged 2 per box. The box weighs 1.5 lbs (0.7 kg).
4. This length refers to the installed length of the sensor. This is the minimum lane width for the installed sensor.
5. The suffix refers to the cable length. Cable lengths for -Y are as follows: -1 @ 100', -2 @ 150', -3 @ 200', -4 @ 250', -5 @ 300'. Cable lengths for the -Z are as follows: -1 @ 35m, -2 @ 50m, -3 @ 75M, and -4 @ 100m.

PROPOSTA TÉCNICA / COMERCIAL

Painel para Alojamento de Controle ECM / Hestia P, Laços Indutivos, Instalação de Sensores Roadtrax Brass Linguini, Posta em Marcha e Ajustes.

1

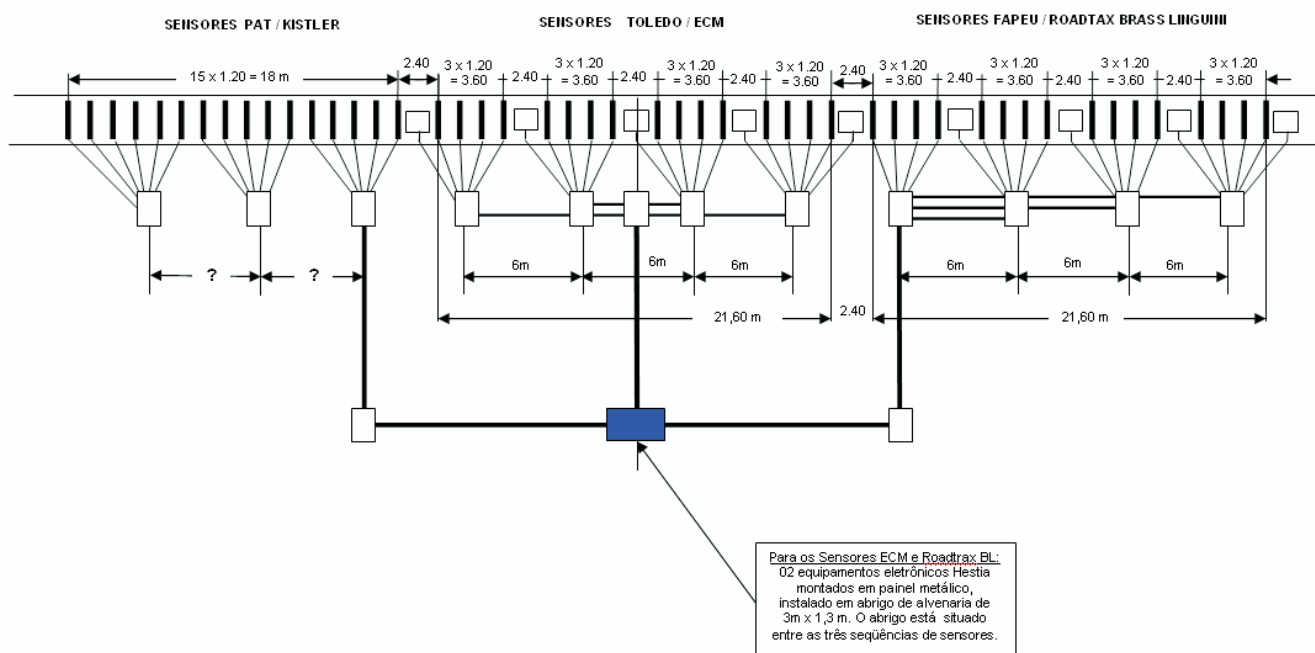
Objetivo da Solução

No âmbito da Solução destinada à aquisição de dados de peso de veículos de carga eixo a eixo com os veículos em movimento, por meio da instalação de múltiplos sensores em série em um pavimento flexível, a Toledo instalará também sensores Brass Linguini (BL) adquiridos pelo Cliente e interligará os mesmos a uma Estação de Controle ECM / Hestia P adquirida especificamente para esse fim. A solução permitirá ao Cliente realizar a análise dos registros das cargas aplicadas pelos eixos dos veículos aos sensores piezo-polímero BL e em função disto determinar a qualidade das medições que se poderá obter com a aplicação deste tipo de sensor em rodovias públicas.

2

Dados Fornecidos

O Cliente está implantando uma pista para testes utilizando sensores de diversos fabricantes, junto ao posto de pesagem localizado na Rodovia BR-101 – km 418, em Araranguá, no Estado de Santa Catarina, dentro de projeto proposto pelo DNIT em parceria com a UFSC. O desenvolvimento do projeto está a cargo da FAPEU - Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária, entidade de pesquisa vinculada à UFSC, que aproveitará a isenção de impostos como forma de viabilizar a compra dos sensores BL e do controle eletrônico ECM / Hestia P.



3

Descrição da Solução

A Solução FAPEU / Roadtrax Brass Linguini será instalada em sequência aos conjuntos de sensores Pat/Kistler e Toledo/ECM, previstos na mesma pista. A nova solução compõe-se de:

Quatro (04) conjuntos de sensores, cada conjunto com:

- o quatro (04) sensores piezo-polímero Roadtrax Brass Linguini (fornecidos pela FAPEU)
- o um (01) laço indutivo, instalados na pista como mostrado no esquema acima.

Estes sensores medem o peso de cada eixo em movimento, a velocidade, a distância entre eixos, podendo assim fazer também a classificação do veículo. Normalmente os conjuntos de sensores são embutidos em faixas de rolamento paralelas para informarem os dados de cada faixa, no presente caso, porém, a disposição seguirá o conceito de uma instalação de múltiplos sensores, ou seja, os quatro conjuntos de sensores serão instalados em série, proporcionando uma maior redundância de dados.

Compõe-se também de:

Uma (01) Estação de Controle ECM, modelo Hestia P para oito faixas, capaz de realizar a análise precisa e detalhada de tráfego, incluindo a pesagem dinâmica eixo a eixo dos veículos. Esta estação será instalada em um painel metálico junto com o equipamento eletrônico equivalente previsto para os sensores piezo-elétricos da ECM. Os seguintes dados podem ser extraídos da estação de controle com o software de configuração e coleta de dados Welcome:

- | | |
|---|------------------------|
| ○ Contagem de veículos | Velocidade de passagem |
| ○ Comprimento do veículo | Taxa de ocupação |
| ○ Classificação longo/curto | Tempo entre veículos |
| ○ Classificação da silhueta do veículo | Distância entre eixos |
| ○ Peso dos eixos medidos em cada sensor | Peso bruto total |

O grande poder de análise destas estações de controle provém do uso de circuitos detetores inteligentes independentes para cada faixa de tráfego, cada um com seu microprocessador de 16 bits. A utilização de um sistema multiprocessado (um processador para cada conjunto de sensores e mais um na unidade de processamento central - CPU) permitiu projetar um sistema realmente multi-tarefas, capaz de monitorar simultaneamente um fluxo de 500 a 8000 veículos por hora em até doze faixas de rolamento, com

- memorização dos dados individuais de cada veículo (velocidade, peso, categoria, etc.)
- construção de tabelas estatísticas
- transmissão dos dados da memória a um computador a até 38.900 baud, sem perda significativa da velocidade de transmissão da estação local ao escritório central

A estação Hestia é composta de placas de circuito padrão Europeu, montadas em rack 19" de 2 x 3U.

Condições operacionais:

- temperatura entre -25°C e +65°C
- umidade máxima 95% sem condensação
- o sistema pode ser adaptado para uso tropical sob encomenda

Características operacionais :

- Possibilidade de uso de sensores de diversos tipos (laços, piezos, sensores ambientais) em uma mesma estação, instalados localmente e remotamente até uma distância máxima de 2 km,
- Controle máximo de faixas de rolamento: 4 na estação portátil, 12 na estação fixa,
- Capacidade máxima de memória: 4MB na estação portátil, 8MB na estação fixa.
- Fonte de alimentação pode ser:
 - Bateria
 - Painel Solar
 - 110/220VAC (+10, -15%) 50 ou 60Hz (±5)
- Proteção contra descargas atmosféricas para laços indutivos, fonte de alimentação e sensores,
- Consumo típico:
 - Portátil 2 faixas: <130 mA at 12VDC
 - Fixa 8 faixas: <400 mA at 12VDC

CALIBRAÇÃO DA ESTAÇÃO HESTIA P

Como os sinais da maioria dos sensores embutidos na pista dependem da temperatura e da rigidez da pista, a ECM oferece três formas de aferição:

- calibração manual usando um caminhão de peso conhecido passando uma ou mais vezes sobre os sensores
- o mesmo método completado pela adição de fatores de correção nos parâmetros de configuração da estação.
- calibração automática usando como padrão um veículo característico, escolhido pelo Cliente em função dos tipos de caminhões que compõem o tráfego local.

INSTALAÇÃO

Serão realizados os serviços de passagem de cabos, instalação dos sensores, a ligação, posta em marcha e a calibração do sistema.

4

Fornecimento

ITEM 1 – Painel para Alojamento de mais uma Estação de Controle ECM / Hestia P, Laços Indutivos, Instalação de Sensores Roadtrax Brass Linguini, Posta em Marcha e Ajustes.

Item 1.1 – Fornecimento da FAPEU:

- ✓ Dezesseis (16) Sensores Piezo-polímero Roadtrax Brass Linguini – **junto com a respectiva resina de instalação;**
- ✓ Um (01) Rack 19 polegadas ECM contendo as placas de circuito de uma Estação Hestia P, para oito faixas e dezesseis sensores piezoelétricos, importado diretamente da ECM pela FAPEU. **A Estação Hestia P deverá ser enviada à Toledo, para instalação no painel metálico de proteção, o qual conterá também toda a parte de alimentação e proteção elétrica.**

Item 1.2 – Fornecimento Toledo :

- ✓ Cinco (05) laços indutivos 2m x 1,5m
- ✓ Um (01) Painel de Alojamento para o Equipamento de Controle Hestia ECM, com a proteção e alimentação elétrica e a fiação executada e testada, a ser instalado na sala de alvenaria que abrigará os equipamentos eletrônicos.
- ✓ Instalação dos sensores e passagem dos respectivos cabos até o painel de controle. Ligação e Posta em marcha do sistema, testes e calibração.

Item 1.3 – Fornecimento Cliente:

- ✓ Preparação da pista de pesagem em via especial ao lado da rodovia principal
- ✓ Instalação de caixas de passagem e eletrodutos de acordo com as dimensões indicadas em projeto, confecção de sala em alvenaria para abrigo dos equipamentos eletrônicos ao lado da pista de pesagem.
- ✓ Coleta, manutenção e análise dos dados armazenados na estação de controle.

5

Limites de Fornecimento

Os seguintes itens são de responsabilidade do cliente:

- A remessa do equipamento eletrônico importado à Toledo do Brasil em São Bernardo do Campo, SP, para instalação no painel metálico de proteção.
- A disponibilização dos Sensores BL em tempo hábil na obra, junto com a quantidade adequada de resina de fixação, de acordo com a especificação do fabricante dos sensores.
- Depois da entrega dos equipamentos em Santa Catarina, o cliente deverá armazenar os materiais em lugar abrigado, seco e seguro até o momento de sua instalação na obra;
- O projeto viário e a parte civil deverão estar prontos antes da ida de nossa equipe a campo para montagem, em especial a preparação da pista de pesagem, as caixas de passagem, os eletrodutos e a sala para abrigo dos equipamentos eletrônicos.
- Disponibilização de energia elétrica e água no local.
- A coleta periódica, manutenção e análise dos dados armazenados na estação de controle.

APÊNDICE 4 – BROCHURAS DE SENSORES ÓTICOS

Fiber Optic Traffic Sensors SPZ

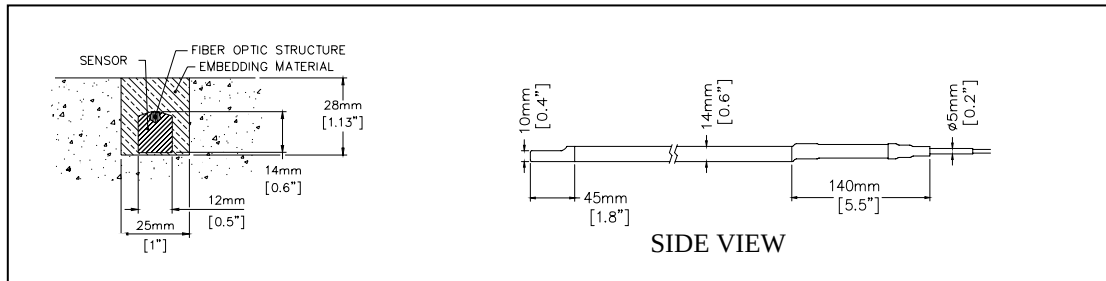


Measurement Specialties, Inc.
1000 Lucas Way
Hampton, VA 23666
Tel: 757.766.4474
Email: piezo@meas-spec.com
www.meas-spec.com



Sensor Line - Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Carl-Poellath-Str. 19
D-86259 Schrobenhausen
- Germany -
Tel.: +49 (0) 8252 / 8943-0
Fax.: +49 (0) 8252 / 8943-11
Email: sensorline@sensorline.de
www.sensorline.de

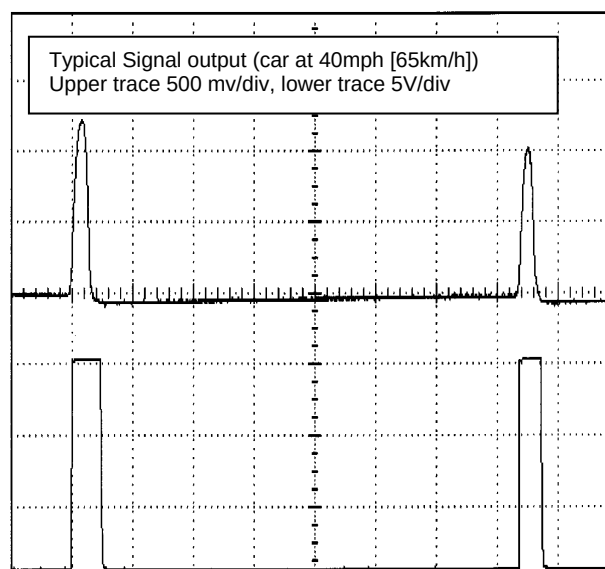
SPZ Fiber Optic Traffic Sensor Product Description



Sensor Line SPZ traffic sensor is a fiber optic load sensor designed for permanent in the road installation. When a load is applied to the sensor, it experiences a decrease of optical transmittance. An opto-electronic interface detects these changes and transforms them into signals for traffic data processing.

Characteristics

- The fiber optic structure is fitted into a base that makes the SPZ sensor sensitive to vertical pressure only.
- The sensor is immune against EMI, corrosion, and lightning because it has no metal parts.
- The SPZ traffic sensor is composed of the SPZ sensor element itself and a fiber optic feeder cable with SMA fiber optic connectors.
- The sensor is embedded into a small saw cut slot with Sensor Line SL-Cast 90 embedding material.
- The SPZ sensor is connected to a Sensor Line MA-110 Optical Transmittance Analyzer.
- Applications include toll treadles, axle counts, speed measurement, vehicle classification and speed and red light cameras.



SPZ Fiber Optic Traffic Sensor

Technical Data

Dimensions			
Sensor Element (including splice protections)			
Length (Standard)	2.0/2.5/2.75/3.0/3.5	m	
	6.6/8.2/9.0/9.8/11.5	ft	
Insensitive End Zones	45/95 (1.75/3.75)	mm (in)	
Width	12 (0.5)	mm (in)	
Height	14 (0.6)	mm (in)	
Weight	180	g/m	
Duplex Fiber Optic Feeder Cable			
<u>Type Blue</u>			
Outer Diameter	2.2x4.6 (0.09x0.18)	mm (in)	
Lengths (Standard) *	1/25//35/50/75/100	m	
	3.2/82/115/164/246/328	ft	
Weight	12.3	g/m	
Minimum Short Term Pull Tension	205(46)	N(lbs.)	
Fiber Connectors			
Type	Crimp and Cleave	SMA-905	
Length	64 (2.5)	mm (in)	
Max. Diameter	8 (0.3)	mm (in)	

Optical Data		
Sensor Waveguide		
Core Diameter	200	µm
Buffer Diameter	500	µm
Numerical Aperture	0.3	
Sensor Attenuation	typ. 7-9	dB
Feeder Waveguide		
Core Diameter	200	µm
Buffer Diameter	500	µm
Numerical Aperture	0.3	
Feeder Attenuation @ 850 nm	6	dB/km

Performance		
Storage Temperature Range	-55...+85 (-67...185)	°C (°F)
Operating Temperature Range	-40...+80 (-40...176)	°C (°F)
Maximum Stretching	3	%
Minimum Bend Radius Sensor Element	100 (4)	mm (in)
Minimum Bend Radius Feeder Cable	15 (0.6)	mm (in)
Minimum Calculated MTBF	10	years
Maximum Number of Load cycles	unlimited	
Sensitivity	Typical light change caused by a midsize passenger car 10 %	
* custom lengths up to 250 meter available on request		

SPZ Fiber Optic Traffic Sensor

Part List

Sensor Length	Connectors Included and Attached	Sensor Nomenclature ¹	Active Sensor Length ²	Installed Length ³	Part Number ⁴
2.5m (8.2')	No	SPZ-250-0-XX	2.36m (7.74')	2.6m (8.6')	2-1005798-Y
2.75m (9.0')	No	SPZ-275-0-XX	2.61m (8.56')	2.8m (9.2')	5-1005798-Y
3.0m (9.8')	No	SPZ-300-0-XX	2.86m (9.38')	3.1m (10.2')	3-1005798-Y
3.5m (11.5')	No	SPZ-350-0-XX	3.36m (11.02')	3.6m (11.8')	4-1005798-Y
2.5m (8.2')	Yes	SPZ-250-0-XX	2.36m (7.74')	2.6m (8.6")	2-1005799-Y
2.75m (9.0')	Yes	SPZ-275-0-XX	2.61m (8.56')	2.8m (9.2")	5-1005799-Y
3.0m (9.8')	Yes	SPZ-300-0-XX	2.86m (9.38')	3.1m (10.2")	3-1005799-Y
3.5m (11.5')	Yes	SPZ-350-0-XX	3.36m (11.02')	3.6m (11.8")	4-1005799-Y

¹This suffix refers to the passive cable length. Available in 1m, 25m, 35m, 50m, 75m and 100m for the SPZ sensor.

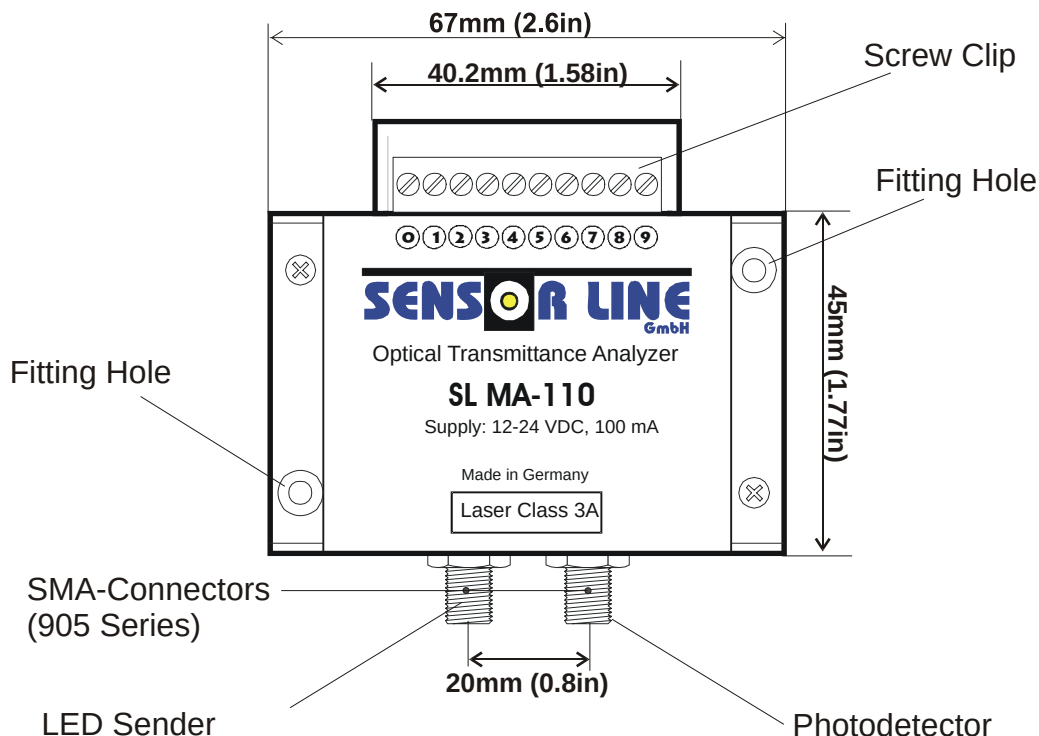
²This length is the actual active area of the sensor minus the loop at the end and the dead space required for the splice connection.

³This length refers to the installed length of the sensor. This is the minimum lane width required for the installed sensor.

⁴The suffix refers to the cable length. Cable lengths for -Y are as follows: -1 @ 1m, -2 @ 25m, -3 @ 35m', -4 @ 50m, -5 @ 75m, -6 @ 100m.

Part Name	Part Number	Remarks
SL Cast 90-3	0-1005896-3	3kg Kit, 1kg of grout per 1m of sensor (1 kit per 3m sensor)
SPZ Wedge Kit	0-1005797-5	Wedges are included with each sensor, order if extras needed
4430-C Plastic	0-1005858-2	Pack of 20, Plastic end connectors to terminate passive cable – not reusable
4430-C Metal	0-1005858-1	Each, Metal end connectors to terminate passive cable – removable and reusable
SL MA-110	0-1005796-1	1 required per sensor, 3-23dB of dynamic range

SL MA-110 Optical Transmittance Analyzer (OTA) Product Description



The SL MA-110 OTA interface operates a Sensor Line SPZ fiber optic traffic sensor. It responds to changes in optical transmittance and provides respective electrical output signals that traffic data processing devices can use. The unit is comprised of a LED transmitter, a PIN diode photodetector, and an optical transmission analysis electronics.

Features

- Dynamic analog output signal for automatic long term signal adaptation
- Static analog monitor output for normalizing of the analog signal
- Optocoupler digital outputs enable free definition of any logical polarity and level
- Trigger threshold does not require any adjustment
- Sensor failure indication
- Reverse power protection
- Outputs short circuit protection

Utilization

The SL MA-110 OTA interface is typically located in a roadside cabinet. A Sensor Line SPZ traffic sensor is connected to the MA-110 by way of the SMA connector plugs on the ends of the fiber optic feeder cable. The screw clip connector bar is used provide power and retrieve the output signals.

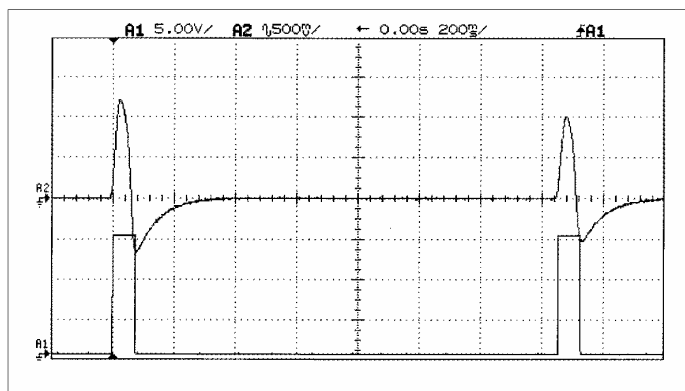
Technical Data

Housing:	Plastic
Size:	67 x 58 x 25 mm (2.6 x 2.3 x 1")
Protection Class:	IP 30 (NEMA 2)
Connection:	Screw clip, 10 pins
Optical Interface:	SMA 905
LED Type	GaAlAs
LED Peak Output Wavelength	850 nm
Relative Humidity:	80% at 25°C (77°F)
Temperature Range:	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)
Supply Current:	< 100 mA
Supply Voltage:	+12 to +24 VDC
Analog Output:	0-10 V
Trigger Threshold:	1% change of light transmittance
Optocoupler Output max.:	60V/25mA
Velocity Range:	1 to 250 km/h (0.6 to 155 mph)
Feeder Length:	up to 250 meters (820ft)
Comparative Laser Class:	3A (sensor disconnected)
EMV/EMI:	Fulfills CE-requirements

Connections

Pinning	Sign	Description
0	○ Vsupply	Supply Voltage
1	○ GND	} Ground (shorted)
2	○ GND	
3	○ Vref	Reference Voltage Output
4	○ Vmon	Transmittance Monitor Signal Output
5	○ Vanalog	Analog Load Signal Output
6	○ -ERROR	} Error Optocoupler Output (Low Resistance on Sensor Failure)
7	○ +ERROR	
8	○ -TRIGGER	} Trigger Optocoupler Output (Low Resistance on Load Response)
9	○ +TRIGGER	

Output Signals



The upper trace shows the analog signal waveform with respect to Vref caused by a two-axle vehicle at a speed of 7 km/h (one wheel). The amplitudes are proportional to the axle/wheel load.

The lower trace shows the signal then occurring at -TRIGGER with +TRIGGER connected to +15V and a 10k pull down resistor from -TRIGGER to GND.

Installation Manual for Fiber Optic Traffic Sensors SPZ

Site / Environmental Requirements

The installation site should be in the following condition:

1. The road surface in the area must be an undamaged flat plane.
2. Existing track deformations (ruts) should not be deeper than ½" (15mm) over the whole sensor length.
3. The slope of the road surface can have a height of 3/8" (10mm).
4. Slots must not cross over separate road surface sections.

The environmental conditions should be as follows:

1. NEVER INSTALL SENSORS IN THE RAIN.
2. The ideal ground temperature is between 50° to 90°F (10°C and 35°C). Installation is possible outside this temperatures range, but the curing time of the grout will be much slower or faster.
3. If the installation is done at freezing temperatures, be extremely careful to avoid ice particles between the embedding material and the sides or bottom of the slots.

Required Tools and Equipment

- Safety Equipment (as per local regulation)
- Sensorline Fiber Optic Axle Sensor(s)
- MA-110 Optical Transmitter Analyzer
- SL Cast 90 Encapsulation Material (1kg of grout per 1m of sensor)*
- Loop sealant (NO hot tar)
- PVC or Polyethylene Tubing (home run cables)
- Straight edge (8' [2.5m] minimum)
- 20' (6m) tape measure
- Pavement Crayons and Pavement Paint
- 1/8" (3mm) diameter cord
- 35hp Wet-Cutting Pavement Saw (self-propelled)
- Diamond Blade ¾" (20mm) wide (or equivalent)
- 3/8" (9mm) or ¼" (6mm) blade (home run)
- Hammer & Masonry Chisels
- Power Washer
- Water (at least 250 gal)
- Large Capacity Air Compressor (at least 150 CFM)
- Street Broom
- LED Source or light power source with light power meter with SMA adapters
- Volt Meter
- 2" Duct Tape
- Foam Backer Rod
- Latex Gloves
- Electrical Power or Generator
- Low Speed Mixing Drill (400-600RPM)
- 2 each Mixing Paddles
- Large Putty Knife or Small Trowel
- Angle Grinder with Masonry Wheel or Belt Sander
- 20 or 22 gauge wire (enough to connect MA-110 to power supply and interface board)
- Wire strippers
- Oscilloscope (recommended)

* Up to 30 % more material is required at temperatures below 10°C (50° F) due to increased viscosity.

Marking and Cutting the Slots

1. Ensure the road is safely closed, as per local regulations.
2. Using the pavement crayons, paint, tape measure and cord, carefully mark the layout of the sensor installation. Ensure sensors are emplaced exactly perpendicular to the flow of traffic and that all lines are straight. The sensors should not be placed any closer than 4"-6" (100-150mm) apart in order to ensure integrity of the road surface.
3. Using the ¾" (20mm) Diamond Blade, wet cut the slot for the sensors. The slot demensions are as follows:
 - length = sensor + 2" (50 mm)
 - width = ¾"-1" (19mm-25mm)
 - depth = 1 1/8" –1 ¼" (28mm –31mm)
4. Cut the home run slots. The home run slots should be centered on the sensor slots. The minimum width of the home run slot is ¼" (6mm) and the minimum depth is ½" (12mm). More than one passive cable may be run in a home run slot, but the slot should be cut wider, approx. ½" (12mm) wide, in this case
5. Power wash and sweep all slots. All slots must be very clean.
6. Dry all slots with compressed air. **All slots and the pavement 1' (300mm) on either side of the slot must be completely dry.**

Preparing Slot and Sensor for Installation

7. Place duct tape along the length of both sides of the sensor slot. Tape should be 1/16"-1/8" (1.5mm-3mm) away from the edge of the slot. Repeat for all slots.
8. Remove the Fiber Optic Sensor from the box. Visually check the sensor for damage. The sensor should not be broken or bent, and outer black coating should not be ripped, cut or torn. Check the lead attachment for breaks. Ensure that the passive cable is straight without any kinks, tears or breaks. Lightly tug at end connectors to ensure they are not loose or broken.
9. Connect light power source to one end connector and the light power meter to the other. Using the 650nm or 780nm setting, measure the amount of light attenuation. The reading should be below 30dBm. If the reading is above 30dBm consult with MSI before installing sensors. If you do not have a light power source and meter use an LED or other light source (sunlight or overhead lights). Connect the LED to one connector or hold the connector up the the light source and look for light coming out the other connector. **DO NOT LOOK DIRECTLY INTO THE CONNECTOR WHILE AN LED IS ON.** If you cannot see any light coming from the other connector, the sensor is broken. Consult MSI for replacement/repair.
10. Place the sensor on the tape next to the slot. Unwind the passive cable and place it in the home run slot. If the passive cable must be pulled through a conduit, pull the passive cable all the way through to the lane conroller/traffic box where the MA-110 is to be emplaced. Pull cable slowly and steadily through the conduit. **DO NOT JERK CABLE THROUGH CONDUIT AND DO NOT PULL HARD ENOUGH TO STRETCH THE PASSIVE CABLE. DO NOT PULL THE PASSIVE CABLE BY THE END CONNECTORS. ATTACH SNAKE OR ROPE TO PASSIVE CABLE AT LEAST 3" FROM END CONNECTORS.** Be extremely careful when pulling the cable through and around 90° bends or turns. Minimum bend radius for the conduit is 5/8" (15mm).
11. Once the passive cable is pulled to the lane controller/traffic box repeat step #9. If the sensor now fails, it was damaged while being pulled through conduit/home run slot. Replace end connectors and repeat (see instruction sheet for replacing end connectors). If it still fails, do not install sensor.
12. Place sensor in slot to ensure length and fit is correct. The sensor should have space at least 1/8" (3mm) between it and the slot wall on both sides.

13. Remove sensor from slot and place on tape. Remove cork wedges from bag and place next to sensor at 6"-8" (150mm-200mm) intervals.

Installing and Encapsulating the Sensor

14. Place passive cable inside home run slot and seal slot with foam backer rod to keep SL Cast 90 from seeping out of the sensor slot into the home run slot.

15. Using a low speed mixing drill (400-600rpm) with a mixing paddle, premix component 1 (black) of the SL Cast 90 for two minutes. Be sure to keep air bubbles out of component while mixing.

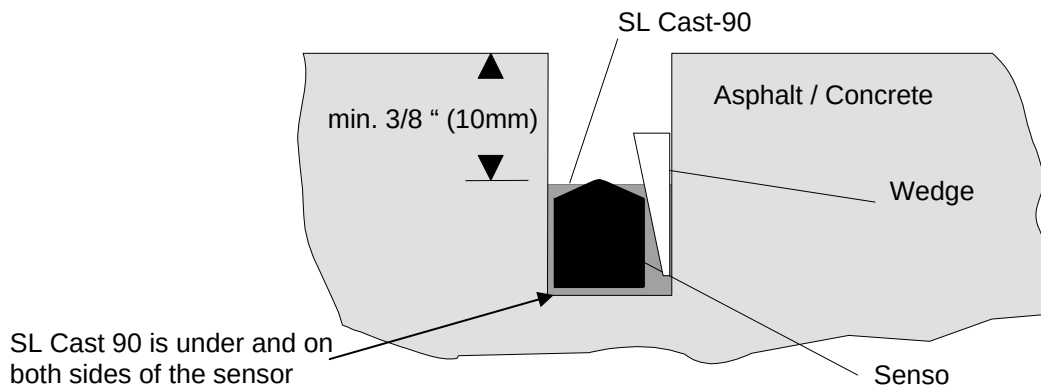
16. Add all of component 2 (clear hardener) into can of component 1. Mix for at least 1 minute with low speed drill (400-600rpm) with a mixing paddle.

17. Mix only enough material to fill the bottom of the slot. Pour SL Cast 90 into the slot, making sure bottom of the slot is completely covered and level. The top of the SL Cast 90 layer should be 1" (25mm) from the surface of the road and level along its length. SL Cast 90 will remain fluid for approximately 10-15 minutes at 68°F (20°C). One 3kg kit of SL Cast 90 will fill the bottom of three 10' (3m) slots.

18. There are two methods for emplacing the sensor in the slot. Method two can be used if you have enough slots to fill to completely use one pail of SL Cast 90 or have ordered extra grout (one 3kg pail can be used to fill the bottom of 3 slots for 10' (3m) sensors without wasting any SL Cast 90). Otherwise use Method 1.

Method 1:

Immediately after filling bottom of the slot, place the sensor in SL Cast 90, starting with the lead attachment end. NEVER USE SHARP TOOLS TO PRESS SENSOR INTO GROUT. Make sure SL Cast 90 material is pressed up between slot and both sides of the sensor. Position the sensor against one wall of the slot with the SL Wedge Kit (cork wedges). The wedges are pressed every 6"-8" (150mm-200mm) between the sensor and the slot edge. REMEMBER 10-15MIN AFTER MIXING, THE REMAINING SL CAST 90 IN THE CAN WILL BE TOO VISCOUS TO POUR.

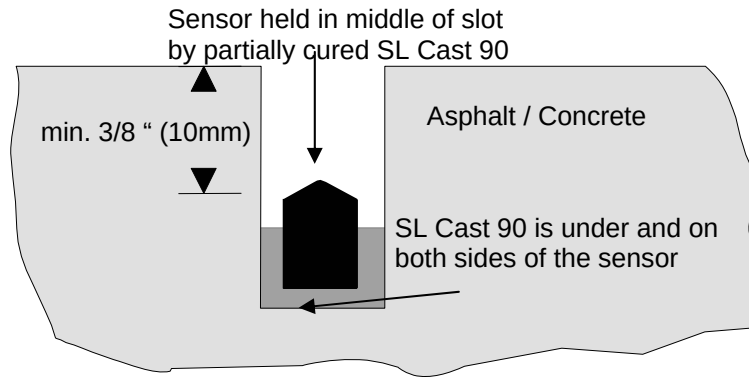


Slot with Sensor and Wedge (Method 1)

-OR-

Method 2:

After filling bottom of the slot wait 10-20 minutes for SL Cast 90 to cure. Then place sensor in SL Cast 90, starting with lead attachment end. Push sensor down into SL Cast 90 with hands. NEVER USE SHARP TOOLS FOR THIS. The SL Cast 90 should be tacky and firm enough to hold the sensor in place. Be careful not to trap any air under the sensor.

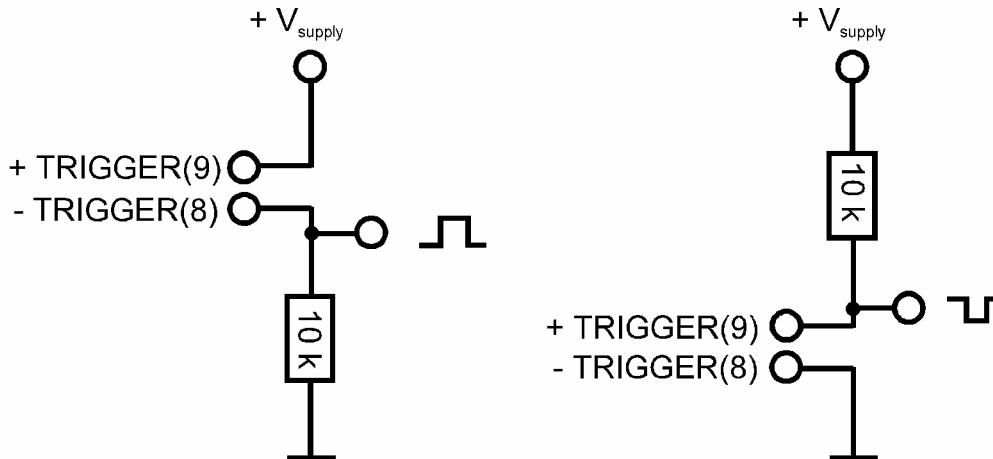


Slot with Sensor (Method 2)

19. Repeat step 18, method 1 or 2, for all sensors.
20. Fill the remainder of the sensor slots with SL Cast 90 until slightly above or level with tape. Mix SL Cast 90 according to Steps 15&16. Do not create any air pockets or flat holes while filling the slot.
23. Use Putty Knife or Trowel to smooth the surface of embedding material until it is level with tape.
24. Once the pour is complete, immediately remove the tape on either side of the slot.
25. Repeat for all sensors.
26. Once grout has set, 20-30 minutes, remove backer rod and fill home run slots.
27. If needed, use an angle grinder or a belt sander to grind/sand the grout flush with the road.
28. Await the allotted time for the loop sealant and SL Cast 90 to cure enough to open the road. The SL Cast 90 will be cured enough in 60-90 minutes, depending on temperature. The grout will cure to final hardness after one week.
29. Repeat step #9 to ensure sensor were not damaged during the filling of the slots.

Installing MA-110 and Testing System

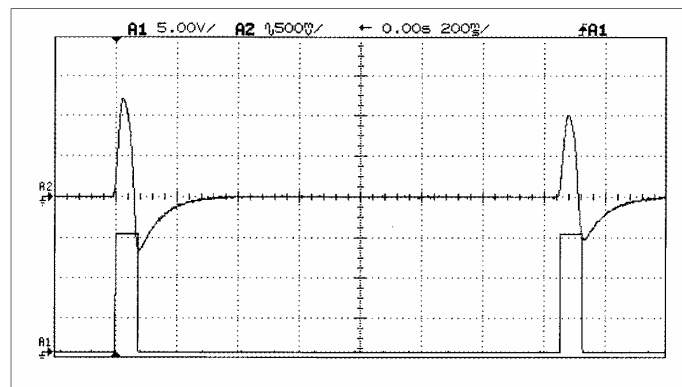
30. Emplace MA-110 in cabinet using screws, glue or velcro. Screw sensor connectors into MA-110.
31. Using 20 or 22 gauge wire connect terminal 0 to power and terminal 1 to ground. Power the MA-110 with 12-24VDC.
32. Connect MA-110 to lane controller/interface board input using 20 or 22 gauge wire according to one of the two circuits (or equivalent) below.



33. Use Voltage Meter to check voltage between terminals 0 and 1 and terminals 8 and 9. Voltage should equal voltage supplied to terminals 1 and 9. Also check monitor voltage by using the Voltage Meter to check the voltage between terminals 3 and 4. This DC voltage should be greater than 250mV. A voltage less than 250mV means that the light attenuation of the transmission path exceeds the limit needed for proper operation of the triggering circuit. In this case, consult MSI.

34. Hook up the oscilloscope to terminals 8 and 9 (for digital pulses) or terminals 2 and 5 (for analog signals) and view waveforms as the vehicles pass. The waveforms should be clear of any noise.

EXAMPLE WAVEFORMS



Repairing Damaged Sites

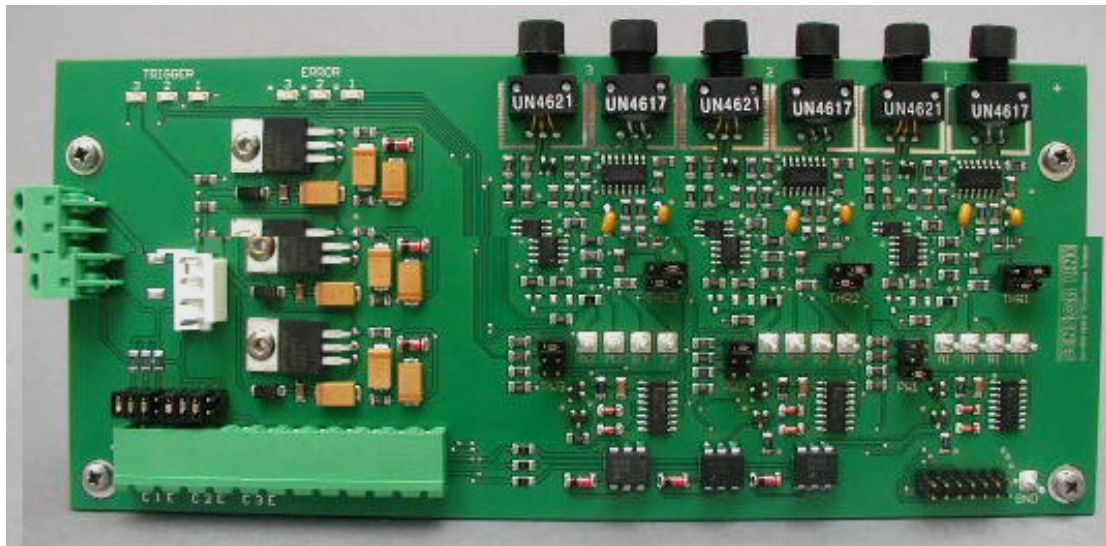
Damaged installations, low SL Cast 90 level and surface cracks, can be repaired by adding SL Cast 90. Use an angle grinder or a belt sander to rough up the top of the area where the SL Cast 90 is to be added. This will ensure a good chemical bond between the two surfaces.

Important notice

Our support by means of speech, literature and tests is performed to our best knowledge but has to be regarded as not binding statements also with regard to third party rights and does not entitle you not to check by your own means our delivered products upon their suitability for the envisioned purposes and processes. Applications, use, and processing of our products lay beyond our control and are therefore entirely under your responsibility. This disclaimer does not refer to our obligations on product quality with respect to our general conditions of sales and delivery. Our leaflets are continuously updated. Make sure you have got the latest edition. Sometimes it may be advisable to perform application tests prior the final installation. Further Information can be obtained from our technical support team.

Optical Transmittance Analyzer

SL MA-310_V2



User's Manual

2007/12 Köcher



Sensor Line - Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Carl-Poellath-Str. 19
D-86259 Schrobenhausen
- Germany -
Tel.: +49 (0) 8252 / 8943-0
Fax.: +49 (0) 8252 / 8943-11
Email: info@sensorline.de
www.sensorline.de

President/CEO:
Fred Motzko
Register Office:
Neuburg/Donau
HRB 1468

Address:
Sensor Line – Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Carl-Poellath-Str. 19
D-86529 Schrobenhausen/Germany

Tel.: +49-8252-8943-0
Fax: +49-8252-8943-11
eMail: sensorline@sensorline.de
Hp: www.sensorline.de

Bank Account:
Stadtparkasse Schrobenhausen
IBAN: DE64 72151880 0000 221150
SWIFT-BIC: BYLADEM1SSH
VAT: DE 181 207 708

1. GENERAL	3
1.1 Function:	3
1.2 Features:.....	3
1.3 Dimensions:	3
2. CONNECTIONS	4
2.1 Electrical (Output header or 4 pin screw clip)	4
2.2 Connector Assembly	4
2.3 Debug Pins	4
2.4 Optical	4
3. OUTPUT CIRCUITS AND SIGNALS.....	5
3.1 Without internal output circuit.....	6
3.2 With internal output circuit.....	6
4. ADJUSTING TRIGGER THRESHOLD AND DURATION	7
4.1 Trigger threshold.....	7
4.2 Trigger duration.....	7
5. FITTING AND STARTING	9
6. SPECIFICATIONS.....	9
7. SAFETY AND WARNINGS	10

1. General

The SL MA-310 three Channel Optical Transmittance Analyzer (OTA) is an electronic interface that operates three fiber optic load sensors. The SL MA-310 serves as the interface between the fiber optic sensor and the processing unit on system level. It should be installed in a weatherproofed road side cabinet.

1.1 Function:

The interface responds to the optical sensor signal in a dynamic (AC-coupled) manner, i.e. the electrical signal caused when a load is applied to the sensor decreases to zero as the load remains applied. At a tuneable threshold, a digital trigger signal per channel is generated. This signal is automatically reset after an adjustable time period. These characteristics allow the SL MA-310 interface to operate without the need for adjustment.

If the interface detects an interruption in the light transmission path of any channels, it flashes a particular light for each interrupted channel. The output signals (trigger signals) are transmitted via optocouplers which behave similar to relays, allowing the use of a variety of output circuitry.

1.2 Features:

- Dynamic interface for detection of light power changes
- Optocoupler digital outputs
- Trigger output (optocoupler)
- Adjustable trigger threshold and duration (0.3%, 1% and 1.5% rel. light change/ 1ms, 22ms and 47ms trigger duration)
- Trigger indication LED for each channel
- Error indication LED for each channel
- Reverse power protection
- Short circuit protection optionally
- Variable output circuits suitable over jumper switches
- ROHS conform

1.3 Dimensions:

3.5" (88.9 mm) wide x 8" (203.2 mm) long x 0.06" (1.5 mm) thick

President/CEO:
Fred Motzko
Register Office:
Ingolstadt
HRB 101468

Address:
Sensor Line – Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Carl-Poellath-Str. 19
D-86529 Schrobenhausen/Germany

Tel.: +49-8252-8943-0
Fax: +49-8252-8943-11
eMail: info@sensorline.de
Hp: www.sensorline.de

Bank Account:
Stadtparkasse Schrobenhausen
IBAN:DE64 72151880 0000 221150
SWIFT-BIC: BYLADEM1SSH
VAT: DE 181 207 708

2. Connections

2.1 Electrical (Output header or 4 pin screw clip)

Pin No	Signal	Description
0	12 ... 24 VDC	Supply Voltage
1	GND	Ground
2	DC Output	Output Voltage
3	GND Output	Output Ground

2.2 Connector Assembly

Pin No	Signal	Description
C1	Collector	Collector output of channel 1
E1	Emitter	Emitter output of channel 1
C2	Collector	Collector output of channel 2
E2	Emitter	Emitter output of channel 2
C3	Collector	Collector output of channel 3
E3	Emitter	Emitter output of channel 3

2.3 Debug Pins

The Board has a GND pin and each channel has for pins for debug proposal. All these outputs are optional connected to an analog output header. The four pins are:

Ax	Analog load signal of channel x
Mx	Monitor signal of channel x
Rx	Reference voltage of channel x
Tx	Trigger voltage of channel x

2.4 Optical

SMA-Connectors
(SMA series 905)

LED Transmitter, Photodetector

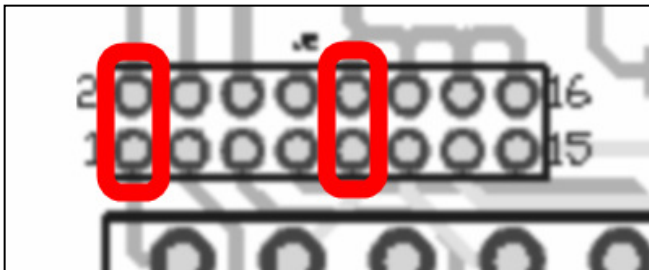
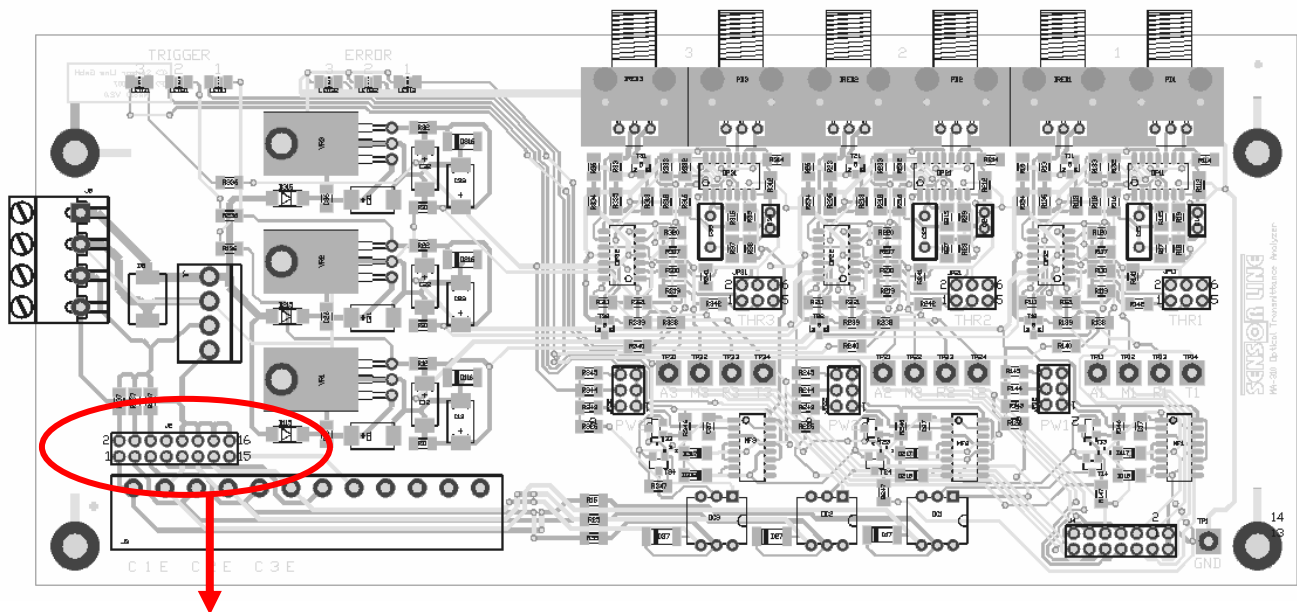
President/CEO: Fred Motzko
Register Office: Ingolstadt
 HRB 101468
Address: Sensor Line – Gesellschaft für
 optoelektronische Sensoren mbH
 Carl-Poellath-Str. 19
 D-86529 Schrobenhausen/Germany

Tel.: +49-8252-8943-0
Fax: +49-8252-8943-11
eMail: info@sensorline.de
Hp: www.sensorline.de

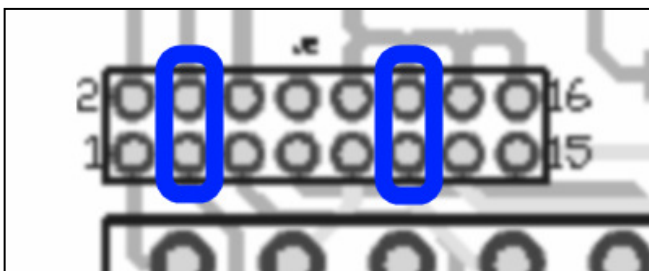
Bank Account:
 Stadtparkasse Schrobenhausen
 IBAN:DE64 72151880 0000 221150
 SWIFT-BIC: BYLADEM1SSH
VAT: DE 181 207 708

3. Output Circuits and Signals

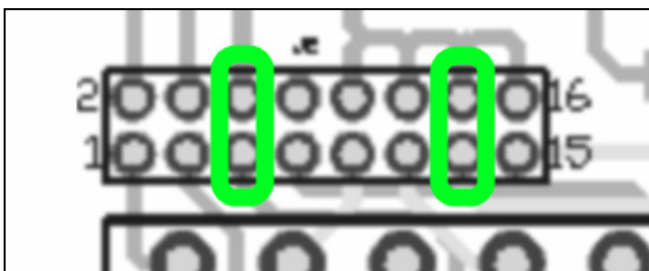
You can choose the output circuits and signals for each channel separately.



Channel 1



Channel 2



Channel 3

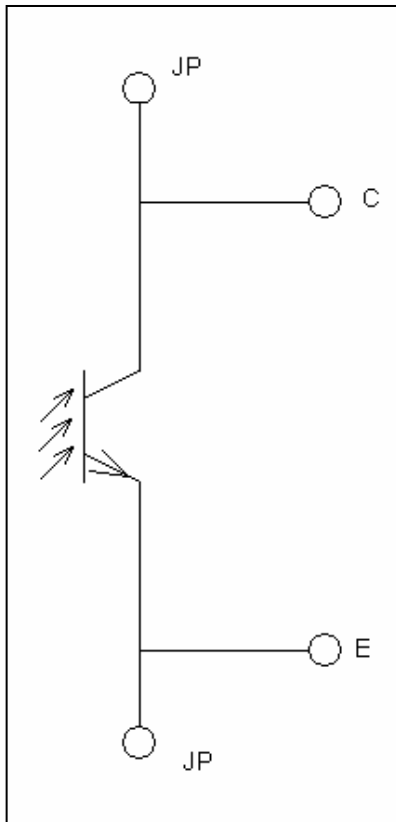
President/CEO:
Fred Motzko
Register Office:
Ingolstadt
HRB 101468

Address:
Sensor Line – Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Carl-Poellath-Str. 19
D-86529 Schrobenhausen/Germany

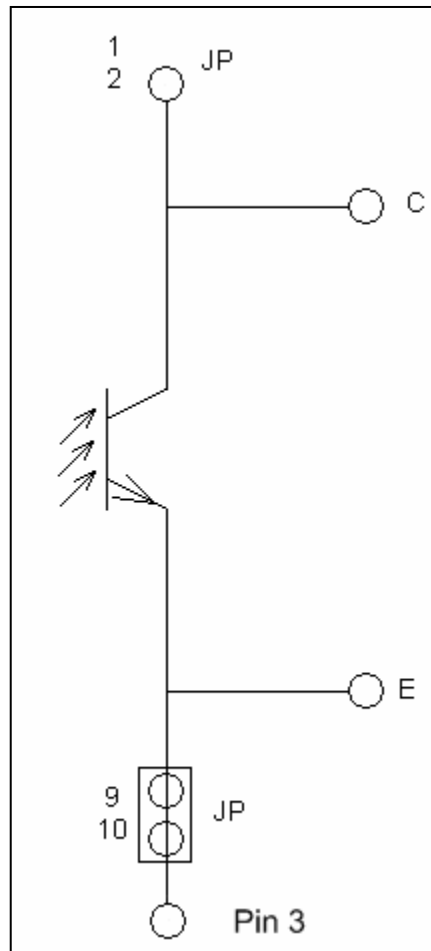
Tel.: +49-8252-8943-0
Fax: +49-8252-8943-11
eMail: info@sensorline.de
Hp: www.sensorline.de

Bank Account:
Sparkasse Schrobenhausen
IBAN:DE64 72151880 0000 221150
SWIFT-BIC: BYLADEM1SSH
VAT: DE 181 207 708

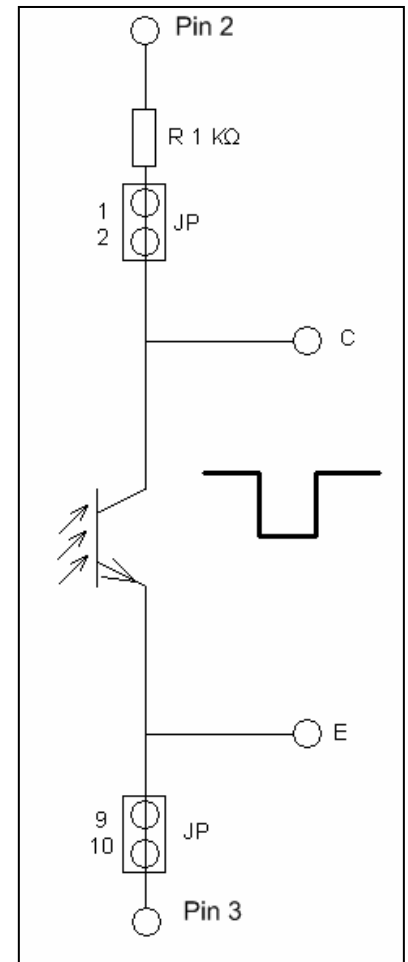
There are three output circuits possible:



Without internal circuit
(remove all Jumpers)



With 1 Jumper e.g. 9/10
(Channel 1) → Open
Collector output



With internal circuit
(Close all Jumpers)

3.1 Without internal output circuit

The optocoupler outputs can be used as a simple relay. You can connect the collector and emitter of the optocoupler directly with your circuit. (Remove all Jumpers and don't connect "DC Output" and "GND Output" PIN2 and PIN3)

3.2 With internal output circuit

You can use the internal output circuit by closing the Jumper switches for each channel (e.g. Channel 1 Jumper 1/2 and 9/10 Channel 2 Jumper 3/4 and 11/12 ...). The value of the output voltage is controlled by the DC output and GND output (PIN2 and PIN3).

Or use only one jumper to PIN 3 and the circuit behaves like an open collector circuit.

President/CEO:
Fred Motzko
Register Office:
Ingolstadt
HRB 101468

Address:
Sensor Line – Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Carl-Poellath-Str. 19
D-86529 Schrobenhausen/Germany

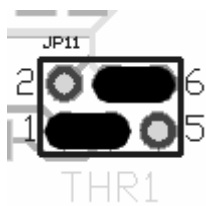
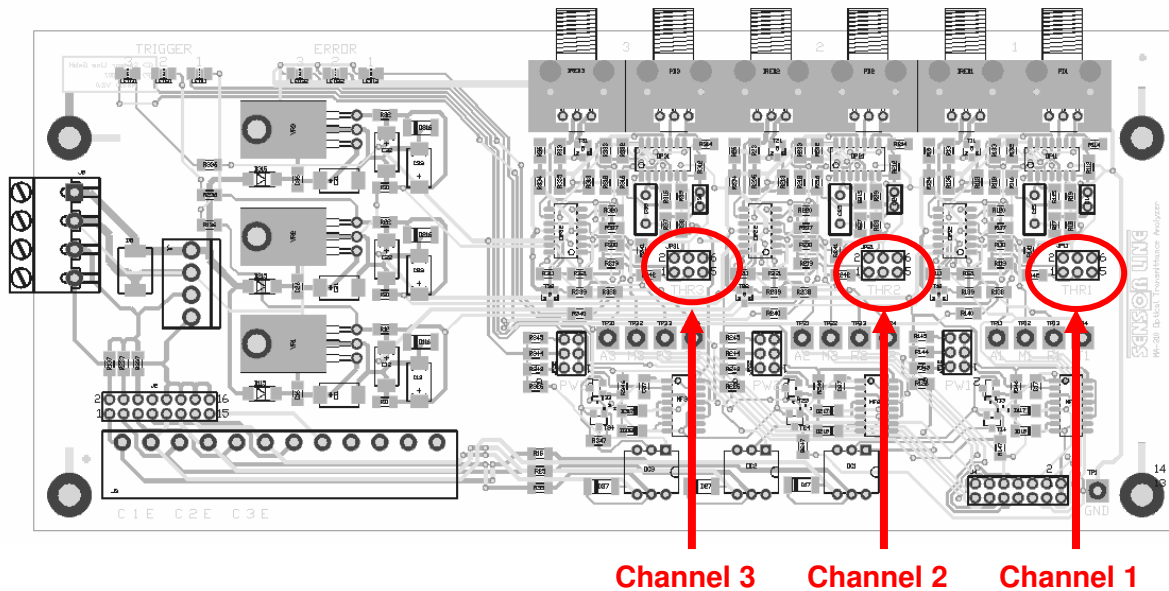
Tel.: +49-8252-8943-0
Fax: +49-8252-8943-11
eMail: info@sensorline.de
Hp: www.sensorline.de

Bank Account:
Stadtparkasse Schrobenhausen
IBAN:DE64 72151880 0000 221150
SWIFT-BIC: BYLADEM1SSH
VAT: DE 181 207 708

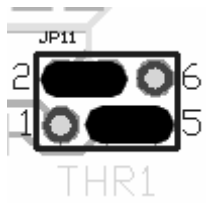
4. Adjusting trigger threshold and duration

4.1 Trigger threshold

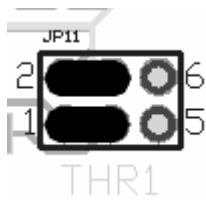
You can choose the trigger threshold for each channel separately between 0.3%, 1% and 1.5% of relative light change.



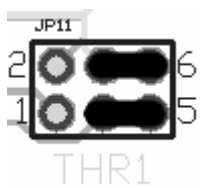
Trigger 0.3%



Trigger 1.5%



Trigger 1.0%



Trigger 0.5%

President/CEO:
Fred Motzko
Register Office:
Ingolstadt
HRB 101468

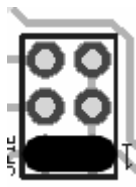
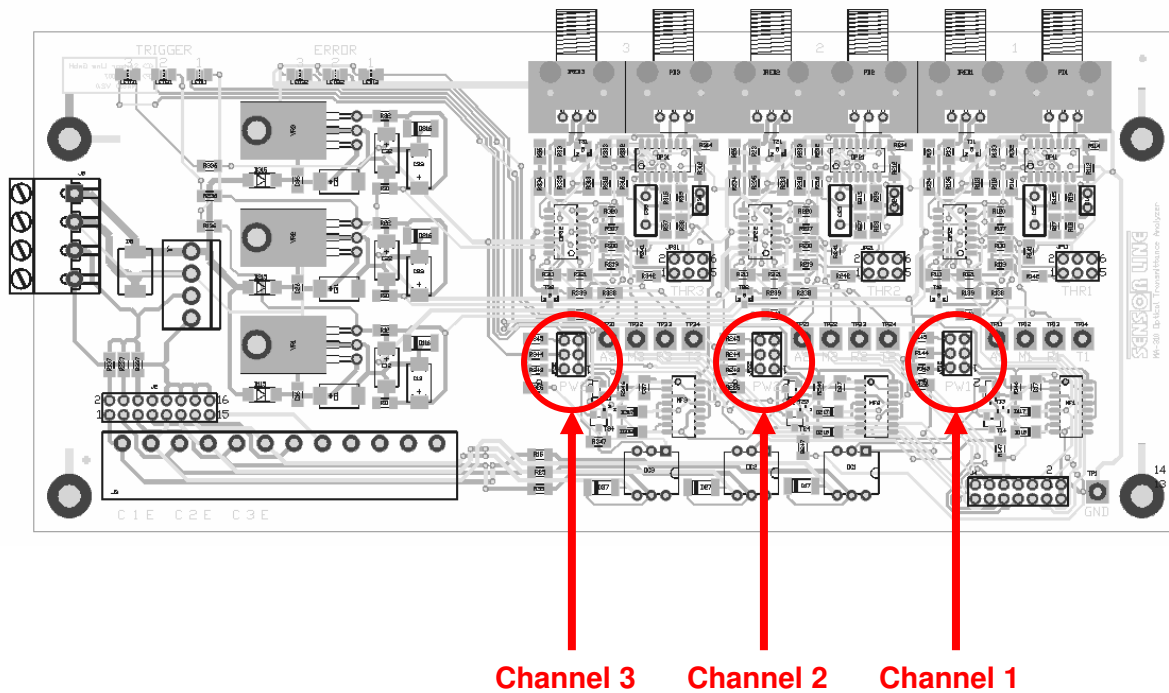
Address:
Sensor Line – Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Ingolstadt
Carl-Poellath-Str. 19
D-86529 Schrobenhausen/Germany

Tel.: +49-8252-8943-0
Fax: +49-8252-8943-11
eMail: info@sensorline.de
Hp: www.sensorline.de

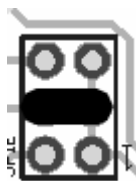
Bank Account:
Stadtparkasse Schrobenhausen
IBAN:DE64 72151880 0000 221150
SWIFT-BIC: BYLADEM1SSH
VAT: DE 181 207 708

4.2 Trigger duration

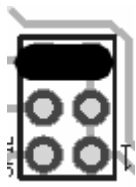
You can choose for each channel separately between 1ms, 22ms and 47ms trigger duration.



Trigger duration 1 ms



Trigger duration 22 ms



Trigger duration 47 ms

President/CEO:
Fred Motzko
Register Office:
Ingolstadt
HRB 101468

Address:
Sensor Line – Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Carl-Poellath-Str. 19
D-86529 Schrobenhausen/Germany

Tel.: +49-8252-8943-0
Fax: +49-8252-8943-11
eMail: info@sensorline.de
Hp: www.sensorline.de

Bank Account:
Stadtparkasse Schrobenhausen
IBAN:DE64 72151880 0000 221150
SWIFT-BIC: BYLADEM1SSH
VAT: DE 181 207 708

5. Fitting and starting

- 1) Fit the interface with screws. Take care that road vibrations will not influence the board and in specific the fiber optic connectors
- 2) Remove the safety caps from LED transmitter and photodetector.
- 3) Connect the sensor SMA connectors with transmitters and photodetectors of each channel. Fasten properly the sensor SMA connectors with transmitters and photo detectors in order to guarantee smallest attenuation, but do not use any pliers. The connectors of transmitters and photodetectors are allowed to be interchanged per channel.
- 4) Connect the pins 0 (Supply Voltage) and 1 (Ground) to the power supply.
- 5) Connect the signal outputs (Connector Assembly)
- 6) Turn on power supply
- 7) Test the installation by driving over the embedded sensors and monitor the Trigger signals (Trigger LEDs) or Vanalog signal (Debug Pin Ax). Test the sensor Error signal (Error LED) by disconnecting one of the fiber connectors.

6. Specifications

Supply Voltage:	+12 to +24 VDC
Supply Current (continuous):	< 400mA
Trigger Threshold:	0.3% / 1% / 1.5% of light transmittance change
Sensor Attenuation:	3 - 33 dB (infrared transmitter)
Max. Strain Optocouplers:	60V/25mA
Velocity Range:	1 to 250 km/h
Feeder Length:	up to 250 meters
Laser Class:	3A
Certification	ROHS

President/CEO:
Fred Motzko
Register Office:
Ingolstadt
HRB 101468

Address:
Sensor Line – Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Carl-Poellath-Str. 19
D-86529 Schrobenhausen/Germany

Tel.: +49-8252-8943-0
Fax: +49-8252-8943-11
eMail: info@sensorline.de
Hp: www.sensorline.de

Bank Account:
Stadtsparkasse Schrobenhausen
IBAN:DE64 72151880 0000 221150
SWIFT-BIC: BYLADEM1SSH
VAT: DE 181 207 708

7. Safety and Warnings

- Do not stare into the LED light beam with unprotected eyes.
- Only turn on power supply after connecting the sensor or with applied safety caps.
- The equipment may only be used for the considered purpose.
- The manual should be stored at hand and be delivered to every user.
- Any changes and the use of spares which are not sold by the manufacturer cause rejects of warranty.
- Repairs are only allowed to the manufacturer.

Important notice

All the information contained herein is believed to be accurate and reliable. However, SENSOR LINE assumes no responsibility for its use or for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent rights of SENSOR LINE GmbH.

SENSOR LINE GMBH SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INCIDENTAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES RELATED TO THE USE OF THIS PRODUCT.

All rights reserved. Reproduction or adaptation of any part of this documentation beyond without permission of the Copyright owner is unlawful.

© Copyright 2007 by:



President/CEO:
Fred Motzko
Register Office:
Ingolstadt
HRB 101468

Address:
Sensor Line – Gesellschaft für
optoelektronische Sensoren mbH
Carl-Poellath-Str. 19
D-86529 Schrobenhausen/Germany

Tel.: +49-8252-8943-0
Fax: +49-8252-8943-11
eMail: info@sensorline.de
Hp: www.sensorline.de

Bank Account:
Stadtparkasse Schrobenhausen
IBAN:DE64 72151880 0000 221150
SWIFT-BIC: BYLADEM1SSH
VAT: DE 181 207 708

Data Sheet

SL Cast 90

General product information

Solvent free elastic two component polyurethane *casting resin* with good low temperature properties and low pouring viscosity. **SL CAST 90** is designed as a casting for embedding of Fiber Optic Traffic Sensors or for other sensor applications.

Typical properties at 20 °C

	Polyol SL CAST 90-POL	Polyisocyanate SL CAST 90-ISO	Mixture
Density [g/cm ³] DIN 53217/2	1.26	1.20	1.24
Viscosity [mPa·s] DIN 53018/1+2	2700	300	1200
Mixing ratio by weight	100	33	-

Colour: black

Potlife: from 2 till 13 minutes possible

Curing profile

Curing time depends on the potlife, material temperature and ambient temperatures.

Typical values of cured casting

Shore hardness	35 D / A 92	DIN 53505
Tensile strength	11.0 N/mm ²	DIN 53455
Elongation at break	250 %	DIN 53455
Tear resistance	20 N/mm	DIN 53356

Processing Conditions

The resin component should be stirred well before using. The processing is done by preference with a two component metering and mixing machine. These machines enable a working with short potlives. The parts to be glued should be clean, dry and free from grease.

Precaution

Material safety data sheets SL CAST 90-ISO and SL CAST 90-POL should be read very carefully before use.

Packaging

3 Kg units. Others size on request.

Storage life

Both components must be protected against humidity. Do not store at temperature below + 5 °C. 15 - 20 °C is the most favourable storage temperature. Original closed units can be stored for at least 6 months at ambient temperature. After a long storage period, the resin component should be stirred well before using.

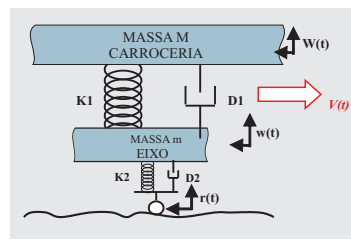
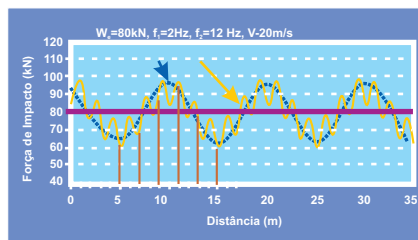
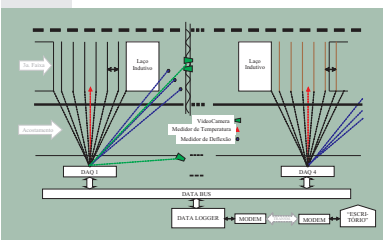
Notice

The information herein is based on our present experience and is believed to be correct. Notice of legal requirements and existing patent rights has to be taken.

Important notes:

Our advice in connection to technical applications either verbal, written or by means of experiments are given in good faith and to the best of our knowledge as an indication without obligation also in respect of third party protection. This does not dismiss the users obligation to check that the supplied product is suitable for the desired purpose and that the necessary precautionary measures have been taken. Application, use and processing of our products take place outside our control possibilities. They are therefore the responsibility of the end user. We kindly refer you to our standard sales conditions. As our data sheets are regularly updated, please check your files to confirm you have the current edition. It is sometimes useful to perform application tests or to develop special variations for certain projects. For more specific information please contact our Technical Department.

Sensor Line - Gesellschaft für optoelektronische Sensoren mbH
In der Scherau 1, D-86529 Schrobenhausen, Germany
Tel.: +49 (0) 8252 / 8943-0, Fax: +49 (0) 8252 / 8943-11



DNIT



NEP