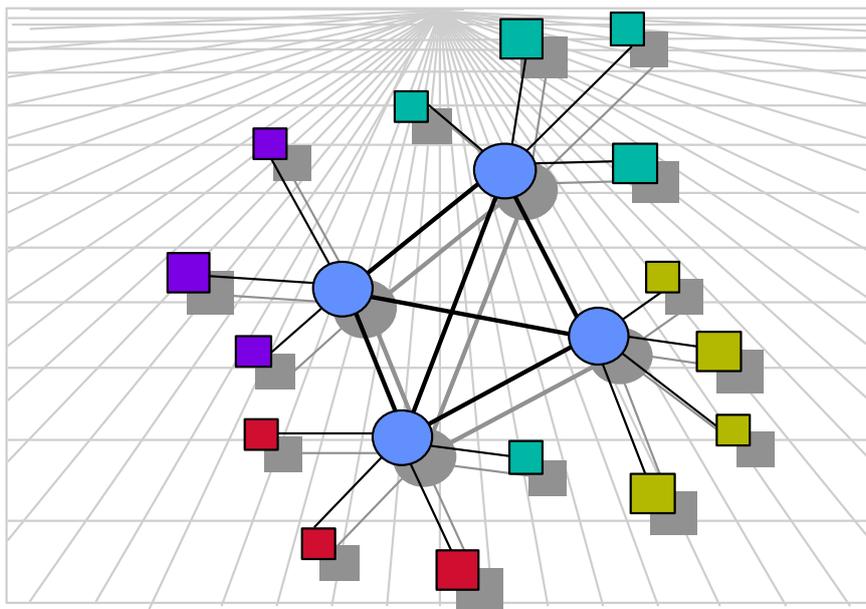


Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL



Agosto 20XX

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

Sumário

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Objetivo | 02 |
| 2 | Introdução | 02 |
| 3 | Desenvolvimento | 03 |
| | <i>3.1 Questionário</i> | 03 |
| | <i>3.2 Empresas de Serviço de Canhoneio Participantes do Estudo</i> | 04 |
| | <i>3.3 Avaliação do Material Apresentado pelas Empresas</i> | 04 |
| | <i>3.3.1 Tipos de segurança para cada operação</i> | 05 |
| | <i>3.3.2 Fatores que podem contribuir para a ocorrência de acidentes</i> | 07 |
| | <i>3.4 Considerações Adicionais</i> | 09 |
| 4 | Recomendações e Procedimentos | 09 |
| | <i>4.1 Objetivo</i> | 09 |
| | <i>4.2 Escopo</i> | 09 |
| | <i>4.3 Definições</i> | 09 |
| | <i>4.4 Generalidades</i> | 09 |
| | <i>4.4.1 Treinamentos</i> | 10 |
| | <i>4.4.2 Trem Explosivo</i> | 11 |
| | <i>4.4.3 Dispositivos Eletro-Explosivos</i> | 12 |
| | <i>4.4.4 Risco de Descarga Eletrostática</i> | 14 |
| | <i>4.4.5 Risco da Rádio Frequência</i> | 16 |
| | <i>4.4.6 Risco do Aterramento</i> | 19 |
| | <i>4.4.7 Risco das Tempestades</i> | 20 |
| | <i>4.5 Sugestões para Aplicação</i> | 22 |
| | <i>4.5.1 Princípios fundamentais</i> | 22 |
| | <i>4.5.2 Procedimento nas Operações de Canhoneio</i> | 24 |
| | <i>4.5.3 Procedimento na Escolha dos Detonadores</i> | 25 |
| | <i>4.6 Considerações Adicionais</i> | 26 |
| 5 | Conclusões Finais | 27 |
| 6 | Bibliografia | 28 |
| | Anexos | 29 |
| | 1- Questionário | 30 |
| | 2- Respostas ao Questionário | 31 |

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

1 Objetivo

Este relatório é um trabalho que avalia os procedimentos de segurança adotados por empresas que prestam serviço a XXXXXXXX na realização de operações de canhoneio. A avaliação tem como objetivo apresentar recomendações visando minimizar a ocorrência de uma detonação involuntária em canhões, como a ocorrida na sonda SSS-XX, operando na bacia de Sxxxxx-XXXXXX em xx de XXXXXX de 20xx.

2 Introdução

As operações de canhoneio na indústria petrolífera estão baseadas na aplicação do efeito carga oca ou Munroe produzida por explosivos, de modo que se obtenha perfurações em rochas. Este efeito foi amplamente estudado pela indústria bélica, juntamente com as condicionantes de segurança no emprego de explosivos. A indústria petrolífera utiliza-se de um mecanismo de disparo que tem o início em um Dispositivo Elétrico de Disparo (Detonador Elétrico) este inicia um cordel detonante (Primacord), que por sua vez inicia as cargas explosivas (cargas oca). Muitas das munições modernas, que empregam o efeito Munroe, são consideradas altamente seguras. Estas também possuem um detonador elétrico, que inicia uma carga reforçadora, que por sua vez inicia a carga explosiva. Entretanto, estes dispositivos militares normalmente apresentam também uma segurança mecânica. Outros dispositivos como os mísseis além da segurança mecânica apresentam também uma segurança pneumática. O número de segurança extra é uma função do poder de destruição do artefato bélico.

Em termos de indústria bélica, a análise também deve ser realizada ao nível do operador, ou seja, as pessoas mais diretamente afetadas pelas conseqüências de uma falha. Alguns fatores primordiais podem ser considerados nesta análise:

- 1) Tipos de Seguranças para a Operação;
- 2) Condição do procedimento escrito;
- 3) Fatores que contribuem para a ocorrência de incidentes;
- 4) Gravidade das conseqüências.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

Não obstante, deve-se considerar que o operador pode contribuir tão significativamente para a ocorrência de incidentes quanto um procedimento escrito inadequado.

O Relatório Final do Acidente em Operação de Canhoneio, ocorrido na Plataforma XXX-XX no dia xx de Xxxxxx de 20xx”, já entregue ao XXXXX/XXXXXXXXX, apresentou algumas recomendações de segurança que minimizam a ocorrência de incidentes. O presente projeto realiza a continuação deste trabalho de modo a que se estenda a outras empresas e se reavalie as recomendações.

A partir destas considerações iniciais, propõe-se avaliar os procedimentos de segurança adotados por empresas que prestam serviço a Xxxxxxxx na realização de operações de canhoneio. Iniciando-se pela solicitação de um questionário de forma a conhecer os procedimentos adotados por cada empresa e o tipo de operação de canhoneio realizada. Além de um questionário, o conhecimento do ambiente de operação também contribuirá para avaliar os fatores que podem colaborar para a ocorrência de incidentes e a gravidade das conseqüências. Com efeito, pretende-se chegar a recomendações que possam ser implementadas de forma a cooperar com o aumento da segurança.

3 Desenvolvimento

3.1 Questionário

Objetivando conhecer os fatores que podem afetar a segurança da operação de canhoneio, foi enviado as empresas prestadoras de serviço de canhoneio para a Xxxxxxxx um questionário, sua íntegra está no Anexo 1 e as respostas das empresas encontram-se no Anexo 2.

As respostas do questionário entregue pelas empresas foram bastantes informativos, demonstrando os cuidados tomados por cada empresa na realização da operação de canhoneio. Entretanto, quando se solicitou que se listasse toda a rotina de procedimentos, as empresas aparentemente resumiram seus procedimentos (provavelmente o consideram um segredo industrial). Considerando o conjunto das respostas apresentadas, observa-se que há um consenso em empregar o detonador como componente chave da segurança. Como já apresentado, a possibilidade de ocorrência de incidentes está também atrelada à responsabilidade individual, e as responsabilidades de cada ação deveriam ser de fácil identificação. Observa-se ainda que muitos procedimentos não comentam sobre os controles de rastreamentos disponíveis para cada ação.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

Ainda considerando as respostas ao questionário, os procedimentos escritos deveriam, necessariamente, ser um componente essencial do programa de trabalho. Os procedimentos deveriam incluir referências ao treinamento, um sentido de espírito de grupo e uma forma não opressiva de informação sobre os riscos e responsabilidades de cada operação

3.2 Empresas de Serviço de Canhoneio Participantes do Estudo

| Empresa | Dados | Responsável | Local |
|----------------------------------|-----------------------------------|--|---------------------------|
| <i>Aaaaa Aaaaa aa Aaaa Ltda</i> | Xxxxxxxx Tel xxxxx Fax xxxx | Xxxxxxx Tels. xxxx Celular: xxx e-mail: X.com | Xxxx – Xx |
| <i>Ssssss Ssssss Ltda.</i> | Xxxxxxxx Tel xxxxx Fax xxxx | Xxxxxxx Tels. xxxx Celular: xxx e-mail: X.com | Xxxx – Xx |
| <i>Dddddddddd</i> | Xxxxxxxx Tel xxxxx Fax xxxx | Cccccccc | Xxxx – Xx |
| <i>Fffff Ffff ff Fffff Ltda.</i> | Xxxxxxxx Tel xxxxx Fax xxxx | Xxxxxxx Tels. xxxx Celular: xxx e-mail: X.com | Mossoró – RN Xxxx – Xx |
| <i>Ssssss Ssssss Ltda.</i> | Xxxxxxxx Tel xxxxx Fax xxxx | Xxxxxxx Tels. xxxx Celular: xxx e-mail: X.com | Xxxx – Xx |
| <i>Jjjjjjjjjjjjjjjj</i> | Xxxxxxxx Tel xxxxx Fax xxxx | Cccccccc | Xxxx – Xx |

3.3 Avaliação do Material Apresentado pelas Empresas

A avaliação dos fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes e da gravidade das conseqüências não pôde ser levantada somente a partir dos questionários, sendo necessário a realização de visitas as empresas prestadoras de serviço. As visitas se seguiram em duas jornadas, a primeira realizada dias 04 e 05 de xxxxxxxx em XXXXXX-XX, onde foram realizadas visitas e reuniões com as empresas Ggggg, Hhhhhhhh e Jjjjjjjjjjjjjjjj. A Segunda jornada foi

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

realizada nos dias 16 a 18 de llllllllll em Cccccc-CC, onde foram realizadas visitas e reuniões com as empresas Hhhhhhhh, Ddddddde Ppppppp. A pauta de reunião com as empresas se baseou no esclarecimento das respostas referentes aos questionários e aos procedimentos escritos entregues. Foram também discutidos os aspectos relevantes que diferenciam as operações em terra e no mar.

Um dos aspectos que foram primeiramente discutidos foi a verificação do perfeito entendimento das perguntas solicitadas no questionário por parte das empresas. Sendo constatado que algumas perguntas não foram completamente entendidas.

Os seguintes aspectos também foram discutidos junto às empresas, de forma a identificar possíveis possibilidades de falhas de segurança:

3.3.1 Tipos de segurança para cada operação

Os procedimentos gerais de segurança no armazenamento, transporte e cuidado com os explosivos foram bem evidenciados. A segurança intrínseca dos trens explosivos, formados para a operação de canhoneio, foram discutidas a luz das configurações normalmente utilizada em trens explosivos de armamentos. Desta forma, o emprego do detonador elétrico como componente chave da segurança de um canhão foi discutido com as empresas. Foi observado que praticamente não ocorre o emprego de uma segurança mecânica entre o detonador elétrico e o cordel detonante, o que impediria a detonação do canhão em caso de um acionamento não esperada do detonador. A Hhhhhhhh, em operações com disparo tipo “top fire”, utiliza um dispositivo de segurança mecânico, que mantém o canhão em segurança até que o mesmo esteja no raiser.

Este dispositivo simples, nada mais é do que um parafuso que interrompe mecanicamente a transmissão da onda de choque, de tal forma que em caso de acionamento do detonador não ocorrerá sensibilização do cordel detonante. Este tipo de dispositivo aumenta a segurança da operação

A Figura 1 apresenta este dispositivo quando da visita realizada na base de Oooooo, XX

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

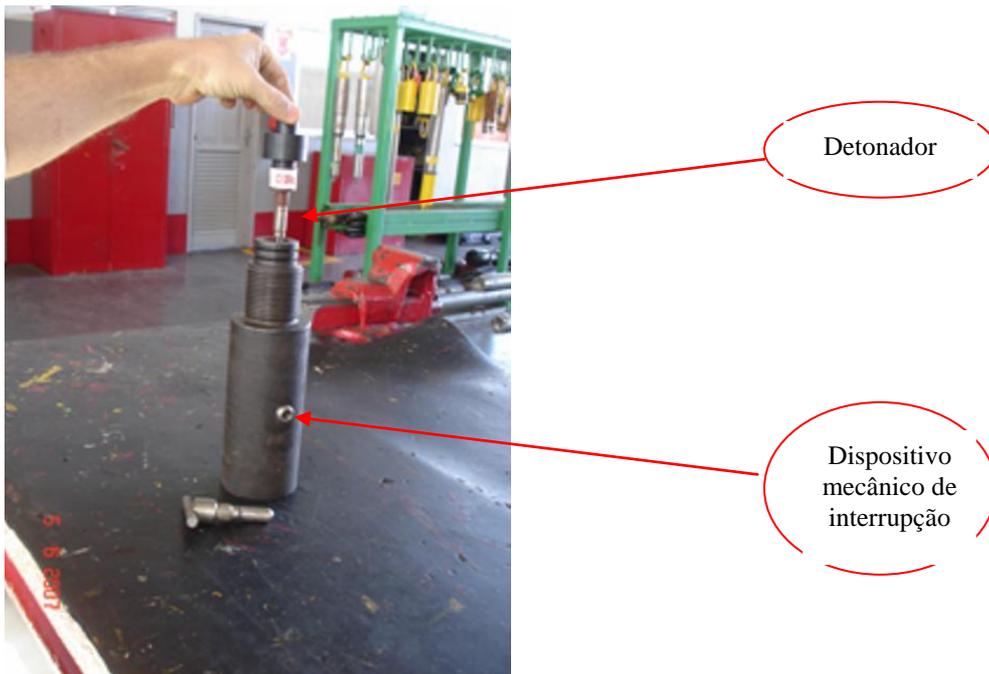


Figura 1: Dispositivo de segurança mecânico

Entretanto, a própria Hhhhhhhhh não utiliza este mecanismo quando em operações que utilizam o disparo seletivo. Desta forma, observou-se que há uma tendência geral de não se utilizar tais dispositivos. Uma razão apresentada é que seria necessário realizar novos projetos para as peças de acoplamento dos canhões, o que encareceria a operação. Entretanto a idéia do emprego do dispositivo mecânico de segurança pode ainda ser amadurecida junto às empresas. O funcionamento deste dispositivo é esquematicamente exibido da Figura 2.

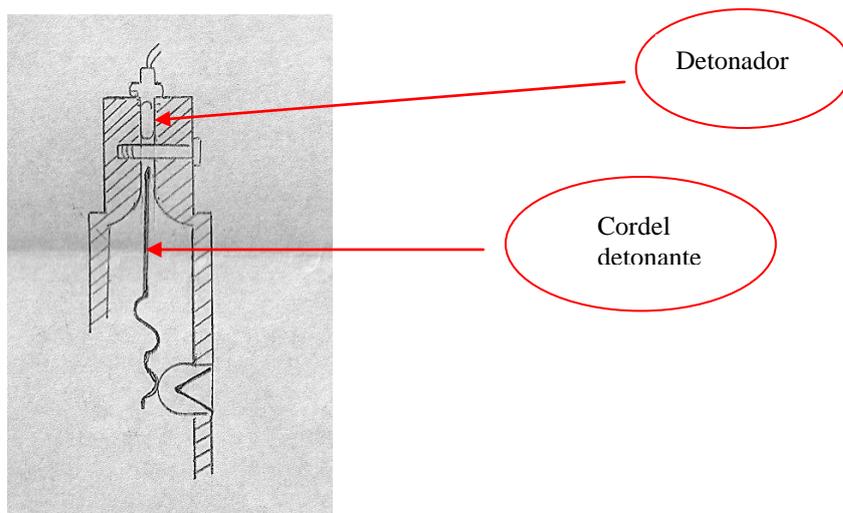


Figura 2 : Esquema do dispositivo de segurança mecânico

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

Deve-se ressaltar que a segurança seria “armada” no momento em que o canhão estivesse entrando no raiser.

3.3.2 Fatores que podem contribuir para a ocorrência de acidentes

Observou-se que há empresas que realizam treinamentos em suas equipes com maior frequência que outras, ou seja, o número de treinamentos realizado pelos operadores varia de empresa para empresa. Isto caracteriza que não há uma concordância quanto à frequência de realização de treinamentos e qual a quantidade necessária. Há um consenso quanto à responsabilidade da operação, que é atributo do engenheiro de campo. Mas se somente o engenheiro receber os treinamentos adequado, pode-se estar incidindo em erro.

Pelo que se pode inferir das reuniões realizadas com as pessoas das empresas, a recomendação de realização de treinamentos constantes com as equipes de canhoneio é um fator que certamente pode contribuir com a segurança das operações. O número e o nível de treinamentos devem ser ajustados pelas empresas de forma que as práticas sejam realizadas sempre de forma a contribuir com a motivação da equipe.

Os trabalhos de treinamentos realizados devem identificar as responsabilidades e os riscos de cada ação, isto não foi observado em todos os procedimentos escritos entregues pelas empresas. Mas estas informações garantem uma maior integração na equipe e permite um maior conhecimento das funções na sequência da operação de canhoneio.

A presença de procedimentos escritos, ilustrando toda a operação, identificando responsabilidades e riscos assim como a programação para uma realização de treinamentos constantes são fatores relevantes que devem ser considerados pelas empresas.

Foi também verificado que a utilização de um determinado tipo de detonador em um dado campo é decidido principalmente por fatores de natureza econômica, ou seja, muitas vezes se procura utilizar detonadores mais vulneráveis, pois o poço em questão não compensa por ser de baixa produtividade. Esta atitude pode ser melhorada pelo conhecimento, por parte das empresas, do risco real envolvido na decisão de utilizar detonadores mais vulneráveis. O entorno do local onde a operação de canhoneio está sendo realizada deve ser o primeiro fator a ser considerado. Em outras palavras, se uma dada empresa utiliza detonadores mais econômicos em um poço próximo a um povoado, não se pode assegurar a condição de silêncio rádio, condição necessária para o emprego de certos detonadores. Desta forma, foram visualizados alguns fatores de risco

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

que poderiam ser mais bem controlados por intermédio do cumprimento de recomendações de segurança, que são diretrizes a serem apresentadas as empresas, de tal sorte que haja um nivelamento de conhecimento sobre as seguranças necessárias para a operação de canhoneio. Estas recomendações constituem a parte mais importante desse projeto, estando focada nos elementos básicos de segurança, constituindo um documento dinâmico que possa ser atualizado em função do surgimento de novas tecnologias.

Observa-se ainda que em alguns procedimentos escritos, o termo explosivo secundário representa uma condição de maior segurança. Entretanto, a rigor, a natureza química dos explosivos lhes confere uma instabilidade que com o passar do tempo os torna mais sensíveis, até que haja uma auto ignição ou detonação. Portanto, o trabalho com explosivos é uma atividade de risco onde, se não houver prevenção, um acidente pode ocorrer e envolver terceiros. O decreto Nr 3665, de 20 de novembro de 2000 apresenta a última versão do Regulamento de Fiscalização de Produtos Controlados (R-105), onde além de questões relacionadas a parte de fiscalização há recomendações técnicas, onde se pode destacar as tabelas de quantidade x distância; as normas de transporte; descarte e armazenamento. As empresas devem estar sempre atentas às normas vigentes.

A previsão da gravidade das conseqüências de uma detonação involuntária está baseada no princípio da minimização das ocasiões em que nos expomos aos explosivos. Isto muitas vezes é obtido pela aplicação das tabelas de quantidades x distâncias. Quando estamos próximos a explosivos podemos dizer que, em caso de detonação, estaremos expostos aos seguintes efeitos, que são função da quantidade detonada:

- Na região mais próxima as pressões atingem valores altíssimos em microssegundos estes valores de pressão são suficientes para fragmentar metais e gerar estilhaços que são impulsionados a alta velocidade;
- A onda de pressão formada em uma detonação decai com o cubo da distância, ou seja, muitas vezes podemos nos proteger dos estilhaços, mas a onda de pressão pode provocar de rompimentos pulmonares a rompimento de tímpano;
- Se estivermos a uma distância maior, devemos ainda nos preocupar com a onda de calor gerada (radiação térmica) em uma explosão, pois este calor de detonação normalmente é suficiente para provocar novas explosões e incêndios.

Não foi objetivo desse projeto explicar a teoria dos efeitos decorrentes de uma detonação, mas enfatizar às empresas a importância do cumprimento das recomendações de segurança sugeridas de modo a minimizar a ocorrência de acidentes.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

3.4 Considerações Adicionais

A avaliação realizada sobre os procedimentos adotados durante as operações de canhoneio permitiu, através do contato com as empresas prestadoras de serviço, o conhecimento das doutrinas empregadas. Observou-se que há um consenso na escolha do emprego do detonador como componente chave da segurança. A implantação de recomendações adicionais foram bem recebidas pelas empresas, sendo que muitas das recomendações que serão apresentadas foram discutidas e apreciadas com os técnicos das empresas visitadas.

4 Recomendações e Procedimentos

4.1 Objetivo

O objetivo destas recomendações é minimizar o risco associado às operações de canhoneio.

4.2 Escopo

As presentes recomendações se aplicam as operações de canhoneio e a outras operações que empregam explosivos e dispositivos eletro-explosivos.

4.3 Definições

Dispositivo eletro-explosivo – dispositivo de ignição de explosivos comandado por corrente elétrica, também conhecido como detonador e espoleta;

Detonação – reação de decomposição do explosivo, sua velocidade é supersônica;

Explosivos primários – explosivos que devido a sua maior sensibilidade podem ser detonados sem o uso de um agente de detonação;

Explosivos secundários – explosivos que devido a sua baixa sensibilidade, necessitam ser detonados através de outro explosivo, que esteja em conexão balística com ele;

Trem explosivo – seqüência de explosivos balisticamente ligados, onde o explosivo mais sensível inicia a detonação, que pode passar através de um reforçador até atingir a carga principal.

4.4 Generalidades

Um poço de óleo ou gás ao ser perfurado envolve a colocação de um revestimento. O revestimento é normalmente cimentado de modo a prevenir o desmoronamento do poço. Um aspecto importante no processo de completação do poço é a utilização de explosivos que, para tal, inclui aplicação de canhões contendo as cargas explosivas. Esses canhões são usados para

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

produzir furos no revestimento cimentado, de modo a permitir a conexão do poço com a região produtora de óleo ou gás. Um canhão típico pode ter um comprimento de um a cerca de uma dezena de metros e é descido ao poço através de um cabo de aço. O canhão pode conter de uma a dezenas de cargas explosivas ao longo de seu comprimento, de modo a produzir diversos orifícios no revestimento do poço. As cargas são dispositivos formados por alto-explosivos, que são interconectadas por um cordel detonante. O cordel, por sua vez, é acionado por uma espoleta elétrica ou genericamente um dispositivo eletro-explosivo. Em caso de uma detonação prematura, este sistema causará um dano severo nas vizinhanças. Se for prematuramente detonado próximo à superfície, ele poderá ferir ou matar as pessoas próximas além de produzir prováveis estragos materiais. Com vistas a melhorar a segurança, é possível atuar em duas linhas de ação:

- i) introduzir uma segurança mecânica ou pneumática que desalinha a espoleta do cordel detonante e só permita o alinhamento quando o canhão estiver na profundidade programada;
- ii) utilizar uma espoleta que nas condições de operação possa ser considerada de segurança.

É válido registrar que a introdução de segurança mecânica ou pneumática não é bem vista por muitas empresas, pois isto altera os projetos dos canhões.

O uso de dispositivos eletro-explosivos como agente de controle da operação e também como dispositivo de segurança principal conduz obrigatoriamente ao estabelecimento de diretrizes de segurança que garantam a segurança da operação.

O risco aumenta pela presença de energia de rádio frequência, geradores e motores de corrente alternada e eletricidade estática. Praticamente toda operação offshore inclui rádio frequência, geração de corrente alternada e movimento de pessoas (possibilidade de geração de eletricidade estática). Nestes casos é extremamente importante o uso de dispositivos eletro-explosivos que sejam de acionamento muito difícil, ou seja, necessitem de uma alta energia para detonar.

4.4.1 Treinamentos

Acidentes muitas vezes são causados por um conjunto de fatores e circunstâncias que poderiam ser evitadas pelo conhecimento da operação, de suas limitações, riscos e o que fazer em caso de falha.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

Aqueles que trabalham com trem explosivos devem receber treinamentos constantes em função do risco de sua atividade. A segurança repousa sobretudo na rigorosa observância das normas e regras estabelecidas para os trabalhos com explosivos. Os fatores intrínsecos dos explosivos, sua natureza instável e sua sensibilidade deve ser uma característica de conhecimento geral daqueles que trabalham com estes materiais.

O emprego de uma política de treinamentos constantes, apresentações de vídeos e de slides do que é um acidente com explosivos e as conseqüências decorrentes, tanto do lado jurídico quanto de danos têm sido muito utilizadas em fábricas de material explosivo, como uma forma de manter o ambiente de atenção necessário ao trabalho com explosivos.

Como já apresentado, a possibilidade de ocorrência de acidentes está também atrelada a responsabilidade individual, e as responsabilidades de cada ação deveriam ser de fácil identificação, assim como os treinamentos e controles disponíveis para cada ação. O planejamento e as alternativas em caso de imprevistos devem também fazer parte de um treinamento para as equipes, assim como a exposição clara e precisa da operação antes da mesma se iniciar.

4.4.2 Trem Explosivo

Tradicionalmente, o trem explosivo usado em sistema de armas utiliza o conceito da segurança por interrupção de uma ação não comandada, ou seja, entre o detonador e a linha de fogo há um dispositivo de segurança, que pode ser mecânico ou pneumático, que interrompe a propagação de uma detonação involuntária. A Figura 3 representa um trem explosivo.



Figura 3 Trem explosivo

Um dispositivo de interrupção tipo segurança-armado torna o trem explosivo seguro. Entretanto, se há uma segurança inerente ao detonador utilizado para cumprir uma dada missão, o uso do dispositivo de interrupção tipo segurança-armado, pode ser suprimido, desde que haja um perfeito conhecimento das limitações inerentes do sistema utilizado. Sem o dispositivo de interrupção, o trem explosivo pode ser relativamente pequeno, leve e mais barato. Tal configuração é a preferida das empresas que realizam as operações de canhoneio, sendo então

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

necessário operar em condições que estejam dentro dos requisitos de ambiente e do detonador utilizado.

Ainda com respeito ao trem explosivo, deve-se considerar sempre a necessidade do manuseio correto de qualquer tipo de explosivo, mesmo os explosivos secundários.

4.4.3 Dispositivos Eletro-Explosivos

Os detonadores elétricos e espoletas, também conhecidos como dispositivos eletro-explosivos, podem ser de diferentes tipos, apresentando diversos níveis de segurança. A Tabela 1 a seguir apresenta os tipos mais comuns de dispositivos eletro-explosivos, com suas características principais.

Tabela 1 – Tipos e Características Principais dos Dispositivos Eletro-Explosivos

| Tipo | Princípio de funcionamento | Explosivo utilizado | Corrente limite de não ignição aproximada | Voltagem limite de não ignição aproximada | Energia aproximada para ignição |
|---|---|----------------------------|--|--|--|
| BW (ponte de fio resistivo) | A corrente elétrica aquece uma ponte elétrica de 1-2 Ω e esta sensibiliza um misto pirotécnico | primário | 0,2 A | 10V | 0,06 J |
| SCB (ponte semicondutora) | Um pulso elétrico de baixa energia, ignita uma ponte de material semi-condutor, que produz uma descarga de plasma que ignita o explosivo. | Secundário | - | 120V | < 1 mJ |
| EBW (ponte de fio nobre que explode) | Um pulso elétrico explode uma ponte elétrica formada por um filamento de ouro, que ignita o explosivo. | Secundário | 180 A | 500V | > 1 J |
| EFI (ponte de folha metálica que explode) | Um pulso elétrico explode uma ponte elétrica formada por uma folha metálica, que ignita o explosivo. | Secundário | - | 1100V de um capacitor de 0,25 μ F | 0,3 J |

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

Os detonadores tipo BW (ponte de fio resistivo) constituem o tipo clássico de detonadores, eles usam um pequeno filamento metálico com cerca de 1-2 Ω , que ao aquecer pela passagem de uma corrente elétrica ignita um misto pirotécnico sensível ao calor e este por sua vez causa a detonação de um explosivo primário. Do ponto de vista de construção, este detonador apresenta menor custo, entretanto sua maior sensibilidade, causada pelo uso de um misto sensível, presença de explosivo primário e necessidade de uma baixa voltagem para acioná-los. Estas características fazem com que o emprego dos detonadores tipo BW ocorra em ambientes que se possa principalmente controlar fatores como a indução eletromagnética e as correntes espúrias.

Atualmente existe um aprimoramento dos detonadores tipo BW, que utiliza um transformador de núcleo de ferrite de modo a isolar o detonador da linha de disparo. Esta inovação permite uma maior segurança contra a indução de RF, e para o disparo necessita uma corrente alternada em uma frequência específica. Contudo, esta inovação não acha emprego quando se utiliza o disparo seletivo.

Os detonadores tipo SCB (ponte semi-condutora), constituem um tipo mais recente de desenvolvimento. A ponte de elementos semicondutores é uma tecnologia de filme fino, que quando sujeita a um pulso de corrente de baixa energia, produz uma descarga de plasma capaz de ignitar materiais energéticos. Como o volume do elemento resistivo é muito menor que o da ponte clássica, a resposta temporal de um SCB é de cerca de dezenas de microsegundos ($<40\mu s$) a uma energia menor que 1 mJ. Por ser um elemento semi-condutor, a resistência varia com a voltagem aplicada de forma que é possível haver a dissipação de um certo grau de energia em caso de passagem de correntes espúrias, sem que haja detonação. A detonação normalmente é conseguida pela aplicação do pulso elétrico específico, desta forma há um grau maior de segurança no emprego dos SCB.

Os detonadores tipo EBW e EFI são detonadores desenvolvidos para aplicações militares, possuem um grau de segurança excelente, pois necessitam um pulso elétrico de maior energia para a sua detonação. Entretanto, o sistema de disparo e o cabeamento devem ser projetados de forma a poderem conduzir o pulso de energia necessário para detoná-los.

Assim, cada tipo de dispositivo eletro-explosivo apresenta um nível de energia necessária para que ocorra a ignição, entretanto, o limite de segurança contra correntes espúrias é um item que depende da configuração do detonador.

4.4.4 Risco da Descarga Eletrostática

Uma descarga de alta voltagem poderá acionar um detonador. Esta alta voltagem poderá vir através de uma descarga eletrostática. Tais cargas eletrostáticas podem ser obtidas através do contato entre objetos juntamente com algum tipo de movimento.

Quando materiais diferentes são friccionados, temos um exemplo de contato e separação. O efeito eletrostático resultante é conhecido há muito tempo. De fato, a palavra elétron provém do Grego para o âmbar. Milhares de anos atrás, pessoas notavam que quando se atritava o âmbar com a lã, o âmbar atraía o cabelo ou outros objetos pequenos. Hoje em dia sabe-se que o movimento pode gerar variações nas cargas elétricas de um corpo. A separação de cargas eletrostáticas pode crescer de modo a gerar um potencial de milhares de volts. A hipótese eletrostática tem servido para explicar muitos acidentes envolvendo dispositivos eletro-explosivos. Entretanto, o acúmulo de cargas eletrostáticas é um fenômeno randômico. Por exemplo, uma pessoa pode alisar um gato por 100.000 vezes, e em apenas uma é possível adquirir cargas suficientes para que se produza uma faísca ao se tocar o solo.

Se forem realizados muitos experimentos, para obter cargas estáticas, é possível eventualmente observar um resultado com alta voltagem (faísca). Sendo possível observar uma voltagem maior do que todos os valores observados anteriormente. De forma, que se formulou a seguinte hipótese: ações que comumente geram uma pequena carga eletrostática podem, em ocasiões raras, produzir uma carga maior que vai gerar uma alta voltagem, podendo ser descarregada em forma de faísca. Esta hipótese pode explicar uma série de acidentes que envolvem explosivos.

Dispositivos eletro-explosivos, como espoletas e detonadores podem resistir até certo nível de descarga elétrica, mas podem ser vulneráveis a um tipo raro de descarga (que gera a faísca). A norma americana MIL – DTL – 23659 D especifica um teste de descarga eletrostática para eletro-explosivo. Neste teste, um capacitor de 500pF é carregado com 25 kV e é descarregado através de um resistor de 5kΩ em um dispositivo eletro pirotécnico em teste. A Figura 3 esquematiza o diagrama do teste, onde B é uma fonte ajustada para 25kV. O capacitor C é de 500pF e o resistor em série R é de 5kΩ. O teste é realizado entre os pinos e a carcaça e entre pino a pino do detonador elétrico.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

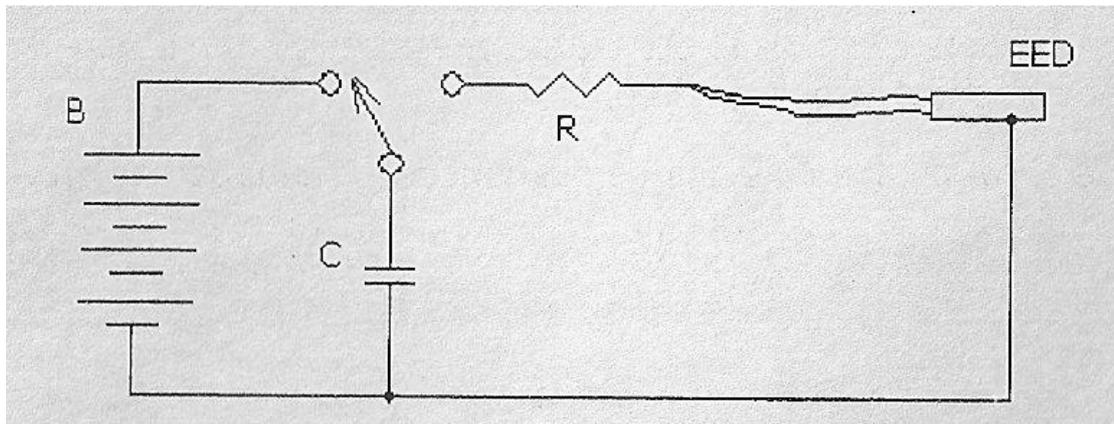


Figura 3 Circuito para teste eletrostático

Este circuito foi projetado para produzir uma faísca que seja similar (mas não mais forte) a uma produzida por uma pessoa carregada. O teste da MIL – DTL – 23659 D não é adequado para mostrar que um detonador é absolutamente seguro contra cargas eletrostáticas pessoais, mas oferece um mínimo de segurança, principalmente quanto ao manuseio.

Mesmo sabendo que um dado dispositivo foi aprovado no teste da MIL – DTL – 23659 D, deve-se ainda ter muito cuidado. Deve-se utilizar sempre equipamentos com proteção anti-estática (aterramento) e seguir procedimentos anti-estáticos. Um detonador, embora tenha passado num teste eletrostático, pode ainda que mais raramente ignitar por um toque de uma pessoa carregada. Nem sempre se pode culpar um fabricante por causa de problemas de segurança. Normalmente, os processos de fabricação são uniformes e muitos fabricantes costumam testar 100 % seus produtos com dispositivos semelhantes ao da Figura 2. Se ocorrer um acidente, quando alguém simplesmente toca no detonador ou no circuito de disparo e o detonador explode, normalmente se culpa o fabricante. Mas então o que poderia estar errado? O real risco pode estar em se cumprir corretamente um procedimento errado, ou seja, cada tipo de detonador requer um procedimento específico. Pode-se trabalhar com detonadores que tenham passado por testes eletrostáticos, mas ainda se devem tomar precauções contra a eletricidade estática. Uma precaução importante é prender um terra a tudo que se mova, inclusive pessoal ou que as mesmas utilizem calçados de sola condutora. O movimento pode causar a separação de cargas eletrostáticas, portanto tudo que se move deve estar aterrado. A blindagem e o aterramento do circuito de disparo e do corpo do detonador são medidas úteis para evitar o risco das cargas estáticas, juntamente com o aterramento de tudo o que se move. A observação dos valores de umidade do ar são também importantes, pois valores de umidade abaixo dos 40% cooperam fortemente com a formação de cargas eletrostáticas.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

4.4.5 Risco de Rádio Frequência

Campos eletromagnéticos assim como a eletricidade estática podem causar a iniciação de dispositivos eletro-esplosivos. Um campo eletromagnético oscilante pode produzir voltagem. Se esta voltagem ocorre na linha que leva ao dispositivo eletro-esplosivo, há a possibilidade de ocorrência de um disparo prematuro, de modo similar a uma descarga eletrostática. Embora se possa sempre esperar problemas com estações de rádio ou radares, estas não são as únicas fontes de risco. Há investigações que relatam acidentes provocados por rádios tipo walkie-talkie e aparelhos celulares, portanto os aparelhos que transmitem rádio frequência nunca devem estar próximos a trens explosivos.

Um padrão de frequência que sensibiliza um dispositivo eletro-esplosivo varia com o tipo de dispositivo. Cada dispositivo eletro-esplosivo tende a possuir frequências de ressonância definidas, ou seja, todo dispositivo é sempre mais sensível a uma frequência específica do que ao restante da faixa.

De modo a evitar problemas no uso dos dispositivos eletro-esplosivos na presença de campos eletromagnéticos, os dispositivos eletro-esplosivos devem ser sempre guardados em caixas metálicas próprias. Os terminais dos dispositivos eletro-esplosivos devem estar sempre curto-circuitados (shunt) e enrolados entre si, de modo a evitar a formação de uma antena. A Tabela 2 abaixo apresenta a distância de segurança mínima recomendada por manuais militares para o uso de transmissores de RF, frente a dispositivos eletro-esplosivos que utilizam ponte elétrica e explosivos primários. Esta Tabela, não é absoluta, pois as configurações de cada dispositivo eletro-esplosivo, pode conferir uma frequência de ressonância, entretanto seu caráter didático serve para evidenciar o risco da proximidade de transmissores de RF.

Tabela 2: Distâncias de silêncio rádio para dispositivos eletro-esplosivos com ponte elétrica

| Transmissor Potência (W) | Distância mínima de segurança (m)* | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------|-------------|---------------|---------------|
| | 1.6 a 3,4 MHz | 28 a 29,7 MHz | 35 a 54 MHz | 144 a 148 MHz | 450 a 480 MHz |
| Até 10 | 12,2 | 30,5 | 12,2 | 4,6 | 3 |
| 50 | 27,4 | 67 | 27,4 | 10,7 | 6,1 |
| 100 | 38,4 | 94,5 | 39,6 | 15,2 | 9,1 |
| 250 | 61 | 149,4 | 62,5 | 22,9 | 13,3 |
| 600 | 91,4 | 231,6 | 96 | 35 | 21,3 |
| 1000 | 122 | 298,7 | 125 | 45,7 | 27,4 |

* estas distâncias se aplicam a todas as partes da operação, incluindo o cabeamento e o circuito de disparo.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

De posse do que foi exposto, pode-se considerar a análise do conjunto canhão / trem explosivo / cabeamento / sistema de disparo, a parte do cabo e do sistema de disparo, que estão acima da superfície pode atuar como antena. Em outras palavras, as partes que estão acima, na superfície podem captar a energia proveniente de um transmissor de RF próximo. As configurações que podem propiciar este tipo de falha podem envolver a existência de problemas de montagem ou de defeito no cabeamento.

O sistema considerado é confeccionado por um cabo de aço constituído por duas camadas de fios de aço, que contém em seu interior condutores elétricos, conforme a Figura 4 abaixo.



Figura 4: Cabeamento

As configurações apresentadas na Figura 5 abaixo representam as configurações normais de uso. Em ambos os casos os cabos blindam o cabeamento contra induções de RF.

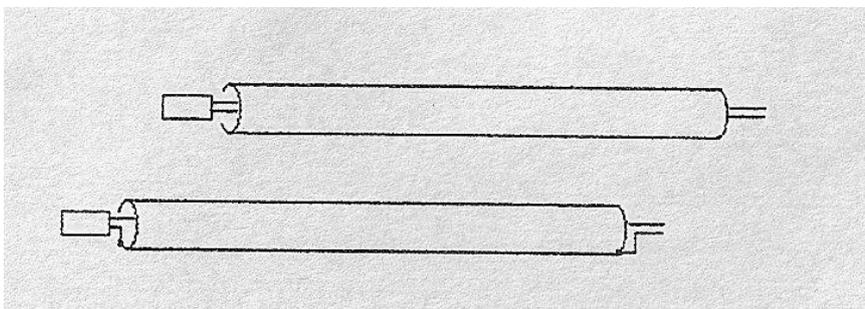


Figura 5 – Configurações de Circuitos Normais de Utilização

Contudo, em caso de falhas nas configurações há a possibilidade de formação de uma antena para RF. Sejam as seguintes configurações apresentadas na Figura 6.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

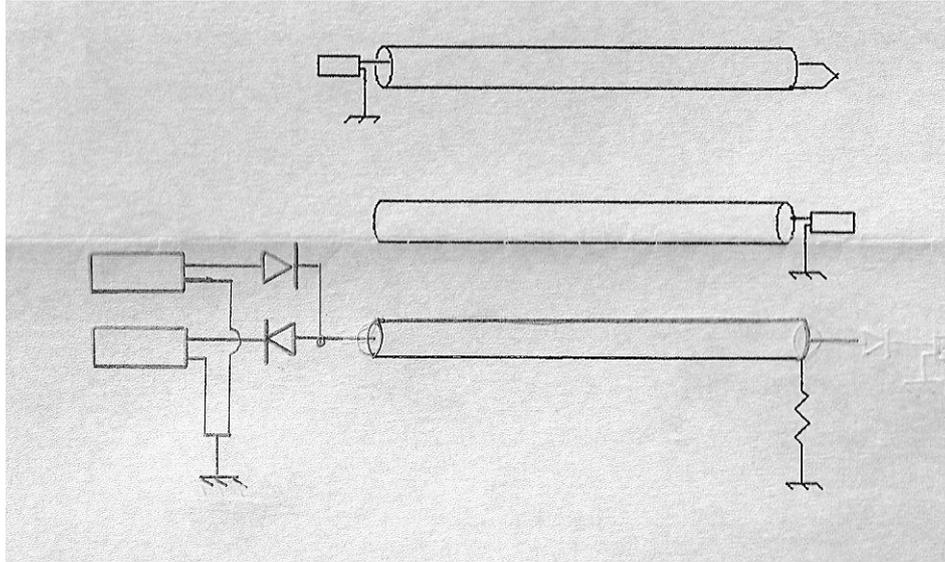


Figura 6 – Configurações de Circuitos que Podem Formar Antena.

No primeiro esquema, um dos terminais do detonador não está em contato com a blindagem do cabo e outro terminal se encontra aterrado. Ao mesmo tempo, os fios de ignição do detonador no final do cabeamento encontram-se curto-circuitados, mas não aterrados.

O segundo esquema um dos terminais do detonador está no mesmo potencial do cabo de aço e o outro terminal encontra-se aterrado.

O terceiro esquema representa uma configuração de disparo seletivo, onde tem-se detonadores com um terminal aterrado e o outro terminal encontra-se ligado a uma linha flutuante.

Os três esquemas anteriormente ilustrados são equivalentes e compõem circuitos que podem formar uma antena.

A ocorrência de defeitos no cabeamento ou no sistema de disparo pode transformar o cabeamento em uma antena de rádio e na presença de um rádio transmissor o detonador poderá ser acionado. A extensão deste risco depende do tipo de transmissor e da frequência.

Não se pode dizer qual a probabilidade da ocorrência de tais situações, (esta probabilidade vai depender das características dos equipamentos, do uso correto e do número de utilizações), entretanto com testes de medição de isolamento e de continuidade se pode verificar a existência destes defeitos.

Devido ao comprimento da linha a melhor opção é evitar todas as possibilidades de risco com RF. Recomenda-se além do cuidado e verificação do circuito na sua montagem, o uso do silêncio rádio quando um trem explosivo estiver próximo.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

4.4.6 Risco do Aterramento

A corrente elétrica só existe se há uma diferença de potencial. O terra pode ser considerado um sinal que contém zero volt absoluto. Ele é utilizado para igualar o potencial elétrico entre equipamentos. O terra representa, portanto, um potencial de zero volt absoluto. Isso é muitas vezes conseguido através da instalação de uma barra de ferro no solo (e daí o nome “terra”). Como a terra é uma fonte inesgotável de elétrons, o seu potencial é inalterável. Caso algum equipamento tente “alterar” o terra (como pode ocorrer com o neutro), o excesso de tensão é encaminhado para a terra, mantendo o potencial elétrico sempre em zero.

Quando se liga um circuito de disparo a um trem explosivo com detonador elétrico essa ligação é feita através de um cabo. O que acontecerá se o potencial elétrico da carcaça do circuito de disparo for diferente do potencial elétrico da carcaça do detonador? Na melhor das hipóteses, tem-se uma diferença de potência insuficiente para disparar o detonador, e na pior uma diferença suficiente para o disparo. Ou ainda pior, no caso de um dos terras ser compartilhado com equipamentos como motores ou geradores, nesta situação a diferença de potencial pode ser variável e suficiente para a ocorrência do disparo.

A função principal da utilização de aterramento, quando se utiliza detonadores elétricos, é o descarregamento para a terra de cargas elétricas que poderiam atingir o detonador e provocar o seu disparo. Estas cargas podem ser do tipo eletrostática, geradas por campos magnéticos e RF ou correntes de fuga provenientes de equipamentos elétricos.

A configuração estável de aterramento de detonadores elétricos é apresentada no esquema da Figura 7 abaixo, onde o detonador se encontrará aterrado pela carcaça e pelos terminais.

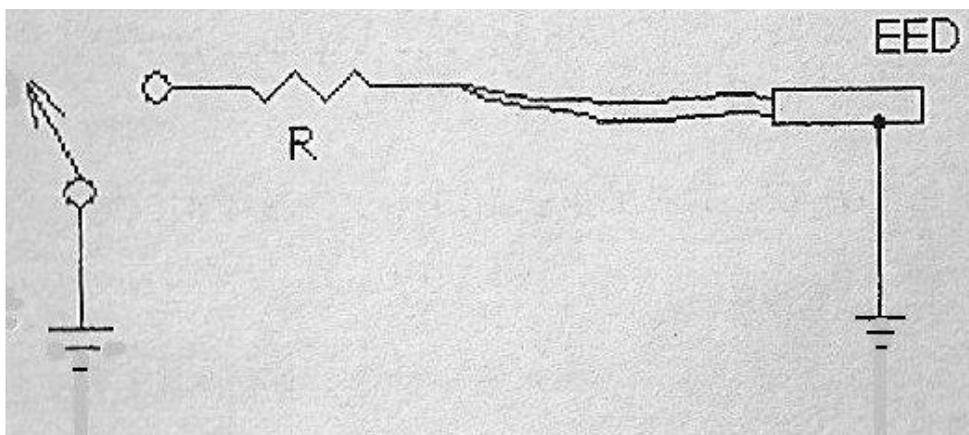


Figura 7 – Configuração Estável de Aterramento de Detonadores Elétricos.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

Um circuito elétrico bem planejado deve possuir um bom sistema de aterramento, entretanto bons sistemas de aterramento são obtidos em operações em terra. Quando as operações precisam ser executadas no mar, a obtenção de bons terras torna-se difícil (principalmente nestes casos as diferenças de potencial entre terras devem ser monitoradas antes e durante a montagem de trens explosivos e circuitos de disparo).

É válido lembrar que a falta de um bom sistema de aterramento e, pior, a deficiência ou inexistência deles é um fator de risco quando se utiliza detonadores elétricos.

4.4.7 Risco das Tempestades

As tempestades (tempestades elétricas) são de difícil previsão, mas acontecem com maior frequência no verão. As tempestades devem ser consideradas extremamente perigosas para os trabalhos com explosivos. As tempestades podem se mover a velocidades de 75 km por hora e a localização de uma descarga elétrica é imprevisível, assim, qualquer tempestade num raio de 20Km pode ser considerada um risco imediato. As operações devem ser suspensas e o pessoal evacuado das áreas onde os explosivos estão sendo utilizados ou estocados.

O fenômeno das tempestades pode ser entendido considerando a existência de um gradiente de temperatura em uma nuvem, causado por ventos que movem as partículas de água e de gelo presente na nuvem. Essas partículas se tornam eletricamente carregadas durante as colisões mútuas. Partículas frias, tais como os cristais de gelo tendem a se tornar positivamente carregadas e estão em maior número no topo da nuvem, enquanto as partículas mais quentes e maiores como as gotículas de água tendem a se tornar negativamente carregadas e estão mais concentradas na parte baixa da nuvem. Assim, com a ajuda dos ventos que separam as cargas, é possível a nuvem estar carregada com uma diferença de potencial de mais de cem milhões de volts entre o topo e a parte baixa da nuvem.

A distribuição de cargas nas nuvens causa uma mudança de cargas na terra de modo a haver uma compensação. Cargas positivas tendem a acumular na superfície da terra, com cargas negativas se acumulando mais embaixo, conforme mostra a Figura 8.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

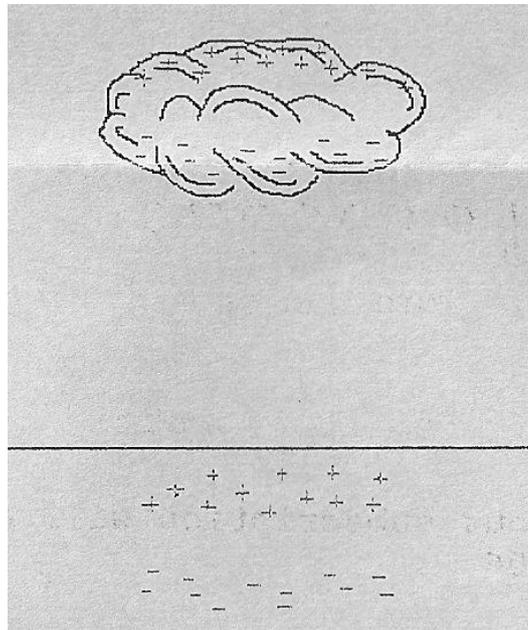


Figura 8 – Distribuição de Cargas nas Nuvens e no Solo.

Se não ocorrer a formação de uma descarga (raio) entre a nuvem e a terra, este sistema pode ser muito perigoso para o uso de detonadores elétricos. Se um dispositivo eletro-explosivo está com sua carcaça instalada em um objeto na superfície e os seus terminais estão curto circuitados e aterrados. Este cenário é propício para a indução de corrente da ponte a carcaça. Este cenário implica numa explosão acidental. A Figura 9 representa este cenário.

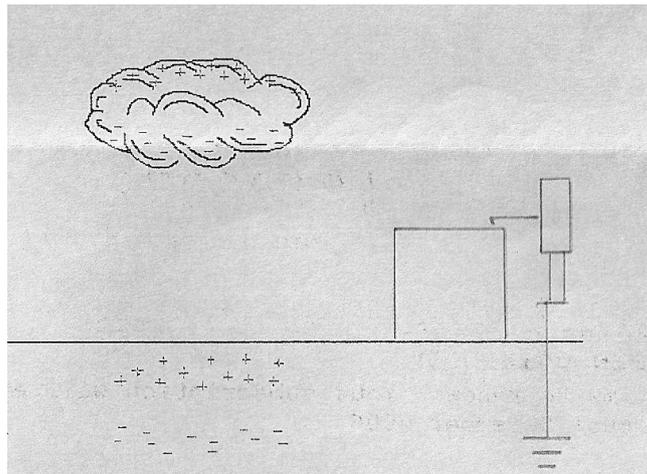


Figura 9 Condição Propícia para Indução de Corrente da Ponte à Carcaça.

Quando um raio ocorre, uma enorme quantidade de energia se move através do solo e da nuvem. A corrente pode atingir 500 kiloampères (5×10^5 A), isto por cerca de 100μ s, mas pode se repetir de 5 a 20 vezes num intervalo de 30 milissegundos. O movimento das cargas na

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

superfície provoca uma diferença de potencial em diferentes pontos do solo, o que inutiliza os sistemas de aterramento. Dependendo da composição do solo e de sua resistência elétrica, esta diferença de potencial pode chegar a 1 kV/m a 1 kV/km, o que torna os dispositivos eletro-explosivos susceptíveis a iniciação espúrias, seja por iniciação pino-a-pino ou pino-carcaça.

Em caso de tempestades, existe ainda o efeito magnético. Sabe-se que a corrente elétrica produz um campo magnético, e também que a variação do campo magnético induz uma força eletromotriz.

Desta forma, observa-se que há uma série de riscos causados por tempestades. Deve-se, desta forma, evitar o trabalho com explosivos e principalmente com dispositivos eletro-explosivos quando há uma aproximação de tempestades, devendo seguir as seguintes regras básicas:

- Se uma tempestade se encontra a cerca de 20 km, deve-se considerar a operação com explosivos como de risco;
- Se já se consegue ouvir o barulho da trovoada o risco já é elevado;
- Se uma tempestade se aproxima, não trabalhe ou manuseie dispositivos eletro-explosivos. Coloque-os em suas caixas metálicas e deixe-os em sua área reservada.

4.5 SUGESTÕES PARA APLICAÇÃO

As sugestões que se seguem têm por finalidade fixar diretrizes a serem observadas no preparo e no desenrolar das operações de canhoneio, de modo a obter as melhores condições de segurança. Visa também difundir uma série de conhecimentos indispensáveis ao pessoal que tem encargos relacionados às operações de canhoneio.

4.5.1 Princípios fundamentais

- a) A utilização dos detonadores elétricos como elementos de inicialização e de segurança implica que devem ser tomadas precauções especiais que são fundamentadas na sensibilidade do tipo de detonador utilizado;

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

- b) Circuitos elétricos e detonadores elétricos poderão ser ativados pela ação de causas estranhas como: eletricidade estática, correntes elétrica de indução, equipamentos de radio transmissão, redes de alta tensão, telefones celulares, etc. Medidas de segurança, entretanto, devem ser tomadas, de modo a reduzir a possibilidade de uma iniciação prematura;
- c) O “shunt” dos detonadores elétricos só deverá ser retirado dos fios no momento de testá-lo e conectá-lo ao circuito;
- d) A condutividade, as resistências e as voltagens residuais do circuito somente devem ser testadas com um galvanômetro especial, conhecido como Blaster multímetro, pois utiliza menos que 1 miliampere para realizar as medidas;
- e) Se uma tempestade se aproxima, não trabalhe ou manuseie dispositivos eletro-explosivos. Coloque-os em suas caixas metálicas e deixe-os em sua área reservada;
- f) A conexão entre os detonadores e o cordel detonante (primacord) somente deve ser realizada após a total conferência do circuito, devendo ser esta conexão a última etapa da montagem;
- g) Uma forma efetiva de diminuir, embora não elimine os acidentes, é minimizar as ocasiões em que nos expomos à ocorrência de acidentes, ou seja, mantenha os explosivos ou dispositivos eletro-explosivos estocados e evitar manipulações desnecessárias.
- i) Mantenha os dispositivos eletro-explosivos e explosivos em suas caixas de proteção o tanto quanto possível;
- j) Nunca carregue espoletas, detonadores/dispositivos eletro-explosivos nos bolsos;
- k) Sinalize as áreas de montagens de modo a evitar a presença de estranhos;
- l) O trem explosivo (detonador + explosivos) não deve estar completo até que tudo esteja pronto para a descida do canhão. Isto previne problemas de correntes induzidas assim como de acionamento acidental do circuito;
- m) A possibilidade de uso de uma barreira mecânica (dispositivo de segurança) entre o detonador e o explosivo é uma solução que previne acidentes em caso de uma detonação prematura do detonador;
- n) Óculos de proteção devem ser sempre utilizados quando se manuseia dispositivos eletro-explosivos;
- o) Os procedimentos de testes com dispositivos eletro-explosivos devem ser realizados com os dispositivos eletro-explosivos dentro de recipientes de proteção ou qualquer proteção contra um eventual disparo;

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

- p) As fitas adesivas a serem empregadas com dispositivos eletro-explosivos devem ser preferencialmente de borracha (p. Ex. 3M™ ESD) e não as de plástico, pois as de plástico costumam acumular muita energia estática;
- q) Atenção especial deve ser dada ao risco da eletricidade estática, aos campos magnéticos e as fontes de RF durante os procedimentos de montagem dos canhões e descida ao poço;
- r) Lembre-se, potencial de acúmulo de cargas estáticas de um condutor aterrado é zero. Por isso aterre também as pessoas durante o trabalho com explosivos, lembrando que o circuito de pulseiras de aterramento individual deve possuir uma resistência de cerca de um mega-ohm de forma a prevenir um possível choque caso aconteça algum contato do operador com um fio elétrico;
- s) Não trabalhe com nenhum tipo de explosivo se a umidade do ar está abaixo de 40%;
- t) Um dispositivo eletro-explosivo pode ter um nome comercial relacionado com segurança, entretanto, por conter explosivo, a probabilidade de acidente com este dispositivo é menor mais continua a existir. Devendo também, neste caso, serem tomadas todas as recomendações de segurança;

4.5.2 Procedimento nas Operações de Canhoneio

- a) Deve-se sempre realizar uma reunião de segurança no local antes do início de uma operação de canhoneio;
- b) Aqueles que trabalham com a operação de canhoneio devem receber treinamentos constantes e em função do risco de suas atividades;
- c) O emprego de uma política de treinamentos constantes, apresentações de vídeos, filmes, slides e palestras é uma forma de manter a atenção sobre o risco de acidentes com explosivos;
- d) As responsabilidades de cada ação devem ser de fácil identificação, assim como os treinamentos e controles disponíveis para cada ação;
- e) A responsabilidade geral pela operação de canhoneio é do engenheiro de campo;
- f) Deve-se sempre checar a continuidade do canhão, conferir a presença do aterramento e checar o isolamento entre os fios e a armadura do cabeamento;
- g) Após a montagem, checar sempre a continuidade/isolamentos necessários ao esquema de montagem proposto;

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

- h) Deve-se medir as tensões entre os terras provenientes do sistema de disparo, da armadura do cabeamento e da estrutura da sonda. Deve-se realizar as leituras no modo de corrente e tensão contínua (DC) e corrente e tensão alternada (AC). Esta medição é um dos fatores que influênciam na escolha do tipo de detonador a ser utilizado;
- i) Quando na realização de testes nos detonadores, os mesmos não devem estar próximos de explosivos;
- j) Não se devem conciliar trabalhos com máquinas de solda elétrica e montagens ou operações com explosivos;
- k) Durante a instalação dos detonadores nos canhões, remova a chave do painel de disparo e não permita a presença de pessoas na cabine onde se encontra o sistema de disparo;
- l) Se o trabalho atrasar após o canhão estar armado, o canhão deverá ser desarmado, para evitar riscos;
- m) Em caso de um evento de nega, deve-se decorrer pelo menos 20 minutos antes de se tentar desarmar um canhão, lembrando de primeiro desarmar balisticamente e em seguida eletricamente;
- n) Estando o canhão pronto para a corrida no poço, impeça a presença de pessoal não essencial próximo ao canhão;
- o) Um dos melhores exemplos de simplificar os procedimentos de segurança é proibir a entrada de aparelhos de celular ou walkie-talkie na área das operações de canhoneio, até que o canhão tenha descido no poço pelo menos 70 metros;
- p) Considerar a implementação, no serviço disparo seletivo na operação de canhoneio, da utilização de uma linha de disparo constituída por um cabo blindado nas ligações internas dos canhões. Esta permitirá mais uma opção de controle no aterramento;
- q) Considerando a dificuldade de obtenção de um aterramento eficiente em operações de disparo seletivo e condição embarcada, evitar a utilização de equipamentos CA, geradores, motores, máquinas de solda, etc., quando da realização da conexão elétrica dos detonadores de ponte resistiva em um canhão. Verificar as condições das correntes residuais nos aterramentos e o silêncio rádio. Somente com o controle de cada um destes elementos é que se pode prosseguir com a conexão elétrica dos detonadores

4.5.3 Procedimento na Escolha dos Detonadores

- a) Todo detonador de ponte resistiva utilizado deve no mínimo ser aprovado em testes de segurança eletrostática para 25KV @ 500pF e 5kΩ, conforme MIL-DTL-23659D;

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

- b) Os detonadores de ponte elétrica resistiva são sensíveis à indução por RF e a correntes espúrias. Seu uso requer silêncio rádio, desligamentos de equipamentos AC como motores e geradores, desligamento dos sistemas de proteção catódica e ter um sistema de aterramento que proporcione uma voltagem residual nos aterramentos melhor que 0,25 volts. Para o uso destes detonadores deve-se ainda considerar todas as recomendações relativas à proteção contra eletricidade estática apresentada no capítulo sobre generalidades;
- c) A escolha do detonador deve ser função do risco que um dado ambiente proporciona, como proximidade de fontes de RF, dificuldade de aterramento, proximidade de linhas de transmissão ou de motores ou geradores AC;
- d) A escolha de detonadores menos sensíveis como os do tipo SCB, EBW ou EFI tem particular efeito quando não há certeza da obtenção do silêncio rádio e presença de correntes de fuga nos aterramentos maiores que 250mV, que não se consegue corrigir;
- e) As dificuldades de aterramento ou a presença de voltagens residuais nos aterramentos maiores indicam que se utilize detonadores menos sensíveis;
- f) Os detonadores de ponte elétrica resistiva possuem requisitos de sensibilidade térmica, que devem ser rigorosamente respeitados;
- g) A blindagem e o aterramento do circuito de disparo e do corpo do detonador são medidas úteis para evitar o risco das cargas estáticas, juntamente com o aterramento de tudo o que se move;
- h) A configuração estável de aterramento de detonadores elétricos (antes de se realizar o disparo) é quando o detonador se encontra aterrado pela carcaça e pelos dois terminais, de forma que o potencial elétrico entre os terminais e carcaça seja zero (vide capítulo sobre generalidades);
- i) O emprego do disparo seletivo aumenta a produtividade da operação, entretanto, deve-se atentar que este tipo de operação tradicionalmente utiliza detonadores do tipo ponte resistiva. Assim, este tipo de operação para ser empregada, deve-se atentar para os procedimentos de segurança necessário para o uso destes detonadores;
- j) O trabalho próximo a locais habitados, onde não seja possível obter a condição de silêncio rádio inviabiliza a utilização de detonadores do tipo ponte resistiva.

4.6 Considerações adicionais

Embora se tenha dado bastante ênfase na segurança proporcionada por cada tipo de dispositivo eletro-explosivo, a possibilidade de uso de seguranças mecânicas continua sendo uma

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

opção para discussão com as empresas. Revisões destes procedimentos devem ser realizadas em conjunto com as empresas de modo que se possa ter um aperfeiçoamento contínuo destas recomendações.

5 Conclusões Finais

O estudo e a avaliação realizada nos procedimentos adotados durante as operações de canhoneio permitiu, através do contato com as empresas prestadoras de serviço, o conhecimento das doutrinas empregadas na realização das atividades de canhoneio. Observou-se que há um consenso na escolha do emprego do detonador como componente chave da segurança.

A implantação das sugestões aqui relacionadas foram discutidas e apreciadas com os técnicos das empresas visitadas. Os itens abaixo foram identificados como os mais relevantes para a melhoria das condições de segurança das operações de canhoneio:

- Realização de treinamentos frequentes com as equipes;
- Escolha correta do detonador em função do risco do ambiente de emprego;
- Prevenção quanto à exposição do trem explosivo a riscos como: descarga eletrostática, rádio frequência, aterramentos deficientes, tempestades e defeitos no cabeamento ou circuito de disparo.

Dentro dos aspectos ligados a execução de ações que contemplem estes fatores, as recomendações apresentadas no item 5.5 constituem as diretrizes básicas de uma atitude de boas práticas, treinamento e prevenção que deverão, ser discutidas e implementadas nas empresas.

Depois de realizada a análise e discussão abordando as sugestões apresentadas neste relatório, recomendamos que sejam definidos e criados um número mínimo de procedimentos (a serem acordados entre os especialistas envolvidos nas correspondentes áreas de conhecimento de canhoneio da XXXXXXXXXXXX em conjunto com os profissionais das empresas prestadoras dos serviços) os quais deverão ser operacionalizados e utilizados por todas as empresas que prestam os Serviço de Canhoneio para a XXXXXXXXXXXX.

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

É bom lembrar que não basta à definição de procedimentos, com as suas correspondentes recomendações de uso, mas, também, é necessário que seja feito um acompanhamento abordando a sua real utilização de modo a se ter a certeza que os mesmos estão sendo aplicados. Este acompanhamento irá servir não só para se confirmar o uso dos procedimentos definidos, mas, também, irá servir para se identificar as contínuas melhorias nos procedimentos que inevitavelmente deverão ocorrer.

6 Bibliografia

- a. T 9-1903 – Manual Técnico, Armazenamento, Conservação, Transporte e Destruição de Munições, Explosivos e Artifícios, 1970.
- b. TM 9-1300-214 – Military Explosives, Department of the Army USA, 1984.
- c. Explosives and Pyrotechnics. The Newsletter of Explosives, Pyrotechnics and their devices, Franklin Applied Physics, Jan 2002 – Jan 2007.
- d. Proceedings of the 17th Symposium on Explosives and Pyrotechnics, Franklin Applied Physics, Pennsylvania, USA, 1999.

Rio de Janeiro, xx de Xxxxx de 20xx

Aaaaaaaa Aaaaaaaa – Ph.D.
Coordenador do Projeto

A N E X O S

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO

XXX

A N E X O 2

RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO

Análise da Segurança em Operação de Canhoneio

YYyy